

Sônia Regina Zanotto

**AVALIAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO INSTITUCIONAL E  
DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DOS  
INSTITUTOS DO MCTIC**

Porto Alegre, 2018.

Sônia Regina Zanotto

**AVALIAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO INSTITUCIONAL E DA PRODUÇÃO  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DOS INSTITUTOS DO MCTIC**

Tese de doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGQVS), linha de pesquisa: Educação científica: Produção científica e avaliação de produtividade em ciência.

Orientador: Prof. Jorge Almeida Guimarães

Porto Alegre, 2018.

UNIVERSIDAD FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Profa. Jane Fraga Tutikian

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE (ICBS)

Diretora: Profa. Ilma Simoni Brum da Silva

Vice-diretor: Prof. Marcelo Lazzaron Lamers

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - PPGQVS

Coordenador Geral: Prof. João Batista Teixeira da Rocha (UFSM)

Coordenação UFRGS: Profa. Maria do Rocio Fontoura Teixeira

Coordenação Adjunta: Prof. Edson Luiz Lindner

#### CIP - Catalogação na Publicação

Zanotto, Sônia Regina

Avaliação da qualificação institucional e da produção científica e tecnológica dos institutos do MCTIC / Sônia Regina Zanotto. -- 2018.

158 f.

Orientador: Jorge Almeida Guimarães.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Ciência da Informação. 2. Cientometria. 3. Avaliação Institucional. 4. Institutos de Pesquisa. 5. MCTIC. I. Guimarães, Jorge Almeida, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Rua Ramiro Barcelos, 2600 - Prédio Anexo

90035-003 -Porto Alegre/RS

E-mail: educacaociencias@ufrgs.br

Fones: (51) 3308 5538 / (51) 3308-5540

Sônia Regina Zanotto

**AVALIAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO INSTITUCIONAL E DA PRODUÇÃO  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DOS INSTITUTOS DO MCTIC**

Tese de doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGQVS), linha de pesquisa: Educação científica: produção científica e avaliação de produtividade em ciência.

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Diogo Onofre Gomes de Souza – UFRGS

---

Profa. Dra. Sonia Elisa Caregnato – UFRGS

---

Prof. Dr. João Fernando Gomes de Oliveira – USP/São Carlos

---

Prof. Dr. Jorge Almeida Guimarães - UFRGS (orientador)

*Dedico todo meu melhor à minha mãe,  
Vicença R. Zanotto,  
in memoriam*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências.

Ao IBGE pelo apoio e liberação para a realização desta pesquisa.

Ao Prof. Jorge Almeida Guimarães pela orientação, pela generosidade, pelos ensinamentos, pela dedicação e por acreditar na minha capacidade.

Aos Professores, Dr. Diogo Onofre Gomes de Souza, Dra. Sonia Elisa Caregnato e Dr. João Fernando Gomes de Oliveira, pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

À coordenação do PPGQVS, Profa. Dra. Maria do Rocio Fontoura Teixeira.

À Profa. Dra. Samile A. Vanz pelos esclarecimentos técnicos e apoio.

À doutoranda Cristina Haeffner pelo companheirismo e amizade.

À amiga mestra Silvia Regina Centeno pelo olhar cuidadoso, pela amizade de longa data e o carinho de sempre.

Aos colegas, pelas horas de estudo e companheirismo, em especial para Juliana Carvalho Pereira.

À equipe do PPGQVS, em especial ao atencioso Douglas Fraga Silveira.

Aos colegas da Unidade Estadual do IBGE no Rio Grande do Sul, pela compreensão e apoio.

Ao meu filho Tomás e ao meu companheiro Vander, pelo amor e apoio incondicional.

*Um passo à frente e você não está mais no mesmo lugar.*

*Chico Science-1966-1997*

## RESUMO

As competências institucionais dos institutos de pesquisa vinculadas ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) foram avaliadas, proporcionando uma visão do desenvolvimento científico destas unidades. Indicadores cientométricos quantitativos e qualitativos foram selecionados com o objetivo de avaliar o desempenho na produção científica e tecnológica dessas unidades no período 2011-2015. A metodologia utilizada mesclou dados fornecidos diretamente pelas unidades de pesquisa com dados bibliográficos coletados na base *Web of Science* (WoS), na Plataforma *InCites* e na base de Patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Outros recursos de recuperação de informações como a Plataforma Lattes, a Plataforma Sucupira da CAPES e o Diretório dos Grupos de pesquisas do CNPq também foram utilizados. Os resultados apontam discrepâncias entre o tamanho, capacitação em recursos humanos, características operacionais, missão, produtividade e abrangência temática das unidades de pesquisa avaliadas. Os dados evidenciam desigualdades no desempenho técnico-científico, em que algumas unidades apresentam indicadores acima das médias do Brasil, enquanto outras apresentam resultados muito abaixo do esperado. Constatou-se que na maioria das unidades há insuficiente número de pesquisadores com doutorado, uma condição incompatível com a expectativa das respectivas missões. Tais situações estão agravadas nas unidades com desempenho insatisfatório. Embora haja grande dispersão de áreas científicas em estudo pelas unidades, foram identificadas unidades com bom desenvolvimento na produção científica e tecnológica em áreas competitivas. Apesar da destacada predominância de atuação de várias unidades em áreas de forte atrativo tecnológico (engenharias, química, geociências, física, computação, matemática, ciências espaciais, materiais e outras) observou-se a falta de engajamento com o meio industrial do que resulta o baixo número de patentes registradas por estas instituições. Observa-se também que mesmo naquelas unidades que possuem características favoráveis, como boa presença de pessoal quali-quantitativamente adequado, a existência de programas bem qualificados de pós-graduação e elevados índices de colaboração internacional o que usualmente proporciona, elevados índices de produtividade e impacto científico, ainda assim é pouco explorada a possibilidade de pesquisa relevante e de elevado interesse sócio-econômico-ambiental necessário para o desenvolvimento do país. Ao final, o estudo evidencia uma oportunidade para o MCTIC explorar vantajosamente as tendências positivas de algumas unidades para estimular o desenvolvimento da inovação tecnológica industrial nos institutos de pesquisa do Ministério.

Palavras-chave: Ciência da informação; Cientometria; Avaliação institucional; Institutos de pesquisa; MCTIC.



## ABSTRACT

The institutional competencies of the research institutes linked to the Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications (MCTIC) were evaluated, providing a vision of the scientific development of these units. Quantitative and qualitative scientometric indicators were selected with the objective of evaluating the performance in the scientific and technological production of these units in the period 2011-2015. The methodology used included data provided directly by the research units with bibliographic data collected in the Web of Science (WoS) database and the InCites Platform and in the Patent database of the National Institute of Industrial Property (INPI). Other information retrieval resources such as the Lattes Platform, the CAPES Sucupira Platform and the CNPq Research Groups Directory were also used. The results point out discrepancies between the size, qualification in human resources, operational characteristics, mission, productivity and thematic coverage of the evaluated research units. The data show inequalities in the technical-scientific performance, in which some units present indicators above the Brazilian averages, while others present results that are much lower than expected. It was verified that in the majority of the units there are insufficient number of researchers with doctorate, a condition incompatible with the expectation of the respective missions. Such situations are aggravated in units with poor performance. Although there is a great dispersion of scientific areas under study by the units, units with good development in scientific and technological production in competitive areas were identified. In spite of the outstanding predominance of the performance of several units in areas of strong technological attractiveness (engineering, chemistry, geosciences, physics, computation, mathematics, space sciences, materials and others), the lack of engagement with the industrial environment justify the low number of patents registered by these institutions. It is also observed that even in those units that have favorable characteristics, such as a good presence of adequately qualified personnel, the existence of well-qualified postgraduate programs and high levels of international collaboration, which usually provides high productivity and impact rates in scientific research, the possibility of relevant research and of a high socio-economic-environmental interest necessary for the development of the country is still little explored. In the end, the study highlights an opportunity for MCTIC to advantageously exploit the positive trends of some units to stimulate the development of industrial technological innovation in the Ministry's research institutes.

Keywords: Information science; Scientometrics; Institutional evaluation; Research institutes; MCTIC.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais atores do SNCTI .....	31
Figura 2 - Brasil: comparação - índice real de crescimento do dispêndio total em P&D com o percentual do dispêndio total em relação ao PIB, 2000-2015 .....	35
Figura 3 - Evolução do número de programas e cursos de pós-graduação no Brasil no período de 1998-2016 .....	40
Figura 4 - Programas e cursos de pós-graduação no Brasil por grande área em 2017 .....	41
Figura 5 - Programas de pós-graduação com conceito CAPES 6 e 7 no Brasil por grande área em 2017 .....	42
Figura 6 - Número acumulado de doutores a partir de 1996 e de empregados entre 2009 e 2014 .....	43
Figura 7 - Distribuição percentual de doutores titulados segundo a CNAE no período entre 1996 e 2006 no Brasil .....	44
Figura 8 - Distribuição de doutores empregados em 2008 segundo as áreas da CNAE .....	45
Figura 9 - Brasil: produção científica e % de colaboração internacional por triênios .....	48
Figura 10 - Distribuição da produção científica brasileira por áreas do ESI de 1981-2016 .....	49
Figura 11 - Áreas do ESI e produção científica brasileira segundo o Impacto Relativo no Mundo (IRW) de 1981-2016 .....	50
Figura 12 - Distribuição geográfica dos institutos e unidades de pesquisa do MCTIC .....	57
Figura 13 - Gráfico de correlação entre impacto e % colaboração internacional da produção científica das unidades do MCTIC no período de 2011-2015 .....	75
Figura 14 - Percentual de participação de cada grupo de áreas do conhecimento (ESI) na produção científica do conjunto das unidades de pesquisa do MCTIC - 2011-2015 .....	81
Figura 15 - Percentual de participação das áreas do conhecimento (ESI) na produção científica do conjunto das unidades de pesquisa do MCTIC - 2011-2015 .....	82

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Tipos e níveis de análises cientométricas .....	24
Quadro 2 - Unidades de pesquisa do MCTIC incluídas no estudo e respectivas fontes dos dados demográficos .....	56
Quadro 3 - Variações do nome das instituições utilizadas para a busca na base WoS .....	61
Quadro 4 - Relação das 22 áreas do ESI e a tradução dos termos .....	63
Quadro 5 - Principais características das unidades de pesquisa do MCTIC (2016) .....	66
Quadro 6 - Sumário da avaliação do desempenho científico e tecnológico das unidades de pesquisa do MCTIC .....	84
Tabela 1- Brasil: dispêndio nacional em ciência e tecnologia (C&T) por atividade, 2000-2015 .....	33
Tabela 2 - Brasil: comparação dos dispêndios em P&D 2000-2015 .....	34
Tabela 3 - Número de instituições e grupos de pesquisadores e pesquisadores - doutores .....	37
Tabela 4 - Número de pesquisadores segundo a titulação máxima .....	38
Tabela 5 - Percentual de pesquisadores doutores em relação ao total de pesquisadores segundo a grande área predominante do grupo .....	38
Tabela 6 - Distribuição dos pesquisadores segundo a grande área do conhecimento predominante nas atividades do grupo, 2016 .....	39
Tabela 7 - Pessoal ocupado nas atividades de P&D de empresas brasileiras ...	46
Tabela 8 - Brasil: produção científica por triênios .....	47
Tabela 9 - Indicadores quali-quantitativos da produção científica das Unidades do MCTIC no período de 2011-2015 - Unidades ranqueadas pelo ICI .....	72
Tabela 10 - Produção científica per capita anual dos pesquisadores das Unidades do MCTIC no período de 2011-2015. Comparação de dados deste trabalho com indicadores internos relatados pelas Unidades .....	77
Tabela 11 - Indicadores das unidades de pesquisa do MCTIC segundo a presença de programas de pós-graduação .....	78
Tabela 12 - Comparação da produção científica das Unidades do MCTIC por área com os dados do Brasil no período 2011-2015 .....	80

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ABC</b>	Academia Brasileira de Ciências
<b>ACTC</b>	Atividades científicas e técnicas correlatas
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>ANP</b>	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
<b>ANPEI</b>	Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
<b>BNDES</b>	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
<b>C&amp;T</b>	Ciência e Tecnologia
<b>CT&amp;I</b>	Ciência, Tecnologia e Inovação
<b>CAPES</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
<b>CBPF</b>	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
<b>CCTCI</b>	Comissão Permanente de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática
<b>CEMADEN</b>	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
<b>CETEM</b>	Centro de Tecnologia Mineral
<b>CETENE</b>	Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
<b>CGEE</b>	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
<b>CNAE</b>	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
<b>CNEN</b>	Comissão Nacional de Energia Nuclear
<b>CNI</b>	Confederação Nacional da Indústria
<b>CNPEM</b>	Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais
<b>CNPq</b>	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<b>CONFAP</b>	Conselho Nacional de Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa
<b>CONSECTI</b>	Conselho Nacional de Secretários Estaduais para Assuntos de CT&I
<b>CTI</b>	Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer
<b>e-SIC</b>	Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão
<b>EMBRAPII</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
<b>ENCTI</b>	Estratégia Nacional de CT&I
<b>ESI</b>	Essential Science Indicators

<b>FAPESP</b>	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
<b>FAPs</b>	Fundações estaduais de apoio à pesquisa
<b>FINEP</b>	Financiadora de Estudos e Projetos
<b>FNDCT</b>	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<b>FUNTEC</b>	Fundo Tecnológico
<b>FUNTTEL</b>	Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IBICT</b>	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
<b>ICT</b>	Centros de Pesquisa públicos e privados
<b>IDSM</b>	Instituto de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá
<b>IES</b>	Instituições de Ensino Superior
<b>IFES</b>	Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia
<b>IMPA</b>	Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada
<b>INA</b>	Instituto Nacional das Águas
<b>INCTs</b>	Institutos de C&T
<b>INEP</b>	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
<b>INMA</b>	Instituto Nacional da Mata Atlântica
<b>INPA</b>	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>INPP</b>	Instituto Nacional de Pesquisas do Pantanal
<b>INSA</b>	Instituto Nacional do Semi-Árido
<b>INT</b>	Instituto Nacional de Tecnologia
<b>IPCA</b>	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
<b>IPEA</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<b>IRB</b>	Índice Relativo ao Brasil
<b>ISI</b>	Institute for Scientific Information
<b>IRW</b>	Impact Relative to World
<b>LNA</b>	Laboratório Nacional de Astrofísica
<b>LNCC</b>	Laboratório Nacional de Computação Científica

<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>MAST</b>	Museu de Astronomia e Ciências Afins
<b>MCT</b>	Ministério de Ciência e Tecnologia
<b>MCTI</b>	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
<b>MCTIC</b>	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação
<b>MD</b>	Ministério da Defesa
<b>MEC</b>	Ministério da Educação
<b>MEI</b>	Mobilização Empresarial pela Inovação
<b>MIDIC</b>	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
<b>MP</b>	Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
<b>MPEG</b>	Museu Emílio Goeldi
<b>MRE</b>	Ministério das Relações Exteriores
<b>MS</b>	Ministério da Saúde
<b>NIH</b>	National Institutes of Health
<b>OECD</b>	Organization for Economic Cooperation and Development / Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
<b>ON</b>	Observatório Nacional
<b>OS</b>	Organização social
<b>P&amp;D</b>	Pesquisa e Desenvolvimento
<b>PD&amp;I</b>	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PINTEC</b>	Pesquisa de Inovação
<b>PNPG</b>	Programa Nacional de Pós-Graduação
<b>RCR</b>	Relative Citation Ratio
<b>RNP</b>	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
<b>SBPC</b>	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
<b>SEBRAE</b>	Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa
<b>SENAI</b>	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
<b>SNCTI</b>	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
<b>TICs</b>	Tecnologias de informação e comunicação

**UFRGS** Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**UFSM** Universidade Federal de Santa Maria

**WoS** Web of Science

## ÍNDICE

	Página
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	17
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	20
1.1.1 Por que avaliar? .....	20
1.2 O PROBLEMA DE PESQUISA DA TESE .....	25
1.3 OBJETIVOS .....	25
1.3.1 Objetivo geral .....	25
1.3.2 Objetivos específicos .....	26
<b>2. CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL E NO CONTEXTO MUNDIAL: ASPECTOS PERTINENTES AO PRESENTE TRABALHO</b> .....	27
2.1 SISTEMA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO ...	27
2.2 ATORES QUE COMPÕEM O SNCTI .....	28
2.3 FONTES DE FINANCIAMENTO E DISPÊNDIO EM P&D NO BRASIL	32
2.4 RECURSOS HUMANOS: FORMAÇÃO E DISPONIBILIDADE .....	36
2.5 PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA .....	46
2.5.1 Investimento relativo ao PIB .....	51
2.5.2 Proporção de cientistas na população .....	52
2.5.3 Internacionalização da ciência e índice de cooperação internacional	52
<b>3. METODOLOGIA APLICADA NESTE ESTUDO</b> .....	55
3.1 ETAPAS DE PESQUISA .....	58
3.2 COLETA DE DADOS .....	58
3.3 PROCEDIMENTOS PARA AS ANÁLISES .....	62
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	66
4.1 CARACTERÍSTICAS INSTITUCIONAIS .....	66
4.2 A PÓS-GRADUAÇÃO NAS UNIDADES DE PESQUISA DO MCTIC ..	70
4.3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NAS UNIDADES DE PESQUISA DO MCTIC .....	71
4.4 QUADRO RESUMIDO DA AVALIAÇÃO DAS UNIDADES DE PESQUISA DO MCTIC .....	83
4.5 ARTIGOS .....	85
4.5.1 Artigo 1 - Cultura dos indicadores em Ciência, Tecnologia e Inovação: panorama da produção científica nacional .....	85
4.5.2 Artigo 2 - Unbalanced international collaboration affects adversely the usefulness of countries' scientific output as well as their technological and social impact .....	93
4.5.3 Artigo 3 - Brazil in the global context. Contrasting high scientific production and technical-scientific advances with low international collaboration and scientific impact .....	120
4.5.4 Artigo 4 - Evaluation of the institutional qualification and scientific production of the institutes and research units of MCTIC .....	143
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	144
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	147
<b>ANEXO</b> .....	154



## APRESENTAÇÃO

A presente Tese constitui-se num documento estruturado em seções descritas abaixo, assim como inclui dois artigos publicados e outros dois a serem submetidos para publicação, resultantes dos estudos e da pesquisa realizada.

Na seção de Introdução são apresentadas as motivações que levaram a estruturação e a realização do estudo com a finalidade de responder ao problema de pesquisa identificado. Nesta seção também são apresentados os objetivos da pesquisa.

Os principais indicadores que compõem o quadro geral da estrutura do sistema de C&T no Brasil estão relacionados na seção dois.

Na seção três é descrita a metodologia aplicada, são descritas as etapas de pesquisa, de coleta dos dados e os procedimentos para as análises.

Os resultados alcançados, bem como as discussões sobre o estudo proposto são abordados na seção quatro, que inclui os artigos publicados, o artigo submetido e o artigo a ser submetido.

Na seção cinco são apresentadas as considerações finais e as recomendações.

A seção de Referências relaciona os documentos consultados e citados neste texto da Tese, já as referências citadas nos artigos constam nos mesmos.

No ANEXO é apresentada a estrutura e o escopo de cada uma das 22 áreas do *Essencial Science Indicators* (ESI) utilizadas para classificar as áreas de pesquisa das unidades de pesquisa analisadas neste estudo.

## 1. INTRODUÇÃO

Usualmente, em muitos países a força de trabalho envolvida no desenvolvimento de projetos científicos, abrange as universidades, os centros e os institutos de pesquisa não universitários. No Brasil, da mesma forma, o contingente de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) inclui instituições universitárias e não universitárias diretamente relacionadas às atividades de pesquisa propriamente ditas. Outras instituições ocupam, neste sistema, papéis de fomento, de legislação e de política no desenvolvimento e incentivos à pesquisa científica e tecnológica.

O contingente brasileiro de pesquisa científica e tecnológica pode ser ilustrado pelo número de instituições, cursos de pós-graduação, grupos de pesquisa, e do acervo de pesquisadores cadastrados na Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O Diretório de Grupos de Pesquisa, também do CNPq, listou, em 2016, um total de 37.640 grupos de pesquisa distribuídos em 531 instituições de pesquisa (públicas e privadas) e 199.566 pesquisadores (CNPq, 2017).

A força produtiva no setor de CT&I de um país pode também ser inferida a partir de indicadores baseados em estatísticas oficiais, como os da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) e do Banco Mundial, onde o Brasil (dados de 2010) figura com 698 cientistas e engenheiros por milhão de habitantes, aí incluídos todos os profissionais e também os alunos de pós-graduação envolvidos com a produção, processos e sistemas de administração de pesquisa e desenvolvimento científico do país (WORLD BANK, 2017).

Destaque-se que este número de pesquisadores atuando na C&T brasileira é cerca de três a dez vezes menor do que em países produtivos da Europa, como a Espanha com 2.642 e a Dinamarca com 7.198 cientistas e engenheiros por milhão de habitantes em 2014, enquanto que na Coreia do Sul com 6.899 ou em Israel com 8.255 cientistas e engenheiros por milhão de habitantes em 2014, aumenta ainda mais a distância do Brasil em relação a este indicador (HAFFNER, ZANOTTO, NADER e GUIMARÃES, 2018).

Tendo estes indicadores como horizonte e entendendo que a vantagem competitiva de base tecnológica dos países depende da capacidade do seu sistema de ciência e tecnologia absorver, transformar e produzir novos conhecimentos e inovações, aumenta a responsabilidade sobre o aprimoramento de seus próprios sistemas de CT&I assim como, sobre a necessidade de melhor conhecimento dos indicadores de desempenho dos atores responsáveis pelos avanços a serem produzidos pelo conhecimento gerado. Portanto, um estudo da qualificação profissional do pessoal técnico-científico diretamente envolvido com a atividade de pesquisa em CT&I nas universidades e nas instituições não universitárias é de fundamental importância para situar o grau de diversidade no desenvolvimento científico de um país.

No Brasil a capacitação dos recursos humanos para as atividades de C&T acontece primordialmente na pós-graduação. E a parcela mais qualificada é, em especial, a de doutores, visto que estes profissionais estão mais capacitados para realizar pesquisa e desenvolvimento de projetos originais e inovadores (VIOTTI et al 2010).

Neste trabalho, são estudados os institutos e organizações sociais do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) que desenvolvem atividades de C&T e que compõem, portanto, suas unidades de pesquisa. Em geral, várias unidades de pesquisa do MCTIC se situam (ou deveriam se situar) entre as instituições que fazem parte da elite da pesquisa científica no Brasil. Foram analisados indicadores e outros aspectos do desenvolvimento técnico-científico dessas instituições e assim a capacitação e qualificação quali-quantitativa do quadro de pessoal e o desempenho das unidades face à adesão às suas missões institucionais. No estudo foi possível ter uma visão atual sobre a situação e o desempenho dessas instituições e inferir sobre a competência técnica e a capacidade produtiva das mesmas com referência às perspectivas futuras em termos de atuação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Algumas das inquietações que levaram a escolher e desenvolver a pesquisa sobre a qualificação e a produtividade das instituições de pesquisa brasileiras são abordadas nesta seção.

### 1.1.1. Por que avaliar?

Sabidamente, a avaliação das competências institucionais proporciona uma visão do desenvolvimento científico, do grau de engajamento com as prioridades em CT&I e também do envolvimento das ICTs no andamento dos processos e metas a serem atingidas, enfim, consolida as etapas de pesquisa e desenvolvimento e inovação de uma instituição, e por extensão de um país.

Assim como ocorre nas Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil, a avaliação dos institutos de pesquisa deve ter como objetivo tornar público os avanços do projeto institucional, no cumprimento da sua missão, de modo a garantir a qualidade na pesquisa, no desenvolvimento tecnológico, na extensão, na gestão e no ensino (quando for o caso) e, finalmente no cumprimento da responsabilidade social de cada instituição. Ou seja, a avaliação deve ser vista como um instrumento de que se dispõe para dimensionar a qualidade e a relevância de uma instituição em consonância com sua missão e como provedora do bem social.

Do ponto de vista da gestão institucional em pesquisa e desenvolvimento (P&D), os gestores podem aferir o desempenho da instituição através do uso de recursos avaliativos, verificando se:

- a) Os projetos de pesquisa estão sendo adequadamente conduzidos, possibilitando obter resultados de alta qualidade e significativa relevância;
- b) Os recursos para P&D estão sendo bem aplicados e destinados às áreas de pesquisa pertinentes com a missão;
- c) Os resultados gerados permitem obter avanços em novos conhecimentos e/ou podem gerar aplicabilidade tecnológica e/ou social;
- d) A colaboração e os estímulos financeiros geram melhorias na capacidade produtiva;
- e) Os resultados alcançados geram benefícios sociais de fato;

- f) Os resultados do estágio alcançado nas pesquisas são capazes de gerar novos desdobramentos para o avanço do conhecimento, de tecnologias e/ou de inovações.

De um modo abrangente, a avaliação pode equipar os gestores de P&D com informações necessárias para aprimorar os programas de desenvolvimento científico e tecnológico da própria instituição, de um estado e, por consequência, de um país. Para a instituição que desenvolve P&D, é importante disponibilizar essas informações, de modo que o valor de cada ação em prol do desenvolvimento da pesquisa seja valorizado não só pelos agentes financiadores, mas por toda a sociedade, e com isso alavancar e garantir a sua continuidade.

Segundo Velho (2001), a avaliação da ciência através da análise de indicadores é parte integrante do “fazer ciência”. A autora infere que a avaliação da atividade científica surgiu com a própria ciência e é parte integrante do processo de geração do conhecimento científico, sendo exercida, seja através da avaliação da importância das publicações, pela avaliação de currículo de um pesquisador para contratação, da análise de um projeto de pesquisa submetido para financiamento, seja ainda de outras várias situações pertinentes. Em suma, os atores definem os rumos, tanto do próprio conteúdo da ciência quanto das instituições a ela vinculadas (VELHO, 2001).

A busca de informações quantitativas sobre as atividades de CT&I faz parte da agenda dos governos dos mais variados países, dos mais variados regimes políticos, econômicos e das mais variadas culturas. Como resultado deste processo, tem havido, nos últimos 20 anos, um esforço considerável, por parte da comunidade internacional, no sentido de desenvolver conceitos, técnicas e bases de dados mais adequados para a construção de indicadores quantitativos de C&T (VELHO, 2011).

Como destaca Leta (2011), a avaliação e o monitoramento das atividades científicas são uma prática rotineira entre os diversos órgãos de fomento de países desenvolvidos a partir dos anos de 1960 e que, juntamente com a avaliação pelos pares, o desempenho da ciência e dos cientistas passou a ser medido e avaliado por parâmetros objetivos, sendo muitos deles com base em estudos cientométricos.

Com o uso de indicadores bibliométricos pode-se avaliar as competências científicas dos autores mais presentes na produção científica. Os indicadores científicos disponibilizados nas bases de dados internacionais representam uma nova fase na conceituação e valoração da ciência, reforçando o processo de avaliação pelos pares e o monitoramento por setores. O bom uso de indicadores propicia o

emprego de racionalidade na utilização dos recursos humanos e materiais e orientam a formação e capacitação de novos recursos humanos. Disso resulta a conjugação de esforços para propor e induzir ações visando estabelecer demandas prioritárias para o desenvolvimento dos países nas áreas do conhecimento que lhe são facilitadoras da exploração de vantagens comparativas (HAEFFNER; ZANOTTO; GUIMARÃES, 2015).

Para Spinak (1996) o processo de avaliação deve ser diferenciado da simples coleta de dados ou da compilação de indicadores científicos. A coleta e a tabulação de dados qualitativos e quantitativos são parte deste processo de avaliação. Para caracterização e um juízo razoável do empreendimento científico, é necessário estabelecer normas objetivas e mensuráveis, bem como diretrizes de qualidade (SPINAK, 1996). Segundo o autor, os objetivos verificáveis são aqueles obtidos por métodos cientométricos, que incluem levantamentos da produção quali-quantitativa como a análise de citações, a concessão de patentes, os mapas de co-citações, etc.

Por definição, bibliometria e a cientometria são um conjunto de técnicas quantitativas que proporcionam avaliar, através de indicadores ou métricas, a produção científica. Para Silva; Hayashi e Hayashi (2011) o princípio da bibliometria se constitui em analisar a atividade científica ou técnica pelos estudos quantitativos das publicações, ou seja, os dados quantitativos são calculados a partir de contagens estatísticas de publicações ou de elementos que reúnem uma série de técnicas estatísticas, buscando quantificar os processos de comunicação [científica] escrita.

A cientometria é considerada como o estudo dos aspectos quantitativos da ciência como disciplina ou atividade econômica na formulação de políticas científicas, cujo método envolve estudos quantitativos das atividades científicas, incluindo entre outros, as publicações, e em certa medida sobrepõe-se à bibliometria (JACOBS, 2010 apud SILVA; HAYASHI e HAYASHI, 2011).

Como é sabido, os métodos bibliométricos têm limitações e recebem críticas, pois os números que refletem a quantidade ou a atividade produtiva bruta, nem sempre refletem a qualidade e o conteúdo na valorização das publicações. Ainda segundo Spinak (1996), uma melhor avaliação do conteúdo e do nível de conhecimento se faz por meio de arbitragem por especialistas (*peer review*). Por outro lado, a análise por especialistas, por exemplo, usada para a seleção, progressão na carreira ou premiação de acadêmicos, pode ter a sua validade limitada por conta da

subjetividade no juízo, influenciado por fatores externos, tais como o preconceito em relação à nacionalidade, pressões políticas, fatores de prestígio social, etc.

Assim, mesmo que surjam críticas ao uso dos indicadores de CT&I, especialmente dirigidas aos casos específicos de avaliação de indivíduos para cargos e concursos, tais críticas ainda não sinalizam para outras formas de avaliação ou para a aplicabilidade específica de outros indicadores que possam ser considerados mais apropriados e precisos (HAEFFNER; ZANOTTO e GUIMARÃES, 2015). Uma nova métrica introduzida mais recentemente pelo National Institutes of Health (NIH), denominada Relative Citation Ratio (RCR), que busca medir a influência de determinado artigo na respectiva área, foi desenhada para suprir tais dificuldades de avaliação e facilitar a distribuição de concessões ou benefícios (NAIK, 2016). Ela segue, todavia, vinculada e dependente das citações dos artigos pelos pares.

Para Vinkler (2010) os indicadores cientométricos usados na avaliação da ciência, são aplicáveis tanto às unidades temáticas quanto às organizacionais. No caso de unidades temáticas, podem ser os temas, os campos, os subcampos, especialidades ou disciplinas; nas unidades organizacionais podem ser considerados os indivíduos, as equipes, os laboratórios, os departamentos, os institutos, as universidades ou os países. Essas definições se aplicam apropriadamente aos estudos do presente trabalho.

Um requisito importante para uma efetiva avaliação da investigação científica é que os objetos ou fenômenos estudados sejam devidamente classificados de acordo com características de similaridade ou mesmo pelas características não comuns ou seja, diferenciadas (VINKLER, 2010). Portanto os aspectos cientométricos, dados, fórmulas e indicadores devem ser classificados de acordo com suas características comuns e também por suas diferenças. Na classificação das áreas de produção científica, objeto deste trabalho, tais características foram consideradas.

Ainda segundo Vinkler (2010), os indicadores podem caracterizar atividade, produtividade ou sinalizar o progresso científico; podem ser distinguidos de acordo com a qualidade (exatidão, elegância, generalidade), importância (impacto potencial na ciência ou na sociedade) ou impacto real (a influência atual). Os indicadores podem mostrar a entrada ou saída de um sistema de produção científica; podem ser classificados como funcionais (isto é, quando tratam dos objetivos da pesquisa científica) ou instrumentais (isto é, quando tratam de aspectos metodológicos, por exemplo).

O autor sinaliza que os indicadores cientométricos podem se referir a níveis específicos de análise, dependendo do escopo do estudo a ser realizado, como apresentado no Quadro 1:

Quadro 1 – Tipos e níveis de análises cientométricas

Tipos	Níveis de Padrões de Análises		
	Micro	Meso	Macro
Organização(s)	Pessoas, equipes	Departamento, Instituto	País, Mundo
Unidade(s) temática(s)	Projeto, tópico	Subcampo	Campo, disciplina, todos os campos da ciência
Artigo(s)	Um único artigo ou periódico	Grupo de artigos ou de periódicos	Todos os artigos ou periódicos do campo, de uma instituição ou de um país

Fonte: Adaptado de VINKLER, 2010, p. 162.

Além da sistematização apresentada, segundo Bentley (2015), para avaliar a produtividade científica das instituições do ponto de vista da produção individual é necessário considerar as dimensões demográficas, as motivacionais de realização pessoal e as características institucionais. Dessas dimensões são retirados indicadores importantes como o número de pesquisadores, as respectivas titulações e demais aspectos institucionais que contextualizam o ambiente de pesquisa.

Na prática o que se observa no exercício de avaliação da produção científica é uma mescla de métodos de avaliação. Tanto se avalia por meio de comissões de especialistas, muitas vezes debruçadas sobre indicadores quantitativos e qualitativos, buscando a melhor maneira de aferir um julgamento justo das ações numa determinada instância de pesquisa científica. Não obstante, tal prática não exclui a análise, por autores individuais, das características acima, com vistas à divulgação de resultados como o que se pretende no presente estudo em relação às unidades de pesquisa do MCTIC.

Busca-se, portanto, realizar um estudo de caso, que mescla análises do contexto institucional ao método cientométrico, possibilitando arrolar um conjunto de indicadores, cujas especificidades ainda não tenham sido contempladas por estudos anteriores.



## 1.2 O PROBLEMA DE PESQUISA DA TESE

Para realização do levantamento e análise dos dados, das características e dos indicadores das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTIC, buscou-se respostas para as seguintes questões:

- a) Quais são as características predominantes do conjunto das instituições de pesquisa do MCTIC?
- b) Qual o grau de qualificação das unidades de pesquisa, como instituições vinculadas ao MCTIC?
- c) Qual é a produtividade científica quali-quantitativa e qual o impacto de suas publicações e das próprias instituições no contexto nacional e internacional?
- d) A produção científica é relevante?
- e) A produção atende aos objetivos institucionais?
- f) Cada Unidade de Pesquisa vinculada ao MCTIC, na condição de instituição não universitária, cumpre com sua missão científica e/ou tecnológica e, se não cumprem, o que precisa ser feito?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Para o desenvolvimento da Tese pretendeu-se realizar um estudo comparativo para avaliar as principais características das competências individuais do quadro de pesquisadores que compõem as unidades de pesquisa ligadas ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), com a expectativa de responder ao problema de pesquisa. Para tanto, aplicou-se um modelo de estudo cientométrico que possibilitasse levantar e obter informações sobre o desempenho das unidades de pesquisa, viabilizando dados capazes de subsidiar tomadas de decisões para o desenvolvimento da ciência e tecnologia das instituições diretamente subordinadas ao Ministério.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram sistematizados em três momentos:

- a) Na dimensão demográfica, identificar as competências científicas e a qualificação dos recursos humanos de cada unidade de pesquisa do MCTIC, para tanto a principal pergunta a ser respondida foi:
  - Qual o percentual de pesquisadores-doutores ativos em cada unidade de pesquisa do MCTIC? Esse contingente é suficiente para levar avante a missão de cada unidade?
  
- b) Identificar as características institucionais relacionadas abaixo:
  - i. Criação: Data de criação;
  - ii. Regime: Natureza jurídica;
  - iii. Vínculo: Dependência administrativa;
  - iv. Servidores: Número de servidores em efetivo exercício na unidade investigada por nível de escolaridade e titulação;
  - v. Cidade: Local da sede da instituição;
  - vi. UF: Unidade da federação de localização da sede;
  - vii. Abrangência: Abrangência geográfica das atividades desenvolvidas;
  - viii. Ensino: Presença ou não de atividades de ensino pelo desenvolvimento de programas direcionados ao ensino de graduação;
  - ix. Programa Pós-graduação: Presença ou não de programas direcionados ao ensino de pós-graduação;
  - x. Grupos de Pesquisa: Número de Grupos de Pesquisa;
  
- c) Identificar e levantar indicadores da produtividade científica e tecnológica das unidades do MCTIC relacionados abaixo:
  - i. Número de artigos indexados por instituição;
  - ii. Número de citações por instituição;
  - iii. Índice de colaboração internacional;
  - iv. Produção científica *per capita*;
  - v. Índice h;
  - vi. Número de pedidos de patentes.

## **2. CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL E NO CONTEXTO MUNDIAL: ASPECTOS PERTINENTES AO PRESENTE TRABALHO**

A ciência e a tecnologia no Brasil atingem patamares internacionais. Nesta seção são apresentados alguns aspectos que compõe o sistema de C&T brasileiro, bem como são abordados temas como as estruturas políticas, as condições dos recursos humanos e o dispêndio financeiro, entre outros, que, como o crescimento dos programas de pós-graduação, implicam na produção científica nacional.

### **2.1 O SISTEMA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (SNCTI)**

O atual Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) foi criado como Secretaria de C&T, em 1985, com o objetivo de formular, coordenar e executar a política de C&T brasileira, e, desta forma, coordenar o Sistema Nacional de C&T (SNCTI) como um todo. Ao longo de três décadas houve várias mudanças de status e de nomes, passando em 2016 para sua denominação atual.

A atuação do MCTIC (BRASIL. MCTIC, 2017c) inclui o desenvolvimento das competências enumeradas a seguir:

- I. Política nacional de telecomunicações;
- II. Política nacional de radiodifusão;
- III. Serviços postais, telecomunicações e radiodifusão;
- IV. Políticas nacionais de pesquisa científica e tecnológica e de incentivo à inovação;
- V. Planejamento, coordenação, supervisão e controle das atividades de ciência, tecnologia e inovação;
- VI. Política de desenvolvimento de informática e automação;
- VII. Política nacional de biossegurança;
- VIII. Política espacial;
- IX. Política nuclear;
- X. Controle da exportação de bens e serviços sensíveis; e
- XI. Articulação com os Governos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, com a sociedade civil e com órgãos do Governo federal para estabelecimento de diretrizes para as políticas nacionais de ciência, tecnologia e inovação.

Essa estrutura foi recentemente implementada pelo Decreto N. 8877 de 18 de outubro de 2016 (BRASIL. Decreto Lei n. 8877, 2016).

No que se refere diretamente ao planejamento, coordenação, supervisão e fomento das atividades de ciência, tecnologia e inovação, o MCTIC exerce o papel central, ou seja, a função de Coordenador do SNCTI (BRASIL. MCTIC, 2016).

## 2.2 ATORES QUE COMPÕEM O SNCTI

O SNCTI envolve outros Ministérios além do MCTIC, e outros órgãos da esfera Federal, Estadual e Municipal, dos Poderes Legislativo e Executivo e da Sociedade Civil. A seguir são relacionados os principais atores que compõem o SNCTI, conforme foram descritos em estudo do CGEE (2010) e no plano do MCTIC denominado Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL. MCTIC, 2016).

Nas atividades de natureza política o SNCTI conta com a atuação de:

- a) Ministérios com órgãos específicos para gerir o tema de C&T e outros com Fundos de PD&I, como o Ministério da Educação (MEC), o da Saúde (MS), da Defesa (MD), do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MP), da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MIDIC), da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e das Relações Exteriores (MRE);
- b) Agências Reguladoras como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que possuem recursos específicos destinados para PD&I;
- c) Secretarias Estaduais de CT&I, que atuam como Coordenadoras dos Sistemas Regionais, representadas pelo Conselho Nacional de Secretários Estaduais para Assuntos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CONSECTI) e o Conselho Nacional de Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (CONFAP);
- d) Comissão Permanente de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática (CCTCI) da Câmara dos Deputados que tem como finalidade discutir e votar projetos de leis relacionados ao desenvolvimento de CT&I como a política nacional de ciência, tecnologia, inovação, comunicação e informática; de organização institucional do setor; de acordos de cooperação e inovação com outros países e organismos internacionais; de

propriedade intelectual; de criações científicas e tecnológicas, de informática, de atividades nucleares de qualquer natureza, do transporte e utilização de materiais radioativos, de apoio e estímulo à pesquisa e criação de tecnologia; de regulamentação, controle e questões éticas referentes à pesquisa e ao desenvolvimento científico e tecnológico, entre outros assuntos correlacionados;

- e) Representações acadêmicas com histórica atuação em benefício da CT&I, como a Academia Brasileira de Ciências (ABC) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e Sociedades Científicas específicas;
- f) Representações do setor industrial como a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa (Sebrae), enquanto entidades, e a Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI) e Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI), enquanto fóruns; além das Centrais Sindicais se apresentam como forças políticas nas discussões sobre CT&I a partir da visão dos trabalhadores;

Na esfera dos agentes de fomento, o SNCTI conta com as Agências de Fomento vinculadas a ministérios ou a órgãos de governos estaduais, que são as responsáveis por alocar os recursos públicos por meio de diversos instrumentos de apoio às atividades de PD&I como:

- a) O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), agência do MCTIC, com a finalidade de fomentar e incentivar a pesquisa científica e tecnológica;
- b) A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) vinculada ao MEC, exercendo o papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação stricto sensu, responsável pela formação de pesquisadores brasileiros;
- c) A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), vinculada ao MCTIC, que atua como Secretaria-Executiva do FNDCT (BRASIL. Decreto Lei 719), promovendo o fomento público à CT&I em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas, em toda a cadeia da inovação;
- d) O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), ligado ao Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MP), também

atua no fomento e promoção da inovação empresarial de modo abrangente na economia nacional;

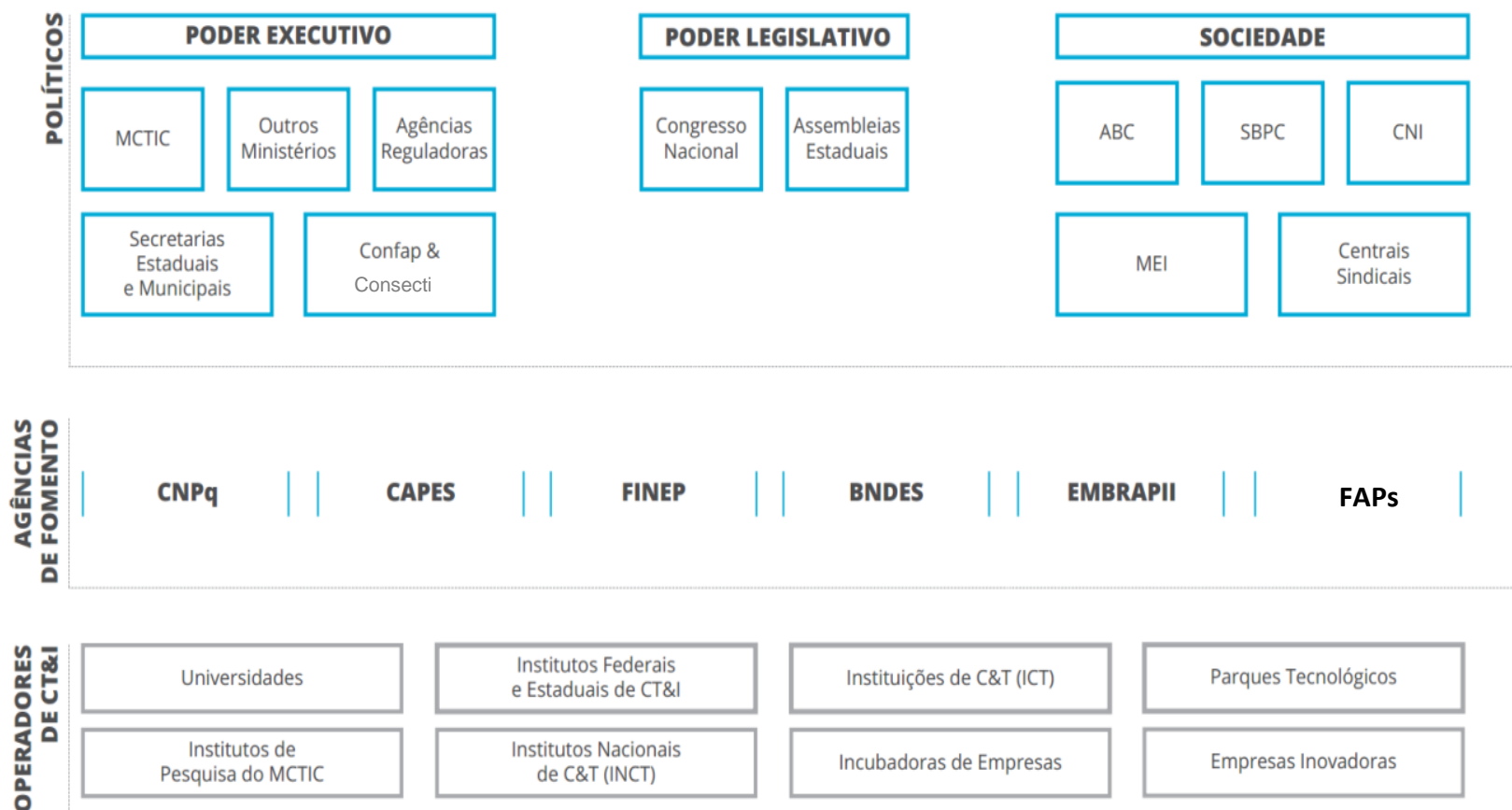
- e) As Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPs) também se destacam como Agências de Fomento do SNCTI, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e de vários outros Estados e do DF;
- f) A Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPII), que ocupa a dimensão das Agências de Fomento, cujo objetivo é financiar especificamente o desenvolvimento de projetos de PD&I entre instituições (ICTs) de pesquisa tecnológica e empresas industriais, objetivando o fortalecimento da capacidade de inovação brasileira.

No terceiro nível de atores do SNCTI, dos operadores, é onde de fato as atividades de CT&I ocorrem, e para isso, contam com o trabalho especializado de pesquisadores e tecnologistas. Neste nível operacional os atores estão arrançados em instituições de pesquisa como as Universidades, os Institutos de Pesquisa do Sistema SENAI e outros privados, os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFES) e os Institutos Estaduais de CT&I. Arranjos específicos podem ocorrer, como os Programas de Pós-Graduação vinculados, em geral, a Universidades Públicas, que possuem grande relevância na produção científica nacional; os INCTs que congregam as unidades de pesquisa de maior excelência no país; e outro grupo de operadores relacionado com os processos de desenvolvimento tecnológico e de inovação empresarial como os polos tecnológicos e as incubadoras tecnológicas.

A forma esquematizada da estrutura do SNCTI está ilustrada na Figura 1. Os principais atores do SNCTI estão apresentados conforme as funções em cada um dos três níveis: os Políticos, as Agências de Fomento e os Operadores de C&T.

Cabe ainda destacar o papel principal de cada nível. Aos atores políticos cabe a definição de diretrizes estratégicas que nortearão as iniciativas do Sistema. E o poder decisório destes atores deriva tanto dos resultados da democracia representativa (Poderes Executivo e Legislativo), como das escolhas realizadas no âmbito das entidades de representação setoriais (empresários, trabalhadores e pesquisadores). Às agências executoras compete o domínio dos instrumentos que viabilizarão as decisões tomadas pelos atores políticos e aos operadores do Sistema cabe executar as atividades de PD&I planejadas (BRASIL. MCTIC, 2016).

Figura 1 – Principais atores do SNCTI



Fonte: BRASIL. MCTIC, 2016

### 2.3 FONTES DE FINANCIAMENTO E DISPÊNDIO EM P&D NO BRASIL

As principais fontes de financiamento para o desenvolvimento de P&D brasileiro estão sob a responsabilidade dos Órgãos de Governo e sob quatro tipos de fontes, a saber: (1) os Orçamentos da Administração Direta Federal; (2) os Recursos de Agências de Fomento Federais; (3) os Orçamentos das Unidades da Federação; (4) os Recursos geridos pelas Agências Reguladoras (BRASIL. MCTIC, 2016).

Os recursos financeiros, em grande parte, têm origem na arrecadação de impostos, não possuindo qualquer vinculação com sua destinação, recolhidas ao Caixa Único do Tesouro, por outro lado, há receitas vinculadas aos fundos especificamente direcionados para as atividades de CT&I, tais como: Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); Fundo Tecnológico (FUNTEC); Fundo Amazônia; e Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL) (BRASIL. MCTIC, 2016).

Os recursos financeiros são alocados no SNCTI por meio de diversos instrumentos com formato e executores específicos, mas em geral são as Agências de Fomento que operacionalizam a destinação dos recursos. Os recursos financeiros são alocados visando o apoio aos pesquisadores e às suas unidades de pesquisa, através da concessão de bolsas, de auxílios à pesquisa e à infraestrutura; através de subvenções econômicas, empréstimos, incentivos fiscais, entre outros (BRASIL. MCTIC, 2016).

Segundo o MCTIC (BRASIL. MCTIC, 2017b) no levantamento sobre o dispêndio nacional em ciência e tecnologia, como um todo, são considerados os dispêndios públicos (federais e estaduais) e os empresariais.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores correntes do dispêndio nacional total em ciência e tecnologia (C&T) que reúne os valores destinados à pesquisa e desenvolvimento (P&D), mais os valores para as atividades científicas e técnicas correlatas (ACTC).

Os dados da Tabela 1 dão conta que o orçamento total dispendido em C&T foi crescente (mais de seis vezes entre 2000 e 2015). Em 2015 o orçamento total executado em P&D (R\$ 57,4 bilhões) correspondeu a 58,4% dos R\$ 98,3 bilhões previstos em C&T e as atividades científicas e técnicas correlacionadas (ACTC) ficaram com 22,1% (R\$ 21,8 bilhões) do montante total dispendido em C&T. Do orçamento para P&D, em 2015, os R\$ 76,5 bilhões previstos, 24,5% (R\$ 19,0 bilhões)



foram considerado como dispêndios em P&D dos programas de pós-graduação das instituições de ensino superior (IES).

**Tabela 1- Brasil: dispêndio nacional em ciência e tecnologia (C&T)<sup>(1)</sup> por atividade, 2000-2015**  
(em milhões de R\$ correntes)

Ano	Ciência e Tecnologia (C&T) <sup>(1)</sup>					
	Total Previsto	Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)			Atividades Científicas e Técnicas Correlatas (ACTC)	
		Total	Orçamento executado	Ensino superior <sup>(2)</sup>	Total	Orçamento executado
2000	15.839,1	12.560,7	9.349,3	3.211,4	3.278,4	3.278,4
2001	17.655,6	13.973,0	10.444,4	3.528,6	3.682,6	3.682,6
2002	19.756,7	15.031,9	10.957,4	4.074,6	4.724,8	4.724,8
2003	22.278,8	17.169,0	12.590,3	4.578,7	5.109,8	5.109,8
2004	25.437,7	18.861,6	14.109,4	4.752,2	6.576,1	6.576,1
2005	28.179,8	21.759,3	16.764,3	4.995,0	6.420,5	6.420,5
2006	30.540,9	23.807,0	18.018,3	5.788,7	6.733,9	6.733,9
2007	37.468,2	29.416,4	21.331,0	8.085,4	8.051,8	8.051,8
2008	45.420,6	35.110,8	25.730,8	9.380,0	10.309,8	10.309,8
2009	51.398,4	37.285,3	27.713,1	9.572,2	14.113,1	14.113,1
2010	62.223,4	45.072,9	33.662,6	11.410,2	17.150,5	17.150,5
2011	68.155,0	49.875,9	35.981,5	13.894,3	18.279,2	18.279,2
2012	76.432,7	54.254,6	38.547,6	15.707,0	22.178,1	22.178,1
2013	85.646,4	63.748,6	45.149,0	18.599,6	21.897,8	21.897,8
2014	96.316,6	73.387,6	51.616,9	21.770,7	22.929,1	22.929,1
2015	98.302,1	76.531,8	57.455,1	19.076,7	21.770,3	21.770,3

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)

Notas:

(1) ciência e tecnologia (C&T) = pesquisa e desenvolvimento (P&D) + atividades científicas e técnicas correlatas (ACTC);

(2) considerados os gastos da pós-graduação como proxy dos dispêndios em P&D das instituições de ensino superior (IES).

(3) P&D - Pesquisa e desenvolvimento experimental é qualquer trabalho criativo e sistemático realizado com a finalidade de aumentar o estoque de conhecimentos, inclusive o conhecimento do homem, da cultura e da sociedade, e de utilizar estes conhecimentos para descobrir novas aplicações.

(4) ACTC - Atividades científicas e técnicas correlatas –são aquelas relacionadas com a P&D e que contribuem para a geração, difusão e aplicação do conhecimento científico e técnico. Abrangem vários serviços científicos e tecnológicos, entre eles: bibliotecas, centros de informação e documentação, serviços de referência; museus de ciência e/ou tecnologia, jardins botânicos ou zoológicos; levantamentos topográficos, geológicos e hidrológicos; observações astronômicas, meteorológicas e sismológicas de rotina; inventários relativos ao solo; à flora, aos peixes e à fauna selvagem; testes e ensaios de rotina do solo, da atmosfera e da água; teste e controle de rotina dos níveis de radioatividade; prospecção e atividades afins de localização de petróleo e outros recursos minerais; e coleta de informações sobre fenômenos humanos, sociais, econômicos e culturais, com finalidade de compilar dados estatísticos periódicos.

Disponível em:

[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/recursos\\_aplicados/indicadores\\_consolidados/2.1.1.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2.1.1.html).

Acesso em: 27 nov. 2017.

Segundo o MCTIC, o Brasil aplicou 1,28% do Produto Interno Bruto (PIB) destinado à P&D no SNCTI em 2015 (BRASIL. MCTIC, 2017b). A Tabela 2 e a Figura 2 ilustram esses dados.

Tabela 2 - Brasil: comparação dos dispêndios em P&amp;D (com valores de 2015) com o produto interno bruto (PIB) 2000-2015

	(dispêndios em milhões de R\$ de 2015) <sup>(1)</sup>															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>TOTAL</b>																
Dispêndios em P&D	41.475,5	42.632,6	41.770,6	41.816,8	42.634,2	45.782,0	46.912,4	54.459,2	59.755,7	59.131,9	65.929,0	67.351,7	67.873,4	74.183,5	79.186,7	76.531,8
Índice (2000=100)	100,0	102,8	100,7	100,8	102,8	110,4	113,1	131,3	144,1	142,6	159,0	162,4	163,6	178,9	190,9	184,5
% em relação ao PIB	1,05%	1,06%	1,01%	1,00%	0,96%	1,00%	0,99%	1,08%	1,13%	1,12%	1,16%	1,14%	1,13%	1,20%	1,27%	1,28%
<b>DISPÊNDIOS PÚBLICOS</b>																
Dispêndios em P&D	21.442,8	22.723,7	21.565,9	21.496,5	21.101,2	21.821,2	23.471,2	28.112,0	30.091,2	30.922,7	33.699,9	35.626,8	37.283,9	42.804,8	41.804,1	38.394,5
Índice (2000=100)	100,0	106,0	100,6	100,3	98,4	101,8	109,5	131,1	140,3	144,2	157,2	166,1	173,9	199,6	195,0	179,1
% em relação ao PIB	0,54%	0,57%	0,52%	0,51%	0,48%	0,48%	0,49%	0,56%	0,57%	0,58%	0,59%	0,60%	0,62%	0,69%	0,67%	0,64%
<b>GOVERNO FEDERAL</b>																
Dispêndios em P&D	13.233,4	13.923,3	13.416,8	14.132,4	14.507,8	14.907,3	16.716,9	19.336,6	20.540,6	21.349,7	23.461,4	24.015,5	25.046,2	30.026,0	28.164,7	27.219,8
Índice (2000=100)	100,0	105,2	101,4	106,8	109,6	112,6	126,3	146,1	155,2	161,3	177,3	181,5	189,3	226,9	212,8	205,7
% em relação ao PIB	0,33%	0,35%	0,32%	0,34%	0,33%	0,33%	0,35%	0,38%	0,39%	0,40%	0,41%	0,41%	0,42%	0,48%	0,45%	0,45%
<b>GOVERNO ESTADUAL</b>																
Dispêndios em P&D	8.209,4	8.800,4	8.149,2	7.364,2	6.593,4	6.913,9	6.754,2	8.775,4	9.550,6	9.573,0	10.238,6	11.611,2	12.237,7	12.778,8	13.639,4	11.174,6
Índice (2000=100)	100,0	107,2	99,3	89,7	80,3	84,2	82,3	106,9	116,3	116,6	124,7	141,4	149,1	155,7	166,1	136,1
% em relação ao PIB	0,21%	0,22%	0,20%	0,18%	0,15%	0,15%	0,14%	0,17%	0,18%	0,18%	0,18%	0,20%	0,20%	0,21%	0,22%	0,19%
<b>SETOR EMPRESARIAL</b>																
Dispêndios em P&D	20.032,7	19.908,9	20.204,7	20.320,2	21.533,0	23.960,8	23.441,2	26.347,2	29.664,6	28.209,2	32.229,0	31.725,0	30.589,5	31.378,7	37.382,6	38.137,3
Índice (2000=100)	100,0	99,4	100,9	101,4	107,5	119,6	117,0	131,5	148,1	140,8	160,9	158,4	152,7	156,6	186,6	190,4
% em relação ao PIB	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%	0,5%	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%	0,6%

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)

Notas: 1) Valores obtidos através dos multiplicadores utilizados pelo Banco Central para deflacionar o PIB, publicados na tabela "Produto Interno Bruto e taxas médias de crescimento" em <http://www.bcb.gov.br/?INDECO> ;

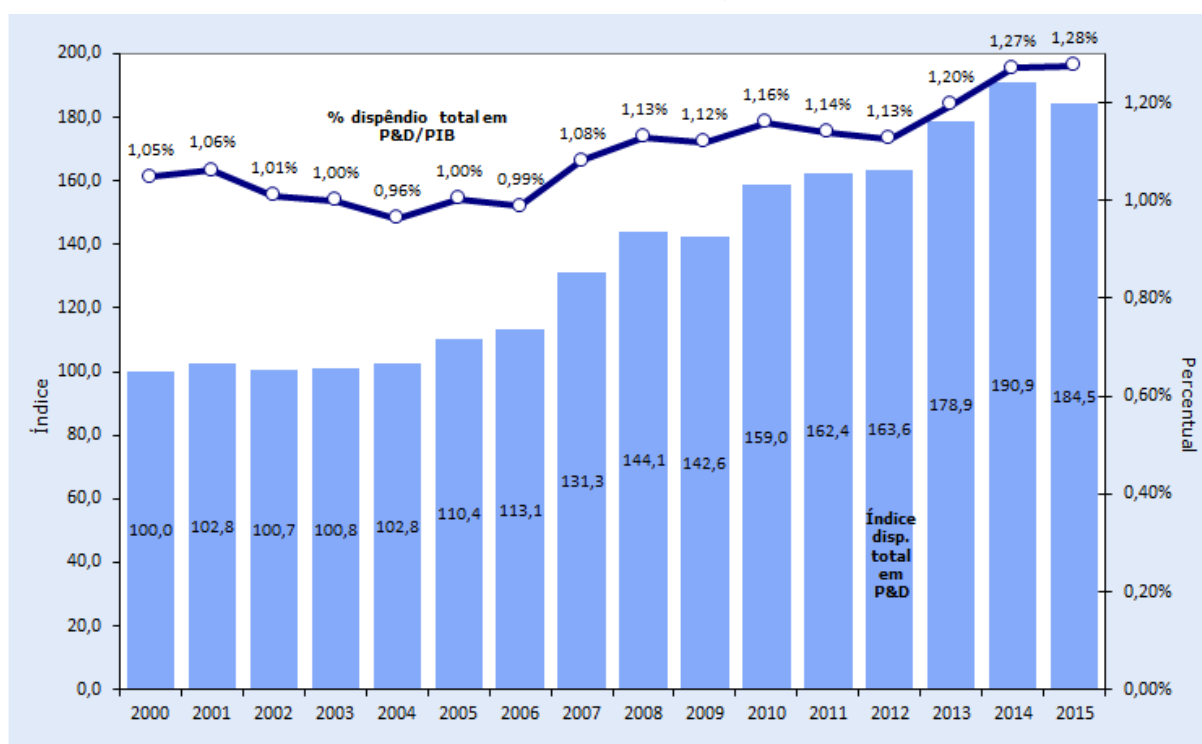
Disponível em: [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/recursos\\_aplicados/indicadores\\_consolidados/2\\_1\\_7.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2_1_7.html). Acesso em: 27 nov. 2017.

No comparativo do dispêndio em P&D entre o Setor Público e o Empresarial, (Tabela 2) pode-se observar que o governo federal e os estaduais juntos dispenderam 0,64% enquanto o Empresarial 0,60% do PIB em 2015, ou seja, do orçamento de R\$76,5 bilhões (Tabela 1) em P&D em relação ao total do dispêndio, o Governo Federal e os Estados entraram com 52% e o setor empresarial entrou com 48% do dispêndio total.

Importante destacar que os dados da Tabela 2 e da Figura 2 sofreram atualização monetária, com base no ano de 2015, por esta razão os valores reais apresentados não coincidem com a Tabela 1, onde não há o cálculo de deflação associado.

Em comparação com o índice real de crescimento do dispêndio total em P&D com o percentual do dispêndio total em relação ao PIB dos anos de 2000 até 2015 (Figura 2), observa-se que houve uma variação positiva em todos os anos, atingindo em 2015 184,5% de crescimento em relação a 2000.

**Figura 2 - Brasil: Comparação - Índice Real de Crescimento do Dispêndio Total em P&D com o Percentual do Dispêndio Total em Relação ao PIB, 2000-2015**



Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)

Disponível em:

[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/recursos\\_aplicados/indicadores\\_consolidados/2\\_1\\_7.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2_1_7.html).

Acesso em: 27 nov.2017.

Para chegar aos 2% do PIB em P&D nos próximos anos como proposto no ENCTI 2016-2022 (BRASIL. MCTIC, 2016), essa proporção público/privado precisa ser invertida com o percentual de investimento privado atingindo mais de 60%. Ainda assim abaixo do investimento privado em P&D de países mais desenvolvidos como os Estados Unidos, onde o setor privado arcou com 64% (2015) dos recursos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento, como também o Japão e a Coreia do Sul que tiveram percentual de investimento privado em P&D acima de 77% e 74% em 2015 (UNESCO, 2018).

Para efeito de avaliação de perspectivas de progressão dos investimentos na C&T brasileira, é necessário considerar outros fatores. Em 2016 o Congresso Nacional promulgou a Emenda Constitucional nº 95 de 15/12/2016 que limita por 20 anos os gastos públicos para as despesas primárias de cada um dos três Poderes (Executivo, Legislativo e Judiciário), do Ministério Público da União e da Defensoria Pública da União (BRASIL. EMENDA CONSTITUCIONAL, 2016). Com essa medida de contenção de gastos, o teto do orçamento para os próximos anos, a partir de 2018, só poderá aumentar de acordo com a inflação acumulada conforme o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), o índice de inflação calculado pelo IBGE.

Esta medida econômica trará consequências para o sistema de C&T brasileiro, pois afetará os orçamentos dos órgãos públicos envolvidos diretamente com a pesquisa científica e tecnológica como as unidades de pesquisa do MCTIC e as Universidades.

#### 2.4 RECURSOS HUMANOS: FORMAÇÃO E DISPONIBILIDADE

Para os profissionais que atuam em CT&I, normalmente, busca-se o maior grau de instrução possível, devido as especificidades das atividades de pesquisa científica e tecnológica a eles confiadas. Desta forma, um dos indicadores a serem perseguidos é o maior número de doutores nas instituições de C&T.

Indicadores institucionais sobre a capacitação científica e tecnológica brasileira podem ser inferidos a partir dos dados disponíveis no Diretório dos Grupos de Pesquisa (CNPq, 2017), através dos indicadores do número de docentes das IES levantados pelos Censos do Ensino Superior, realizados pelo Instituto Nacional de

Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (INEP, 2017). Assim como os indicadores disponíveis dos programas de Pós-Graduação da CAPES (2017a).

A Tabela 3 permite observar que no período transcorrido entre 2000 e 2016, houve um acentuado crescimento do número de instituições, dos grupos de pesquisa e do número de pesquisadores-doutores.

**Tabela 3 - Número de instituições, grupos de pesquisadores e pesquisadores – doutores**

<b>Principais dimensões</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>2004</b>	<b>2006</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>Crescimento (2000-2016) vezes</b>
<b>Instituição</b>	224	268	335	403	422	452	492	531	<b>2,4</b>
<b>Grupos</b>	11.760	15.158	19.470	21.024	22.797	27.523	35.424	37.640	<b>3,2</b>
<b>Pesquisadores (P)</b>	48.781	56.891	77.649	90.320	104.018	128.892	180.262	199.566	<b>4,1</b>
<b>Pesquisadores doutores (D)</b>	27.662	34.349	47.973	57.586	66.785	81.726	116.427	130.140	<b>4,7</b>
<b>(D)/(P) em %</b>	57	60	62	64	64	63	65	65	<b>1,1</b>

Fonte: Adaptação da tabela obtida no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/principais-dimensoes>. Acesso em 10 out. 2017.

Na Tabela 3, observa-se que há um significativo crescimento (2,4 vezes) do número de instituições de pesquisa, este número mais do que dobrou entre 2000 e 2016; o efetivo de pesquisadores e pesquisadores doutores quadruplicou no mesmo período; e o número de grupos de pesquisa também atingiu um crescimento de mais de três vezes. Já a proporção de pesquisadores com doutorado em relação ao total de pesquisadores em todas as áreas do conhecimento, passou de 57% para 65% no mesmo período, sinalizando um crescimento um pouco menos acentuado.

Em relação às demais titulações, mestres e especialistas, em especial, o crescimento de pesquisadores doutores foi maior, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4- Número de pesquisadores segundo a titulação máxima

Titulação máxima dos pesquisadores	2000		2016		Crescimento 2000-2016 Vezez
	Pesquisador	%	Pesquisador	%	
Doutorado	27.662	56,71	130.140	65,21	4,7
Mestrado	14.407	29,53	49.316	24,71	3,4
Especialização	3.525	7,23	9.782	4,9	2,8
Graduação	3.115	6,39	6.725	3,37	2,2
Outros	72	0,15	3.603	1,81	50,0
Total	48.781	100	199.566	100	4,1

Fonte: Adaptação da tabela obtida no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/principais-dimensoes>. Acesso em 10 out. 2017.

Ainda em relação aos dados dos pesquisadores doutores, na Tabela 5 estão relacionados os percentuais de doutores em cada uma das grandes áreas do conhecimento conforme classificação do CNPq. Todas as áreas apresentaram crescimento no período de 2000-2016. Em algumas áreas como a de Ciências Exatas e da Terra, a média de doutores em relação ao total de pesquisadores ficou acima de 80%; as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Biológicas ficaram com um percentual acima de 70% e as Engenharias e a Computação também ficaram acima de 60% de doutores em relação ao total de pesquisadores em cada área.

Tabela 5- Percentual de pesquisadores doutores em relação ao total de pesquisadores segundo a grande área predominante do grupo

Grande área do conhecimento	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2014	2016	Crescimento 2000-2016 Vezez
Ciências Exatas e da Terra	74	79	81	83	83	81	81	82	1,1
Ciências Agrárias	58	68	71	75	77	77	79	80	1,4
Ciências Biológicas	67	72	76	79	81	82	85	86	1,3
Ciências Humanas	47	51	54	57	57	56	57	58	1,2
Ciências da Saúde	53	57	58	61	62	62	67	68	1,3
Engenharias e Computação	61	63	65	68	71	70	69	68	1,1
Linguística, Letras e Artes	53	56	61	63	64	62	64	64	1,2
Ciência Sociais Aplicadas	44	49	52	53	53	52	54	55	1,3
Outras	0	0	0	0	0	0	0	62	--

Fonte: Adaptado da tabela obtida no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq.

Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/pesquisadores-doutores-por-grande-area>. Acesso em: 28 nov. 2017.

Nota: (\*) Humanidades - 50,6%

-- não se aplica

Quando se observa o número total de pesquisadores, sem levar em conta as titulações, a área de Ciências Humanas que abarca a área de Educação apresenta o maior percentual (22,2%) de pesquisadores, como apresentado na Tabela 6. Mas o índice de pesquisadores-doutores está em média em torno de 54%, similar ao índice das Ciências Sociais Aplicadas (51,5%) abaixo das demais áreas (Tabela 5).

**Tabela 6 - Distribuição dos pesquisadores segundo a grande área do conhecimento predominante nas atividades do grupo, 2016**

<b>Grande área predominante</b>	<b>Pesquisadores (P)*</b>	<b>%(P)</b>
Ciências Humanas	51.221	22,2
Ciências da Saúde	36.306	15,8
Ciência Sociais Aplicadas	31.544	13,7
Engenharias e Computação	29.965	13,0
Ciências Biológicas	22.544	9,8
Ciências Agrárias	22.035	9,6
Ciências Exatas e da Terra	21.143	9,2
Linguística, Letras e Artes	14.890	6,5
Outras	676	0,3
<b>Total</b>	<b>230.324</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado da tabela obtida no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/pesquisadores-doutores-por-grande-area>. Acesso em: 28 nov. 2017.

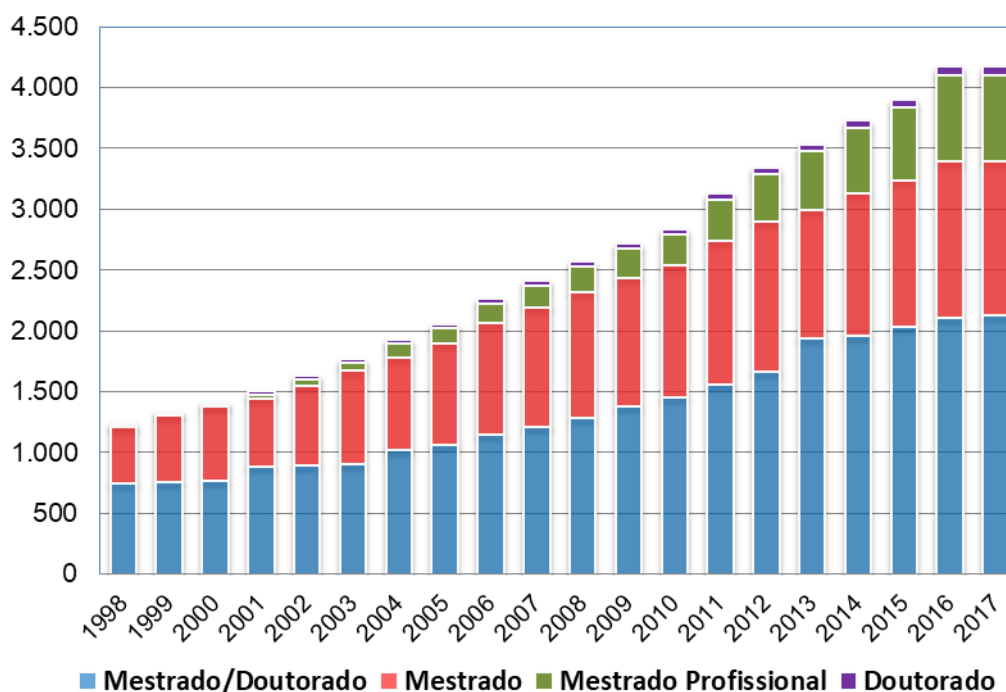
Na análise do seguimento de Educação, com dados do Censo de Ensino Superior, o Brasil em 2016 contava com 2.407 instituições de ensino superior, 296 na esfera pública e 2.111 na esfera privada. Um total de 384.094 docentes, destes 39% são doutores e 39% mestres, e 20% são especialistas, enquanto 1,4% docentes possuem apenas a graduação. Portanto, neste contexto do ensino superior, tem-se 149.797 doutores (68% na esfera pública e 32% na esfera privada), perfazendo, em média, 344 doutores por IES da esfera pública para 23 doutores por IES da esfera privada em 2016 (INEP, 2017).

A relação recursos humanos e desenvolvimento científico dos países é bem conhecida. No caso do Brasil, o destacado desenvolvimento da pesquisa científica provém do seu reconhecido Programa Nacional de Pós-Graduação (PNPG) que promoveu a institucionalização da pesquisa científica e tecnológica nas universidades e centros de pesquisa iniciado no final dos anos de 1960 e continuado progressivamente pela CAPES (GUIMARÃES e HUMANN, 1995; GUIMARÃES e ALMEIDA, 2012; ALMEIDA e GUIMARÃES, 2013).

Esse significativo desenvolvimento e o crescimento dos programas de pós-graduação mostrado na Figura 3 propiciou a consolidação de 4.175 programas, sendo 2.128 (51%) com cursos de Mestrado e Doutorado, 1.270 (30,4%) com cursos apenas de Mestrado, 703 (16,8%) com cursos apenas de Mestrado Profissional e 74 (1,8%) com cursos apenas de Doutorado em 2017 (CAPES, 2018).

O crescimento em termos do total de número de programas de pós-graduação foi de 3,3 vezes entre 1998 e 2017, ou seja, de um total de 1.262 programas em 1998 passou para 4.175 em 2017. Os programas com curso de mestrado profissional apresentaram um crescimento significativo saltando de apenas 3 em 1998 para 703 cursos em 2017. As demais modalidades também apresentaram crescimento no período abordado, sendo na ordem de 2,8 vezes nos programas de Mestrado/Doutorado e de 2,7 vezes nos cursos de Mestrado, e mais de 3 vezes nos cursos de Doutorado. A Figura 3 ilustra o crescimento mais recente dos programas de pós-graduação no Brasil.

**Figura 3 – Evolução do número de programas e cursos de pós-graduação no Brasil no período de 1998-2017**

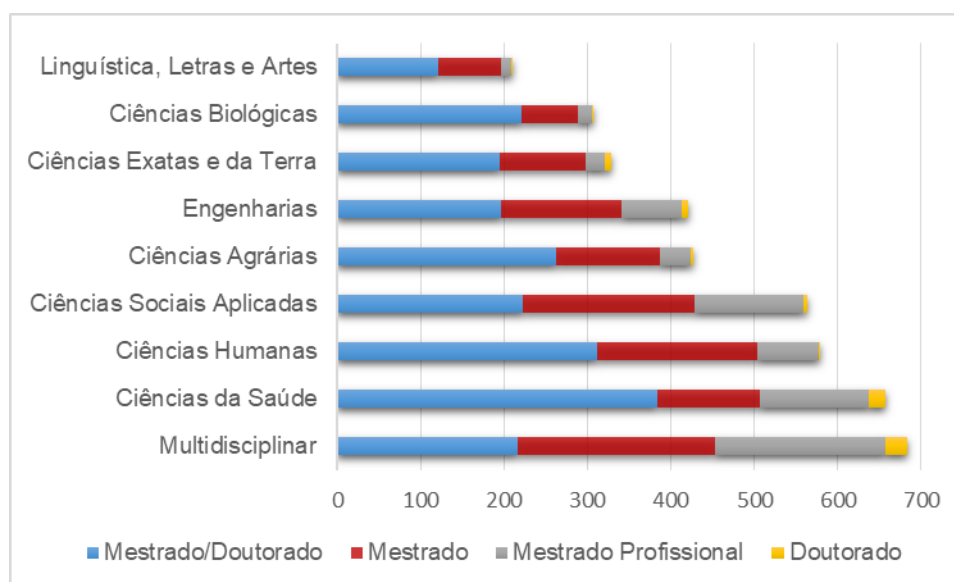


Fonte: Adaptado de CAPES, GEOCAPES, 2017 e CAPES, 2018.



Os programas brasileiros de pós-graduação cobrem todas as áreas do conhecimento. A Figura 4 apresenta as proporções de cada grande área de conhecimento e por modalidade de programa.

**Figura 4 – Programas e cursos de pós-graduação no Brasil por grande área em 2017**

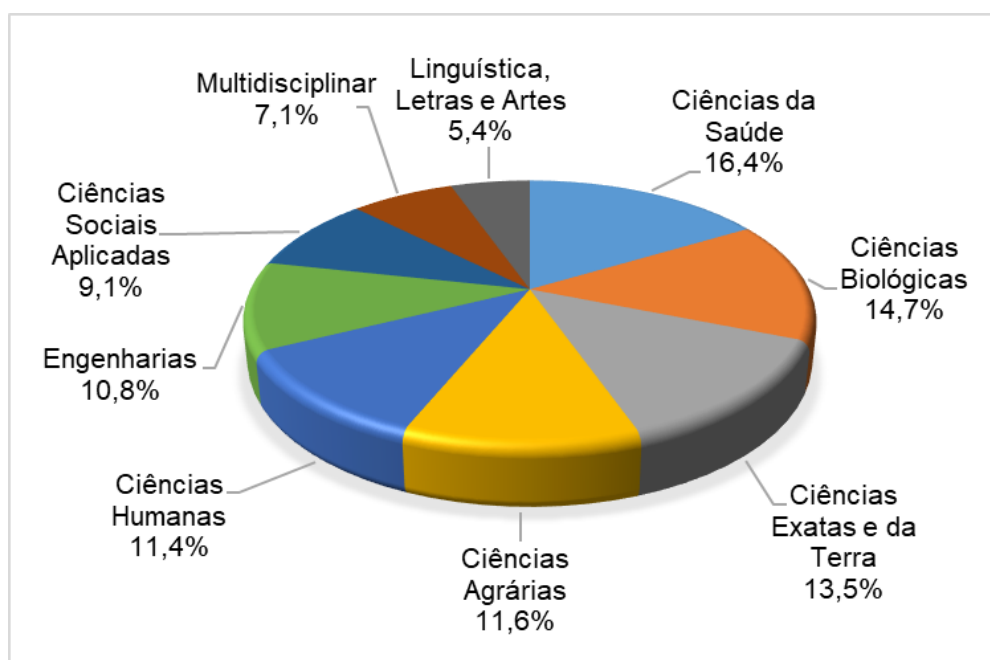


Fonte: Adaptado de CAPES, 2018.

Os programas de pós-graduação buscam alcançar padrões de excelência, tendo como base uma equivalência internacional. Em 2017, um total de 11,5% dos programas apresentou desempenho equivalente a padrões internacionais de excelência, e, portanto, têm conceito CAPES 6 e 7, totalizando 482 programas de pós-graduação. Um percentual de 16,6% (795) atingiu nota 5, alcançando nível de excelência nacional. As notas 4 e 5 que significam um desempenho entre bom e muito bom atingiu 54,2% e correspondem a 2.262 programas de pós-graduação. Aos cursos que apresentam padrões mínimos de qualidade, com desempenho médio, é atribuída nota 3, representam 30,9% (1.290) do total de programas de pós-graduação, em geral esses são os programas abertos com menos tempo, que não formaram turmas, e que participam pela primeira vez da avaliação (CAPES, 2018).

A Figura 5 apresenta a distribuição percentual dos programas de pós-graduação que atingiram os conceitos de excelência 6 e 7. A área de Ciências da Saúde lidera com 16,4% dos programas. As demais áreas seguem em percentuais mais baixos, sendo as áreas de Ciências Sociais Aplicadas, a área Multidisciplinar e as áreas de Linguística, Letras e Artes as que apresentaram percentuais mais baixos.

**Figura 5 – Programas de pós-graduação com conceito CAPES 6 e 7 no Brasil por grande área em 2017**

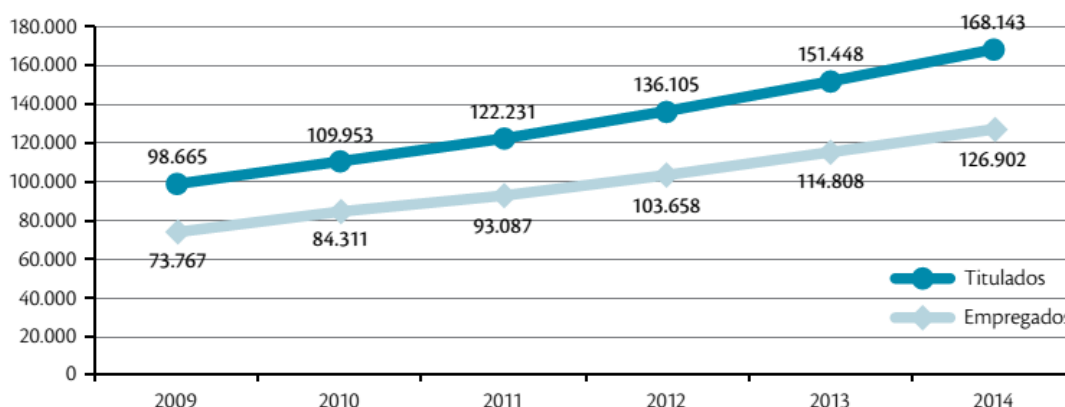


Fonte: Adaptado CAPES, 2018.

Em 2015, a formação de mestres e doutores no Brasil atingiu a marca de 75.663 titulados. Desta maneira entraram no mercado de trabalho e da pesquisa 18.996 (25,1%) doutores, 47.644 (63,0%) mestres formados na modalidade acadêmica e mais 9.023 (11,9%) titulados na modalidade de mestrado profissional (GEOCAPES, 2017). Igualmente importante no contexto da formação de recursos humanos qualificados é a questão da empregabilidade do pessoal titulado.

Em recente estudo do CGEE (2016) observa-se que a relação de titulados e doutores empregados é da mesma forma crescente, conforme Figura 6.

**Figura 6 – Número acumulado de doutores a partir de 1996 e de empregados entre 2009 e 2014 no Brasil**



**Gráfico 3.2.01. Número de doutores titulados no Brasil a partir de 1996 e número de doutores empregados, 2009-2014**

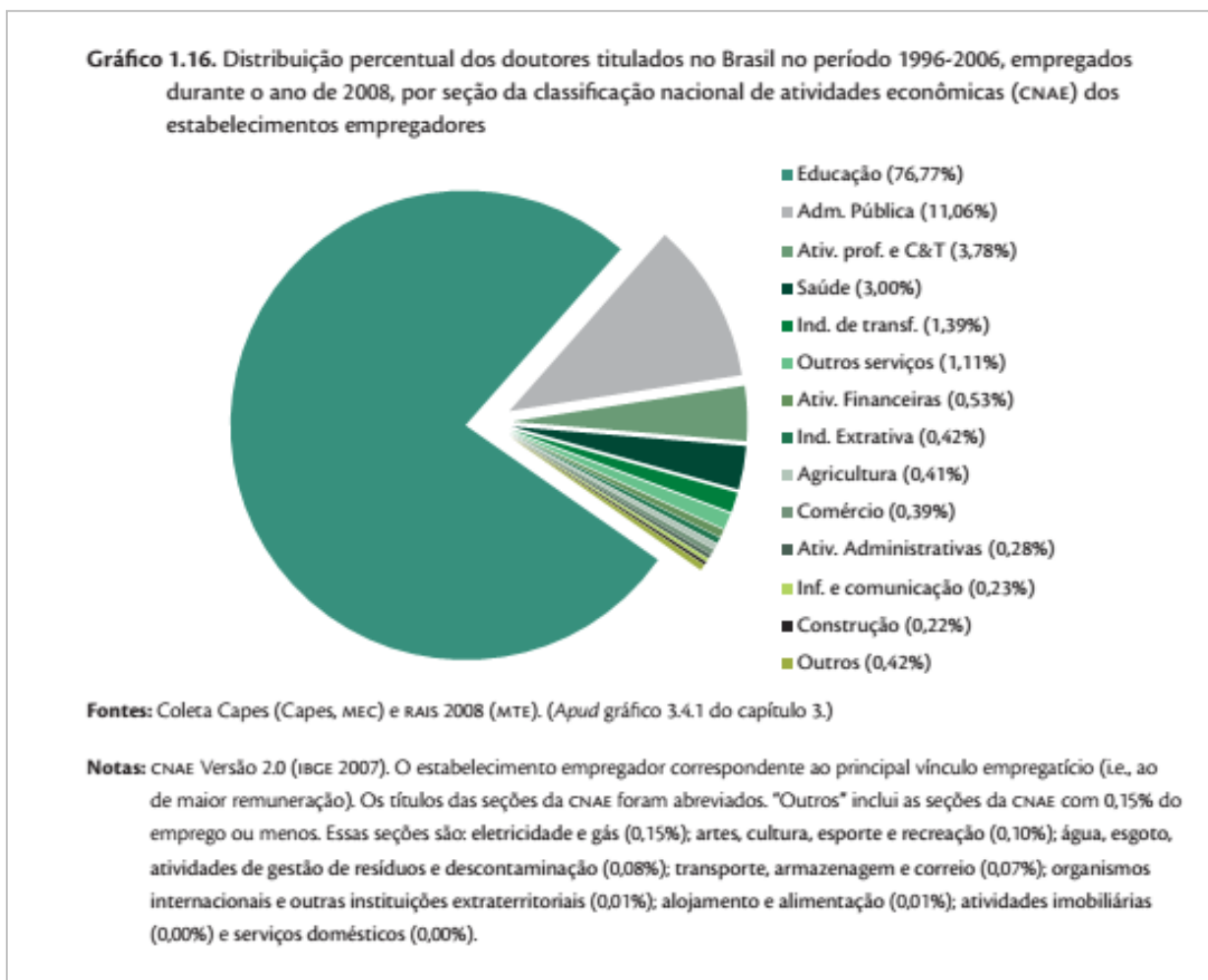
Fontes: Coleta Capes 1996-2012 e Plataforma Sucupira 2013-2014 (Capes, MEC); e Rais 2009-2014 (MTE). Elaboração CGEE.

Notas: Os dados utilizados para a elaboração deste gráfico encontram-se na Tabela D.EMP01. do anexo estatístico. Maiores informações e outras notas explicativas podem ser encontradas nessa tabela.

Fonte: CGEE (2016) Mestres e doutores 2015. p. 138

Em estudo anterior Viotti et al. (2010) apresentam a distribuição percentual de doutores titulados e empregados com base nas Seções da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) dos estabelecimentos empregadores. O estudo apresenta uma clara visão de quais os setores econômicos que mais empregam doutores (Figura 7). Os dados mostram o setor de Educação como o que mais emprega doutores, corroborando com a ideia de expansão acelerada da oferta de doutores como mostrado na Figura 8. Segundo os autores, esta demanda de empregabilidade de doutores é determinada, principalmente, pela própria dinâmica acadêmica de crescimento dos programas de pós-graduação que é quem mais emprega doutores.

**Figura 7 – Distribuição percentual de doutores titulados segundo a CNAE no período entre 1996 e 2006 no Brasil**



Fonte: VIOTTI, et al. Doutores 2010, p 38

Verifica-se que há predominantemente uma destacada maior presença dos doutores com atuação na área de educação (76,8%) (CGEE, 2014). Por outro lado, este quadro indica, que há uma baixíssima presença de doutores atuando nas áreas tecnológicas. Constatando-se uma crescente saturação da proporção de doutores atuando nas universidades, o atual avanço da formação de doutores no país deve passar a obedecer à ordem da crescente necessidade da empregabilidade de doutores em outras atividades econômicas, especialmente nas áreas tecnológicas.

Com uma previsão de demanda crescente na mudança da empregabilidade de doutores, tendo em vista a necessidade do enfrentamento das crises econômicas e produtivas, já se observa (Figura 8) tendência a algumas mudanças no tipo de emprego nas seções da CNAE "Indústria de Transformação" e "Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas" para os doutores das áreas das engenharias e

ciências agrárias e também, obviamente, na seção “Saúde Humana e Serviços Sociais” para os formados nas áreas da saúde. Todos estes exemplos com dados muito acima das respectivas médias, como apresentado na Figura 8.

**Figura 8 – Distribuição de doutores empregados em 2008 segundo as áreas da CNAE**

**Tabela 3.4.1.** Distribuição percentual dos doutores titulados no Brasil no período 1996-2006, empregados em 2008, nas cinco seções da classificação nacional de atividades econômicas (CNAE) que mais empregam doutores por grande área do conhecimento da formação dos doutores

Seção da CNAE	Ciências exatas e da terra	Ciências biológicas	Engenharias	Ciências da saúde	Ciências agrárias	Ciências sociais aplicadas	Ciências humanas	Linguística, letras e artes	Multidisciplinar	Total
<b>Média</b>	11,0	11,9	12,4	19,6	11,8	9,1	17,2	5,6	1,4	100,0
Educação	11,6	12,2	11,5	17,5	10,2	9,0	20,1	6,7	1,3	100,0
Administração pública, defesa e seguridade social	8,0	12,7	10,9	26,6	12,0	14,5	10,4	3,2	1,8	100,0
Atividades profissionais, científicas e técnicas	14,4	10,7	25,2	1,1	42,6	2,1	2,0	0,3	1,6	100,0
Saúde humana e serviços sociais	0,6	8,5	0,7	85,0	1,1	0,9	2,6	0,1	0,4	100,0
Indústrias de transformação	17,2	7,1	38,9	10,4	21,8	2,5	0,9	0,6	0,9	100,0

**Fontes:** Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2008 (MTE). Elaborado pelos autores.

**Notas:** CNAE Versão 2.0 (IBGE 2007). O estabelecimento empregador correspondente ao principal vínculo empregatício, i.e., ao de maior remuneração. A média refere-se à distribuição em todas as 21 seções da CNAE.

Fonte: VIOTTI, et al. **Doutores 2010**, p 224.

A Pesquisa de Inovação (PINTEC) realizada pelo IBGE com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia, levanta indicadores setoriais, nacionais e regionais das atividades de inovação das empresas brasileiras com 10 ou mais pessoas ocupadas, tendo como universo de investigação as atividades dos setores de Indústria, de Eletricidade e gás e de Serviços selecionados (IBGE, 2017).

Na Tabela 7 são apresentadas informações que permitem demonstrar o crescimento da empregabilidade de profissionais titulados envolvidos com a produção industrial brasileira segundo a PINTEC (IBGE, 2017).

**Tabela 7 – Pessoal ocupado nas atividades de P&D de empresas brasileiras**

Pessoas ocupadas nas atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento das empresas que inovaram, segundo ocupação e nível de qualificação, no total das atividades industriais e de serviços			
	2011	2014	% Crescimento 2011-2014
Número de empresas (Unidades)	45.950	47.693	3,8
Total de Pessoas ocupadas (Pessoas)	103.290	151.435	46,6
Total de Pessoas ocupadas - pesquisadores (Pessoas)	67.427	94.277	39,8
Pessoas ocupadas - pesquisadores <b>doutores</b> (Pessoas)	4.257	5.817	36,6
Pessoas ocupadas - pesquisadores <b>mestres</b> (Pessoas)	6.789	8.010	18,0
Pessoas ocupadas - pesquisadores <b>graduados</b> (Pessoas)	44.805	65.129	45,4
Pessoas ocupadas - pesquisadores de <b>nível médio ou fundamental</b> (Pessoas)	11.576	15.321	32,4
Pessoas ocupadas - <b>Pessoal de apoio (técnicos e auxiliares)</b>	35.863	57.158	59,4

Fonte: IBGE - Pesquisa de Inovação 2011 e 2014 (IBGE, 2017).

Os dados apontam que em 2011 havia 4.257 doutores, 6.789 mestres, somando 11.046 no total de pessoas envolvidas com atividades internas das empresas relacionadas com a pesquisa e inovação. Já os resultados da PINTEC de 2014 apresentaram indicadores crescentes no total de pesquisadores ocupados (39,8%), assim como no número de pesquisadores doutores (36,6%) em relação aos dados de 2011. Nas pesquisas anteriores, em 2000, eram 2.953 profissionais pós-graduados contratados e em 2003 um total de 3.121. Considerando os dados do total de pesquisadores titulados em ocupação nas indústrias brasileiras, pode-se estimar um crescimento de cinco vezes em 2014 (13.827 pesquisadores mestres e doutores) em relação ao início da pesquisa em 2000 (IBGE, 2002; IBGE, 2005; IBGE, 2010; IBGE, 2013; IBGE, 2016).

## 2.5 PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA

Nas últimas décadas o Brasil vem obtendo extraordinário crescimento na produção de artigos científicos indexados, revisados por pares, publicados em periódicos de qualificação internacional.

Na década de 1960 a média das publicações científicas brasileiras divulgadas em periódicos indexados na base de dados do antigo Institute for Scientific Information (ISI) era de 52 artigos científicos anuais; em 1970 foram apenas 64 artigos, representando 0,019% da produção mundial, saltando para 10.555 artigos completos em 2001 (GUIMARÃES, 2004; ALMEIDA e GUIMARÃES, 2013).

A Tabela 8 e a Figura 9 mostram o crescimento expressivo da produção científica brasileira nos últimos 35 anos.

**Tabela 8 - Brasil: produção científica por triênios**

Triênio	Artigos	Artigos acumulados	Citações	Citações acumuladas	Impacto	Impacto acumulado	% colaboração Internacional
1981-1983	7.255	7.255	77.814	77.814	10,7	10,7	17,4
1984-1986	8.852	16.107	92.447	170.261	10,4	10,6	18,0
1987-1989	8.664	24.771	118.556	288.817	13,7	11,7	23,2
1990-1992	11.953	36.724	191.529	480.346	16,0	13,1	28,7
1993-1995	16.180	52.904	296.077	776.423	18,3	14,7	33,5
1996-1998	26.286	79.190	461.054	1.237.477	17,5	15,6	32,2
1999-2001	39.187	118.377	732.032	1.969.509	18,7	16,6	30,4
2002-2004	52.491	170.868	984.699	2.954.208	18,8	17,3	29,3
2005-2007	71.818	242.686	1.215.225	4.169.433	16,9	17,2	27,8
2008-2010	109.983	352.669	1.334.857	5.504.290	12,1	15,6	24,8
2011-2013	133.594	486.263	1.074.853	6.579.143	8,0	13,5	27,5
2014-2016	149.787	636.050	495.557	7.074.700	3,3	11,1	34,8
<b>Total e Média</b>	<b>636.050</b>	--	<b>7.074.700</b>	--	<b>13,7</b>	<b>14,0</b>	<b>27,3</b>

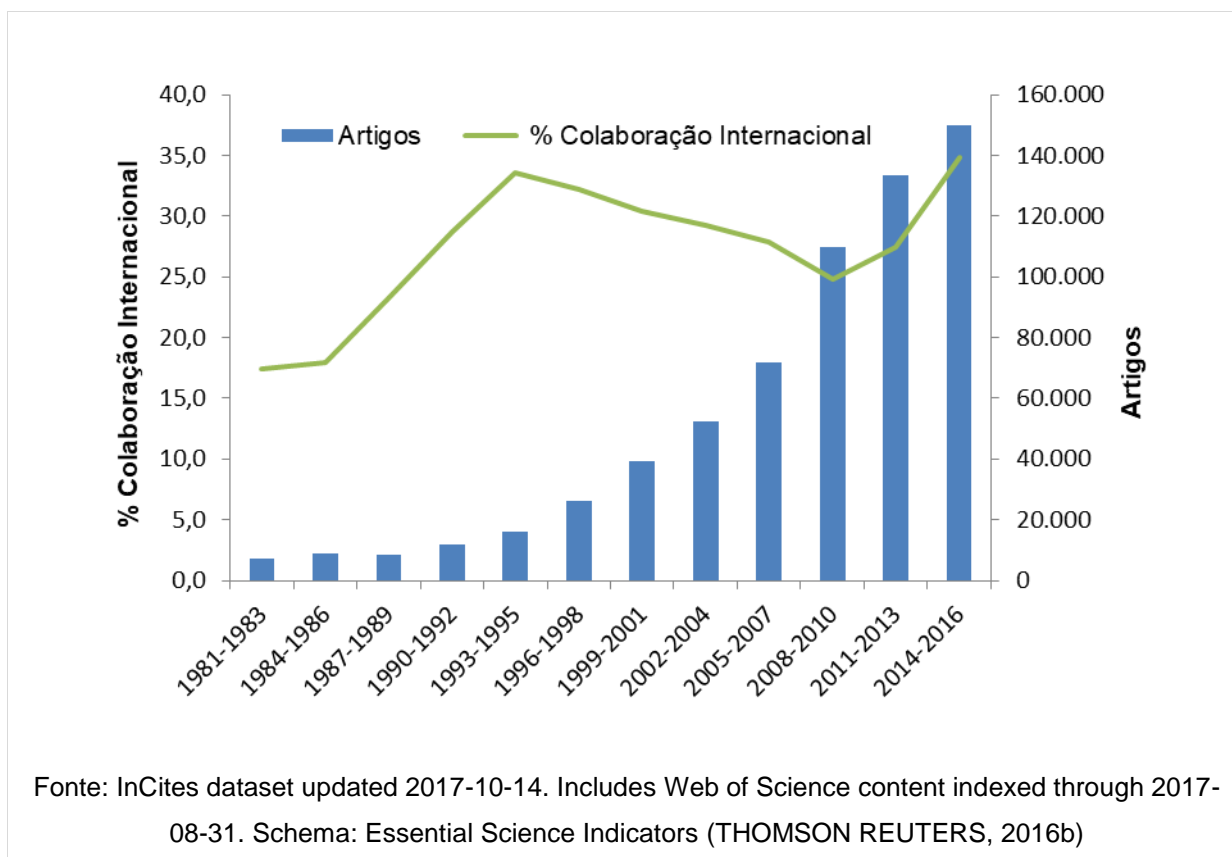
Fonte: Adaptado de InCites dataset updated 2017-10-14. Includes Web of Science content indexed through 2017-08-31. Schema: Essential Science Indicators (THOMSON REUTERS, 2016b)

A Tabela 8 apresenta também o número de citações, o impacto das publicações e ainda o percentual da produção científica brasileira em colaboração internacional. Em média, neste período de 1981 até 2016, o percentual foi de 27,3% de colaboração internacional, tendo dois triênios de índices mais elevados 1993-1995 (33,5%), nível que vem sendo retomado no último triênio de 2014-2016 (34,8%).

Levando-se em conta os últimos anos (2000-2016), mesmo sendo a maior média de colaboração internacional brasileira, ainda é muito baixa se comparado com países mais produtivos como a Suíça, a Dinamarca, a Holanda que possuem índices

de 62,2%, 55,6% e 51,0% respectivamente, e cujos índices de impacto variaram de 21,2 a 22,9 enquanto o impacto da produção brasileira no período ficou bem abaixo 9,3 (HAEFFNER, ZANOTTO, NADER e GUIMARÃES, 2018).

**Figura 9 - Brasil: produção científica e % de colaboração internacional por triênios**



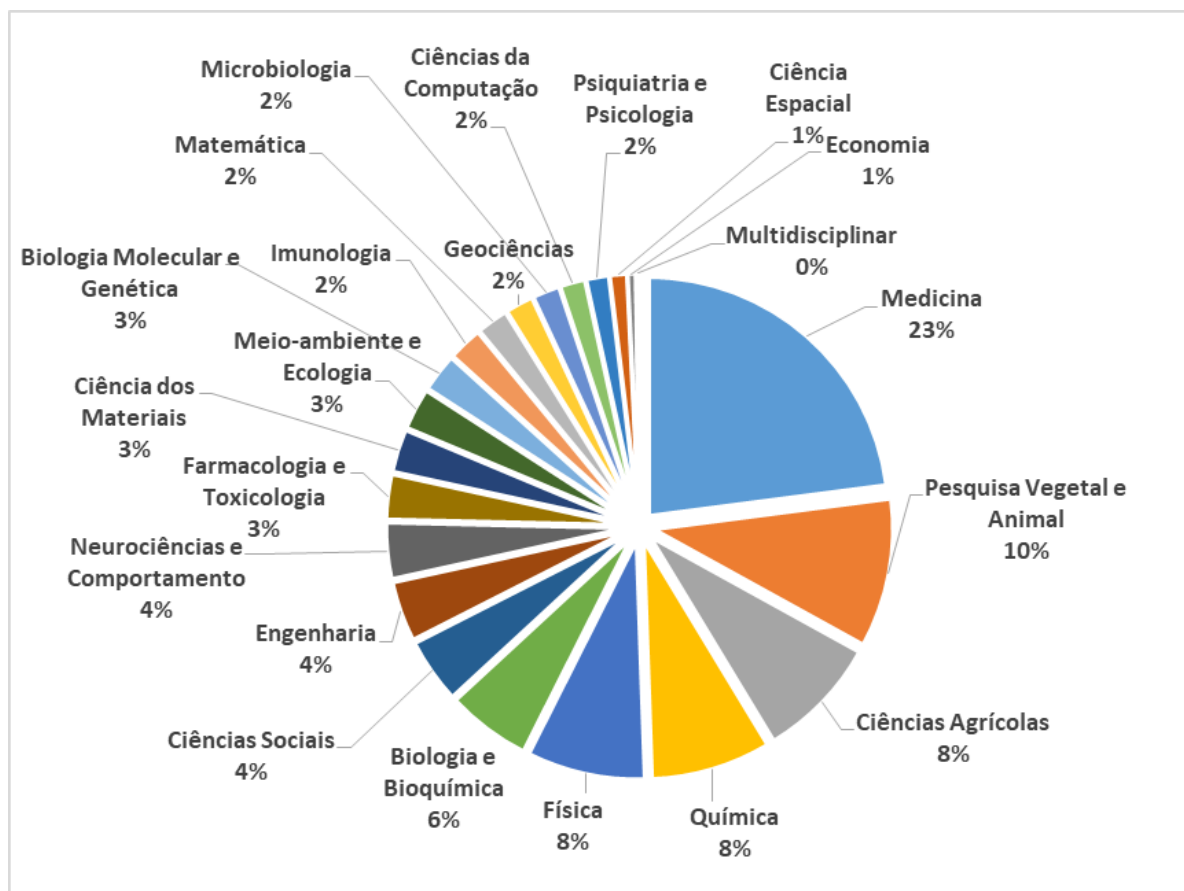
Essa produção científica cobre as 22 áreas do Essencial Science Indicators (ESI). A Figura 10 mostra a produtividade de cada área no período de 1981-2016.

Segundo a classificação da produção científica brasileira nas 22 áreas do conhecimento do ESI, a Figura 10 mostra que a maior produção ocorre na área Médica (23%), seguido pela área de Pesquisa Vegetal e Animal (10%) e na faixa dos 6% a 8% encontram-se as áreas de Ciências Agrícolas, Física, Química e a Biologia e Bioquímica.

Importante salientar que a produção científica está relacionada a muitos fatores nem todos explorados neste estudo, mas que sabidamente é dependente de políticas e incentivos financeiros; assim como apresenta comportamento diferenciado conforme o tamanho e características específicas das comunidades de pesquisa nacionais.



**Figura 10 – Distribuição da produção científica brasileira por áreas do ESI de 1981-2016**



Fonte: Adaptado de InCites dataset updated 2017-11-18. Includes Web of Science content indexed through 2017-09-30. Schema: Essential Science Indicators (THOMSON REUTERS, 2016b)

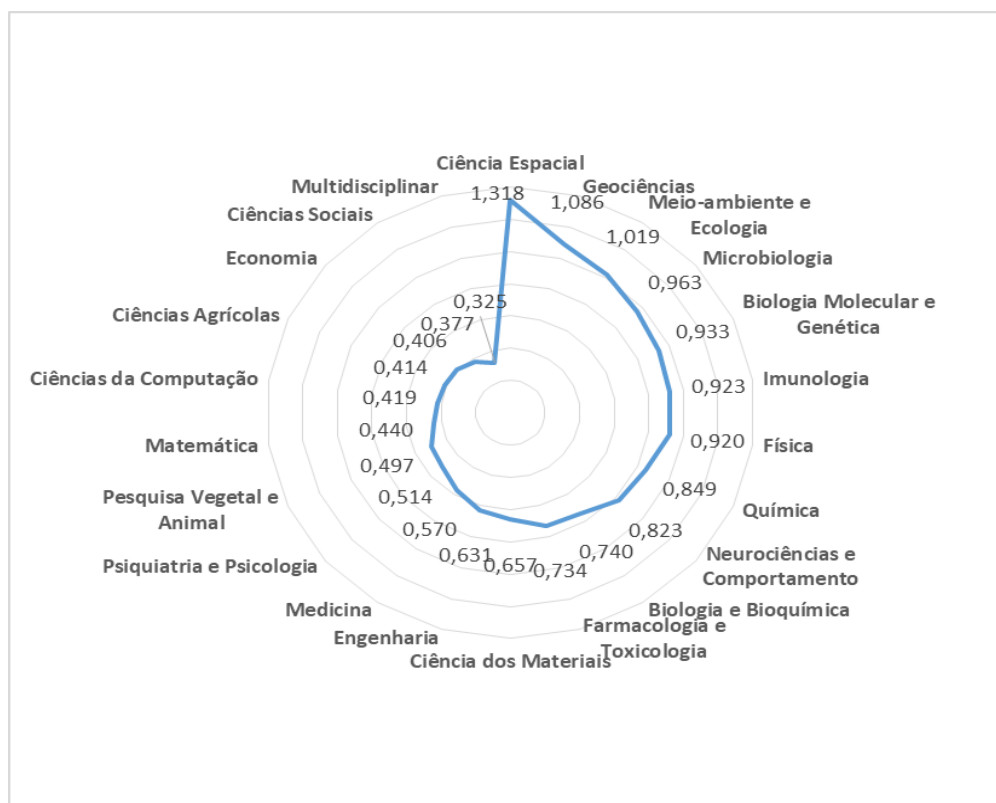
Como destacado em Haeffner, Zanotto e Guimarães (2015), o crescimento da produção científica brasileira tem relação com importantes ingredientes como o aumento da formação de doutores, com a implantação do Portal de Periódicos da Capes que democratizou o acesso às publicações científicas, e a crescente indexação das revistas científicas brasileiras nas bases de dados internacionais como a WoS e a Scopus.

A inter-relação da produção científica com a formação de recursos humanos no Brasil é devido à existência de seu forte modelo de pós-graduação, já destacado em seção anterior, e decorre de que: i) o desempenho em ciência é quase todo feito nos cursos de pós-graduação; ii) a conceituação dos cursos depende da qualidade da produção científica dos docentes orientadores e de seus orientados; iii) a avaliação da pós-graduação mede desempenho coletivo dos professores, orientadores e alunos,

não se atendo a uma avaliação de indivíduos, principal fonte das críticas aos indicadores de produtividade (HAEFFNER, ZANOTTO e GUIMARÃES, 2015).

Um indicador que pode ajudar a distinguir o peso da produção científica brasileira, segundo as áreas do ESI, quando se analisa o impacto da produção em relação ao total da produção mundial é o *Impact Relative to World* (IRW). O IRW é um indicador da produção científica em relação ao impacto da área no mundo, ou seja, o valor de referência é 1 e se o indicador estiver acima disso significa que a produção está acima da média mundial, e no sentido inverso, se for inferior está abaixo da média mundial (ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016). Na Figura 11 está representado o IRW da produção científica brasileira, no período de 1981-2016, cobrindo as 22 áreas do ESI. Destaca-se que poucas áreas (Ciência Espacial, Geociências e Meio-ambiente/Ecologia) apresentam IRW mais elevado do que a média mundial do impacto nas respectivas áreas.

**Figura 11 – Áreas do ESI e produção científica brasileira segundo o Impacto Relativo no Mundo (IRW) de 1981-2016**



Fonte: InCites dataset updated 2017-11-18. Includes Web of Science content indexed through 2017-09-30. Schema: Essential Science Indicators (THOMSON REUTERS, 2016b)

Da mesma forma que a produtividade científica depende de fatores diversos, o impacto da produção, que tem origem no número de citações, também sofre influência de fatores como o índice de colaboração internacional, também depende do tamanho e da dinâmica de cada área do conhecimento, de fatores culturais dos grupos, entre tantos outros fatores já abordados em estudos específicos (TAHAMTAN, SAFIPOURAFSHAR e AHAMDZADEH, 2016, ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016).

No contexto mundial e no que diz respeito aos esforços para a infraestrutura de C&T dos países, três indicadores são importantes: i) o investimento relativo ao PIB; ii) a proporção de cientistas na população e iii) internacionalização da ciência e índice de cooperação internacional. Como se verá adiante, nestes indicadores, o Brasil não ocupa as melhores posições.

### 2.5.1 Investimento relativo ao PIB

A economia brasileira é considerada como de renda média alta (*Upper Middle Income*), ou seja, com renda média per capita entre US\$ 3,956 e US\$ 12,235 (WORLD BANK, 2017). Em 2010, a renda média per capita do Brasil se situava em US\$ 11,224.20. Embora esse índice venha caindo continuamente, chegando a US\$ 8,757.20 em 2015, o Brasil ainda ocupa posição destacada (8<sup>a</sup> em 2015) entre as maiores economias do mundo (WORLD BANK, 2017).

Apesar dessa relativamente favorável situação econômica quando os indicadores são comparados com os de outros países com uma economia similar, verifica-se que o investimento do Brasil em P&D se situa muito abaixo (cerca de 1,2% do PIB) do que seria necessário para propiciar desenvolvimento mais rápido do país. Tal situação é mais agravada pela proporção desse investimento sendo 60% de origem pública, em contraste com países desenvolvidos, onde esse índice é, pelo menos invertido em relação ao investimento privado. Em relação aos investimentos em P&D, países como, Coreia do Sul, Israel e Finlândia comprometem bem mais do que 2% do PIB, ou seja, investem 4,29%, 4,11% e 3,17% respectivamente (WORLD BANK, 2017).

### 2.5.2 Proporção de cientistas na população

Este índice é indicado pelo número de cientistas e engenheiros por milhão de habitantes que se constitui em importante indicador da capacitação técnico-científica das nações. Aqui também a situação do Brasil é ainda crítica. Como apontado em diversas fontes, em 2010 eram apenas 698 cientistas e engenheiros por milhão de habitantes no Brasil, um índice muito inferior aos de países com condição econômica similar ou mesmo inferior como a Argentina e a Rússia, por exemplo, que possuem 1.120 e 3.102 pesquisadores por milhão de habitantes respectivamente. Esta diferença aumenta consideravelmente em comparação com países mais desenvolvidos, como a Inglaterra (4.252), a Coreia do Sul (6.899), a Finlândia (6.986) e Israel (8.255) (WORLD BANK, 2017; ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016).

### 2.5.3 Internacionalização da ciência e índice de cooperação internacional

A internacionalização da ciência é reconhecidamente um elemento fundamental para o desenvolvimento científico e tecnológico das instituições de pesquisa e conseqüentemente dos países. A busca por tais avanços passa necessariamente pelo desenvolvimento e aperfeiçoamento dos recursos humanos como pesquisadores de alto nível.

No Brasil o processo de internacionalização da ciência ocorre primordialmente nos programas de pós-graduação, cujos alunos, discentes das Instituições de Ensino Superior (IES) e os pesquisadores buscam alcançar os padrões mais altos de desenvolvimento em áreas de fronteira e prioritárias de conhecimento. Estas iniciativas, em geral, são impulsionadas por políticas específicas de CT&I com o intuito de tornar o país mais competitivo em setores estratégicos.

O processo de internacionalização científica engloba iniciativas de colaboração e cooperação internacional e é medido usualmente pela coautoria nas publicações científicas. Com a produção do conhecimento científico brasileiro sediada, prioritariamente na pós-graduação por conta da expansão dos programas de pós-graduação, dos acordos bilaterais e multilaterais, com patrocínio pelo CNPq e CAPES

de bolsas para estrangeiros no país e brasileiros com bolsa no exterior proporcionaram e continuam a proporcionar a colaboração internacional e a competitividade das IES em termos globais (MOROSINI, 2011).

Para a CAPES a internacionalização é um processo amplo e dinâmico envolvendo ensino, pesquisa e prestação de serviços para a sociedade. A internacionalização é o estágio mais elevado das relações internacionais entre as universidades, tornando as IES competitivas e preparadas para os desafios de uma sociedade globalizada (CAPES, 2017b).

Nos institutos de pesquisa, da mesma forma que nas IES, os processos de colaboração tornam-se cruciais para o desenvolvimento da pesquisa, do desenvolvimento e da inovação fazendo com que atinjam os seus objetivos estratégicos. O fortalecimento do relacionamento institucional em âmbito nacional e internacional fazem com que os institutos busquem ampliar a geração e a difusão de conhecimentos, compartilhem dados científicos e ambientais, facilitem o acesso a tecnologias, busquem novos financiamentos, formação e capacitação de recursos humanos, ampliem os mercados para seus produtos e serviços, compartilham equipes e infraestrutura (INPE, 2017).

O MCTIC vem estimulando, em parceria com Organismos Internacionais e Governos e instituições estrangeiras, o desenvolvimento de novas tecnologias em setores estratégicos, como petróleo e gás, energias renováveis, aeroespacial, TICs, defesa, e em áreas como nanotecnologia e biotecnologia de forma a facilitar a transformação do conhecimento científico em bens e serviços que contribuam para o desenvolvimento econômico e social do Brasil. Para tanto, o Ministério vem procurando fortalecer a cooperação com países desenvolvidos, assim como buscou dinamizar as parcerias com nações emergentes, como a China e a Índia no âmbito do BRICS e tem apoiado o processo de integração política, econômica e social, por meio da cooperação com a Argentina, no Mercosul e na Unasul e com os países africanos (BRASIL. MCTIC, 2017a).

Muitos esforços são aplicados para aprimorar e fortalecer a formação de recursos humanos de alto nível no Brasil. A fixação dos pesquisadores qualificados é fundamental para o desenvolvimento de C&T. Os países que geram inovação são os que produzem e detêm mais conhecimento e mais tecnologias, são também aqueles que mais rapidamente criam ou adaptam suas estruturas industriais e organizacionais

para facilitar a adoção e difusão de novas formas de produzir e para isso precisam manter um quadro também crescente de recursos humanos qualificados.

Como observado nos estudos cientométricos, a colaboração internacional interfere na produtividade e nos indicadores de impacto da produção científica dos países (ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016; HAEFFNER, ZANOTTO, NADER e GUIMARÃES, 2018). Portanto os incentivos e as políticas públicas de apoio à internacionalização trazem benefícios a médio e a longo prazo para toda a sociedade brasileira e também para a ciência como um todo.

Apesar da reconhecida importância da cooperação internacional para o desenvolvimento técnico-científico das nações, o Brasil tem mostrado um baixo nível desse indicador ao longo dos anos, sendo o índice mais baixo entre os países da América Latina (HAEFFNER, ZANOTTO, NADER e GUIMARÃES, 2018). Observa-se, no entanto algum sinal de recuperação nos últimos anos (Figura 9).

### 3 METODOLOGIA APLICADA NESTE ESTUDO

Primeiramente foram identificadas as unidades do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTIC), incluindo institutos e organizações sociais com competência técnico-científicas e missão definida para o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica. Foram excluídas outras unidades do Ministério não envolvidas diretamente com a missão de pesquisa e desenvolvimento. As unidades incluídas no estudo compõem conjuntamente com as demais instituições brasileiras o papel de executoras das atividades de pesquisa no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Apesar de compartilharem as mesmas características na pesquisa científica e tecnológica com outras instituições, as unidades do MCTIC possuem missão e responsabilidades distintas.

Como acima mencionado, a estrutura atual do MCTIC inclui institutos e unidades de pesquisa e suas respectivas unidades regionais, agências de fomento e gestão, organizações sociais, empresas estatais e unidades vinculadas. As unidades de pesquisa se caracterizam por serem entidades públicas ou privadas (estas operando como OS, sem fins lucrativos), não universitárias, dedicadas à pesquisa nas áreas de ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias, ciências da saúde e ciências agrárias (CGEE, 2010; BRASIL. MCTIC, 2016; BRASIL. MCTIC, 2017c).

O presente estudo se restringe aos institutos e centros caracterizados como unidades de Pesquisa, entre as quais se incluem três Organizações Sociais, compondo um conjunto de 18 unidades, destacadas no Quadro 2 e na Figura 12 com respectiva distribuição geográfica de cada unidade.

**Quadro 2 – Unidades de pesquisa do MCTIC incluídas no estudo e respectivas fontes dos dados demográficos**

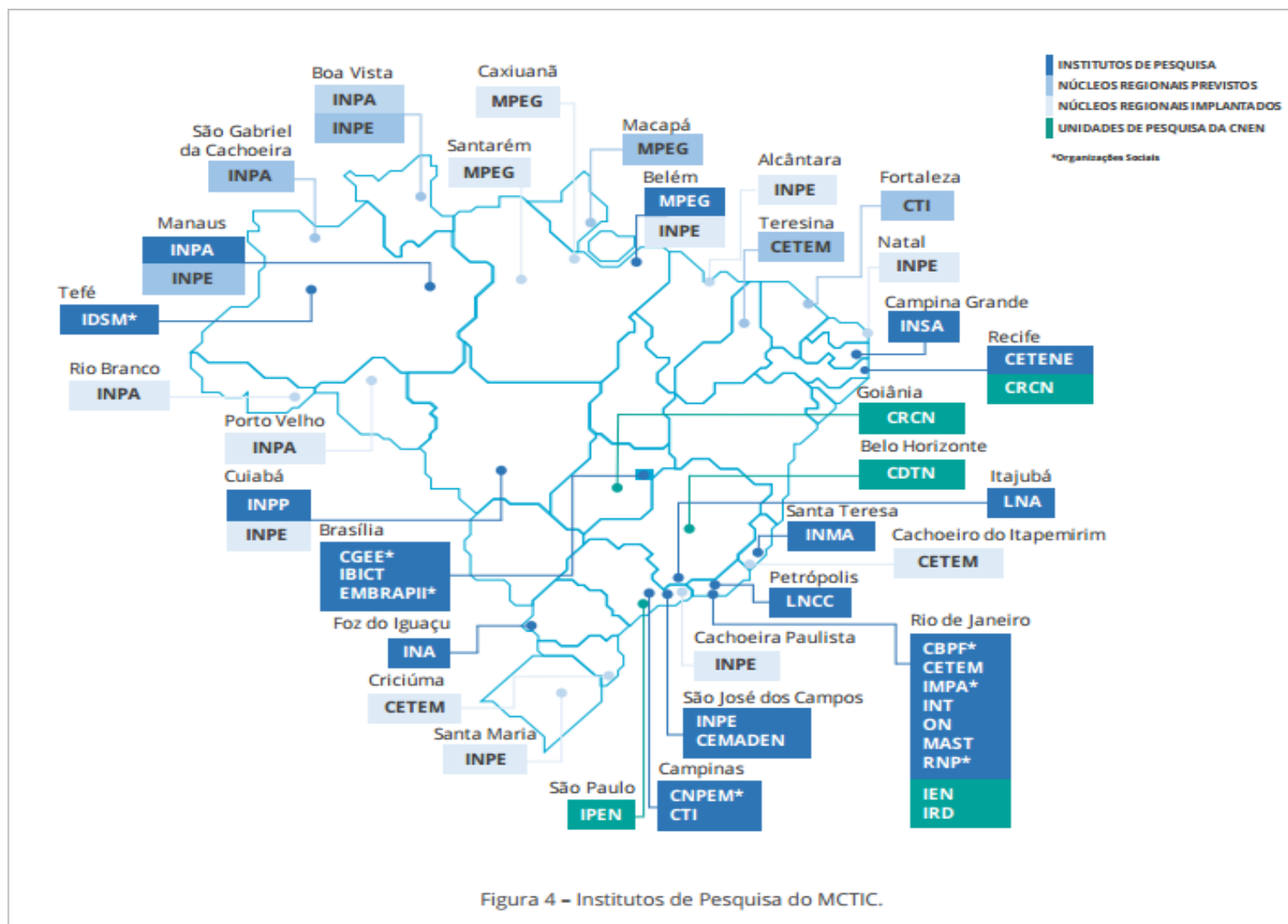
	<b>SIGLA</b>	<b>Nome completo da Instituição</b>	<b>Fonte e Ano de referência</b>
1	CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	Dados do Site, 2015
2	CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais	Dados do Site, 2017 / Plataforma Lattes
3	CETEM	Centro de Tecnologia Mineral	Dados do Site, 2017
4	CETENE	Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste	Dados e-SIC, 2015
5	CNPEM	Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais	Dados do Site* / Plataforma Lattes, 2016
6	CTI	Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer	Dados e-SIC, 2015
7	IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia	Dados do Site / Plataforma Lattes, 2016
8	IDSMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá	Dados do Site / Plataforma Lattes, 2016
9	IMPA	Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada	Dados do Site*, 2017
10	INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia	Dados e-SIC, 2016
11	INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Dados do Site / Plataforma Lattes, 2017
12	INSA	Instituto Nacional do Semi-Árido	Dados e-SIC, 2015
13	INT	Instituto Nacional de Tecnologia	Dados e-SIC, 2015
14	LNA	Laboratório Nacional de Astrofísica	Dados e-SIC, 2015
15	LNCC	Laboratório Nacional de Computação Científica	Dados do Site / Plataforma Lattes, 2016
16	MAST	Museu de Astronomia e Ciências Afins	Dados do Site / Plataforma Lattes, 2017
17	MPEG	Museu Emílio Goeldi	Dados e-SIC, 2015
18	ON	Observatório Nacional	Dados e-SIC, 2015

Fonte: Compilado pela autora

Notas: \* Dados compilados apenas para servidores de cargo de Pesquisadores com doutorado.



Figura 12 – Distribuição geográfica dos institutos e unidades de pesquisa do MCTIC



### 3.1 ETAPAS DE PESQUISA

Na identificação das unidades do MCTIC com competência técnico-científica e com missão definida para o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica (Quadro 2), foram excluídas outras unidades do Ministério não envolvidas diretamente com a missão de pesquisa e desenvolvimento ou que apresentavam características que não proporcionam uma análise compatível com as demais, como o Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), o Instituto Nacional de Pesquisas do Pantanal (INPP) e o Instituto Nacional das Águas (INA) devido às suas recentes incorporações ao MCTIC. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e as suas unidades vinculadas, também não foram incluídas neste estudo, por esta organização incorporar funções distintas das demais unidades. Pela especificidade e pela sua importância no cenário da C&T no Brasil, a CNEN deve merecer um estudo específico. Organizações Sociais vinculadas ao MCTIC como o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), a Rede Nacional de Pesquisa (RNP) e a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII) não foram incluídas também por apresentarem missões institucionais específicas e funcionalidades distintas das atividades típicas de pesquisa técnico-científica.

No texto, nas tabelas e nos gráficos foram usados os termos instituto, unidade ou instituição com o mesmo significado, ou seja, para caracterizar as unidades de pesquisa aqui estudadas.

Indicadores da produtividade científica das unidades de pesquisa do MCTIC foram analisados a partir da produção científica e tecnológica e de demais parâmetros relativos ao desempenho quantitativo e qualitativo institucional no período estudado.

### 3.2 COLETA DOS DADOS

Para cada uma das instituições foram solicitadas informações, via e-mail, sobre o seu quadro de pessoal técnico, administrativo e de pesquisa conforme o nível de titulação, tipo de lotação institucional e tipo de atividade desenvolvida. Algumas instituições responderam prontamente, outras somente via solicitação no Sistema

Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão (e-SIC)<sup>1</sup>, e ainda assim, algumas não responderam. Nestes casos, a coleta foi baseada nas informações contidas no site oficial da instituição e estão sujeitas à coleta de informações desatualizadas ou incompletas. Para a análise foram selecionados os dados sobre o número de doutores que correspondem aos pesquisadores com titulação de doutorado e/ou pós-doutorado que ocupavam à época cargos de nível superior (Analista, Pesquisador e Tecnologista) direcionados às atividades de pesquisa em cada unidade. Portanto, não foram incluídos na análise o número de profissionais de apoio como técnicos e/ou bolsistas de pesquisa. O percentual de doutores foi calculado sobre o total de ocupantes dos cargos de nível superior.

As características institucionais como missão, histórico, abrangência geográfica, natureza ou regime jurídico, entre outras, foram coletadas em pesquisa baseada na documentação e na legislação vigente disponível para acesso nos sites institucionais. Sempre que disponível foram usados, para efeito comparativo, dados extraídos dos relatórios de gestão e dos Termos de Compromisso de Gestão apresentados pelas unidades ao MCTIC nos anos 2015 e 2016.

O levantamento dos dados da produção científica dos pesquisadores de cada instituto para o período de cinco anos (2011 a 2015) que cobrem os indicadores: número de artigos, de citações, áreas do conhecimento e o Índice h, foi realizado pelo acesso à base de dados *Web of Science* (Thomson Reuters, USA, hoje Clarivate Analytics), disponível no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)<sup>2</sup>. A base *Web of Science* (WoS) (THOMSON REUTERS, 2016c) foi selecionada por ser uma base de dados bibliográficos universal e multidisciplinar, que segue um rigoroso processo de seleção, indexando os principais periódicos de abrangência internacional que exercem importante e relevante influência na pesquisa científica mundial, agregando valor às análises bibliográficas.

A estratégia de recuperação dos dados bibliográficos foi realizada através da busca exaustiva pelo campo de “Endereço” ou, quando o nome da instituição padronizado na base de dados WoS estivesse disponível, utilizou-se a opção do campo denominado “Organização Consolidada”, ainda associado à sigla, ao nome

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.acessoainformacao.gov.br/sistema/site/index.html?ReturnUrl=%2fsistema%2f>>. Acesso em: 20 abr. 2014

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/portugues/index.jsp>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

completo da instituição e às variações possíveis, explorando ao máximo, desta forma, as possibilidades de variações dos nomes das instituições presentes no endereçamento dos autores. Aplicou-se o filtro *BRAZIL*, com a finalidade de selecionar apenas as publicações de instituições brasileiras, excluindo possíveis nomes e siglas homônimas em outros países. Foram selecionados apenas os documentos do tipo artigo científico (*ARTICLE*), artigo completo apresentado em evento (*PROCEEDINGS PAPERS*) e artigos de revisão (*REVIEW*). Para simplificação no tratamento e análise dos dados, todos os tipos de documentos recuperados foram tratados com a nomenclatura única de artigos (Quadro 3).

O Índice de Colaboração Internacional (ICI) foi obtido pela razão entre os artigos em colaboração internacional e o total de artigos. Os resultados são compatíveis com os obtidos pela Plataforma *InCites* (THOMSON REUTERS, 2016b), quando a instituição está formalmente listada nesta Plataforma. A colaboração internacional é aqui entendida como a coautoria, em artigos onde pelo menos um autor tem endereço em outro país além do Brasil (VANZ e STUMPF, 2010). Neste estudo o método de cálculo foi a contagem total de artigos, sendo que cada país presente no endereço dos autores tem um peso igual a 1 (LEYDESDORFF e WAGNER, 2008; WAGNER e LEYDESDORFF, 2015).

A busca de dados sobre patentes cobriu o período de 2011-2015 e foi realizada em duas bases de dados: a Derwent Innovations Index<sup>3</sup> que compõe a Base WoS, disponível no Portal de Periódicos da CAPES; e também na base de Pedidos de Patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI (INPI, 2017). Em ambas as bases a busca foi realizada pelo nome ou sigla da unidade de pesquisa do MCTIC no campo designado ao depositante correspondente. Como a busca na base do INPI resultou um número maior de pedidos de patentes esta base foi selecionada, mesmo que o registro de patente não tenha sido concedido ainda.

Outros recursos de recuperação de informações como a Plataforma Lattes<sup>4</sup>, a Plataforma Sucupira da CAPES<sup>5</sup> e o Diretório dos Grupos de pesquisas do CNPq<sup>6</sup> também foram utilizados. As análises foram realizadas com o auxílio dos *softwares*, BibExcel<sup>7</sup> e da planilha eletrônica Microsoft Excel.

---

<sup>3</sup> Disponível em: [http://wokinfo.com/products\\_tools/multidisciplinary/dii/](http://wokinfo.com/products_tools/multidisciplinary/dii/) Acesso em: 20 maio 2017.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/>. Acesso em: 10 jun. 2016.

<sup>5</sup> Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>. Acesso em: 10 jun. 2016.

<sup>6</sup> Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/painel-dgp>. Acesso em: 10 jun. 2016.

<sup>7</sup> Disponível em: <http://www8.umu.se/inforsk/Bibexcel>. Acesso em: 10 jun. 2016.

**Quadro 3- Variações do nome das instituições utilizadas para a busca na base WoS**

<b>ESTRATÉGIAS BUSCA - Base WoS</b>	
1	Instituição: CBPF Organização - Consolidada: (centro brasileiro de pesquisas físicas) OU Endereço: (CBPF) OU (Ctr Brasileiro Pesquisas Fis)
2	Instituição: CEMADEN Endereço: (Ctr Monitoramento & Alerta Desastres Nat) OU (cemaden) OU (Brazilian Ctr Monitoring & Early Warning Nat Disa)
3	Instituição: CETEM Endereço: (Mineral Technol Ctr) OU (CETEM)
4	Instituição: CETENE Endereço:(CETENE) OU (CENTRO TECNOLOGIAS ESTRATEGICAS NORDESTE) OU (CTR TECNOL ESTRAT NORDESTE) OU (CTR STRATEG TECHNOL) OU (NORTHEASTERN CTR STRATEG TECHNOL) OU (CTR STRATEG TECHNOL NORTH EAST)
5	Instituição: CNPEM Endereço: (cnpem)
6	Instituição: CTI Endereço: (Renato Archer) OU (CTI)
7	Instituição: IBICT Endereço:(IBICT) OU Endereço: (BRAZILIAN INST INFORMAT SCI TECHNOL) OU Endereço: (INST BRAS INF CIENT TECNOL) OU Endereço:(INSTITUTO BRASILEIRO INFORMAÇÃO CIENTIFICA TECNOLÓGICA)
8	Instituição: IDSM Endereço: (IDSM) OU Endereço: (MAMIRAUÁ)
9	Instituição: IMPA Endereço:(IMPA) OU (Inst Nacl Matemat Pura Aplicada) OU (Instituto Nacional de Matematica Pura Aplicada) OU (INST MATEMAT PURA APLICADA)
10	Instituição: INPA Endereço:(Inpa) OU (NATL INST AMAZONIAN RES) OU (INST NAACL PESQUISAS AMAZONIA) OU (NATL INST AMAZON RES)
11	Instituição: INPE Endereço:(INPE) OU (NATL INST SPACE RES) OU (Inst Nacional Pesquisas Espaciais)
12	Instituição: INSA Endereço:(INSTITUTO NACIONAL Semi Arido) OU (INSTITUTO NACIONALSEMIARIDO) OU (Inst Nacl SEMIARIDO) OU (Inst Nacl SEMI-ARIDO) OU (NATL INST SEMI ARIDO) OU Endereço:(INSA/MCTI)
13	Instituição: INT Endereço:(instituto nacional de tecnologia) OU (INT/MCTI) OU (INST NAACL TECNOL) OU (NATL INST TECH)
14	Instituição: LNA Endereço:(laboratorio nacional astrofisica) OU (MCT, LNA) OU (Lab Nacl Astrofis) OU (Natl Astroph Lab) OU Endereço: (LNA)
15	Instituição: LNCC Endereço:(LNCC) OU (laboratorio nacional computação científica) OU (Lab Nacl Comp Cient) OU (NATL LAB SCI COMP) OU Endereço: (LNCC/MCTI)
16	Instituição: MAST Endereço:(MAST) OU (museu astronomia) OU (MAST/MCTI) OU (MUSEU ASTRON CIENCIAS AFINS)
17	Instituição: MPEG Endereço:(MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI) OU (MPEG) OU (MUSEU EMILIO GOELDI) OU (EMILIO GOELDI) OU (MPEG/MCTI)
18	Instituição: ON Endereço:(OBSERVATORIO NACIONAL) OU (ON/MCTI) OU (Observ Nacl) OU (NATL OBSERV)

Fonte: Dados compilados pela autora

### 3.3 PROCEDIMENTOS PARA AS ANÁLISES

A partir do levantamento dos pesquisadores de cada instituição e da respectiva produção científica e tecnológica, procederam-se as seguintes análises:

- a) produção total de artigos de cada unidade de pesquisa;
- b) produção *per capita*, referida em relação ao número de doutores;
- c) citações: número de citações recebidas pelos artigos no período estudado;
- d) impacto: número total de citações que os artigos receberam no período dividido pelo número de publicações no mesmo período;
- e) percentual de colaboração internacional: percentual de artigos publicados em coautoria internacional (com pelo menos um outro país além do Brasil nos endereços dos autores) no período estudado;
- f) índice h da instituição, baseado no resultado da verificação do número de publicações científicas que atingiram um número de citações igual ao mesmo número de publicações, desenvolvido por J.E. Hirsch (HIRSCH, 2005). O Índice h é um parâmetro avaliativo de produtividade e qualidade de uma instituição (MINGERS e LEYDESDORFF, 2015), e aplicado aqui, informa sobre tal parâmetro para as unidades de pesquisa estudadas;
- g) número de pedidos de patentes no INPI;
- h) áreas do conhecimento: os assuntos contidos no campo denominado *Subject Category* (Assunto) dos registros bibliográficos da produção científica de cada instituição compilados e classificados no esquema de assuntos das 22 áreas do *Essential Science Indicators* (ESI) (THOMSON REUTERS, 2016a). No ANEXO desta Tese estão relacionados os termos que compõe cada uma das 22 áreas segundo o escopo de abrangência dos periódicos que compõe o ESI. Já o Quadro 4 apresenta a relação das 22 áreas do ESI com a tradução dos termos em inglês para o português.

**Quadro 4 - Relação das 22 áreas do ESI e a tradução dos termos**

Termo original ESI		Tradução	
1	Agricultural Sciences	1	Ciências Agrícolas
2	Biology & Biochemistry	2	Biologia e Bioquímica
3	Chemistry	3	Química
4	Clinical Medicine	4	Medicina
5	Computer Science	5	Ciências da Computação
6	Economics & Business	6	Economia
7	Engineering	7	Engenharia
8	Environment/Ecology	8	Meio-ambiente e Ecologia
9	Geosciences	9	Geociências
10	Immunology	10	Imunologia
11	Materials Science	11	Ciência dos Materiais
12	Mathematics	12	Matemática
13	Microbiology	13	Microbiologia
14	Molecular Biology & Genetics	14	Biologia Molecular e Genética
15	Multidisciplinary	15	Multidisciplinar
16	Neuroscience & Behavior	16	Neurociências e Comportamento
17	Pharmacology & Toxicology	17	Farmacologia e Toxicologia
18	Physics	18	Física
19	Plant & Animal Science	19	Pesquisa Vegetal e Animal
20	Psychiatry/Psychology	20	Psiquiatria e Psicologia
21	Social Sciences, general	21	Ciências Sociais
22	Space Science	22	Ciência Espacial

Fonte: Dados compilados pela autora

- i) Índice Relativo ao Brasil (IRB). O IRB é um indicador da produção científica da unidade estudada em relação ao impacto ou ao índice de colaboração internacional da produção científica do Brasil no período estudado. Por exemplo, o valor de referência é 1 e se o indicador estiver acima disso significa que o impacto da produção da unidade de pesquisa do MCTIC está acima do impacto da produção brasileira no período analisado.
- j) indicadores internos das Unidades: os dados foram extraídos dos Relatórios Anuais de Gestão de cada unidade (ver referências). Neste estudo foram considerados apenas dois indicadores que se referem à produtividade medida por publicações conforme segue:
- **IPub** - *Índice de Publicações* - Número de publicações em periódicos, com ISSN, indexados no SCI, no ano dividido pela  $\Sigma$  dos

Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnologistas e bolsistas), com doze ou mais meses de atuação na unidade de pesquisa do MCTIC completados ou a completar na vigência do TCG;

- **IGPub** - *Índice Geral de Publicações* - Número de artigos publicados em periódico com ISSN indexado no SCI ou em outro banco de dados + N<sup>o</sup> de artigos publicados em revista de divulgação científica nacional ou internacional + N<sup>o</sup> de artigos completos publicados em congresso nacional ou internacional + N<sup>o</sup> de capítulo de livros, no ano dividido pela  $\sum$  dos Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnologistas e bolsistas), com doze ou mais meses de atuação na unidade de pesquisa do MCTIC completados ou a completar na vigência do TCG;

k) parâmetros abordados no estudo com o objetivo de avaliar as competências das unidades de pesquisa do MCTIC demonstrados no Quadro 6:

i. Proporção e/ou Número de Recursos Humanos Qualificados:

Usou-se **Adequado** ou **Inadequado** para medir os dados relativos ao número ou % de doutores em relação ao total de pesquisadores. E neste caso, **Inadequado** se refere a Unidades com menos de 20 doutores e/ou com baixa proporção de doutores no quadro institucional;

ii. Produção Científica das Unidades:

- **Parâmetro quantitativo** se refere ao indicador de número de artigos por unidade, usou-se:

**Muito bom** para indicar número de artigos acima da média das unidades;

**Bom** para indicar 30% a 90% da média;

**Regular** para indicar 10% a 30% da média;

**Insuficiente** para indicar menos de 10% da produção média das unidades.

- **Parâmetro qualitativo** se refere ao impacto da produção científica, para avaliar usou-se o nível do Índice Relativo ao Brasil (IRB):

**Muito bom** para indicar alto impacto, acima de 1,5 vezes o IRB;

**Bom** para indicar médio impacto, entre 0,6 e 1,5 vezes o IRB;

**Insuficiente** para indicar índice menor que 0,4 vezes o IRB.



- **Produtividade Individual** se refere à produção per capita anual, usou-se:

**Adequado** para indicar produção de mais de 1,5 artigos/doutor/ano;

**Regular/aceitável** para indicar entre 0,7 e 1,4 artigos/doutor/ano;

**Insuficiente** para indicar produção individual menor do que 0,7 artigos/doutor/ano.

- **Cooperação Internacional** se refere ao índice de colaboração internacional, usou-se:

**Muito alto** para indicar índice maior do que 2 vezes o ICI Brasil;

**Alto** para indicar entre 1,0 e 1,6 vezes o ICI Brasil;

**Baixo** para indicar índices menores do que o ICI Brasil.

- **Fator h** se refere ao Índice h, usou-se:

**Alto** para indicar índice acima de 1,4 vezes a média das Unidades;

**Regular** para indicar índices médios variando de 0,6 a 1,4 vezes a média das Unidades;

**Muito Baixo** para indicar índices abaixo de 0,5 em relação ao índice médio das Unidades.

- **Aderência à Missão Científica** se refere à adequação dos temas de pesquisa à missão institucional; usou-se: Sim ou Não; Parcial ou Insuficiente

iii. Produção Tecnológica das Unidades:

- **Produção de patentes** se refere ao número de pedido patentes, usou-se:

**Efetiva** para indicar seis ou mais patentes no período;

**Residual** para indicar entre duas e 5 patentes no período;

**Não** para indicar sem produção de patentes.

- **Aderência à Missão Tecnológica**, usou-se:

**Sim** para indicar que há produção de patentes efetiva;

**Não** para indicar que não há registro de pedidos de patentes no período;

**Insuficiente** para indicar que o número de pedidos patentes é menor do que a média do grupo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados do estudo, abordando os aspectos e características dos institutos, a situação da pós-graduação e a produção científica e tecnológica das unidades do MCTIC. O conjunto de dados obtidos permitiu estimar o grau de desempenho e aderência das unidades às suas missões institucionais.

### 4.1 CARACTERÍSTICAS INSTITUCIONAIS

As unidades de pesquisa do Ministério incluídas neste estudo foram 15 institutos ou centros de pesquisa da Administração Pública, diretamente vinculados ao MCTIC e três Associações Privadas de Pesquisa, sem fins lucrativos, que operam sob Contrato de Gestão com o Ministério na modalidade de Organizações Sociais (OS).

Como pode ser observado no Quadro 5, entre as instituições estudadas, duas são centenárias (ON e MPEG); cinco foram criadas entre os anos de 1921 e 1954 (INT, CBPF, IMPA, INPA e IBICT); outras seis foram instituídas nas décadas de 1970 e 1980 (INPE, CETEM, LNA, LNCC, CTI e MAST); duas na virada do Século XX para XXI (CNPEM e IDSM). As outras três foram criadas entre 2004 e 2011 (INSA, CETENE e CEMADEN).

**Quadro 5 - Principais características das unidades de pesquisa do MCTIC (2016)**

(Continua 1/4)

Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>ON</b>	1827	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Rio de Janeiro	RJ
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação Mestrado e Doutorado Acadêmicos em Astronomia e Geofísica, com conceito CAPES 5 e 4 respectivamente.				
<b>Missão:</b> Realizar pesquisa e desenvolvimento em Astronomia, Geofísica e Metrologia em Tempo e Frequência, formar pesquisadores em seus cursos de pós-graduação, capacitar profissionais, coordenar projetos e atividades nestas áreas e gerar, manter e disseminar a Hora Legal Brasileira.				

(Continuação 2/4)

Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>MPEG</b>	1866 (1955)	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Belém	PA
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação Mestrado e Doutorado Acadêmicos em Biodiversidade e evolução com conceito CAPES 4; e Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE com conceito CAPES 4				
<b>Missão:</b> Realizar pesquisas, promover a inovação científica, formar recursos humanos, conservar acervos e comunicar conhecimentos nas áreas de ciências naturais e humanas relacionados à Amazônia.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>INT</b>	1921	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Rio de Janeiro	RJ
<b>Ensino:</b> Em parceria com universidades				
<b>Missão:</b> Participar do desenvolvimento sustentável do Brasil, por meio da pesquisa tecnológica, da transferência do conhecimento e da promoção da inovação com ênfase nas áreas de química e materiais.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>CBPF</b>	1949	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Rio de Janeiro	RJ
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação com Mestrado e Doutorado em Física na modalidade Acadêmico, conceito CAPES 7; e Mestrado Profissional com conceito CAPES 4.				
<b>Missão:</b> Realizar pesquisa básica em Física e desenvolver suas aplicações, atuando como Instituto Nacional de Física do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Polo de investigação científica, formação, treinamento e aperfeiçoamento de pessoal científico.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>IMPA</b>	1951	Entidades sem Fins Lucrativos / Associação Privada (OS)	Rio de Janeiro	RJ
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação Mestrado e Doutorado Acadêmicos em Matemática com conceitos CAPES 7; Mestrado Profissional Matemática em Rede Nacional conceito CAPES 5 e Mestrado Profissional em Métodos Matemáticos em Finanças, conceito CAPES 4.				
<b>Missão:</b> Realizar pesquisas em ciências matemáticas e fins, formar pesquisadores, disseminar o conhecimento matemático em todos os seus níveis e integrá-lo a outras áreas da ciência, cultura, educação e do setor produtivo.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>INPA</b>	1952	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Manaus	AM
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação Mestrado e Doutorado Acadêmicos em Aquicultura com conceito CAPES 3, Biologia (ecologia) com conceito CAPES 6, Ciências biológicas (entomologia) com conceito CAPES 5, Ciências biológicas (botânica) com conceito CAPES 4, Ciências de Florestas Tropicais com conceito CAPES 5, Clima e Ambiente, Ciências biológicas, Genética, Conservação e Biologia evolutiva, Zoologia com conceitos CAPES 4; Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, conceito CAPES 4 e Mestrado Profissional em Gestão de Áreas protegidas na Amazônia com conceitos CAPES 3.				
<b>Missão:</b> Gerar e disseminar conhecimentos e tecnologia, e capacitar recursos humanos para o desenvolvimento da Amazônia.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>IBICT</b>	1954	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Brasília	DF
<b>Ensino:</b> Em parceria com a UFRJ.				
<b>Missão:</b> Promover a competência, o desenvolvimento de recursos e a infraestrutura de informação em ciência e tecnologia para a produção, socialização e integração do conhecimento científico e tecnológico.				

(Continuação 3/4)

Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>INPE</b>	1971	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	São José dos Campos	SP
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação Mestrado e Doutorado Acadêmicos em Astrofísica, Engenharia e Tecnologias Espaciais com conceito CAPES 4, Computação Aplicada com conceito CAPES 5, Geofísica Espacial, Meteorologia com conceito CAPES 6, Sensoriamento Remoto com conceito CAPES 7; e Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre com conceito CAPES 5.				
<b>Missão:</b> Produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>CETEM</b>	1978	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Rio de Janeiro	RJ
<b>Ensino:</b> Em parceria com UFES, UFRJ, USP, UFJF, UFRGS.				
<b>Missão:</b> Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>LNA</b>	1980	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Itajubá	MG
<b>Ensino:</b> Não tem.				
<b>Missão:</b> Planejar, desenvolver, promover, operar e coordenar os meios e a infraestrutura para fomentar, de forma cooperada, a astronomia observacional brasileira.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>LNCC</b>	1980	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Petrópolis	RJ
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação Mestrado e Doutorado Acadêmicos em Modelagem computacional com conceito CAPES 6; e Doutorado em Difusão do conhecimento IFBA - SENAI/CIMATEC - LNCC - UNEB – UEFS com conceito CAPES 4.				
<b>Missão:</b> Realizar pesquisa, desenvolvimento e formação de recursos humanos em Computação Científica, em especial na construção e aplicação de modelos e métodos matemáticos e computacionais na solução de problemas científicos e tecnológicos, bem como disponibilizar ambiente computacional para processamento de alto desempenho, tendo como finalidades o avanço do conhecimento e o atendimento às demandas da sociedade e do Estado brasileiro.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>CTI</b>	1982	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Campinas	SP
<b>Ensino:</b> Não tem.				
<b>Missão:</b> Gerar, aplicar e disseminar conhecimentos em Tecnologia da Informação, em articulação com os agentes socioeconômicos, promovendo inovações que atendam às necessidades da sociedade.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>MAST</b>	1985	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Rio de Janeiro	RJ
<b>Ensino:</b> Pós-Graduação Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia com conceito CAPES 3.				
<b>Missão:</b> Realizar pesquisa de História do desenvolvimento Científico e Tecnológico Brasileiro; Realizar a alfabetização científica dos espaços não formais de educação; preservar acervos científicos e tecnológicos e socializá-los por atividades museológicas e acadêmicas.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>CNPEM</b>	1997	Entidades sem Fins Lucrativos / Associação Privada (OS)	Campinas	SP
<b>Ensino:</b> Em parceria com UNICAMP e USP.				
<b>Missão:</b> Integrar competências singulares em Laboratórios Nacionais para o desenvolvimento científico e tecnológico e apoio à inovação em energia, materiais e biociências.				

(Conclusão 4/4)

Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>IDSM</b>	1998	Entidades sem Fins Lucrativos / Associação Privada (OS)	Tefé	AM
<b>Ensino:</b> Em parceria com universidades da Região Norte como UFAM, UEA e UFPA.				
<b>Missão:</b> Promover pesquisa científica sobre a biodiversidade, manejo e conservação dos recursos naturais da Amazônia de forma participativa e sustentável.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>INSA</b>	2004	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Campina Grande	PB
<b>Ensino:</b> Em parceria com universidades.				
<b>Missão:</b> Viabilizar soluções interinstitucionais para a realização de ações de pesquisa, formação, difusão e formulação de políticas para a convivência sustentável do Semiárido brasileiro a partir das potencialidades socioeconômicas e ambientais da região.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>CETENE</b>	2005	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	Recife	PE
<b>Ensino:</b> Não tem.				
<b>Missão:</b> Desenvolver, introduzir e aperfeiçoar inovações tecnológicas que tenham caráter estratégico para o desenvolvimento econômico e social da Região Nordeste, promovendo cooperações baseadas em redes de conhecimento e nos agentes da economia nordestina.				
Instituição	Criação	Regime / Natureza	Cidade Sede	UF
<b>CEMADEN</b>	2011	Administração Pública / Órgão Público do Poder Executivo Federal	São José dos Campos	SP
<b>Ensino:</b> Não tem.				
<b>Missão:</b> Realizar o monitoramento das ameaças naturais em áreas de riscos em municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, além de realizar pesquisas e inovações tecnológicas que possam contribuir para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, com o objetivo final de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos materiais em todo o país.				

Fonte: Dados compilados pela autora com base nas informações contidas nos Sites e Relatórios Anuais das unidades de pesquisa do MCTIC.

Majoritariamente, as instituições estudadas têm abrangência geográfica regional, ou seja, não se estendem por todo o território nacional e concentram-se principalmente no Sudeste (12 unidades). Outras regiões incluem: Região Norte (3 unidades), Nordeste (2 unidades), Centro-Oeste (1 unidade). Observa-se que não há nenhuma unidade de pesquisa com sede na Região Sul. O INPE possui unidades ou estações regionais em outros Estados além da unidade sede e a de Cachoeira Paulista, no Estado de São Paulo, estendendo-se ao Norte para Belém no Pará; no Nordeste para Natal no Rio Grande do Norte e Alcântara e São Luis no Maranhão; no Centro-Oeste para Cuiabá no estado de Mato Grosso; e no Sul, em Santa Maria no Rio Grande do Sul. O INPA possui quatro núcleos de pesquisas localizados na Região Norte, nos Estados do Acre, Roraima, Pará e Rondônia, além da sede em Manaus, Amazonas. O CETEM possui um núcleo regional em Cachoeiro de Itapemirim no Estado do Espírito Santo, além da sede no Rio de Janeiro, RJ.

Cabe observar que a centralização verificada aqui, embora seja uma realidade do desenvolvimento social e econômico brasileiro não favorece o desenvolvimento do país que sofre com as desigualdades regionais. Sendo assim, uma melhor distribuição das unidades de pesquisa para as demais regiões brasileiras e, sobretudo o fortalecimento das existentes e o redirecionamento de suas missões, pode contribuir para a redução das reconhecidas diferenças regionais.

#### 4.2 A PÓS-GRADUAÇÃO NAS UNIDADES DE PESQUISA DO MCTIC

Como mostrado no Quadro 5, das 18 instituições em estudo, somente quatro não oferecem cursos de pós-graduação *stricto sensu*. Outras seis unidades compartilham cursos de pós-graduação *stricto sensu* com instituições universitárias. As demais oito unidades oferecem cursos de pós-graduação em suas instalações, sendo cinco na modalidade acadêmica (mestrado e doutorado). Os cursos de pós-graduação dessas unidades apresentam conceitos CAPES que vão da nota 3 a 7, ou seja, com desempenho regular (conceito 3), bom desempenho (conceitos 4 e 5), desempenho equivalente ao padrão internacional (conceitos 6 e 7). Três unidades possuem Mestrado Profissional com conceitos CAPES que variam de conceito 3, 4 e até o conceito máximo 5 nesta modalidade (Quadro 5).

Os programas de pós-graduação das unidades promovem usualmente a formação científica e/ou técnica especializada para cada setor de ênfase na pesquisa e na missão institucional, como indicado no Quadro 5. Em alguns casos os programas de pós-graduação oferecidos não possuem características científicas e tecnológicas voltadas para a PD&I, pois estão voltados ao papel de formação na área de pesquisa das ciências humanas aplicadas, mais vinculadas à missão institucional não tecnológica. De fato, em estudo específico sobre as questões de gênero nos institutos de pesquisa, Olinto e Leta (2015) destacam que as unidades que apresentam melhor desempenho acadêmico são aquelas que possuem programas de pós-graduação bem avaliados pela CAPES.

### 4.3 A PRODUÇÃO CIENTÍFICA NAS UNIDADES DE PESQUISA DO MCTIC

A Tabela 9 apresenta a análise da produção científica das unidades de pesquisa do MCTIC, identificadas individualmente. As siglas que identificam as unidades de pesquisa do MCTIC foram substituídas por números para que seja evitado conflito de interesse nas análises. A tabela mostra os indicadores cientométricos, além de dados relativos à capacitação desses institutos.

Em relação ao pessoal mais titulado (Doutores) se verifica que há grande dispersão entre as instituições. Quatro unidades (1, 4, 5 e 15) possuem menos de dez doutores cada uma, e outras unidades têm também baixo número de pessoal com doutorado. Na verdade, apenas dez unidades (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 e 18) estão equipadas com número aparentemente adequado de pesquisadores bem qualificados, representando 85% do total de 920 doutores das 18 instituições. Neste contexto, a média geral de 51 doutores por unidade mascara essa dispersão, cabendo até mesmo questionar, qual a validade da existência de unidades de pesquisa do MCTIC tão desprovidas de pessoal qualificado!

Esta dispersão também se evidencia no percentual do número de doutores sobre o total de pesquisadores listados em cada unidade. Entre os extremos, há unidades com 100% de doutores e um grande número unidades de pesquisa apresentam percentuais de doutores criticamente menores (< 50%) do total dos seus pesquisadores. A proporção média de 57,6% de titulados, é também, bem menor do que o percentual de doutores encontrado nos estudos setoriais realizados pelo IPEA em 2013, que apresentou em média de 72,3% de pesquisadores com título de doutor nas chamadas infraestruturas de pesquisa estudadas (KANNEBLEY JÚNIOR e BORGES, 2016). Tal situação poderia ser justificada se a equipe de pesquisadores fosse composta de técnicos mais dedicados às pesquisas aplicadas, o que geralmente requer pessoas altamente especializadas, ainda que sem título de doutor, mas isso não parece ser o caso da maioria dos institutos.

Neste contexto vale mencionar que no conjunto as 18 unidades de pesquisa do MCTIC contam com 920 doutores ou cerca de 0,6% do total de pesquisadores com esse nível de titulação atuando nas universidades no Brasil, como destacado em seção anterior em que havia, em 2016, 149.797 doutores (68% na esfera pública e 32% na esfera privada), perfazendo, em média, 344 doutores nas 296 IES da esfera pública.

**Tabela 9 – Indicadores quali-quantitativos da produção científica das Unidades do MCTIC no período de 2011-2015 – Unidades ranqueadas pelo ICI**

Instituto	Doutores*		Artigos <sup>1</sup>		Citações <sup>1</sup>	Impacto <sup>2</sup>		ICI <sup>3</sup>		Índice h <sup>4</sup>	Número de Patentes <sup>5</sup>
	N.	%	N.	Per capita	N.	Índice	Relativo Brasil	Índice	Relativo Brasil		
1	8	29	28	3,5	49	1,75	0,33	7,14	0,25	4	0
2	20	77	18	0,9	6	0,33	0,06	11,11	0,38	1	0
3	37	86	86	2,32	176	2,05	0,39	13,95	0,48	7	14
4	5	33	68	13,6	319	4,69	0,9	19,12	0,66	11	3
5	3	23	49	16,33	138	2,82	0,54	20,41	0,7	8	0
6	40	27	190	4,75	663	3,49	0,67	22,63	0,78	17	18
7	12	92	14	1,17	10	0,67	0,13	28,57	0,99	2	0
8	47	50	312	6,64	1.575	5,05	0,97	37,82	1,3	21	17
9	175	70	681	3,89	4.178	6,14	1,17	38,62	1,33	35	30
10	63	33	465	7,38	2.522	5,42	1,04	40,65	1,4	27	6
11	47	75	321	6,83	1.233	3,84	0,73	44,86	1,55	18	2
12	171	98	1.845	10,79	10.075	5,46	1,04	44,99	1,55	44	4
13	60	40	151	2,52	1.307	8,66	1,66	58,27	2,01	22	8
14	48	100	466	9,71	1.636	3,51	0,67	63,94	2,2	17	2
15	9	17	65	7,22	355	5,46	1,04	66,15	2,28	12	3
16	52	48	9	0,17	41	4,56	0,87	66,67	2,3	5	0
17	71	85	1.744	24,56	26.094	14,96	2,86	76,72	2,65	76	20
18	52	55	430	8,27	6.720	15,63	2,99	77,21	2,66	39	3
<b>TOTAL</b>	<b>920</b>	<b>--</b>	<b>6.942</b>	<b>--</b>	<b>57.097</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>130</b>
<b>Média</b>	<b>51,11</b>	<b>57,67</b>	<b>385</b>	<b>7,25</b>	<b>--</b>	<b>5,25</b>	<b>1,01</b>	<b>41,05</b>	<b>1,42</b>	<b>20</b>	<b>7,22</b>
<b>BRASIL<sup>6</sup></b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>225.252</b>	<b>--</b>	<b>1.177.938</b>	<b>5,23</b>	<b>--</b>	<b>29</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>

Fonte: Dados compilados pela autora, conforme abaixo:

\* Dados fornecidos pela Instituição, ou compilados a partir do Site da Instituição e Plataforma Lattes (entre 2015-2017) (% em relação ao total de servidores).

<sup>1</sup> Publicações e Citações coletadas na base WoS em 09/08/2016.

<sup>2</sup> Impacto = Razão entre Citações recebidas e Artigos publicados no período.

<sup>3</sup> ICI = Índice de Colaboração Internacional (% de documentos com pelo menos dois países).

<sup>4</sup> Índice h coletadas na base WoS em 05/04/2017.

<sup>5</sup> Dados coletados no banco de patentes do INPI em 20/05/2017

<sup>6</sup> Dados coletados na Plataforma InCites para o total Brasil 2011-2015 em 05/04/2017.



A Tabela 9 também apresenta a análise da produção científica e outros indicadores cientométricos dos institutos. Em conjunto, a produção científica total das 18 unidades de pesquisa responde por 6.942 documentos no período 2011-2015. Este total indica uma média de 385 artigos por unidade no período, ou seja, uma produtividade de 77 artigos por unidade por ano, com média de 7,25 artigos *per capita* no período. Os dados incorporam uma falsa impressão de boa e simétrica produtividade científica, entretanto, existe de fato uma grande heterogeneidade do desempenho entre as unidades.

Ao analisar a produtividade medida pela produção científica *per capita* (artigos por doutor) nos cinco anos do estudo, pode-se encontrar melhor desempenho em dez unidades (4, 5, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 17 e 18) variando de 6,6 a 24,6 artigos *per capita*, com uma média de 11 artigos por pesquisador dessas unidades, ou seja, produção média de 2,2 artigos/pesquisador/ano. Observa-se também que: i) em conjunto, essas dez unidades representam 83% das publicações e 89% das citações; ii) oito dessas unidades possuem ou atuam em programas de pós-graduação; iii) situação de desempenho crítico é a produtividade de várias unidades com índices inferiores ou muito inferiores a um artigo por pesquisador por ano. Um desempenho científico mais destacado seria o esperado para todas as unidades de pesquisa do MCTIC que deveriam se situar na elite da ciência e tecnologia brasileira.

A Tabela 9 apresenta também outros dados qualitativos: Citações, Impacto, ICI e Índice h, relativos à produção científica das unidades estudadas. O número de citações é influenciado por diversos fatores inerentes às características bibliométricas das áreas de pesquisa, tais como tamanho da comunidade na área, meia-vida da duração dos artigos, maturidade científica da área no contexto nacional e internacional, reprodutibilidade dos dados publicados, período estudado (artigos mais recentes tendem a ser menos citados), entre outros (TAHAMTAN; SAFIPOUR-AFSHAR e AHAMDZADEH, 2016; ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016). Assim, a análise do impacto sofre influência desses parâmetros e é com essa cautela que esses dois indicadores qualitativos devem ser analisados. Tais obstáculos podem ser efetivamente contornados utilizando-se o indicador impacto relativo. Neste trabalho utilizou-se o impacto geral relativo ao Brasil.

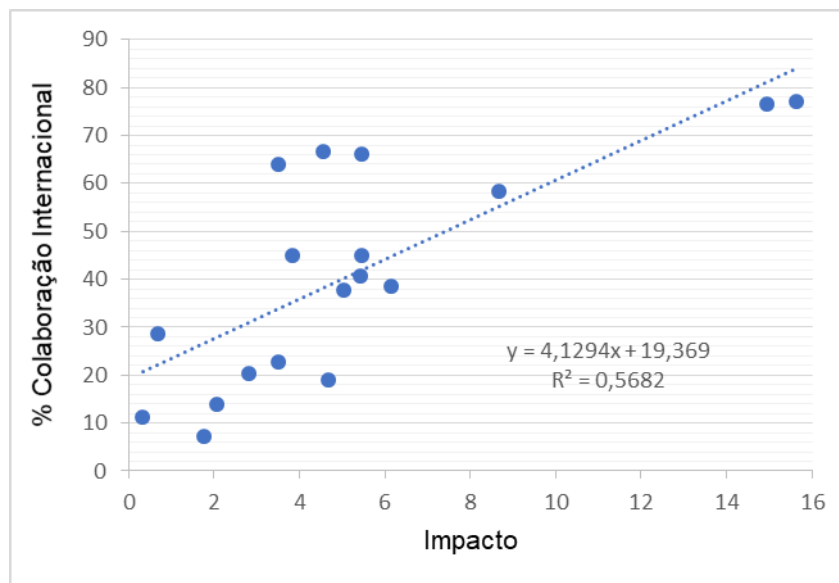
Conforme mostrado na Tabela 9, há uma grande variação nesses indicadores qualitativos entre os institutos. Quando comparamos o índice de citação do Brasil no

período (5,2) com a média dos dados para todas as unidades, observa-se que os dois índices são bastante semelhantes. No entanto, a maioria das unidades, incluindo várias que oferecem programas de pós-graduação, apresentam um Índice de Impacto abaixo do da média brasileira. Na verdade, apenas sete instituições do MCTIC (Unidades 9, 10, 12, 13, 15, 17 e 18) apresentam esse indicador qualitativo superior ao do Brasil, com destaque para as unidades 13, 17 e 18 com índices bem superiores à média do Brasil.

O Índice Internacional de Colaboração (ICI), caracterizado pela coautoria de artigos com pesquisadores de pelo menos dois outros países, indica a proporção de trabalho colaborativo internacional presente nas publicações das 18 instituições objeto desse estudo. Em geral, a maioria das unidades possui altos níveis de colaboração científica internacional, conforme indicado pelo ICI. Como resultado, visto na Tabela 11 o ICI médio das instituições em estudo (41%) se situa bem acima da taxa de ICI para o Brasil (29%) no período (ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016). O indicador também mostra que as unidades 1 a 6 apresentam níveis de ICI muito baixos (entre 7,1% e 22,6%), ou seja, abaixo da média brasileira. Em contraste, nove outras unidades possuem índices elevados (mais de 40%) de colaboração internacional. Em geral, as unidades com ICI superior são aquelas com índices de impacto mais elevados no grupo. Em todas as unidades, a colaboração internacional ocorreu com um grande número de países (cerca de 130), com ênfase nos Estados Unidos, França, Reino Unido, Alemanha, Espanha, Itália entre outros países. Tal nível de cooperação é bastante influenciado pelas unidades que apresentam maior ênfase na publicação nas áreas de física e astronomia.

No geral os altos índices de ICI de muitas unidades de pesquisa do MCTIC são surpreendentes, porque deveriam se fazer acompanhar, de maneira mais ampla, de índices qualitativos mais robustos, como verificado nas unidades 9, 13, 17 e 18, uma vez que a taxa de colaboração científica internacional influencia diretamente os indicadores qualitativos acima mencionados, ou seja, quanto mais elevada a ICI, mais altos os indicadores qualitativos (ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016). Apesar disso, essa correlação também se evidencia aqui com as 18 unidades. Em termos estatísticos, os dados das 18 unidades apresentam uma correlação positiva entre impacto e ICI ( $r=+0,5682$ ,  $p<0,001$ ) como apresentado na Figura 13.

**Figura 13 - Gráfico de correlação entre impacto e % colaboração internacional da produção científica das unidades do MCTIC no período de 2011-2015**



Fonte: Dados compilados pela autora

Esse elevado nível de correlação é derivado do fato de que a colaboração ajuda a aumentar a visibilidade internacional da produção científica local, como apontado por Leta e Chaimovich (2002). Os autores indicam ainda que o aumento das habilidades institucionais são componentes essenciais para o desenvolvimento de um sistema científico e tecnológico competitivo.

Outro indicador qualitativo importante é o Índice h, um parâmetro característico de cada instituição de pesquisa (aplicado também para pesquisadores individuais, grupos de pesquisa, entre outros) e que indica quantas publicações atingiram um número de citações igual ao número de artigos publicados num determinado período. Portanto, um valor maior do Índice h, indica que mais artigos daquela unidade foram citados em outros trabalhos. Como de resto ocorre com os demais indicadores das unidades do MCTIC, mostrados na Tabela 11, o índice h apresenta também grande variação, indo de índices muito baixos em 11 unidades (valores de 1 a 18) até índices maiores (acima de 20) apresentado por sete unidades. Este índice indica que independentemente do total de artigos de cada unidade, o fato de obter citações qualifica a produção científica. Ressalte-se que esse indicador tende a aumentar quando o estudo cobre as publicações de períodos mais antigos. Numa comparação com os dados de outras instituições de pesquisa brasileiras, verifica-se que apenas cinco das unidades mais produtivas do MCTIC apresentam índices h comparáveis a tais instituições (dados não mostrados).

O parâmetro analisado que pode ser aplicado para inferir uma medida de aplicação tecnológica e qualificação das unidades foi o número de patentes depositadas pelos institutos. Um total de 130 patentes foram registradas por 11 unidades (Tabela 9), pois nem todas as unidades registraram pedidos de patentes no período estudado. Assim, um grande número de unidades produziu pouco ou nenhum número deste importante indicador de propriedade intelectual. Entretanto, sete unidades (3, 6, 8, 9, 10, 13 e 17) produziram 113 patentes, 87% do total.

Tomando todos os dados quantitativos e qualitativos apresentados na Tabela 9 para as 18 unidades de pesquisa do MCTIC seria esperado um resultado melhor no desempenho científico e tecnológico, especialmente considerando que os dados extraídos cobriram um período anterior a crise atual que afeta os investimentos no Brasil e, além disso, essas instituições do Ministério deveriam estar situadas entre a elite do sistema brasileiro de C&T.

Os dados científicos apresentados na Tabela 10 permitem uma comparação entre a produção científica das 18 unidades de pesquisa MCTIC, medida pelos indicadores internacionais, com os dados da avaliação interna realizada pelos próprios institutos. O número anual de artigos *per capita* relatado neste trabalho corresponde mais de perto aos indicadores internos denominados IPub. Na verdade, em vários casos (unidades 3, 7, 8, 9, 11, 14, 17 e 18) existe uma similaridade entre os dados das duas fontes. Embora seja observada uma grande discrepância ao comparar os dados apresentados com os do IGPub, em alguns casos, uma aproximação também pode ser vista nas unidades 6, 10, 12 e 13. As discrepâncias ocorrerem devido à diferença entre os procedimentos utilizados para o cálculo em cada caso específico e também devido a metodologias de coleta de dados utilizadas, uma vez que os índices internos relatados nos respectivos Relatórios e Termos de Administração (ver referências) podem incluir outras publicações. Na verdade, quando os indicadores são avaliados em relação à presença ou não de ensino de pós-graduação, observa-se que, nas unidades sem estudantes de pós-graduação, não há grande discrepância nos indicadores IPub.

**Tabela 10 - Produção científica *per capita* anual dos pesquisadores das Unidades do MCTIC no período de 2011-2015. Comparação de dados deste trabalho com indicadores internos relatados pelas Unidades**

Instituto	Doutores*		Artigos <sup>1</sup>		Indicadores Internos <sup>2</sup>	
	Número	%	Número	<i>Per capita</i> anual	IPub <sup>3</sup>	IGPub <sup>4</sup>
1	8	29	28	0,70	--	1,94
2	20	77	18	0,18	--	2,94
3	37	86	86	0,46	0,37	2,01
4	5	33	68	2,72	--	0,38
5	3	23	49	3,27	0,89	1,20
6	40	27	190	0,95	0,15	1,43
7	12	92	14	0,23	0,10	3,52
8	47	50	312	1,33	1,75	--
9	175	70	681	0,78	1,08	3,04
10	63	33	465	1,48	0,78	2,14
11	47	75	321	1,37	1,22	2,23
12	171	98	1.845	2,16	0,52	2,09
13	60	40	151	0,50	--	0,81
14	48	100	466	1,94	2,81	--
15	9	17	65	1,44	1,05	2,17
16	52	48	9	0,03	--	--
17	71	85	1.744	4,91	4,74	5,20
18	52	55	430	1,65	1,58	3,82

Fonte: Dados compilados pela autora

Notas:

\* Dados fornecidos pela Instituição, ou compilados a partir do Site da Instituição e Plataforma Lattes (entre 2015-2017).

<sup>1</sup> Publicações e Citações coletadas na base WoS em 09/08/2016. Tipo de documentos: Artigo, Trabalho completo em Anais e Artigos de Revisão.

<sup>2</sup> Indicadores calculados pelos próprios institutos e acordados nos Termos de Compromisso de Gestão anuais de 2012 a 2016. Informado a média do período.

<sup>3</sup> IPub - *Índice de Publicações*.

<sup>4</sup> IGPub - *Índice Geral de Publicações*.

Quando avaliados os indicadores da Tabela 11 em relação à presença ou não de ensino de pós-graduação, observa-se que nas unidades sem pós-graduação também não há grande discrepância nos indicadores de IPub, no entanto o IGPub é bem superior nas instituições que possuem ensino de pós-graduação pois este índice inclui trabalhos de conclusão, dissertações e teses.

Os indicadores da Tabela 11 exemplificam o quanto as Unidades de pesquisa do MCTIC são influenciadas pela participação em programas de pós-graduação, sejam estes programas hospedados nas próprias unidades ou em parceria e em

colaboração com universidades. Todos os indicadores são positivamente maiores, em média, nas unidades que possuem programas de pós-graduação.

Tabela 11 – Indicadores das unidades de pesquisa do MCTIC segundo a presença de Programas de Pós-Graduação

Indicadores	Pós-Graduação		Total
	Não	Sim	
Número de Institutos	4	14	18
Número de Doutores	106	814	920
Número de Artigos	332	6.610	6942
Número de Citações	1.378	55.719	57.097
Número de Patentes	24	106	130
Média dos Indicadores	Pós-Graduação		Total
	Não	Sim	
Doutores	26,5	59,1	51,1
Artigos	83	472,1	385,7
Citações	344,5	3.979,9	3.172,1
Patentes	6	7,6	7,2
Produção Per capita	6,4	7,5	7,3
Per capita anual	1,3	1,5	1,5
Impacto	4,6	5,4	5,2
ICI	43,6	40,3	41,0
Índice h	11,2	22,9	20,3
IPub	0,3	1,1	0,9
IGPub	0,9	2,2	1,9

Fonte: Dados compilados pela autora.

De um modo geral, estes indicadores auxiliam entender alguns comportamentos em relação à produtividade científica destas instituições, como o número médio de doutores que praticamente dobra nas unidades com pós-graduação, assim como o número médio de artigos e citações que é bem superior; o índice h é o dobro; o ICI, IPub e o IGPub também alcançam valores mais altos do que no grupo das unidades que não possuem pós-graduação.

A análise das áreas do conhecimento em que atuam as Unidades de pesquisa do MCTIC é apresentada na Tabela 12 e na Figura 14. Condição inerente a estes estudos bibliométricos é a ocorrência de dupla-contagem de artigos (ALMEIDA e GUIMARÃES, 2013; ZANOTTO, HAEFFNER e GUIMARÃES, 2016) a qual é devida, neste caso, à presença de artigos classificados em mais de uma das áreas do

conhecimento da base de dados ESI. Assim, o total de artigos contabilizados pelo ESI implica numa contagem duplicada em torno de 40%, portanto dos 6.942 artigos publicados pelo conjunto das 18 unidades contabilizou-se um total de 10.639 artigos com dupla contagem relativa às áreas de publicações dos respectivos artigos.

Observou-se que os 18 institutos contribuem em 21 das 22 áreas do conhecimento segundo a classificação do ESI. Para efeito da contribuição das publicações das unidades sobre o total Brasil em cada área, há também possibilidade de dupla-contagem por possíveis colaborações entre pesquisadores das unidades com os de outras instituições brasileiras. Embora, considerando este possível viés, é muito surpreendente o tamanho da contribuição de alguns institutos em relação à proporção da produção científica brasileira em áreas científicas muito produtivas.

No entanto, quando analisadas individualmente, as Unidades de pesquisa do MCTIC apresentam uma variada gama de tópicos. Apenas oito instituições (1, 2, 7, 14, 15, 16, 17 e 18) desenvolvem estudos com ênfase em uma área de pesquisa predominante (dados não apresentados). Considerando as 21 áreas de pesquisa, podem ser identificados cinco grupos de áreas do conhecimento predominantes para os institutos do MCTIC (Tabela 12).

**Tabela 12 – Comparação da Produção Científica das Unidades do MCTIC por área com os dados do Brasil no período 2011-2015**

Grupos	Áreas do ESI	Artigos por Área das Unidades de Pesquisa		Artigos por Área na Produção Científica do Brasil <sup>1</sup>		Contribuição da Produção das Unidades em relação à Produção do Brasil
		Artigos	% Unidades	Artigos	% Brasil	%
I	Física	2.169	20,39	12.480	5,36	17,38
	Matemática	582	5,47	5.811	2,50	10,02
	Química	476	4,47	16.339	7,02	2,91
II	Ciência Espacial	1.401	13,17	1.955	0,84	71,66
	Geociências	1.304	12,26	4.117	1,77	31,67
	Engenharia	853	8,02	12.147	5,22	7,02
	Ciências da Computação	447	4,20	4.049	1,74	11,04
	Ciência dos Materiais	379	3,56	7.778	3,34	4,87
III	Pesquisa Vegetal e Animal	944	8,87	26.639	11,45	3,54
	Meio-ambiente e Ecologia	582	5,47	8.498	3,65	6,85
	Ciências Agrícolas	242	2,27	21.618	9,29	1,12
IV	Medicina	238	2,24	54.918	23,60	0,43
	Biologia e Bioquímica	186	1,75	9.938	4,27	1,87
	Microbiologia	166	1,56	4.242	1,82	3,91
	Biologia Molecular e Genética	101	0,95	5.899	2,53	1,71
	Farmacologia e Toxicologia	51	0,48	7.658	3,29	0,67
	Neurociências e Comportamento	25	0,23	6.658	2,86	0,38
	Psiquiatria e Psicologia	8	0,08	4.034	1,73	0,20
	Imunologia	6	0,06	4.506	1,94	0,13
V	Ciências Sociais	453	4,26	11.877	5,10	3,81
	Economia	26	0,24	1.590	0,68	1,64
<b>Total e Médias</b>		<b>10.639</b>	<b>100</b>	<b>232.751</b>	<b>100,00</b>	<b>4,57</b>

Fonte: Dados compilados pela autora.

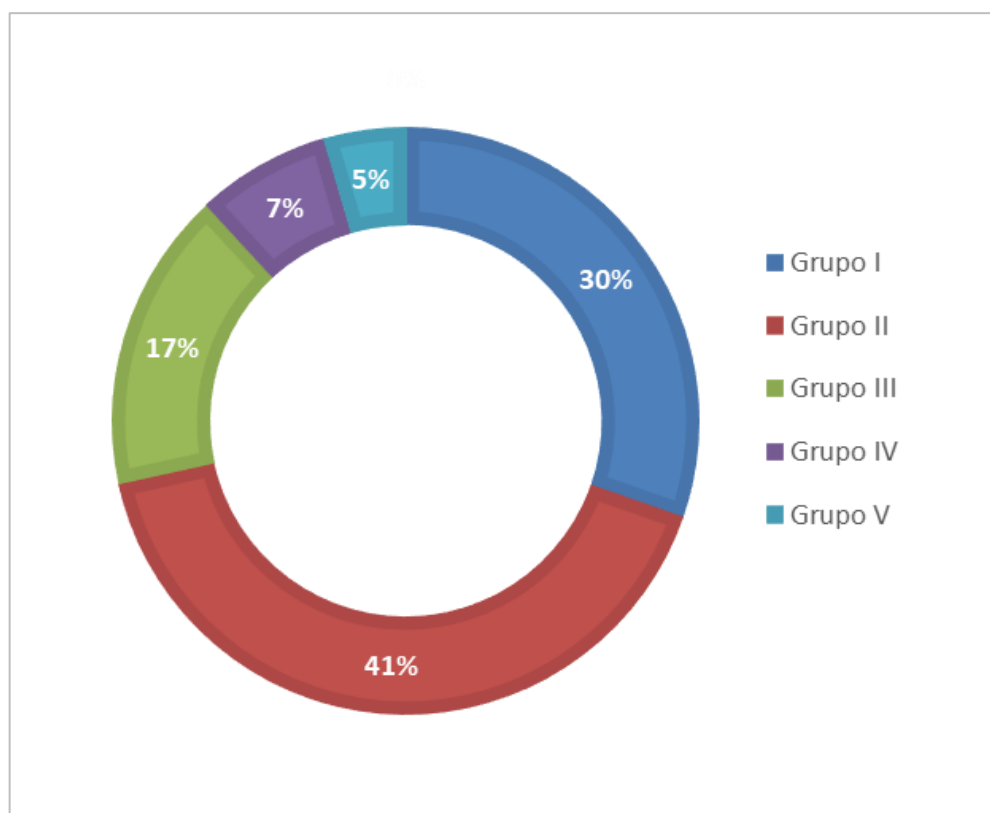
Nota: <sup>1</sup> Dados obtidos no InCites (atualizado até 03 fev. 2017). Extraído em: 11 maio 2017 (THOMSON REUTERS, 2016b)

Chama atenção a forte presença de publicações nas áreas de Ciências Exatas (Grupo I), incluindo Física, Matemática e Química e nas áreas de Ciência e Tecnologia Aplicada (Grupo II) que incluem as áreas de Geociências, Engenharia, Ciência Espacial, Ciência da Computação e Ciência dos Materiais. Juntas, as publicações nas oito áreas dos grupos I e II representam um total de 7.611 artigos, ou seja, 71,5% do total da tabela (Tabela 12).

Na Figura 14 são apresentados os índices de participação de cada grupo da Tabela 12.



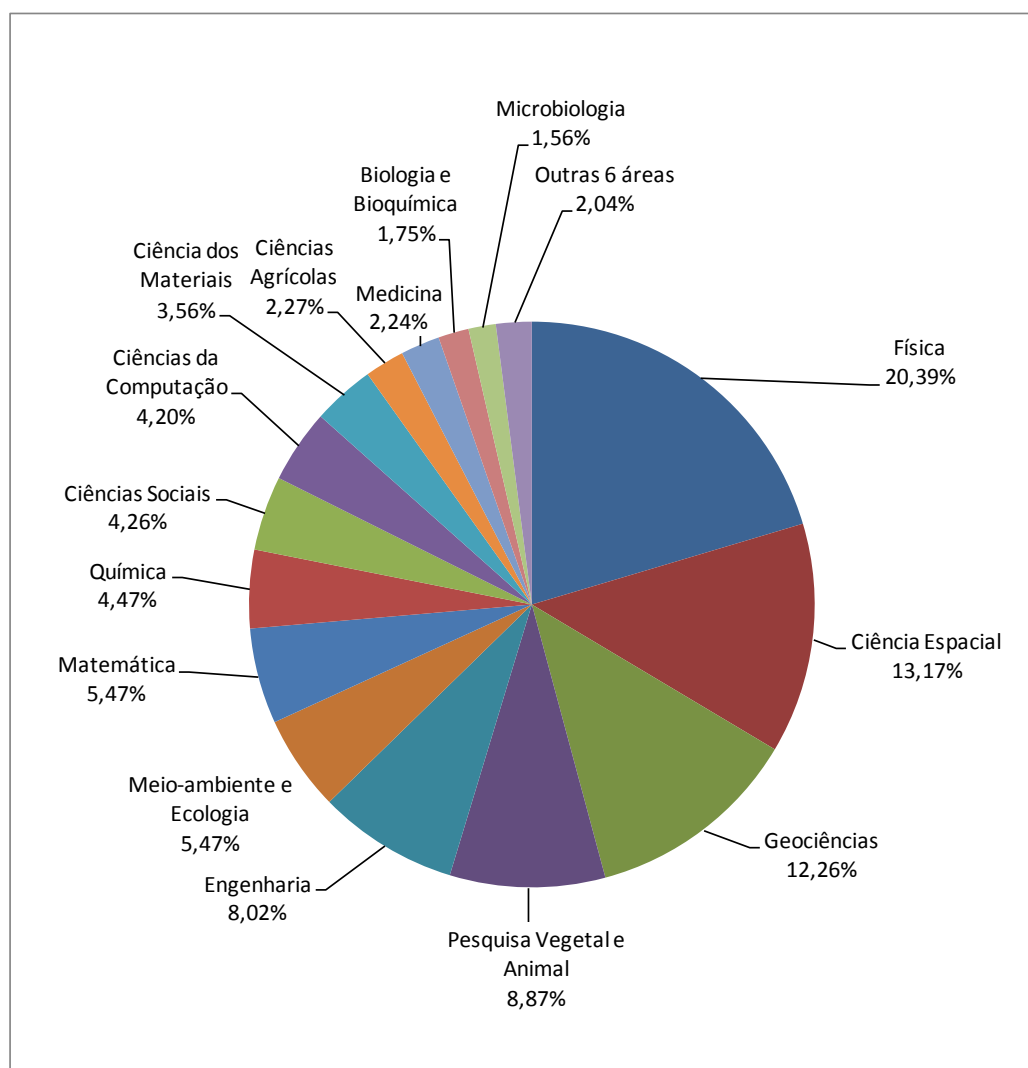
**Figura 14 – Percentual de participação de cada grupo de áreas do conhecimento (ESI) na produção científica do conjunto das unidades de pesquisa do MCTIC - 2011-2015**



Fonte: Dados compilados pela autora

Na maioria dos casos, essas publicações não podem ser atribuídas à contribuição de apenas uma unidade específica, em vez disso, podem ser produzidas por dois ou mais institutos, como é o caso da Engenharia e da Química, por exemplo. Por outro lado, os campos que abrangem as áreas de Pesquisa Vegetal e Animal, do Meio-Ambiente e Ecologia e das Ciências Agrícolas (Grupo 3) também são consideradas importantes áreas de pesquisa para o desenvolvimento regional do país e representam 16,6% (1.768 artigos) das publicações. Dois outros grupos de áreas de pesquisa incluem várias e dispersas subáreas das Ciências Biomédicas e Médicas, bem como outras áreas em Ciências Sociais e Economia (Grupos 4 e 5). Foi encontrada uma contribuição moderada nas áreas dos Grupos 4 e 5: 781 (7,3%) e 749 (4,5%), respectivamente, para o período de cinco anos. Assim, o contributo das unidades MCTIC nestas áreas de pesquisa é bastante insignificante, confirmando assim um conjunto grande e disperso de diferentes áreas, com baixa produção científica (Figura 15).

**Figura 15 – Percentual de participação das áreas do conhecimento (ESI) na produção científica do conjunto das Unidades de pesquisa do MCTIC - 2011-2015**



Fonte: Dados compilados pela autora

No geral, a produção científica nas oito áreas mais produtivas (Grupo 1 mais Grupo 2) mencionado acima compõe a força de trabalho mais forte das Unidades de pesquisa do MCTIC. Esta observação pode contribuir para que o Ministério estabeleça uma estratégia para otimizar as competências das respectivas unidades, a fim de explorar melhor o potencial de inovação tecnológica que caracteriza a produção de novos conhecimentos científicos resultantes do desempenho de alguns dos institutos envolvidos, conforme identificado ao longo deste trabalho.

#### 4.4 QUADRO RESUMIDO DA AVALIAÇÃO DAS UNIDADES DO MCTIC

A seguir são apresentados de forma sumarizada os parâmetros abordados no estudo com o objetivo de avaliar as competências das Unidades de pesquisa do MCTIC demonstrados no Quadro 6.

Critérios usados no Quadro 6:

\* **Adequado/inadequado**: dado relativo ao número ou % de doutores em relação ao total de pesquisadores. **Inadequado**: Unidades com menos de 20 doutores.

<sup>1</sup> Parâmetros quantitativos: **Muito bom**: número de artigos acima da média das unidades; **Bom**: 30 a 90% da média; **Regular**: 10 a 30-% da média; **Insuficiente**: menos de 10% da produção média das unidades.

<sup>2</sup> Parâmetros qualitativos: Foi utilizado o nível do Índice Relativo ao Brasil (IRB). **Muito bom**: alto impacto, acima de 1,5 vezes o IRB; **Bom**: médio impacto, entre 0,6 e 1,5 vezes o IRB; **Insuficiente**: índice menor que 0,4 vezes o IRB.

<sup>3</sup> Indicadores de produtividade individual: **Adequado**: Produção de mais de 1,5 artigos/doutor/ano; **Regular/aceitável**: entre 0,7 e 1,4 artigos/doutor/ano; **Insuficiente**: produção individual menor do que 0,7 artigos/doutor/ano.

<sup>4</sup> Indicadores de ICI: **Muito alto**: índice maior do que 2 vezes o ICI Brasil; **Alto**: entre 1,0 e 1,6 vezes o ICI Brasil; **Baixo**: índices menores do que o ICI Brasil.

<sup>5</sup> Indicadores de Fator h: **Alto**: índice acima de 1,4 vezes a média das Unidades; **Regular**: índices médios variando de 0,6 a 1,4 vezes a média das Unidades; **Muito Baixo**: índices abaixo de 0,5 em relação ao índice médio das Unidades.

<sup>6</sup> Indicadores de produção de patentes: **Efetiva**: Seis ou mais patentes no período; **Residual**: entre duas e 5 patentes no período; **Não**: Sem produção de patentes.

**Quadro 6 – Sumário da avaliação do desempenho científico e tecnológico das Unidades de pesquisa do MCTIC**

Unidade	Proporção e/ou Número de Recursos Humanos Qualificados*	Produção Científica das Unidades						Produção Tecnológica das Unidades	
		Parâmetro Quantitativo <sup>1</sup>	Parâmetro Qualitativo <sup>2</sup>	Produtividade Individual <sup>3</sup>	Cooperação Internacional <sup>4</sup>	Fator h <sup>5</sup>	Aderência à Missão Científica	Produção de Patentes <sup>6</sup>	Aderência à Missão Tecnológica
1	Inadequada	Insuficiente	Insuficiente	Regular	Muito Baixa	Muito Baixo	Insuficiente	Não	Não
2	Adequada	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Muito Baixa	Muito Baixo	Não	Não	Não
3	Adequada	Regular	Insuficiente	Insuficiente	Muito Baixa	Muito Baixo	Insuficiente	Efetiva	Sim
4	Inadequada	Regular	Bom	Adequada	Baixa	Regular	Parcial	Não	Não
5	Inadequada	Regular	Insuficiente	Adequada	Baixa	Muito Baixo	Parcial	Não	Não
6	Adequada	Bom	Bom	Regular	Baixa	Regular	Parcial	Não	Não
7	Inadequada	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Baixa	Muito Baixo	Não	Não	Não
8	Adequada	Bom	Bom	Regular	Alta	Regular	Sim	Efetiva	Sim
9	Adequada	Muito Bom	Bom	Regular	Alta	Alto	Sim	Efetiva	Sim
10	Adequada	Muito Bom	Bom	Adequada	Alta	Alto	Sim	Efetiva	Sim
11	Adequada	Bom	Bom	Regular	Alta	Regular	Sim	Residual	Insuficiente
12	Adequada	Muito Bom	Bom	Adequada	Alta	Alto	Sim	Residual	Insuficiente
13	Adequada	Bom	Muito Bom	Insuficiente	Alta	Regular	Parcial	Efetiva	Sim
14	Adequada	Muito Bom	Bom	Adequada	Muito Alta	Regular	Sim	Residual	Insuficiente
15	Inadequada	Regular	Bom	Adequada	Muito Alta	Regular	Sim	Residual	Insuficiente
16	Adequada	Insuficiente	Bom	Insuficiente	Muito Alta	Muito Baixo	Não	Não	Não
17	Adequada	Muito Bom	Muito Bom	Adequada	Muito Alta	Alto	Sim	Efetiva	Sim
18	Adequada	Muito Bom	Muito Bom	Adequada	Muito Alta	Alto	Sim	Residual	Insuficiente

Fonte: Dados compilados pela autora

## 4.5 ARTIGOS

### 4.5.1 Artigo 1

HAEFFNER, Cristina; ZANOTTO, Sonia R.; GUIMARÃES, Jorge A. Cultura dos indicadores em Ciência, Tecnologia e Inovação: panorama da produção científica nacional. **ComCiência** (UNICAMP), v. 2015, p. 1, 2015. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=111&id=1328>. Acesso em: 12 nov. 2016.

Aborda a importância do desenvolvimento de indicadores em Ciência e Tecnologia (C&T) que se incorporados aos processos de avaliação e planejamento em várias escalas, podem ser usados como base para adoção de políticas públicas de incentivo à pesquisa científica e à gestão tecnológica de um país.

A produção científica e os indicadores de C&T são componentes inseparáveis de um processo que subsidia o desenvolvimento tecnológico, constituindo as bases para a inovação empresarial, o progresso e o vigor econômico de muitas nações.



REVISTA ELETRÔNICA DE JORNALISMO CIENTÍFICO

Artigo

## Cultura dos indicadores em Ciência, Tecnologia e Inovação: panorama da produção científica nacional

Por Cristina Haeffner, Sonia R. Zanotto e Jorge A. Guimarães  
10/03/2015

### 1. Sobre o valor da ciência

Ciência e Tecnologia (C&T) são componentes inseparáveis de um processo que subsidia o desenvolvimento tecnológico, constituindo as bases para a inovação empresarial, o progresso e o vigor econômico de muitas nações. Na base desse progresso está o salto de produtividade científica alcançado no século XX e que segue sendo crescente ao longo deste novo século. Com efeito, os avanços proporcionados pela pesquisa científica e tecnológica com visibilidade mundial possibilitou resolver problemas específicos e funcionais em diversos setores, inseriu no mercado produtos de alta tecnologia e resultou em inúmeros incrementos econômicos e sociais mundo afora, proporcionando, direta ou indiretamente, considerável melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A propósito desses avanços, vale inquirir: afinal, quantos países desenvolvem atividades destinadas à geração de novos conhecimentos científicos? A norma ISO 3166-1(1) lista 246 países e a Web of Science (InCites, Thomson Reuters) lista na sua base de dados 226 países. No conjunto, foram produzidos no período 2009 – 2013 mais de 8,5 milhões de artigos científicos. O dado confirma que todos os países, independentemente do seu estágio de desenvolvimento, vêm buscando participar do processo de geração de conhecimentos novos e, em consequência, ocupar posição no ranking mundial da ciência. Isto ocorre porque a inserção dos países entre os produtores de tecnologias inovadoras depende da produção de conhecimentos científicos novos, o que possibilita desenvolver um planejamento estratégico para subsidiar o sistema produtivo das nações. Tal condição é circunstância inerente às nações já desenvolvidas, mas tem especial aplicabilidade para aquelas em estágio de desenvolvimento. De fato, o financiamento da pesquisa científica em todo o mundo tem o objetivo maior de alicerçar o desenvolvimento dos países, e não de alimentar a possível vaidade dos cientistas como muitas pessoas pensam.

Não obstante constatar-se que tantas nações estejam participando da comunidade científica, apenas um pequeno grupo de 24 países contribui, cada um, com a produção de pelo menos 1% da produção científica mundial, e cuja produção conjunta responde por 84,1% do total de artigos de todas as áreas em todo o mundo. Também é de se constatar que há nesses 24 países uma elevada correlação entre a posição ocupada no ranking mundial do PIB e a posição no ranking da ciência. Tal fato permite perceber que a riqueza das nações tem relação direta com a capacidade científica de gerar conhecimentos novos.

### 2. Indicadores quantitativos e qualitativos em CT&I

Sabidamente a publicação do artigo científico é o corolário do desenvolvimento do projeto de pesquisa individual, e o conjunto das publicações de uma instituição tem direta relação com sua qualificação educacional e capacitação científico-tecnológica. Estendido aos países o volume e a qualidade dessas publicações, constituem seguro indicador da sua pujança econômica. E não é sem razão que a grande maioria desses países desfruta também dos mais elevados níveis de desenvolvimento social. Ressaltese, todavia, que em qualquer área do conhecimento, o volume de publicações é diretamente proporcional ao tamanho da comunidade de pesquisadores atuando naquela área. O Brasil possui 350 mil professores universitários e produz mais de 36 mil artigos científicos indexados por ano. Essa relação (0,1 artigo qualificado/docente/ano) mostra que o volume da produção é equivalente ao número de pesquisadores e, como se verá adiante, da capacidade do país de formar novos recursos humanos em C&T, e não do seu total de docentes universitários.

Vem daí a grande dispersão observada na produção científica mundial, quer seja em relação aos campos de pesquisa, quer seja em relação à produção de cada país. Embora essa dispersão também ocorra no componente qualitativo em relação às áreas do conhecimento, o Fator de Impacto (FI), que indica o índice de citações da produção científica de um pesquisador, instituição ou país, é menos dependente do tamanho da comunidade científica. A matemática é um bom exemplo: a mediana do FI das revistas de matemática é muito menor do que o das revistas das outras ciências exatas (física e química), e mais ainda das revistas médicas e biomédicas.

De fato, esse componente qualitativo é mais dependente de outros fatores em que uma publicação venha a impor um repensar sobre o conhecimento existente naquela área, vindo daí o conceito de inovação científica (break through) e da qualidade dos artigos, resultando também no maior ou menor volume de citações e, em consequência, o índice cientiométrico bastante usado, o FI que identifica o componente qualitativo daquele artigo, daquele campo do conhecimento e, em consequência, das revistas da área. Países como Israel, Áustria, Escócia, Irlanda, Bélgica, os países nórdicos e alguns outros com relativamente baixa produção quantitativa, mas com elevados índices no FI e no padrão de vida, são exemplos da dicotomia quantitativo-qualitativo.

Sabe-se também que o FI é altamente influenciado pelo grau de colaboração científica internacional que os artigos carregam, e isto resulta do conhecido fato de que a coautoria nas publicações, sobretudo com pesquisadores dos países mais destacados na ciência mundial, resulta em um substancial aumento do número de citações daquela publicação. Mas destaque-se também que, nesses casos, a coautoria internacional favorece e distorce a percepção do componente qualitativo quando aplicado aos países com muito baixa produção científica.

### 3. Sobre a cultura e uso dos indicadores

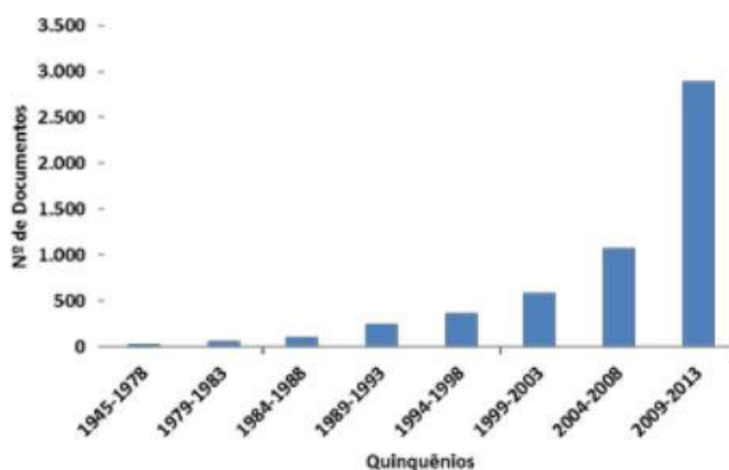
Estamos, pois, tratando de dois fundamentais componentes da cultura dos indicadores cientiométricos: a produção quantitativa de artigos e seu componente qualitativo, que inclui, além do FI, vários outros indicadores, geralmente de uso mais restrito, como a vida média dos artigos na literatura internacional, o qual indica o tempo de duração e a importância da inovação científica (break through) representada naquela publicação. Apesar da existência de um inerente grau de limitação para a utilização dos indicadores de produtividade científica, ainda assim, eles constituem ferramentas indispensáveis na avaliação da maturidade de uma

comunidade científica por permitirem comparações nas bases de dados internacionais com os componentes quali-quantitativos da ciência mundial.

Assim, os indicadores científicos, hoje plenamente disponibilizados nas bases de dados internacionais, representam uma nova fase na conceituação e valoração da ciência, reforçando o processo de avaliação pelos pares, o monitoramento por setores, propiciando o emprego de racionalidade na utilização dos recursos humanos e materiais e orientando, ademais, a formação e capacitação de novos recursos humanos e a conjugação de esforços para propor e induzir ações para o enfrentamento de demandas prioritárias para o desenvolvimento dos países nas áreas do conhecimento que lhe são facilitadoras da exploração de vantagens comparativas.

Ainda que, recentemente, venham surgindo críticas ao uso dos indicadores de CT&I, especialmente dirigidas aos casos específicos de avaliação de indivíduos para cargos e concursos, tais críticas não se fazem acompanhar de sugestões de aplicabilidade específica de outros indicadores que possam ser considerados mais apropriados e precisos. Com frequência tais críticas se limitam a sugerir que a qualidade de uma publicação científica deva ser avaliada e apreciada a partir da leitura do artigo. Ora, é exatamente isto que fazem mundo afora, os milhares de revisores das revistas especializadas sérias, ou seja, a recomendação da publicação referendada pela avaliação dos pares, aliás, a única forma possível de qualificar uma determinada publicação.

Na verdade, como mostra a figura 1, ao longo dos últimos 20 anos houve extraordinário crescimento dos estudos cientiométricos baseados, sobretudo, nesses dois parâmetros aplicados ao desenvolvimento científico. Assim, a figura 1 confirma que os milhares de estudos cientiométricos e a cultura do estudo da cienciométrica estão plenamente estabelecidos como instrumentos de quantificação e qualificação da ciência em todo o mundo.



**Figura 1** - Número de documentos<sup>2</sup> (artigos e revisões) publicados nos quinquênios indicados e indexados no tema cienciométrica e listados na base Web of Science.

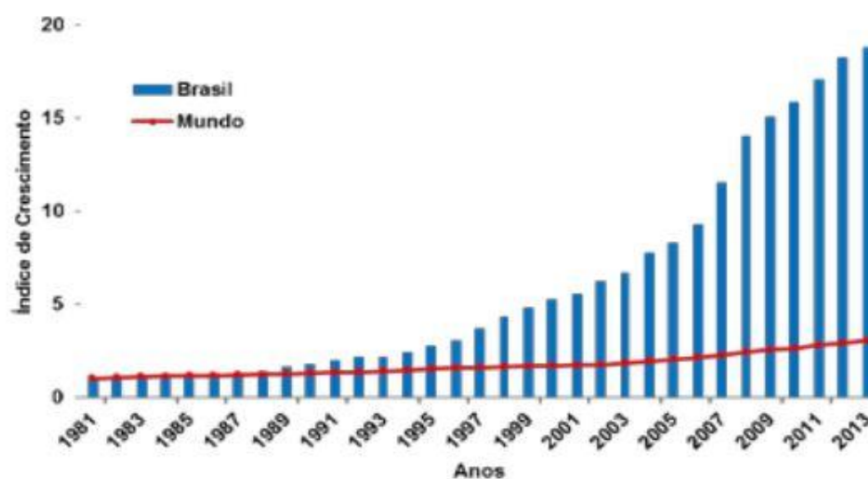
Fonte: Web of Science - Thomson Reuters. Acesso em: 1 mar. 2015.



A comparação da produção científica entre áreas do conhecimento e, sobretudo, entre os países por meio da cienciometria, tem como base o levantamento e qualificação dos inúmeros trabalhos acadêmicos buscando relacionar o desempenho científico com o atual contexto socioeconômico. Identificamos em artigos anteriores essas características na área médica e biomédica (Guimarães, 2004) e nas engenharias (Guimarães, Oliveira e Prata, 2007) no Brasil.

Acredita-se que, conhecendo as características da produção científica, seja possível revelar as potencialidades do país em relação ao resto do mundo, o que pode orientar o investimento no desenvolvimento de áreas estratégicas. Esse conceito se aplica especialmente para os países em estágio de desenvolvimento emergente, como é o caso do Brasil. De fato, como mostra a figura 2, ao longo das últimas três décadas, o Brasil vem obtendo extraordinário crescimento na produção de artigos científicos indexados, publicados em periódicos de qualificação internacional (Almeida e Guimarães, 2013).

A figura 2 mostra claramente que o crescimento relativo da produção brasileira é cerca de 6 vezes maior do que o crescimento mundial. Fenômeno semelhante vem ocorrendo com outros países emergentes, a saber: China, Coréia do Sul, Irã, Turquia, Taiwan, Cingapura, além de outros (Almeida e Guimarães, 2013). Fruto desses avanços, esses países, assim como o Brasil, passaram a ocupar, recentemente, posição mais destacada no ranking mundial da ciência, com equivalentes desdobramentos na obtenção de resultados tecnológicos, como é o conhecido caso da Coreia do Sul. O Brasil ocupa, nesse ranking, desde 2009, a 13ª posição, produzindo 2,7% da produção mundial de artigos científicos, e pode-se apontar como tais desdobramentos a conquista de extraordinários avanços técnico-científicos na agricultura, medicina tropical, automação bancária, produção de aeronaves, tecnologia de extração de petróleo em águas profundas, indústria de papel e celulose, controle biológico de pragas, odontologia, biotecnologia animal e vegetal, produção de biocombustíveis e em outros setores. Há ainda outras formas de identificar o impacto da ciência em nosso país como mostrado por De Meis, Arruda e Guimarães (2007).



**Figura 2** – Índice relativo de crescimento da produção científica brasileira e do mundo.

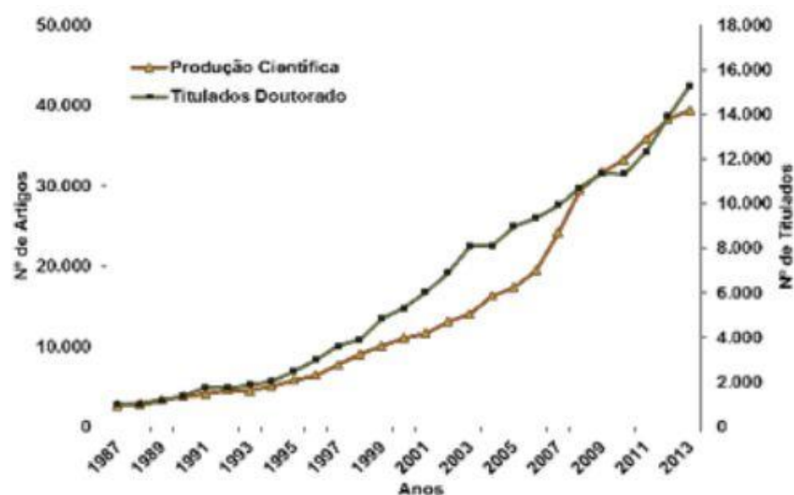
Fonte: Incites - Thomson Reuters. Acesso em: 1 mar. 2015.

O crescimento da produção científica brasileira tem relação com três importantes ingredientes: a produção das teses de doutorado, a implantação do Portal de Periódicos da Capes e a

crescente indexação das revistas científicas brasileiras nas bases de dados internacionais, a saber, o JCR da Thomson Reuters e Scopus da Elsevier.

Como mencionado anteriormente, a capacidade de gerar novos recursos humanos, vale dizer, pesquisadores no nível de doutorado, mantém estreita relação com a nossa produção científica. Com efeito, verifica-se que o tamanho da produção científica nacional é proporcional ao número de novos pesquisadores formados, como ilustra a figura 3, ou seja, atualmente cerca de 2,5 artigos por tese defendida. Essa intrínseca inter-relação tem sido também reconhecida previamente em áreas específicas (Coutinho et al., 2012).

A inter-relação da produção científica com a formação de recursos humanos tem especial significado no Brasil devido à existência de seu forte modelo de pós-graduação (Guimarães e Humann, 1995; Guimarães e Almeida, 2013). De fato, ocorre que, i) nosso desempenho em ciência é quase todo feito nos cursos de pós-graduação; ii) a conceituação dos cursos depende da qualidade da produção científica dos docentes orientadores e de seus orientados. A crítica internacional sobre o uso de indicadores quali-quantitativos aqui cai por terra porque a missão da avaliação da pós-graduação é garantir uma boa formação para os mestres e doutores titulados e isso se mede pelo desempenho dos cursos, aí incluídas em especial suas publicações; iii) a avaliação da pós-graduação mede desempenho coletivo dos professores, orientadores e alunos, não se atendo a uma avaliação de indivíduos, principal fonte das mencionadas críticas.



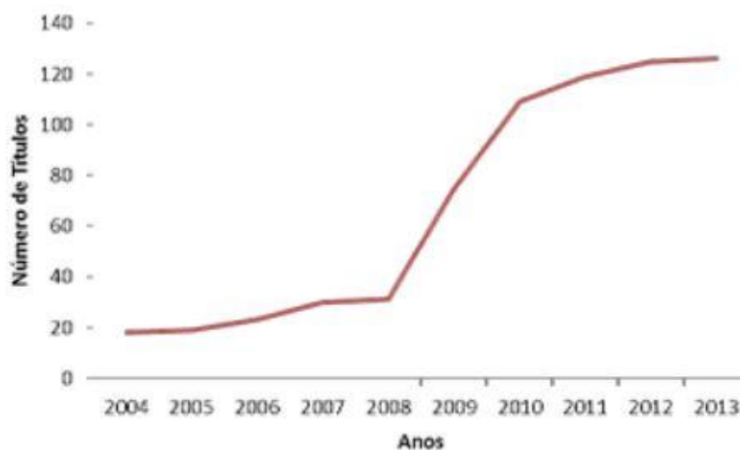
**Figura 3** – Número de titulados doutores no Brasil x produção científica indexada (1987-2013).

Fonte: Geocapes/CAPES e Incites - Thomson Reuters. Acesso em: 1 mar. 2015.

Vale ainda considerar que, na avaliação da pós-graduação, sempre feita tomando em conta o desempenho dos atores dos cursos nos três anos anteriores, o componente qualitativo mais importante é o Fator de Impacto das revistas, porque sabidamente artigos recentes ainda não desfrutam de número significativo de citações e que o prestígio das revistas científicas resulta exatamente da perspectiva de que seus artigos serão mais lidos e mais citados. Isso tem especial importância nas revistas especializadas dos inúmeros campos do conhecimento e da pesquisa em que se divide a ciência contemporânea.

Papel crucial no avanço quali-quantitativo da produção científica brasileira deve ser atribuído ao advento do Portal de Periódicos da Capes, concebido e estabelecido no ano 2000. A existência do Portal veio compensar a juventude do nosso sistema de C&T, possibilitando a integração da atividade científica brasileira com a mundial, e indicando o grau de competição entre as áreas e países, e abrindo perspectivas de exploração por nossos cientistas de oportunidades de pesquisa em novas áreas como bioenergia, materiais, nanotecnologia e agricultura moderna, preocupações que estão no núcleo dos problemas científicos contemporâneos. O acervo do Portal vem crescendo significativamente desde 2004 (Almeida, Guimarães e Alves, 2010), oferecendo à comunidade científica brasileira a possibilidade de crescente acesso à bibliografia internacional atualizada diariamente. Essa facilidade tem sido a base da garantia da produção científica mais qualificada, como visto ocorrer com o extraordinário crescimento recente da produção de artigos de revisão produzidos por autores brasileiros, o que requer pleno acesso à literatura internacional atualizada (Almeida e Guimarães, 2013).

O outro fator importante que favoreceu o crescimento da nossa produção científica foi o esforço para indexação nas duas bases de dados internacionais de um total de cerca de 100 revistas brasileiras indexadas a partir de 2008. A figura 4 ilustra tal crescimento na base de dados da Thomson Reuters. Verifica-se que, antes de 2008, o número de revistas brasileiras indexadas nessa base era extremamente baixo, quando já se constatava, à época, um distinto desempenho da ciência brasileira. Assim, pode-se dizer que a indexação de nossas revistas foi conquistada a partir da demonstração do vigor da nossa ciência nos últimos 30 anos. A assinatura pela Capes do acervo do Portal de Periódicos, e a atuação conjunta com diversos editores de revistas brasileiras, foram também fatores positivos nessa conquista.



**Figura 4** - Número de periódicos brasileiros indexados na base Web of Science (2004-2013)

Fonte: JCR - Thomson Reuters. Acesso em: 1 mar. 2015.

O resultado desse esforço é a produção de dados que se incorporem aos processos de avaliação e planejamento em várias escalas, podendo ser usado como base para a adoção de políticas públicas de incentivo à pesquisa científica e à gestão tecnológica.

Cristina Haeffner, curso de pós-graduação em Química da Vida e Ciências da Saúde (PPGQVS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do programa Pronametro/Inmetro; mestranda do PPGQVS/UFRGS.

Sonia R. Zanotto, curso de pós-graduação em Química da Vida e Ciências da Saúde (PPGQVS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bibliotecária do IBGERS; doutoranda do PPGQVS/UFRGS.

Jorge A. Guimarães, curso de pós-graduação em Química da Vida e Ciências da Saúde (PPGQVS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, Ministério da Educação. Professor do PPGQVS/UFRGS e pesquisador do Centro de Biotecnologia, UFRGS.

#### Notas

- 1 – ISO (International Organization for Standardization)3166-1 é parte da norma ISO 3166, que sugere códigos para os nomes de países e dependências.
- 2 – O número de documento se refere ao resultado da busca: Scientometric\* OR Bibliometric\* OR Informetric\* OR Webmetric\*.

#### Referências

- Almeida, E.C.E.; Guimarães, J.A.; Alves, I.T.C. (2010). “Dez anos do Portal de Periódicos da CAPES: histórico, evolução e utilização”. *Revista Brasileira de Pós-Graduação* 7, 218 – 246.
- Almeida, E.C.E.; Guimarães, J.A. (2013). “Brazil’s growing production of scientific articles – how are we doing with review articles and other qualitative indicators?” *Scientometrics* 97, 287 – 315.
- Coutinho, R.X.; Dávila, E.S.; Santos, W.M., Rocha, J.B.T.; Souza, D.O.G.; Folmer, V. (2012). “Brazilian scientific production in science education”. *Scientometrics* 92, 697-710.
- De Meis, L.; Arruda, A.P.; Guimarães, J.A. (2007). “The impact of science in Brazil”. *IUBMB Life*, 59, 227-234.
- Guimarães, J.A. (2004). “A pesquisa médica e biomédica no Brasil. Comparações com o desempenho científico brasileiro e mundial”. *Ciência e Saúde Coletiva* 9, 303-327.
- Guimarães, J.A.; Humann, M. (1995). “Training of human resources in science and technology in Brazil: the importance of a vigorous post-graduate program and its impact on the development of the country”. *Scientometrics* 34, 102 - 119.
- Guimarães, J.A.; Oliveira, J.G. e Prata, A.T. (2007). “Engenharia e desenvolvimento no Brasil: desafios e perspectivas”. *Parcerias Estratégicas CGEE*, Volume 25.

#### 4.5.2 Artigo 2

ZANOTTO, Sônia R.; HAEFFNER, Cristina; GUIMARÃES, Jorge A. Unbalanced international collaboration affects adversely the usefulness of countries' scientific output as well as their technological and social impact. **Scientometrics**, Amsterdam, DOI 10.1007/s11192-016-2126-8, 2016.

O artigo aborda a problemática da análise equivocada de indicadores qualitativos que não destacam a importância e a influência da cooperação internacional no índice de impacto das áreas e dos países.

Foram analisados os indicadores de 217 países, no período 2010-2014. Os dados dos países foram analisados em três grupos, de acordo com a contribuição de cada país na produção científica mundial: Grupo I (24 países, com pelo menos, 1% impacto relativo no mundo) que representavam 83,9% do total de artigos no mundo; Grupo II (40 países, que representavam 14,2 % de artigos no mundo e 0,1 a 0,99% impacto relativo no mundo) e Grupo III, (153 países que representavam apenas 1,9% do total de artigos no mundo 0,99% impacto relativo no mundo). O Índice de colaboração internacional do Grupo I foi de 43,0%; do Grupo II 55,8% e do Grupo III 85,2%.

Características qualitativas de cada grupo foram analisadas: como o percentagem de investimento do país aplicados em P & D, a proporção de cientistas e Engenheiros por milhão de habitantes e Índice de Desenvolvimento Humano.

Concluiu-se que muito elevados e desequilibrados índices de colaboração internacional, deturpam os indicadores de produção científica, tecnológica e sociais dos países. Além disso, põe em risco os resultados qualitativos dos países aumentando artificialmente o impacto científico, afetando todos as áreas e, portanto, o conjunto dos dados dos países.



## Unbalanced international collaboration affects adversely the usefulness of countries' scientific output as well as their technological and social impact

Sonia R. Zanotto<sup>1</sup> · Cristina Haeffner<sup>2</sup> · Jorge A. Guimarães<sup>3</sup>

Received: 30 April 2016

© The Author(s) 2016. This article is published with open access at Springerlink.com

**Abstract** The unbalanced international scientific collaboration as cause of misleading information on the country's contribution to the scientific world output was analyzed. ESI Data Base (Thomson Reuters' InCites), covering the scientific production of 217 active countries in the period 2010–2014 was used. International collaboration implicates in a high percentage (33.1 %) of double-counted world articles, thus impacting qualitative data as citations, impact and impact relative to word. The countries were divided into three groups, according to their individual contribution to the world publications: Group I (24 countries, at least 1 %) representing 83.9 % of the total double-counted world articles. Group II (40 countries, 0.1–0.99 % each). Group III, 153 countries (70.5 %) with <0.1 % and altogether 1.9 % of the world. Qualitative characteristics of each group were also analyzed: percentage of the country's GNP applied in R&D, proportion of Scientists and Engineers per million inhabitants and Human Development Index. Average international collaboration were: Group I, 43.0 %; Group II, 55.8 % and Group III, 85.2 %. We concluded that very high and unbalanced international collaboration, as presented by many countries, misrepresent the importance of their scientific production, technological and social outputs. Furthermore, it jeopardizes qualitative outputs of the countries themselves, artificially increasing their scientific impact, affecting all fields and therefore, the whole world. The data confirm that when dealing with the qualitative contribution of countries, it

---

Sonia R. Zanotto and Cristina Haeffner have contributed equally to this work.

---

✉ Jorge A. Guimarães  
jguimaraes14@gmail.com

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGQVS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS and Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - RS), Porto Alegre, RS, Brazil

<sup>2</sup> Biblioteca do Instituto de Educação e Pesquisa (IEP), Hospital Moinhos de Vento, Porto Alegre, RS, Brazil

<sup>3</sup> Hospital de Clínicas de Porto Alegre and Centro de Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, C.P. 15005, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS, Brazil

is necessary to take in consideration the level of international cooperation because, as seen here, it can and in fact it does create false impression of the real contribution of countries.

**Keywords** Scientific production · Impact · International collaboration · Double-counting of articles · Bibliometric analysis

## Introduction

Today, most countries, no matter how developed they are, produce scientific articles in several areas and specific fields of knowledge. In fact, as observed by the Australian Academy of Sciences (2010), “Developing countries have increased their participation in science and technology research” and thus “scientists from more developed countries are building personal partnerships with these countries”. Presently, a total of 251 specialized fields are listed in the Web of Science (Thomson Reuters’ InCites Data Base), and a total of 217 countries are publishing scientific articles. According to the ESI Data Base, the 251 fields are summarized in 22 great areas of knowledge. Although the number of countries publishing articles in each specific field can vary largely, very few among the 22 areas have less than one hundred countries contributing with research and publications. On the other hand, the great majority of scientific articles are published by a small group of countries most occupying the highest level of economic welfare and social development, thus corroborating the notion that “research and innovation contribute in the short and long terms to prosperity and competitiveness, as well as to the resolution of society’s greatest challenges in areas like health, energy and security” (Wadworth 2014). In this context it is important to consider the thought of William Press (Press 2013) about the social impact of science in the USA: “what is so special about science (and how much we should spend on it)?”

Scientific international collaboration, as measured by co-authorship and publications has been growing constantly and the percentage of co-authored articles has more than doubled in the last two decades (Wagner et al. 2015). These authors observed that the open possibility of co-authorship has attracted productive scientists to participate in international projects. Nevertheless, they emphasized that “National governments could gain efficiencies and influence by developing policies and strategies designed to maximize network benefits—a model different from those designed for national systems”. It has been also emphasized that international co-authored publications receive greater number of citations (Glänzel and Schubert 2001; Persson et al. 2004). This distinctive pattern also occurs in more developed countries like the Europeans ones (Narin et al. 1991). Such considerations are important issues for the analysis presented in this work.

Since we studied the proportion of international collaboration pattern as a whole, our findings could not contradict the notion that “the more basic the field, the greater the proportion of international co-authorships” (Frame and Carpenter 1979; Luukkonen et al. 1992). Also, we did not distinguish between collaboration and co-authorship as emphasized by Katz and Martin (1997). Actually, as mentioned by Subramanyam (1983), “the assessment of collaboration using co-authorship is by no means perfect, it nevertheless has certain advantages: it is invariant and verifiable; given access to the same data-set, other investigators should be able to reproduce the results”. Several authors have shown that international collaboration increases visibility of the scientific work (Katz and Martin

1997) and the resultant publications receive higher consideration (Van Raan 1988) or, in other words, publications resulting from international collaboration produce “more positive effects on the quality of the output when compared to research without collaboration” (Abramo et al. 2009). Other authors made similar observations (Meneghini 2010; Tahamtan et al. 2016; Meneghini et al. 2008; Akre et al. 2011; Leite et al. 2011). Concerning to this, Smith et al. (2014) studying journal placement and citation performance of articles, observed that “the relative success of articles can be holistically assessed, yielding new insights into the scientific impact of individual countries and cross-national collaboration”. As a consequence, it can be concluded that international collaboration produces a number of benefits for participating researchers “that ultimately translate into greater scientific visibility, quality and impact”. In fact this has been shown by several authors (Van Raan 1988; Martin-Sempere et al. 2002; Barjack and Robinson 2007; Bozeman and Corley 2004) allowing to conclude that “international collaboration produces real and remarkable results in the scientific performance of research groups” (Abramo et al. 2009; Gevers 2014). Actually, the subject of cooperation can be considered an international enterprise (Van Raan 1997). This is especially true when it includes highly productive scientists from the most developed countries. In such cases there is a great chance that articles will be published in a journal with a higher impact factor, thus resulting in significant increase in citations and thus of the impact of the publication (Katz and Martin 1997; Abramo et al. 2009; Smith et al. 2014). This phenomenon has to do with the known effect of authors’ affiliation (Akre et al. 2011). On the other hand for the less developed countries international collaboration is based in the concept assumed by funding agencies and policy makers that it is “a good thing” that “should be universally encouraged” (Katz and Martin 1997). Furthermore, it is well known that the number of published articles in a specific field depends on the size of the scientific community of that area or field (Gaffriau and Larsen 2005). This has been shown by Smith et al. (2014), who analyzed eight different disciplines in relation to two categories of indicators: journal placement and citation performance. They found that those disciplines “with more countries in their affiliations performed better in both categories”. In other words, the size of the scientific production is related to the sum of all countries’ researchers working on a particular area or field which represents the total world production in that field, as observed by Bornmann et al. (2012). On the other hand, other indicators, such as individual counting of articles, total citations, the impact and international cooperation level, as well as other qualitative science-derived issues are dependent of other unrelated factors. Of particular interests in this aspect is the proportion of collaborative articles resulting from co-authorship among researchers from different countries, especially in the case of countries with a small number of published articles, which reflects in an insignificant quantitative and, even less, qualitative contribution to the world scientific output.

Concerning the contribution of the 217 countries to the world output, one can find that by counting the number of documents country by country there is an 1.33-fold increase in the number of counted articles as compared to the amount of documents effectively published by the whole world. The difference accounts for the double-counting effect due to publications produced in co-authorship by authors from two or more countries. In such cases, documents produced by each country in collaboration with other countries will be counted at least twice. As pointed before (Beys-da-Silva et al. 2014) the double-counting trait is derived from the fact that whenever a publication includes cooperation between or among researchers linked to two or more institutions, countries or fields of knowledge, these articles will be counted more than once (Almeida and Guimarães 2013). Double-counting is inherent to the bibliometric measures of scientific production of the countries,



research fields and institutions. In our study we identify it as a trait related to high number of articles resulting from international collaboration, especially from the less productive countries with the more developed ones.

Here we show that international collaboration may have an unconstructive influence affecting directly the usefulness of the scientific impact when such collaboration involves countries with very small number of articles and thus a low scientific output. Actually, a great number of countries still present a very low scientific output, and the double-counting feature “masks” the real importance of their genuine contribution to the advance of the world science and may hinder the development of each of these countries. Thus, studies ignoring the factors affecting bibliometric indicators, such as unbalanced scientific collaboration and contribution of double-counting to high impact, often induce a biased analysis of the relevance to the world of countries with lower scientific output. In fact this is a common fault that must be avoided when such scientometric analyses are made. Thus, it is important to know the dimensions of these distortions because they can and in fact, they do introduce bias in the bibliometric analysis of science output, especially when comparing countries and subject areas of research. In this work we compare the data of both indicators, that is to say, with and without considering double-counting.

An expected benefit of international collaboration among countries could be attributed to the expectation of knowledge transfer (Katz and Martin 1997), actually as mentioned by the authors “Collaboration is one way of transferring new knowledge, especially tacit knowledge”. However as shown here, this seems not to be occurring in the cases of unbalanced collaboration as identified in our study. Although several studies dealing with international collaboration have been published little attention has been given to the deleterious effect of excessive co-authorships among researchers from the most developed countries and that of authors from undeveloped countries.

In the present work we aimed to explore the deleterious influence of unbalanced levels of international collaboration to the world’s scientific indicators. Such problem expressed as double-counting of articles, involves a large number of countries with very little proper and autonomous scientific production. The observed situation creates an illusory level of scientific performance, which resulted from the unbalanced collaboration between authors from these countries with the authors from more productive ones. Another aspect concerning science development is how it relates to long term prosperity, welfare and competitiveness. This study also shows some relationships implicating these indicators.

## Methodology

In this work we used the qualitative and quantitative bibliometric indicators with the purpose of evaluation of the contribution of the countries in the world scientific production. The InCites’ Data Base (Thomson Reuters, Philadelphia, USA, available online through the Portal of Periodicals offered by Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brazil) was used as the source of scientific data. The InCites’ Data Base provides scientific information of countries, institutions, and individuals as well as to the various areas of knowledge. This extensive Data Base allows its use for both quantitative and qualitative assessment of information covering all scientific areas, including the humanities and social sciences. Here the data of publications in referred journals, including: Number of published documents, Percentage of World Articles, Citations, Impact, International Collaboration Index (ICI) and the Impact Relative to

World (IRW), were extracted. Data analysis allowed the acquirement of each country's productivity index, enabling comparisons on the national and international levels.

The specific data concerning scientific production used in this analysis were obtained by assessing in the InCites' Data Base: (1) Essential Science Indicators (ESI) composed of 22 large areas covering in brief, all the major scientific fields; (2) Web of Science (WoS) containing 251 categories of sub-areas, fields or research themes derived from the 22 scientific great areas of ESI. In both cases, data from Social Sciences and Humanities were included. The number of documents corresponding to the total of articles, conference papers and reviews published in the 5-year period 2010–2014 were extracted for further analysis. Data were obtained from the Global Comparisons Option—National Comparison Report, designed to measure the performance of the countries and institutions in selected areas of research. The search of all data were reviewed and analyzed from May to November 2015. Counting the number of publications from countries was made carefully taking in consideration the problems arising when such scores are searched (Gauffriau et al. 2007; Larsen and Von Ins 2010; Beys-da-Silva et al. 2014). These problems are related to the occurrence of double-counting of scientific literature, when comparing the production of different countries, institutions and/or fields of knowledge. This is due to the origin of each publication when it results from the cooperation between researchers connected to two or more countries, institutions or different areas. In these cases, the article will be counted more than once.

The bibliometric indicators used in this study were extracted or calculate from InCites' Data Base as described below:

- (a) Countries distribution: The 217 countries were divided in three groups according to their scientific contribution to the word's total in the period 2010–2014: Group I includes the countries that have produced individually at least 1 % of the word's articles in the period; Group II is composed of other countries each one producing from 0.1 to 0.99 % of the world sum; Group III is composed of countries with <0.1 % individual contribution to the world total.
- (b) Number of documents: Sum of the number of documents published as full articles, conference papers and reviews of a selected area or country. These documents are relevant items published in a scientific journal covered by the Journal Citation Reports (JCR of Thomson Reuters). This study does not include Editorials, letters, news and meeting summaries, also available in the base, because usually such documents are not cited. In the text and tables we use the words articles or documents with the same meaning.
- (c) World percent publications: Number of documents published in a subject area or country divided by the total number of documents in the world. Unless otherwise informed this indicator was obtained from the InCites' Data Base, and it is calculated based on the number of publications without double-counting.
- (d) Impact: Number of citations received by articles published by a country, institution, area of knowledge, or a researcher, divided by the total number of papers published in the same period. Here again the data was obtained from the InCites' Data base. The number of citations received by an article indirectly denote the impact caused by the article over the research field and thus it is an indicator of the article's quality.
- (e) Impact relative to world (IRW): It concerns to the impact of an area or country relative to the world's average impact of that area or the average of all countries together. An IRW index greater than 1.0 indicates that the impact in a specific area or country is larger than the average scientific impact of all areas together and, in the

case of countries it means that the impact of a country is higher than the average of all countries.

- (f) Double-Counting Index (DCI): This index represents the percent of double counted articles, calculated for each area or field of knowledge. In the case of the world publications it derives from the calculated sum of publications counted country by country, for which the documents published by authors from more than one country will be counted two or more times, depending on the number of foreign countries involved in the partnership. The concept was extracted from the InCites Indicators Handbook which states that “internationally collaborative document is an indicator that only takes into account if a document is international (two or more countries) or not. It does not take into account the total number of countries represented in the publication”.
- (g) Percentage of international collaboration: The data was obtained from InCites’ Data Base; it corresponds to the percentage of articles published by authors belonging to institutions of two or more countries. Since the characterization of an article as having international collaboration depends upon the indication of authors’ addresses, we based our study exclusively on the percentage of international collaboration informed by InCites.  
The sources of other indicators used in this study are described below:
- (h) Human Development Index (HDI): PNUD 2014 <http://www.pnud.org.br/IDH/DH.aspx>
- (i) Percentage of GNP applied in R&D: 2015 World development indicators: science and technology. United Nations Educational and Cultural Organization (UNESCO) Institute for Statistics <http://wdi.worldbank.org/table/5.13>
- (j) Number of scientists and engineers per million inhabitants: 2015 World development indicators: science and technology. United Nations Educational and Cultural Organization (UNESCO) Institute for Statistics <http://wdi.worldbank.org/table/5.13>

## Results and discussion

### Double-counting effect in the world’ scientific production

In the period 2010–2014, the 217 countries listed in the Thomson Reuters’ InCites Data Base produced a total of 6,811,602 articles. However, considering the individual country by country contribution, the sum reaches a total of 9,064,873 articles (Table 1). The difference accounts for the double-counting effect due to publications produced in co-authorship by authors from two or more countries. Here the additional counting of 2,253,271 articles represents an increase of 33.1 % in the amount of articles listed. In this work, counted articles for each country includes the publications resulting from international collaboration. Unfortunately due to the large numbers of articles and countries in this study, fractional counting as recommended by Gaufrial and Larsen 2005, could not be applied here. As pointed above, the double-counting trait is derived from the fact that whenever a publication includes cooperation between or among researchers linked to two or more institutions, countries or fields of knowledge, the article will be counted more than once. Double-counting is inherent to the bibliometric measures of scientific production of the countries, research fields and institutions because of the steady increase of international

**Table 1** World scientific production in the 22 great ESI areas: 2010–2014. The double-counting effect  
*Source:* InCites™, Thomson Reuters. Report created: 12/05/2015. Data source: Web of science

Nr.	Subject area	Number of countries	No double counting (A)	With double counting (B)	Difference (B – A) (C)	% Double counting (C/A) × 100
1	Agricultural sciences	193	190.460	240.348	49.888	26.2
2	Biology and Biochemistry	190	338.993	443.237	104.244	30.8
3	Chemistry	184	750.403	932.289	181.886	24.2
4	Clinical medicine	206	1,245,135	1,608,227	363.092	29.2
5	Computer science	148	157.999	212.953	54.954	34.8
6	Economics and business	174	121.532	166.544	45.012	37.0
7	Engineering	183	541.591	679.321	137.730	25.4
8	Environment/ecology	202	204.367	293.293	88.926	43.5
9	Geosciences	204	197.908	305.373	107.465	54.3
10	Immunology	202	118.099	174.626	56.527	47.9
11	Materials science	163	340.452	425.450	84.998	25.0
12	Mathematics	165	197.820	262.022	64.202	32.5
13	Microbiology	191	96.090	133.333	37.243	38.8
14	Molecular biology and genetics	186	205.993	299.111	93.118	45.2
15	Multidisciplinary	159	13.396	20.858	7.462	55.7
16	Neuroscience and behavior	174	239.632	323.814	84.182	35.1
17	Pharmacology and toxicology	183	179.360	228.197	48.837	27.2
18	Physics	172	551.015	820.847	269.832	49.0
19	Plant and animal science	207	335.816	463.507	127.691	38.0
20	Psychiatry/psychology	181	182.819	238.278	55.459	30.3
21	Social sciences, General	208	405.852	501.462	95.610	23.6
22	Space science	134	68.302	153.882	85.580	125.3
	World	217	6,811,602	9,064,873	2,253,271	33.1

scientific collaboration. In our study, this feature appears in the high number of articles resulting from international collaboration especially from the less productive countries together with more developed ones (see below). Thus, it is important to know its dimension because it can and in fact, it does introduce bias in the scientometric analysis of science output, especially in cases of comparisons of countries and subject areas of research. In this work we compare the data of both indicators, that is to say, with and without double-counting.

### Double-counting effect in the scientific fields

Table 1 lists the world scientific production in the 22 great areas of ESI (Thomson Reuters Data Base) in the 5 years period 2010–2014. As mentioned above, 217 countries are engaged in scientific research and publication worldwide. The question arisen from this information is: What is the contribution of each country to the production of new knowledge in each of these 22 areas and in more than 200 specific scientific fields? As shown in Table 1 all countries are developing research in the whole spectrum of scientific

activities. Space Science is the area with the minimal number of publishing countries, 134, whereas Social Sciences congregated the maximal number, 208 countries, publishing in this area. As an average 182 countries are involved in publications of all scientific fields. This means that most countries, no matter how developed they are, produce scientific articles in several areas and specific fields. It is then important to know how much of such production derived from the effort of having a proper system for stimulating scientific development and what fraction represents a casual participation of the countries in these publications. In this context it is important to discriminate types or levels of international scientific cooperation, in which a country can behave as an active or passive agent. Here we show that the quantification of double-counting articles can indirectly indicate the proportion of country's participation in the publications of a particular field. Table 1 presents both indicators: the number of articles with and without double-counting in each ESI area in the 2010–2014 period. The Double-Counting Index was calculated by subject area as described in the methods section and represents the percent ratio between the number of articles with double-counting and that of the articles without double-counting in an individual area. Publications involving 182 countries accounted 33.1 % of double-counted articles. In some areas such as Space Science for instance, the actual number of articles (68,302) generated 153,882 double-counted documents. The difference (85,580 articles) accounts for a Double-Counting Index of 125.3 % which implies that this area attracts an unusual proportion of international collaboration. Besides space science, 11 other areas (multidisciplinary, geosciences, physics, immunology, molecular biology and genetics, environment/ecology, microbiology, plant and animal science, economics & business, neuroscience & behavior and computer science) also show high level (above the table average) of double-counted articles. On the other hand the lowest values are found for Social Sciences (23.6 %), Chemistry (24.2 %), Materials Science (25.0 %) and Engineering (25.4 %).

### Double-counting effect in the scientific production of countries

As happen with the observed dispersion of the scientific production among the areas of knowledge seen in Table 1, a similar situation is detected when such distribution is considered for the 217 countries. Table 2 shows the distribution of all 217 countries into three different groups, according to their contribution to the world production. Group I includes the most productive countries which individually contributed at least with 1 % for the world total. The 24 countries in Group I represent 11.1 % of the world countries but published 7,605,317 articles or 83.9 % of the total double-counted world scientific production. Group II is composed of 40 other countries and accounts for 18.4 % of the total countries, each one producing from 0.1 to 0.99 % of the world sum, thus making a total of 1,285,850 (14.2 %) of the articles' total. Group III is composed of 153 countries (70.5 % of the total) with <0.1 % individual contribution, representing altogether 173,706 articles (1.9 %) of the world scientific output (Table 2). The Table also presents other qualitative characteristics of each country's groups indicating the average data for: the impact, impact relative to world (IRW), percentage of cited articles, International Collaboration Index (ICI), percentage of the Country's GNP applied in R&D and the proportion of Scientists and Engineers per million inhabitants. As shown in Table 2, several of these qualitative indicators reflected characteristics of the three groups and they will be better explored in the analysis of the country's groups presented below.

Table 3 lists the 24 countries belonging to Group I and presents their scientific output in the period 2010–2014, in all areas and scientific fields of knowledge. Similarly, as

**Table 2** Distribution of countries according to their individual scientific production: 2010–2014 *Source:* InCitesTM, Thomson Reuters. Report Created: 12/05/2015. Data source: Web of science

Indicators	Countries distribution			World data
	Group I Countries with more than 1 %	Group II Countries with 0.1 to 0.99 %	Group III Countries with <0.1 %	
Number of countries	24	40	153	217
Countries % of world	11.1	18.4	70.5	100
Average HDI	0.844	0.782	0.631	0.686
Total Articles with double-counting	7,605,317	1,285,850	173,706	9,064,873
Total articles without double-counting	–	–	–	6,811,602
% World production	83.9	14.2	1.9	100
International collaboration: percentual average	43.0	55.8	85.2	60.2
% Cited articles	68.8	64.2	64.9	65.2
Average of impact factor	6.4	5.3	4.8	5.1
Impact realtive to world (IRW)	1.2	1.0	0.9	1.0
%GNP applied in R&D	2.0	1.1	0.3	2.2
Scientists and engineers per million inhabitants	3.529	2.288	510	1.268

Distribution based on the world % of scientific production of each individual country considering the double counting of articles

compared to Table 1, the countries of Group I produced most publications of the total computed for each of the 22 great areas (data not shown). Thus, in this work we named Group I as the most productive countries. Table 3 presents, besides the quantitative data of the countries, their Human Development Index (HDI). The Impact of the publications from these 24 countries varies from 9.8 (Switzerland) to 3.1 (Russia and Turkey) with an average index of 6.4 which is substantially higher than that of the world's average (5.1). The International Collaboration Index (ICI) of countries in Group I varies from 69.1 % (Switzerland) to 20.0 % (Turkey) being the average (43.0 %) much smaller than the world's average (60.2 %). This last value is highly influenced by the high proportion of international collaboration (85.2 %) of the countries in Group III (Table 2). Actually in Group I only four countries (Switzerland, Belgium, Denmark and Sweden) have ICI higher than the world's average. As compared to countries with very high impact consequent to an extremely high ICI (see Table 6), countries of Group I, though having relatively high scientific impact, do not show such a strong correlation with ICI. In fact several countries of this group show the lowest ICI values among all countries. This indicates that some countries of Group I, due to their scientific leadership, possess and actively offer attractive conditions for international cooperation with other countries. Due to their sizeable scientific production, this condition does not affect significantly their ICI. On the other hand, this situation works the other way around for the countries with very small scientific production, as those of Group III. Another central aspect to be noticed is that the majority of the countries of Group I also occupy the highest level of economic and social

**Table 3** Scientific production of countries of Group I. Quantitative and qualitative data: 2010–2014 *Source*: InCites™, Thomson Reuters. Report Created: 12/05/2015. Data source: Web of science

Rank	Countries	Web of Science Documents		Impact	Impact relative to world	% International collaboration <sup>a</sup>	HDI		% GNP applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
		Number documents	World %				Index	World rank		
1	USA	1,878,643	27.6	7.8	1.4	34.7	0.914	5	2.8	4,019
2	China	932,548	13.7	4.8	0.9	25.9	0.719	91	2.0	1,089
3	Germany	495,832	7.3	7.7	1.4	52.9	0.911	6	2.9	4,472
4	England	455,025	6.7	8.0	1.5	54.7	0.892	14	1.6	4,055
5	Japan	388,844	5.7	5.7	1.0	28.5	0.890	17	3.5	5,201
6	France	347,472	5.1	7.3	1.3	55.7	0.884	20	2.2	4,153
7	Canada	308,219	4.5	7.3	1.3	50.5	0.902	8	1.6	4,490
8	Italy	294,939	4.3	7.0	1.3	47.0	0.872	26	1.3	1,974
9	Spain	265,039	3.9	6.5	1.2	47.7	0.869	27	1.2	2,653
10	India	250,427	3.7	4.0	0.7	22.6	0.586	135	0.8	157
11	Australia	248,251	3.6	6.9	1.3	50.5	0.933	2	2.3	4,335
12	South Korea	243,989	3.6	4.9	0.9	28.8	0.891	15	4.2	6,457
13	Brazil	187,936	2.8	3.6	0.7	29.1	0.744	79	1.2	698
14	Netherlands	179,721	2.6	9.1	1.7	58.2	0.915	4	2.0	4,303
15	Russia	145,504	2.1	3.1	0.6	33.6	0.778	57	1.1	3,073
16	Taiwan	135,558	2.0	4.8	0.9	25.2	0.719	91	2.4	NI
17	Switzerland	130,691	1.9	9.8	1.8	69.1	0.917	3	3.0	4,481
18	Turkey	126,236	1.9	3.1	0.6	20.0	0.759	69	0.9	1,169
19	Iran	117,803	1.7	3.4	0.6	22.0	0.749	75	0.8	738
20	Sweden	116,155	1.7	8.1	1.5	61.0	0.898	12	3.3	6,473
21	Poland	113,011	1.7	4.2	0.8	34.1	0.834	35	0.9	1,851
22	Belgium	99,522	1.5	8.1	1.5	64.9	0.881	21	2.3	4,003

Table 3 continued

Rank	Countries	Web of Science Documents		Impact	Impact relative to world	% International collaboration <sup>a</sup>	HDI		% GNP applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
		Number documents	World %				Index	World rank		
23	Denmark	73,727	1.1	8.9	1.6	61.2	0.900	10	3.1	7.265
24	Scotland	70,225	1.0	9.0	1.7	55.0	0.892	14	1.6	4.055
	Total 24 Countries	7,605,317	–	–	–	–	–	–	–	81.164
	Table Average	–	4.7	6.4	1.2	43.0	0.844	–	2.0	3.529
	World with DC	9,064,873	–	5.1	1.0	60.2	0.686	–	–	–
	World without DC	6,811,602	100	5.1	1.0	–	0.686	–	–	–
	% Double counting	33.1 %	33.1 %	–	–	–	–	–	–	–

Source of % GNP and Researchers per Million people: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Institute for Statistics

NI Not informed

<sup>a</sup> The HDI value refers to that of the United Kingdom



development, what can be depicted from their Human Development Index (HDI). It is noticeable that the countries of Group I present a high average HDI (0.844), which is much higher than the world's data. In fact, only seven countries (India, Taiwan, China, Brazil, Iran, Turkey and Russia) show index values below this level, with a variation from 0.586 (India) to 0.933 (Australia).

Actually the countries of Group I are among the most developed ones, thus indicating the importance of science as an instrument to improve and support social and economic welfare. As mentioned by Jeffrey Wadworth (2014): “Fortunately, there is ample historical evidence that research and innovation contribute, in the short and long terms, to prosperity and competitiveness, as well as to the resolution of society's greatest challenges in areas like health, energy and security”. Unfortunately this expectation seems not to be happening with countries that can only offer some desirable advantages for cooperation, such as huge and attractive biodiversity for instance. It is also true that the countries of Group I are investing the highest proportion of their GNP in R&D and also, at the same time, possess a comfortable condition of having high number of scientists and engineers (Table 3). In fact the countries of this group apply more than 0.8 % (average 2.0 %) of their GNP in S&T and, with exception of India, they possess a high proportion (average 3529) of scientists and engineers per million inhabitants. Putting together all the quantitative and qualitative indicators, the great majority of countries in Group I constitute a kind of first league of scientific development.

Table 4 lists the 40 countries pertaining to Group II and shows their scientific output in the period 2010–2014. Together these countries produced 1,285,850 articles (14.2 % of the world's total) also covering all areas and scientific fields of knowledge. The scientific qualitative data of Group II is summarized in Table 4. The scientific impact of the 40 countries varies from 2.8 (Nigeria) to 8.4 (Singapore) with an average index of 5.3, not too far from that of the world's average (5.1). Their IRW average index is 1.0 (range 0.5 to 1.5), with several countries showing IRW values in the same range as those of countries of Group I. With few exceptions, most countries of this group show intermediate range of international collaboration. As shown in Table 4, the International Collaboration Index (ICI) of these countries varies from 37.0 % (Serbia) to 87.2 % (Kenya), with an average (55.8 %) smaller than the world's average (60.2 %) but much smaller than that of Group III (85.2 %). Similarly to Group I, some countries of this group can also exert attractive influence for active international cooperation. Concerning to the Human Development Index, the countries of Group II present a HDI average of 0.782 varying from 0.504 (Nigeria) to 0.944 (Norway). Related to the percentage of GNP invested in R&D a mean index of 1.0 % was found for Group II countries. However one can see in the table that there is a great dispersion (range from 0.1 % for Indonesia to 4.2 %, Israel) of such indicator among the countries of this group. In fact about one third of these countries invest more than 1 % of their GNP in R&D. Actually these are the countries that share with others of Group I high social and economic standard of life, as also indicated by their HDI.

Besides the quantitative data presented by countries of Groups I and II, Tables 3 and 4 also show the qualitative indicators listed before. In addition, other important characteristics of the countries' indicators related to scientific production, such as the Human Development Index (HDI), the percentage of GNP applied to R&D and the proportion of scientists and engineers related to the size of population, are indicated in the tables. Thus, taken together the qualitative data of Groups I and II could result in another kind of raking (Table 5) when the Impact index is used in order to classify the countries. Concerning specially to impact, HDI, and other qualitative indicators, the ranking of countries in Groups I and II shows several changes in positions. In fact, some countries of Group II

**Table 4** Scientific production of countries of Group II. Quantitative and qualitative data: 2010–2014 *Source:* InCites™, Thomson Reuters. Report Created: 12/05/2015.  
Data source: web of science

Rank	Countries	Web of science documents		Impact world	Impact relative to world	% International collaboration <sup>a</sup>	HDI		% GNP Applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
		Number documents	% World				Index	World rank		
25	Austria	67,264	0.9	8.0	1.5	66.2	0.881	21	2.8	4,704
26	Israel	64,554	0.9	7.2	1.3	49.2	0.888	19	4.2	8,282
27	Portugal	59,435	0.9	6.0	1.1	55.0	0.822	41	1.4	4,142
28	Hong Kong	57,401	0.8	6.5	1.2	66.8	0.891	15	NI	NI
29	Finland	56,887	0.8	7.8	1.4	57.8	0.879	24	3.3	7,188
30	Norway	56,608	0.8	7.2	1.3	60.0	0.944	1	1.7	5,576
31	Mexico	56,100	0.8	4.4	0.8	45.0	0.756	71	0.5	383
32	Greece	54,379	0.8	6.4	1.2	59.5	0.853	29	0.8	2,628
33	Singapore	54,350	0.8	8.4	1.5	47.9	0.901	9	2.0	6,442
34	Czech Republic	52,932	0.8	5.6	1.0	50.7	0.861	28	1.9	3,251
35	South Africa	50,563	0.7	5.2	1.0	54.2	0.658	118	0.7	405
36	Malaysia	43,988	0.6	3.5	0.7	47.5	0.773	62	1.1	1,794
37	New Zealand	42,388	0.6	6.5	1.2	58.3	0.910	7	1.3	3,701
38	Argentina	41,674	0.6	5.2	0.9	46.3	0.808	49	0.6	1,226
39	Saudi Arabia	38,196	0.6	4.4	0.8	74.9	0.836	34	0.3	NI
40	Ireland	37,708	0.6	7.8	1.4	58.2	0.899	11	1.6	3,371
41	Romania	37,258	0.5	3.6	0.7	38.0	0.785	54	0.4	945
42	Egypt	36,935	0.5	3.7	0.7	53.7	0.682	110	0.7	544
43	Chile	31,423	0.5	5.1	0.9	60.8	0.822	41	0.4	391
44	Thailand	31,383	0.5	4.8	0.9	50.2	0.722	89	0.4	543
45	Hungary	31,273	0.5	6.1	1.1	57.2	0.818	43	1.4	2,523

Table 4 continued

Rank	Countries	Web of science documents		Impact world	Impact relative to world	% International collaboration <sup>a</sup>	HDI		% GNP Applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
		Number documents	% World				Index	World rank		
46	Pakistan	30,326	0.4	3.4	0.6	44.6	0.537	146	0.3	167
47	Ukraine	25,236	0.4	3.3	0.6	47.5	0.734	83	0.8	1,165
48	Serbia	24,715	0.4	3.6	0.7	37.0	0.745	77	0.7	1,381
49	Wales	24,281	0.4	8.1	1.5	51.7	0.892	14	NI	NI
50	Slovenia	19,147	0.3	5.0	0.9	49.3	0.874	25	2.6	4,217
51	Croatia	18,357	0.3	4.7	0.9	42.9	0.812	47	0.8	1,529
52	Slovakia	16,254	0.2	4.6	0.9	57.1	0.830	37	0.8	2,718
53	Colombia	16,140	0.2	5.0	0.9	62.1	0.711	98	0.2	164
54	Tunisia	14,909	0.2	3.1	0.6	54.1	0.721	90	0.7	1,393
55	Northern Ireland	11,722	0.2	7.2	1.3	57.1	0.892	14	NI	NI
56	Bulgaria	11,371	0.2	5.2	1.0	55.6	0.777	58	0.7	1,693
57	Nigeria	11,119	0.2	2.8	0.5	42.3	0.504	152	0.2	39
58	Lithuania	10,461	0.2	4.2	0.8	39.2	0.834	35	1.0	2,887
59	Algeria	9,949	0.1	2.9	0.5	59.2	0.717	93	0.1	168
60	Vietnam	9,281	0.1	4.0	0.7	78.5	0.638	121	0.2	NI
61	Estonia	8,166	0.1	7.5	1.5	60.4	0.840	33	1.7	3,339
62	Morocco	7,846	0.1	4.1	0.8	63.8	0.617	129	0.7	852
63	Indonesia	7,032	0.1	4.5	0.9	86.0	0.684	108	0.1	90
64	Kenya	6,839	0.1	6.9	1.4	87.2	0.535	147	0.8	231
Table total		1,285,850	–	–	–	–	–	–	–	80,072
Table average		–	0.5	5.3	1.0	55.8	0.782	–	1.1	2,288

Table 4 continued

Rank	Countries	Web of science documents		Impact	Impact relative to world	% International collaboration <sup>a</sup>	HDI		% GNP Applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
		Number documents	% World				Index	World rank		
	World with DC	9,064,873	-	5.1	1.0	60.2	0.686	-	-	-
	World without DC	6,811,602	100	5.1	1.0	-	0.686	-	-	-

Source of % GNP and Researchers per Million people: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Institute for Statistics  
 NI Not informed

<sup>a</sup> The HDI value refers to that of the United Kingdom

have qualitative data similar to those in Group I, while among the most productive countries several ones do not meet the same outstanding level of this group. This confirms the lack of correlation between number of publications and impact of articles (not shown). Such differences can be seen in Table 5.

Group III is composed of 153 countries (70.5 % of the total) each one publishing <0.1 % of the world's production, representing altogether 173,706 articles (1.9 %) of the world scientific output (Table 2). In this group, 74 countries (48 %) produced together in the period 2010–2014 a sum of 9009 articles, about 0.1 % of the world's total (data not shown). In the 5 year period, 36 countries in this group published <100 articles each. On the other hand, a particular feature of Group III is the high percentage of international collaboration presented by most of its components. Among the 153 countries belonging to this group, only 15 countries had an international scientific collaboration of <65 % and none below 51 %. Therefore, an unexpected average of 85.2 % is found for the international collaboration indicator of the countries of this group (Table 2). In fact, the great majority of countries in Group III display much higher individual levels of international scientific collaboration than countries in groups I or II. As a consequence, the Impact index's average (4.8) of Group III is very close to the world's average (5.1) which is heavily influenced by this group of countries. Actually, as shown in Table 6, several countries of this group have the highest values of scientific Impact among all countries. Considering this distortion, one should take into account as inadequate the usual comparison of country's impact versus the world impact.

Table 6 lists 20 countries for which the Impact exceeds the world's average in values above 1.5 IRW, i.e. countries with Impact value of 8.0 or higher. As shown in the table, ten of these countries (Vatican, Bermuda, Iceland, Mozambique, Republic of Georgia, Equatorial Guinea, Gambia, Panama, Armenia and Monaco) belong to Group III (Table 2), showing IRW values from 1.6 to 2.5. Actually, this group includes the five countries with the highest Impact in the world. Another feature of these ten countries is their very small number of publications: 14,537 articles altogether or <0.2 % of the world's total in the 5 years period, but with a very high Impact average (9.1). Additionally an extremely high international collaboration index (average of 88.2 %) is characteristic of these countries.

The distortions seen in Table 6 can be better stressed when comparing the Impact data of the countries related to their scientific production accounted area by area of the InCites Data Base. Table 7 illustrates a comparative data of the Impact values of articles published in the InCites' 22 areas of knowledge distributed by the different countries. It shows that the same distortions seen in Table 6 are even more expressive here. The table depicts the ten highest Impact values presented by countries relative to publications in each of the 22 areas. It can be seen that rarely any country of Groups I or II occupies higher places in this chart. In contrast, among the 220 positions existing in Table 7, the great majority (168/220 or 76 % of the positions) are occupied by countries belonging to Group III. These countries show very high IF values in several areas: Multidisciplinary, Computer Science, Molecular Biology and Genetics, Physics, Space Science, Biology & Biochemistry, Engineering and Clinical Medicine. On the other hand, only eight Group I countries (Scotland, Switzerland, Netherlands, Denmark, England, USA, Canada and France) appear 25 times (11.4 %) in the chart, usually with much lower IF values. Concerning to Group II, 12 countries (Wales, Ireland, Singapore, Hong Kong, Finland, Bulgaria, Croatia, Ukraine, Colombia, Estonia, Kenya and Serbia) occupy 27 positions (12.3 %) out of the 220 possibilities.

**Table 5** Scientific production of countries of Group I and II. Ranked by impact factor: 2010–2014 *Source:* InCites™, Thomson Reuters. Report Created: 12/05/2015. Data source: Web of science

Rank impact factor	Countries	World Rank	Documents		Impact Factor (IF)	Impact relative to world (IRW)	% International collaboration (ICI)	HDI		% GNP applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
			Number	World % documents				Index	World rank		
1	Switzerland	17	130.691	1.9	9.8	1.9	69.1	0.917	3	3.0	4.481
2	Netherlands	14	179.721	2.6	9.1	1.8	58.2	0.915	4	2.0	4.303
3	Scotland <sup>a</sup>	24	70.225	1.0	9.0	1.8	55.0	0.892	14	1.6	4.055
4	Denmark	23	73.727	1.1	8.9	1.8	61.2	0.900	10	3.1	7.265
5	Singapore	33	54.350	0.8	8.4	1.6	47.9	0.901	9	2.0	6.442
6	Sweden	20	116.155	1.7	8.1	1.6	61.0	0.898	12	3.3	6.473
7	Belgium	22	99.522	1.5	8.1	1.6	64.9	0.881	21	2.3	4.003
8	Wales	49	24.281	0.4	8.1	1.6	51.7	0.892 <sup>a</sup>	14	NI	NI
9	England <sup>a</sup>	4	455.025	6.7	8.0	1.6	54.7	0.892	14	1.6	4.055
10	Austria	25	67.264	0.9	7.9	1.5	66.2	0.881	21	2.8	4.704
11	USA	1	1,878,643	27.6	7.8	1.5	34.7	0.914	5	2.8	4.019
12	Germany	3	495.832	7.3	7.8	1.5	52.9	0.911	6	2.9	4.472
13	Finland	29	56.887	0.8	7.8	1.5	57.8	0.879	24	3.3	7.188
14	Ireland	40	37.708	0.6	7.8	1.5	58.2	0.899	11	1.6	3.371
15	Estonia	61	8.166	0.1	7.5	1.5	60.4	0.840	33	1.7	3.339
16	France	6	347.472	5.1	7.3	1.4	55.7	0.884	20	2.2	4.153
17	Canada	7	308.219	4.5	7.3	1.4	50.5	0.902	8	1.6	4.490
18	Israel	26	64.554	0.9	7.2	1.4	49.2	0.888	19	4.2	8.282
19	Norway	30	56.608	0.8	7.2	1.4	60.0	0.944	1	1.7	5.576
20	Northern Ireland	55	11.722	0.2	7.2	1.4	57.1	0.892 <sup>a</sup>	14	NI	NI
21	Italy	8	294.939	4.3	7.0	1.4	47.0	0.872	26	1.3	1.974
22	Australia	11	248.251	3.6	6.9	1.3	50.5	0.933	2	2.3	4.335

Table 5 continued

Rank impact factor	Countries	World Rank	Documents		Impact Factor (IF)	Impact relative to world (IRW)	% International collaboration (ICI)	HDI Index	World rank	% GNP applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
			Number documents	World %							
23	Kenya	64	6,839	0.1	6.9	1.4	87.2	0.535	147	0.8	231
24	Spain	9	265,039	3.9	6.5	1.2	47.1	0.869	27	1.2	2,653
25	Hong Kong	28	57,401	0.8	6.5	1.3	66.8	0.891	15	NI	NI
26	New Zealand	37	42,388	0.6	6.5	1.3	58.3	0.910	7	1.3	3,701
27	Greece	32	54,379	0.8	6.4	1.3	59.5	0.853	29	0.8	2,628
28	Hungary	45	31,273	0.5	6.1	1.2	57.2	0.818	43	1.4	2,523
29	Portugal	27	59,435	0.9	6.0	1.2	55.0	0.822	41	1.4	4,142
30	Japan	5	388,844	5.7	5.7	1.1	28.5	0.890	17	3.5	5,201
31	Czech Republic	34	52,932	0.8	5.6	1.1	50.7	0.861	28	1.9	3,251
32	South Africa	35	50,563	0.7	5.2	1.0	54.2	0.658	118	0.7	405
33	Argentina	38	41,674	0.6	5.2	1.0	46.3	0.808	49	0.6	1,226
34	Bulgaria	56	11,371	0.2	5.2	1.0	55.6	0.777	58	0.7	1,693
35	Chile	43	31,423	0.5	5.1	1.0	60.8	0.822	41	0.4	391
36	Slovenia	50	19,147	0.3	5.0	1.0	49.3	0.874	25	2.6	4,217
37	Colombia	53	16,140	0.2	5.0	1.0	62.1	0.711	98	0.2	164
38	South Korea	12	243,989	3.7	4.9	0.9	28.8	0.891	15	4.2	6,457
39	China	2	932,548	13.7	4.8	0.9	25.9	0.719	91	2.0	1,089
40	Taiwan	16	135,558	2.0	4.8	0.9	25.2	0.719	91	2.4	NI
41	Thailand	44	31,383	0.5	4.8	0.9	50.2	0.722	89	0.4	543
42	Croatia	51	18,357	0.3	4.7	0.9	42.9	0.812	47	0.8	1,529
43	Slovakia	52	16,254	0.2	4.6	0.9	57.1	0.830	37	0.8	2,718

Table 5 continued

Rank impact factor	Countries	World Rank	Documents		Impact Factor (IF)	Impact relative to world (IRW)	% International collaboration (ICI)	HDI		% GNP applied in R&D	Scientists and engineers per million inhabitants
			Number documents	World %				Index	World rank		
44	Indonesia	63	7,032	0.1	4.5	0.9	86.0	0.684	108	0.1	90
45	Mexico	31	56,100	0.8	4.4	0.9	45.0	0.756	71	0.5	383
46	Saudi Arabia	39	38,196	0.6	4.4	0.9	74.9	0.836	34	0.3	NI
47	Poland	21	113,011	1.7	4.2	0.8	34.1	0.834	35	0.9	1,851
48	Lithuania	58	10,461	0.2	4.2	0.8	39.2	0.834	35	1.0	2,887
49	Morocco	62	7,846	0.1	4.1	0.8	63.8	0.617	129	0.7	852
50	India	10	250,427	3.7	4.0	0.8	22.6	0.586	135	0.8	157
51	Vietnam	60	9,281	0.1	4.0	0.8	78.5	0.638	121	0.2	NI
52	Egypt	42	36,935	0.5	3.7	0.7	53.7	0.682	110	0.7	544
53	Brazil	13	187,936	2.8	3.6	0.7	29.1	0.744	79	1.2	698
54	Romania	41	37,258	0.5	3.6	0.7	38.0	0.785	54	0.4	945
55	Serbia	48	24,715	0.4	3.6	0.7	37.0	0.745	77	0.7	1,381
56	Malaysia	36	43,988	0.6	3.5	0.7	47.5	0.773	62	1.1	1,794
57	Iran	19	117,803	1.7	3.4	0.7	22.0	0.749	75	0.8	738
58	Pakistan	46	30,326	0.4	3.4	0.7	44.6	0.537	146	0.3	167
59	Ukraine	47	25,236	0.4	3.3	0.6	47.5	0.734	83	0.8	1,165
60	Russia	15	145,504	2.1	3.1	0.6	33.6	0.778	57	1.1	3,073
61	Turkey	18	126,236	1.9	3.1	0.6	20.0	0.759	69	0.9	1,169
62	Tunisia	54	14,909	0.2	3.1	0.6	54.1	0.721	90	0.7	1,393
63	Algeria	59	9,949	0.1	2.9	0.6	59.2	0.717	93	0.1	168
64	Nigeria	57	11,119	0.2	2.8	0.5	42.3	0.504	152	0.2	39

NI Not informed

<sup>a</sup> The HDI value refers to that of the United Kingdom



**Table 6** The 20 Countries with highest impact factor (above 8.0 or 1.6 fold IRW): 2010–2014 *Source:* InCitesTM, Thomson Reuters. Report Created: 12/05/2015. Data source: Web of science

Impact factor rank	Country	Group	Total articles	% World <sup>a</sup>	World ranking	Times cited	Impact factor (IF)	Impact relative to world (IRW)	International collaboration %
1	Vatican	III	94	0.001	179	1.198	12.7	2.5	98.9
2	Bermuda	III	171	0.003	166	1.840	10.8	2.1	91.1
3	Iceland	III	4,636	0.07	72	49,946	10.8	2.1	76.5
4	Mozambique	III	791	0.012	123	8,272	10.5	2.1	95.4
5	Republic of Georgia	III	2,640	0.04	89	27,201	10.3	2.0	74.9
6	Switzerland	I	130,691	1.9	17	1,279,879	9.8	1.9	69.1
7	Equatorial Guinea	III	20	<0.001	200	194	9.7	1.9	100
8	Gambia	III	533	0.008	137	4,952	9.3	1.8	97.2
9	Netherlands	I	179,721	2.6	14	1,626,769	9.1	1.8	58.2
10	Panama	III	1,712	0.03	98	15,520	9.1	1.8	93.4
11	Scotland	I	70,225	1.0	24	634,414	9.0	1.8	55.0
12	Denmark	I	73,727	1.1	23	652,553	8.9	1.7	61.2
13	Armenia	III	3,541	0.05	82	30,195	8.5	1.7	64.0
14	Singapore	II	54,350	0.8	33	456,868	8.4	1.6	47.9
15	Sweden	I	116,155	1.7	20	935,391	8.1	1.6	61.0
16	Belgium	I	99,522	1.5	22	808,871	8.1	1.6	64.9
17	Wales	II	24,281	0.4	49	197,130	8.1	1.6	51.7
18	Monaco	III	399	0.006	144	3,249	8.1	1.6	90.4
19	England	I	455,025	6.7	4	3,652,919	8.0	1.6	54.7
20	Austria	II	67,264	0.9	25	536,357	8.0	1.6	66.2
Total 20 countries		-	1,285,498	-	-	10,923,718	-	-	-
Table average		-	64,275	18.9	-	546,186	9.3	1.8	73.4

<sup>a</sup> % World WOS—without double-counted articles

**Table 7** Comparative data of the IF values in the ESI's 22 areas by countries: 2010–2014. Numbers after the country's name indicates IF value *Source*: InCites™, Thomson Reuters. Report Created: 12/05/2015. Data source: Web of science. Numbers that follows the country's names represent the IF value for that country and subject area

Areas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Agricultural sciences	Greenland 12.3	Saint Vincent and Grenadines 11.0	El Salvador 10.5	Saint Kitts and Nevis 8.0	Fiji 7.5	Scotland 6.9	Barbados 6.8	North Korea 6.8	Panama 6.6	England 6.5
Biology and biochemistry	Suriname 41.0	Cook Islands 23.0	Netherlands Antilles 20.7	Rwanda 16.2	Bermuda 13.9	French Polynesia 13.2	Greenland 13.0	Iceland 12.9	Dominican Republic 12.7	Switzerland 11.8
Chemistry	Gambia 21.5	Nicaragua 16.2	Sierra Leone 16.0	French Polynesia 13.8	Singapore 13.0	USA 10.5	Hong Kong 10.4	Switzerland 10.3	Netherlands 10.1	Scotland 9.9
Clinical medicine	Mozambique 28.9	Botswana 27.0	Panama 22.4	Azerbaijan 22.3	Guyana 21.9	Bolivia 21.5	Zimbabwe 20.4	Equatorial Guinea 19.0	Ukraine 17.7	Haiti 16.8
Computer science	Reunion 77.9	Swaziland 34.5	Madagascar 25.0	Greenland 21.0	Jamaica 11.5	Scotland 5.7	Ethiopia 5.7	Macedonia 5.3	Iceland 5.2	Singapore 4.8
Economics and business	Madagascar 17.5	Tonga 10.0	San Marino 9.7	Burkina Faso 9.2	El Salvador 8.0	Malawi 6.5	Rwanda 6.4	W Ind Assoc St 5.5	North Korea 5.0	Kenya 4.7
Engineering	Maldives 31.0	Mauritania 11.3	Swaziland 8.0	Martinique 6.7	Wales 6.2	Antarctica 6.0	Iceland 5.7	Cote Ivoire 5.6	Denmark 5.6	Hong Kong 5.6
Environment/ecology	Dominica 16.0	Suriname 14.9	Sierra Leone 12.8	Cent Afr Republ 12.5	Guinea Bissau 12.2	Singapore 12.2	Solomon Islands 11.8	Guatemala 11.4	Switzerland 11.1	Panama 10.5
Geosciences	Comoros 24.0	Tonga 16.3	Haiti 12.4	Vatican 12.2	Seychelles 12.0	Afghanistan 11.7	Greenland 11.3	Costa Rica 11.1	New Caledonia 10.5	Eritrea 10.5
Immunology	Tuvalu 28.0	Barbados 24.5	Macedonia 19.1	El Salvador 19.0	Saint Lucia 19.0	Paraguay 16.2	Palau 15.0	Ireland 14.7	Wales 14.2	Switzerland 13.6
Materials science	French Guiana 27.0	Palau 15.0	Singapore 13.1	Madagascar 11.0	Ireland 10.4	Netherlands 9.9	Switzerland 9.6	Denmark 9.3	USA 9.3	Nicaragua 9.0
Mathematics	Cape Verde 11.5	Costa Rica 7.5	Swaziland 6.9	Jordan 4.6	Ethiopia 4.5	Turkmenistan 4.3	Guadeloupe 4.1	Dominican Republic 3.8	Serbia 3.6	New Caledonia 3.4

Table 7 continued

Areas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Microbiology	Malta 29.5	Guatemala 22.3	Monaco 20.4	Cambodia 18.7	Congo Peoples Rep 16.3	Bermuda 15.6	Liberia 15.0	Congo Democratic Republic 13.7	Tanzania 12.8	Chad 11.7
Molecular biology and genetics	Greenland 63.0	Iceland 55.9	Jamaica 30.7	Costa Rica 29.6	Rwanda 28.3	Barbados 27.6	Lithuania 25.3	Estonia 25.1	Croatia 25.0	Philippines 23.5
Multidisciplinary	Bermuda 207.0	Barbados 106.0	Qatar 95.8	Venezuela 80.8	Wales 79.1	Colombia 77.3	Uruguay 77.0	Croatia 62.9	Greenland 58.5	Latvia 56.4
Neuroscience and behavior	Iceland 13.47	Ireland 12.9	Wales 12.7	El Salvador 12.0	England 11.6	Scotland 11.5	Malawi 11.2	Finland 11.0	Netherlands 11.0	Dominica 10.7
Pharmacology and toxicology	Martinique 16.8	Djibouti 14.0	Liechtenstein 13.8	Iceland 12.4	French Polynesia 11.7	Dominican Republic 11.0	North Korea 10.7	Monaco 10.5	Scotland 10.2	Reunion 9.8
Physics	Bahamas 47.0	Martinique 27.0	Peru 21.1	Barbados 21.0	Republic of Georgia 18.5	Cyprus 17.7	Uganda 15.7	Ecuador 15.3	Bulgaria 14.0	Armenia 13.4
Plant and animal science	Monaco 11.2	Dominica 8.5	Bermuda 7.7	Djibouti 7.7	Netherlands Antilles 7.6	Netherlands 6.8	England 6.7	Hong Kong 6.6	Switzerland 6.6	France 6.4
Psychiatry/psychology	Madagascar 25.5	Saint Lucia 16.0	Guinea 15.0	Lebanon 12.1	Bulgaria 10.1	Trinidad and Tobago 9.7	Serbia and Montenegro 9.0	Iraq 8.4	Congo Democratic Republic 7.9	Dominica 7.7
Social sciences, general	Monaco 15.6	Equatorial Guinea 11.0	Belize 8.9	Bermuda 7.7	Nauru 7.0	Honduras 6.6	Panama 6.6	French Polynesia 6.2	Congo Peoples Rep 6.1	El Salvador 6.1
Space science	Andorra 42.0	French Polynesia 40.9	Iceland 24.6	Wales 24.6	Barbados 20.8	Denmark 18.7	Ecuador 18.7	Canada 17.6	Scotland 17.5	Ireland 16.9

## Concluding remarks

In this study, to our knowledge the first of its kind, we analyzed the effect of the unbalanced international collaboration as cause of misleading information on each country's contribution to the scientific world output. The influence of international collaboration on the scientific production of the 217 active countries of the world for the 5 years period, 2010–2014 was analyzed. The importance of international collaboration is highly appreciated and a “Global Science Engagement” has been recently suggested by Geraldine Richmond in *Science* (Richmond 2016) in order to confront world challenges. Several countries including South Korea, Australia, China, Taiwan, Iran, and others, have been exploring this idea, despite they have started financing science research much later than the traditional countries. However, this encouragement towards collaboration implies the need for a more participative contribution of all partners in confronting challenges such as food quality, water disposition, healthy insurance, energy supply and security, all kinds of world problems requiring a scientific approach to be solved. In fact, as suggested by the Australians (Australian Academy of Science 2010, page 2), it must be assumed by the countries that “to meet national needs and assist national ambitious it requires increased strategic focus and commensurate support”. This applies especially to the less developed countries as seen with the BRICS, for instance (Finardi 2015).

In this work we show how International Collaboration implicates in a high percentage (ca 33 %) of double-counted world articles thus impacting several qualitative data such as citations, the scientific Impact and the Impact Relative to World (IRW). In addition we explore the possible influence of some indirect indicators such as the Human Development Index (HDI), as they relate to the scientific qualifications of the countries. The main concern raised is relative to the countries of Group III. From the analysis of the indicators presented here it can be concluded that the scientific output of the countries in Group III, represented by articles produced by themselves or in symmetric or balanced international collaboration, is highly insignificant. The great number of countries in this group (70.5 % of the whole world) is characterized by a very poor contribution to the world scientific production, though associated to an extraordinary high proportion of international collaboration, resulting in a distortive proportion of artificially qualified articles. In fact it can be assumed that most countries of Group III, as well as some ones in Group II, particularly due to the small size of their scientific community may function more passively in such collaborative effort. Collaborations in such cases appear to happen because of the existence of some unique and attractive subjects to be scientifically explored, usually restricted to some specific fields of research, very particular of these countries.

The very small number of individual articles of these countries are usually published with highly productive authors from the most developed countries, which in turn receive a great number of citations. Several authors confirmed this. As a consequence, these countries show high scientific Impact for their few publications (Table 2). Because of the large number of the countries in Group III, a distortion on the average Impact of the whole world is seen. Actually, this level of distortion is even more evident when analyzing individual areas and scientific fields (Tables 6 and 7). In contrast, Tables 3 and 4 show that 14 out of 64 countries, of which only 4 are in Group I (Switzerland, Sweden, Belgium and Denmark) and 10 others ones in Group II (Austria, Hong Kong, Saudi Arabia, Chile, Colombia, Vietnam, Estonia, Morocco, Indonesia and Kenya) show International Collaboration Index (ICI) above 60 % with mean averages for the groups of 43.0 and 55.8 %, respectively. For comparison, the great majority of countries of Group III present very high ICI, with an

average of 85.2 %, thus revealing their high proportion of double-counted data. On the other hand, these countries producing very small number of articles have the greatest individual scientific Impact, resulting from intense International Collaboration, usually with the most developed countries, which implies that the articles originated from such collaboration usually receive a high number of citations. As indicated by Smith et al. 2014, in general, independently of the number of publications, high levels of international collaboration usually produce better journal placement and great number of citations and thus higher Impact. When applied to countries with very small number of publications, this trend induces a biased view of the country's productivity and of its own qualitative contribution to the world production. In a recent review, Tahamtan et al. (2016) analyzing the factors which affect scientific citations, found that, besides other factors, "authors' reputation, authors' academic rank and international cooperation are stronger predictors for citations".

Thus, concerning international attraction for cooperation, here again, the observations made by the Australians for themselves (Australian Academy of Science 2010, page 12), can be applied to the poor countries, in that they should be "more than a source of raw material or a convenient observation platform". Such situation creates a biased view about their real scientific engagement in the effort to improve their development and to help solve the problems of their own countries. Accordingly it is observed that most of these countries present a very poor Human Development Index. Here, one relevant question concerns to the role of passive international cooperation: is it possible that the kind of non-symmetric collaboration exerted by the most developed countries, as seen in these numbers, be appropriate to help these passive countries to overcome their challenges and to create any scientific, social or economic progress? Although UNESCO (UNESCO Science Report 2010) considers the rise of international cooperation as linked to the increasing research capacity of developing countries, this assumption seems not to be the case for these countries. Inversely of what is being done, these countries should take into account that a minimal level of autonomous research is the key base for aspiring future prosperity. Several authors (Bozeman and Corley 2004; Van Raan 1998; May 1997; King 2004) suggest a similar conception.

From the above analysis it is assumed that very high levels of international collaboration, as presented by many countries, deceives the bibliometric indicators regarding the importance of their scientific production and jeopardizes their qualitative outputs. In fact these misleading data distort the analysis of the qualitative output of these countries, artificially increasing the scientific Impact of many of them, and also affecting the Impact of scientific fields of research in which they engage. Thus, it is concluded that when dealing with the qualitative contribution of countries to the world output, one must take in consideration the level of international cooperation because as seen here it can and in fact it does create false impression of the real contribution of countries to their own development.

**Acknowledgments** The authors acknowledge Dr. Celia R. Carlini for critically reading this manuscript. This work received financial support from the Brazilian agencies: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Grant 309371/2011-2) and Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS, Grant 2252-2551/14-0).

**Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

## References

- Abramo, G., D'Angelo, C. A., & Di Costa, F. (2009). Research collaboration and productivity: Is there correlation? *High Education*, *57*, 155–171.
- Akre, O., Barone-Adesi, F., Pettersson, A., Pearce, N., Merletti, F., et al. (2011). Differences in citation rates by country of origin for papers published in top-ranked medical journals: Do they reflect inequalities in access to publication? *Journal of Epidemiology Community Health*, *65*, 119–123.
- Almeida, E. C. E., & Guimarães, J. A. (2013). Brazil's growing production of scientific articles—How are we doing with review articles and other qualitative indicators? *Scientometrics*, *97*, 287–315. doi:10.1007/s11192-013-0967-y.
- Australian Academy of Science (2010). *Internalization of Australian Science*. Position Paper, Feb 2010. [www.science.org.au/reports/index](http://www.science.org.au/reports/index).
- Barjack, F., & Robinson, S. (2007). International collaboration, mobility and team diversity in the life sciences: Impact on research performance. *Social Geography Discussion*, *3*, 121–157.
- Beys-da-Silva, W. O., Santi, L., & Guimarães, J. A. (2014). Mangroves: A threatened ecosystem underutilized as a resource for scientific research. *Journal of Sustainable Development*, *7*, 40–51. doi:10.5539/jsd.v7n5p40.
- Bornmann, L., Schier, H., Marx, W., & Danell, H. D. (2012). What factors determine citation counts of publications in chemistry besides their quality? *Journal of Informetrics*, *6*, 11–18.
- Bozeman, B., & Corley, E. (2004). Scientists' collaboration strategies: Implications for scientific and technical human capital. *Research Policy*, *33*(4), 599–616.
- Finardi, U. (2015). Scientific collaboration between BRICS countries. *Scientometrics*, *102*, 1139–1166.
- Frame, J. D., & Carpenter, M. P. (1979). International research collaboration. *Science*, *9*, 481–487.
- Gauffriau, M., & Larsen, P. O. (2005). Counting methods are decisive for rankings based on publication and citation studies. *Scientometrics*, *64*(1), 85–93.
- Gauffriau, M., Larsen, P. O., Maye, I., Roulin-Perriard, A., & Von Ins, M. (2007). Publication, cooperation and productivity measures in scientific research. *Scientometrics*, *73*, 175–214. doi:10.1007/s11192-007-1800-2.
- Gevers, M. (2014). Scientific performance indicators: A critical appraisal and a country-by-country analysis. In *Bibliometrics: Use and abuse in the review of research performance* (Vol. 37). Portland: Wenner-Gren International Series.
- Glänzel, W., & Schubert, A. (2001). Double effort = double impact? A critical view at international co-authorship in chemistry. *Scientometrics*, *50*(2), 185–202.
- Glossary Incites. [http://incites.isiknowledge.com/common/help/h\\_glossary.html](http://incites.isiknowledge.com/common/help/h_glossary.html) Access: <http://www.portlandpress.com/pp/books/online/wg87/default.htm>.
- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, *26*, 1–18.
- King, D. A. (2004). The scientific impact of nations. *Nature*, *430*, 311–316.
- Larsen, P. O., & Von Ins, M. (2010). The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by Science Citation Index. *Scientometrics*, *84*, 575–603. doi:10.1007/s11192-010-0202-z.
- Leite, L., Mugnaini, R., & Leta, J. (2011). A new indicator for international visibility: Exploring Brazilian scientific community. *Scientometrics*, *88*, 311–319.
- Luukkonen, T., Persson, O., & Silvertsen, G. (1992). Understanding patterns of international scientific collaboration. *Science, Technology and Human Values*, *17*, 101–126.
- Martin-Sempere, M. J., Rey-Rocha, J., & Garzon-Garcia, B. (2002). The effect of team consolidation on research collaboration and performance of scientists. Case study of Spanish University researchers in Geology. *Scientometrics*, *55*(3), 377–394.
- May, R. M. (1997). The scientific wealth of nations. *Science*, *275*, 793–796.
- Meneghini, R. (2010). Publication in a Brazilian journal by Brazilian scientists whose papers have international impact. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, *43*, 812–815.
- Meneghini, R., Packer, A. L., & Nassi-Caló, L. (2008). Articles by Latin American authors in prestigious journals have fewer citations. *PLoS One*, *3*(11), e3804.
- Narin, K., Stevens, K., & Whitlow, E. S. (1991). Scientific cooperation in Europe and the citation of multinationally authored papers. *Scientometrics*, *21*, 313–323.
- Persson, O., Glänzel, W., & Danell, R. (2004). Inflationary bibliometric values: The role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies. *Scientometrics*, *60*(3), 421–432.
- Press, W. H. (2013). What's so special about science (and how much should we spend on it?). *Science*, *342*, 817–822.
- Richmond, G. (2016). Global science engagement. *Science*, *351*(6272), 427.
- Smith, M. J., Weinberger, C., Bruna, E. M., & Allesina, S. (2014). The scientific impact of Nations: Journal placement and citation performance. *PLoS One*, *9*, 1–6.

- 
- Subramanyam, K. (1983). Bibliometrics studies of research collaboration: A review. *Journal of Information Science*, 19, 35–44.
- Tahamtan, I., Afshar, A. S., & Ahamdzadeh, K. (2016). Factors affecting number of citations: A comprehensive review of the literature. *Scientometrics*, 107, 1195–1225. doi:10.1007/s11192-016-1889-2.
- UNESCO Science Report (2010). United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/prospective-studies/unesco-science-report/unesco-science-report-2010/>.
- Van Raan, A. (1997). Science as an international enterprise. *Science Public Policy*, 24, 290–300.
- Van Raan, A. (1998). The influence of international collaboration on the impact of research results. *Scientometrics*, 42(3), 423–428.
- Wadworth, J. (2014). 2014 Global R&D funding forecast. R&D Magazine. [https://www.battelle.org/docs/tpp/2014\\_global\\_rd\\_funding\\_forecast.pdf](https://www.battelle.org/docs/tpp/2014_global_rd_funding_forecast.pdf).
- Wagner, C. S., Park, H. W., & Leydesdorff, L. (2015). The continuing growth of global cooperation networks in research: A conundrum for national governments. *PLoS One*, doi:10.1371/journal.pone.0131816.
- World Bank (2015). World development indicators, 2015. <http://data.worldbank.org/topic/science-and-technology>.

#### 4.5.3 Artigo 3 – Submetido

HAEFFNER, Cristina; ZANOTTO, Sônia R.; NADER, Helena B.; GUIMARÃES, Jorge A. Brazil in the global context. Contrasting high scientific production and technical-scientific advances with low international collaboration and scientific impact.

O artigo busca demonstrar a influência das taxas de colaboração internacional sobre o índice de impacto gerado pelas citações em três cenários:

- a) na comparação entre os países mais produtivos que inclui o Brasil;
- b) comparando o Brasil com os mais produtivos países Latino-Americanos e;
- c) a posição do Brasil entre os países do Grupo BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul).



**Brazil in the global context. Contrasting high scientific production and technical-scientific advances with low international collaboration and scientific impact.**

**Cristina Haeffner<sup>2</sup>, Sonia R. Zanotto<sup>1</sup>, Helena B. Nader<sup>3</sup>, Jorge A. Guimarães<sup>4\*</sup>**

<sup>1</sup> Biblioteca do Instituto de Educação e Pesquisa (IEP), Hospital Moinhos de Vento, Porto Alegre, RS, Brazil

<sup>2</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/RS); Programa de Pós-Graduação Educação e Ciências: Química da Vida e Ciências da Saúde (PPGQVS) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil

<sup>3</sup> Departamento de Bioquímica, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo-UNIFESP, São Paulo, SP, Brazil

<sup>4</sup> Hospital de Clínicas de Porto Alegre e Centro de Biotecnologia- Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil.

\*Corresponding author: Jorge A. Guimarães, Center of Biothecnology - UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 – C.P. 15005 – CEP 91501-970 Porto Alegre – RS – Brazil

E-mail: [jguimaraes14@gmail.com](mailto:jguimaraes14@gmail.com). Phone: +5561- 99372-1645; Fax: +5551-3316-7309

All authors have contributed equally to this work.

**Keywords:** International scientific collaboration, Impact, Scientometric Analysis, BRICS, Latin American countries.

**Abstract:**

The article presents a bibliometric analysis of scientific production and its impact among the 35 most productive countries in the world, clipping the comparisons between Brazil and BRICS and selected Latin American countries. In the period 2000 – 2016 these 35 countries produced 92% of the world publications. Differently from other productive countries, Brazil shows a high quantitative performance (539,000 articles, ca 2% of the world total) but a small scientific impact, which is attributed here to its low level of international collaboration. In comparison with BRICS countries, Brazil has the second lowest scientific impact, and also low percentage of international collaboration a common feature sheared with Russia, China and India but not with South Africa who shows both, the greatest impact and the highest international collaboration index, among BRICS countries. As for Latin America countries, Brazilian science although publishing more than double the sum of scientific production of the other 11 countries, it also present the lowest rate of international collaboration (29.3%), which is less than half of the average (61.5%) of this indicator, and also the second lowest scientific impact (9.3). It is thus evident that countries with better international collaboration indices achieve the greater scientific impact. However, despite of such comparatively lower level of international collaboration, Brazil made its home work, concerning scientific development and properly added its internal effort to better explore international opportunities in a more symmetrical condition. As a consequence, in many areas Brazil occupies a prominent position, including technological sectors with great recent development, enabling it to occupy the 9th economy position in the world and the second highest GDP per capita among the most populous countries. Overall, the data presented here confirm that a well balanced international cooperation combined with an internal effort can be more efficient to enable countries to achieve adequate levels of development to meet their technical-scientific and socio-economic challenges.

## 1. Introduction

Collaboration is irreversibly present in scientific practice. The idea that collaboration contributes to increase scientific productivity has already been addressed on the national and international scene. It can be said that collaboration is a phenomenon accepted by the scientific community and stimulated by development agencies, as emphasized by Katz and Martin (1997). This practice occurs in the social context of science and it is therefore, a complex phenomenon defined as the interaction between two or more groups of scientists, which provides the sharing of activities in the sense of achieving common goals (Sonnenwald 2007).

When it comes to human activity, scientific collaboration can also have negative aspects when, for instance, collaboration occurs among researchers in an unethical way, for animal and even human tests made in less developed countries, since this type of experiment is prohibited in advanced countries. As well, collaboration can exert a "lobbying" power by influencing political decisions for the release of funds, benefiting only some groups to the detriment of others working on the same theme, says Sonnenwald (2007). The author emphasizes, however, that the final stage of a successful collaboration is co-authoring of articles, because the dissemination of results through scientific publication is, in fact, the traditional result of research. Furthermore, it feeds other studies and new projects, which at the end strengthened the scientific communities. In addition, the publication is proof of the good utilization of the financial resources used in research that generate new knowledge.

The productivity of Brazilian science, including aspects of international scientific collaboration has been studied by several authors, among them: Leta and Chaimovich (2002); Guimarães (2004); Glänzel and Schubert (2005); Vanz (2009); Vanz and Stumpf, (2010); Almeida and Guimarães (2013); Santin, Vanz and Stumpf (2016).

Leta and Chaimovich (2002) carried out a study on recognition of the size of Brazilian production in relation to the rest of the world, in the period 1981-2000. The researchers showed that in the period studied the countries that had more scientific collaboration with Brazil were from Europe, and North America. While with the United States such collaboration reached 40.5%, the number of collaborative publications with Latin American countries represented less than 10%. The data confirms the trend that in developing countries collaboration tends to be more intense with countries of the North Hemisphere. The authors also showed the influence on the scientific impact resulting from publications in collaboration with the more developed

countries. It is clear that international collaboration benefits the production and visibility of the publications of the least developed countries.

Glänzel and Schubert (2005) reveal some facets of scientific collaboration including Brazilian data. According to the authors, collaboration in domestic co-authorship is clearly influenced by two factors: i) the size of the scientific community in the country (evidenced in the scientific production of the United States and the United Kingdom), since in these countries it is easier for a researcher to find scientific partners than for another researcher working in a small country; and ii) by cultural reasons, such as geography, language, politics, or comparative advantageous. However, the authors point some situations which are not included in these rules, as is the case in some typically international countries that conduct research with high domesticity (such as Hungary in Agriculture and Environment or the Czech Republic in Neuroscience and Behavior). Reversely in other cases where a large country which is low in scientific domesticity (eg, China in the areas of Agriculture and the Environment) (Glänzel and Schubert 2005).

Other aspects of the scientific collaboration raised by Vanz (2009) and Vanz & Stumpf (2010) show that in Brazilian research, as in other countries, collaboration promotes access to equipment and materials, allowing sharing of scientific knowledge and greater specialization of research groups. In addition, they affirm that the results of a published work in co-authorship are more likely to be accepted and to obtain a greater number of citations, when compared to works published individually. The authors also point out that good communication between researchers, sharing of social skills and the ability to conduct teamwork, are fundamental characteristics for the success of scientific collaboration, especially when it involves geographical distances and needs of a better understanding of concepts and methodologies and also when collaboration involves researchers from different areas (Vanz & Stumpf 2010).

Santin, Vanz and Stumpf (2016) point out the predominance of bilateral collaboration in the Brazilian production of articles in Evolutionary Biology published in the period 2004-2006. It should be noted that the authors selected one of the few areas in which Brazil has the highest index of international collaboration. As a fairly new area in the world scientific scenario, Evolutionary Biology attracts a high level of international cooperative research. In this specific case, most of the articles resulting from Brazilian researchers had the participation of co-authors from some other country, proving the option for the Brazilian international collaboration in this area, while evidencing the existing standard of worldwide collaboration in this field of research. The authors point out that the Brazilian publications included researchers from the United States (24.9%), the United Kingdom (11.1%), France (5.9%), Germany (5.0%) and Argentina (5.0%).

The data confirm the trend of international collaboration with central countries in the Northern Hemisphere, shown by Leta and Chaimovich (2002), but also reveal that collaboration with neighboring countries, such as Argentina, is practically negligible.

The examples of the above studies, do not include cases of “naturally forced” cooperation driven by the necessity to enable mutual technological advances between more developed countries and even competitors in the field of innovation. Furthermore, the issue of international collaboration has not been addressed for other factors exerting attraction for collaboration. For example, in Brazil, the possibility of making domestic science more visible, as in the areas of biodiversity and tropical medicine and agriculture, biotechnology and bioeconomy which are research fields with a strong attractiveness for international collaborators. Contrarily, in this sense, Brazil is a typical case where Brazilian scientists cite more than they are cited. In fact, the feature of low quotation between peers, seems to permeate and constitutes a challenge for scientists not only in Brazil but throughout Latin America (Guimarães, 2000).

A comparison of the production and scientific collaboration of the countries of the BRICS group was made by Finardi (2015) and Finardi & Buratti (2016). The studies highlighted the importance of international collaboration in the scientific production of the five BRICS countries. The authors emphasize that the relationship between countries is strengthened not only in economic aspects, but also in relation to the achievement of scientific partnerships. They first analyzed the intra-BRICS collaboration, and compared the relative strength of relations between member countries. Secondly, the authors sought to understand the pattern of collaboration of the BRICS countries in relation to that with other collaborative countries, regardless of the direction of the partnerships. The data showed that the intra-BRICS collaborations are weaker than the collaborations with the other countries studied. The results indicate that it would be relevant to plan policies aimed at promoting scientific collaboration among the five countries, as fostering scientific research is generally considered a strategic measure for a country's growth. And so, improving the level of collaboration among the five BRICS countries could make it possible to have positive effects on the social and economic development as desired by developing countries.

The finding that intra-BRICS collaboration, that is collaboration between Brazil, Russia, India, China and South Africa, has been shown to be weaker than with the rest of the world was also studied by Bouabid, Paul-Hus & Lariviere (2016). The authors studied the productivity evolution of the G7 member countries, formed by the United States, Germany, Canada, France, Italy, Japan, United Kingdom, in relation to BRICS member countries. They compared

production and scientific collaboration in fields employing high technologies such as Engineering, Medical Sciences, Earth Sciences and Space Sciences and found that the scientific activities of BRICS are reinforced by high technology exports upon their collaboration with the G-7 countries. And they point out that while the high technology exports made by most BRICS countries to the G7 countries increased over the period studied, compared to the flow of these exports among the BRICS countries, these collaborations remained very weak. The observations derived from these works once again show that for historical, cultural or economic reasons, scientific collaboration and consequently the development of the member countries of this group will not occur as a result of internal collaboration, but mainly with the most productive countries. By extension, it can be seen that the same phenomenon occurs with the scientific collaboration between the countries of Latin America. In other words, the scientific collaboration continues to be lower than the rates of collaboration with the most productive central countries.

Another recent study about collaboration and scientific impact of Latin American countries in the area of Biotechnology, found that the increase in research in this sector originates in international collaboration, especially with the more developed countries, those occupying the central positions in the area, such as the United States, Japan, Germany, England, Spain and France (Pupo, Danta & Pupo 2016). The authors emphasize that in a network of scientific collaboration it is not only important to have a good production and impact, but to have the capacity to become a mediator or link in establishing collaboration between the countries participating in the productive research network. In this way, the research groups from the less developed countries that make this communication bridge, increase their capacities to absorb resources, have access to new technologies and resources at high technology laboratories thus increasing the quality of their results (Pupo, Danta & Pupo 2016).

Despite the recognized advantages of international cooperation, we have shown in a previous article (Zanotto, Haeffner & Guimarães 2016) that countries that have not prepared themselves to exploit the opportunities offered by such collaboration do not internalize these advantages for their own best technical-scientific and economic benefit. In the present article we aim to demonstrate the influence of the international collaboration index on the scientific impact generated by the citations in four aspects: a) in the comparison between the 35 most productive countries, a small group of countries (about 17% of the world countries listed in the ESI database), which includes Brazil; b) comparing Brazil with the most productive Latin American countries; c) the position of Brazil among the countries of the BRICS Group (Brazil, Russia, India, China and South Africa and d) contrasting Brazil's low international cooperation

and consequent lower scientific impact with its recognized technological performance in several applied fields.

The study uses comparative analysis among these most productive countries. For this purpose, data were collected on the scientific performance of the countries in the 22 areas of the Essential Science Indicators (ESI), where all countries listed in the InCites data base (Thomson Reuters, 2016) are represented. It is important to note that the metrics used in InCites, although not frequently used in Brazil, is widely recognized for comparative studies. According to Bornmann and Leydesdorf (2013) with InCites it is possible to study the impact and the citation behavior of countries using a time window for a long period of publications, thus allowing to compare areas with normalized indicators in a very efficient way.

## **2. Methodology**

The article results from a scientometric study through the analyses of bibliographic indicators extracted from recognized databases, described below. International collaboration and other indicators were obtained through the survey of InCites platform, a fully integrated Web of Science (WOS) database. This analytic tool is under the responsibility of former Thomson Reuters (now Clarivate), Philadelphia, USA, available through institutional subscription and internal access in the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

The InCites Platform is composed of several other databases. In this study we selected the Essential Sciences Indicators (ESI), which classifies scientific production in 22 areas of knowledge. Bibliographical data in these areas of ESI include articles and reviews of the Science Citation Index Expanded and the Social Science Citation Index, but do not include the indexed papers of Arts & Humanities, Conference Proceedings Citation Index and Book Citation Index. So these subjects are out of the present analysis

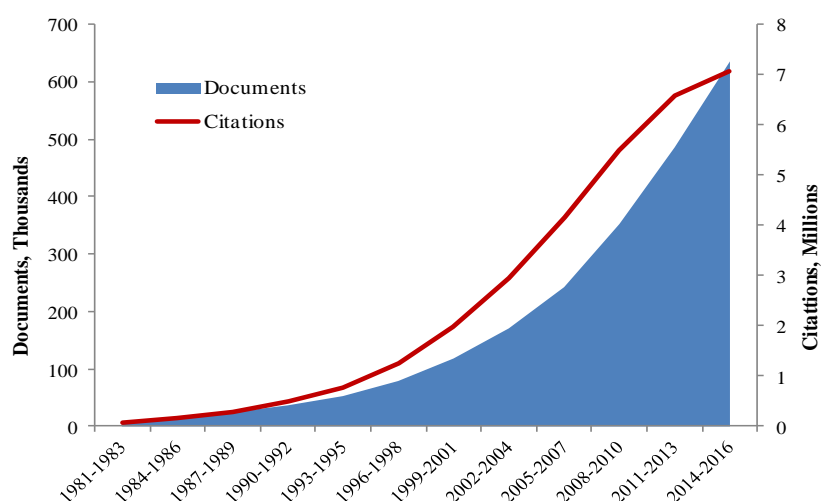
ESI is part of the InCites platform and a filter for large areas of knowledge, making it easier to compare them. Each journal that makes up the ESI database is classified in only one of the 22 areas, with no overlap of subjects, or double counting of articles between areas. When the journal is classified as Multidisciplinary (as Science or Nature, for instance), the system makes a disambiguation of the theme of an article by the topics of the journals cited in this one, so if the article published in one of these journals refers to a certain theme the references will confirm in which of the 22 areas the article in question will be indexed.

The present study covered a large period of 17 years (between 2000 and 2016). The data were downloaded and worked with Excel and the analyzes were based on the following indicators:

1. Articles or Documents: number of published papers, including articles, full proceeding papers and reviews.
2. Times Cited: number of citations received during the period;
3. % Documents Cited: percentage of cited documents as a fraction of total documents in the period;
4. Citation Impact: average number of citations received by the publications (or area) in a given period. It is the result of the division of the total number of citations by the total number of publications in the period;
5. International Collaborations: number of documents in international co-authoring;
6. % International Collaborations: percentage of documents published in international co-authoring.

### **3. Results and Discussion**

Despite its late entry into the world's science circle, in the last decades Brazil has been experiencing extraordinary growth in the production of indexed scientific articles published in periodicals of international qualification. In the 1960s, the average of scientific publications published in periodicals indexed in the database of the former Institute for Scientific Information (ISI) was 52 scientific articles annually; in 1970 there were only 64 articles, representing 0.019% of world production, jumping to 10,555 complete articles in 2001 (Guimarães 2004; Almeida and Guimarães 2013). In the present time (2012 – 2016) Brazil is publishing on average ca. 50,000 articles per year. Figure 1 shows the evolution of the Brazilian scientific production covering all the 12 trimesters since 1981-1983 up to the present one, 2014-2016. The data reports the accumulated growth of published articles as well as that of accumulated citations. The amount of documents published in the period accounts for a total of 636,000 while that of citations reached more than seven millions, which indicates an average of 11.1 citations per article (impact) for the whole period. This way to represent a mean impact is thought to be more adequate than that commonly used in the data bases because, as it is well known, citations of recent papers (less than 8-10 years) are really small, resulting in a very low index of the impact factor, a common feature applied to all fields and world science.

**Figure 1.** Brazilian scientific production: Accumulated number of articles and citations

Source: InCites dataset updated 2017-10-14. Includes Web of Science content indexed through 2017-08-3

As seen in Table 1, except for the Multidisciplinary field, an expressive growth effect is found in all other research areas in Brazil. On average, between the first triennial (1981-1983) and last one (2014-2016) there was a growth of 20-fold for the total number of articles, where some areas such as Materials Science (123-fold), Computer Science (73-fold), Environment & Ecology (63-fold) and Neuroscience and Behavior (53-fold), show much higher growth. It is also seen in the Table that the other indicators, the Impact Relative to World (IRW), increased from 0.65 to 0.86 and the percentage of top 1% articles, from 0.4 to 0.8%.

**Table 1.** Growth of the Brazilian scientific production of all ESI areas. Comparison of the two distant triennials: 1981-1983 and 2014-2016

Nr.	Áreas	1981-1983			2014-2016			Growth N. Documents
		N. Documents	IRW	% Documents in Top 1%	N. Documents	IRW	% Documents in Top 1%	
1	Agricultural Sciences	700	0.294	0.6	13,181	0.517	0.6	17.8
2	Biology & Biochemistry	550	0.724	0.0	7,461	0.907	0.4	12.6
3	Chemistry	533	0.822	0.4	10,824	1.066	0.1	19.3
4	Clinical Medicine	1,811	0.344	0.4	33,287	0.846	1.1	17.4
5	Computer Science	43	0.866	0.0	3,169	0.581	0.5	72.7
6	Economics & Business	42	1.155	0.0	1,154	0.402	0.7	26.5
7	Engineering	189	0.589	0.5	7,562	0.777	0.5	39.0
8	Environment/Ecology	91	0.748	0.0	5,804	1.152	1.3	62.8
9	Geosciences	185	0.905	0.5	2,961	0.916	0.6	15.0
10	Immunology	86	1.680	0.0	3,772	1.204	1.2	42.9
11	Materials Science	38	0.475	2.6	4,697	0.826	0.2	122.6
12	Mathematics	241	0.993	1.2	3,179	0.398	0.4	12.2
13	Microbiology	82	1.401	0.0	2,913	1.089	0.8	34.5
14	Molecular Biology & Genetics	184	0.949	0.0	4,244	1.105	0.7	22.1
15	Multidisciplinary	282	0.066	0.7	232	0.931	1.3	-0.2
16	Neuroscience & Behavior	100	1.790	1.0	5,4	0.987	0.6	53.0
17	Pharmacology & Toxicology	129	1.070	0.0	4,99	0.765	0.5	37.7
18	Physics	723	1.210	0.6	8,146	1.589	1.8	10.3
19	Plant & Animal Science	659	0.530	0.2	17,719	0.534	0.6	25.9

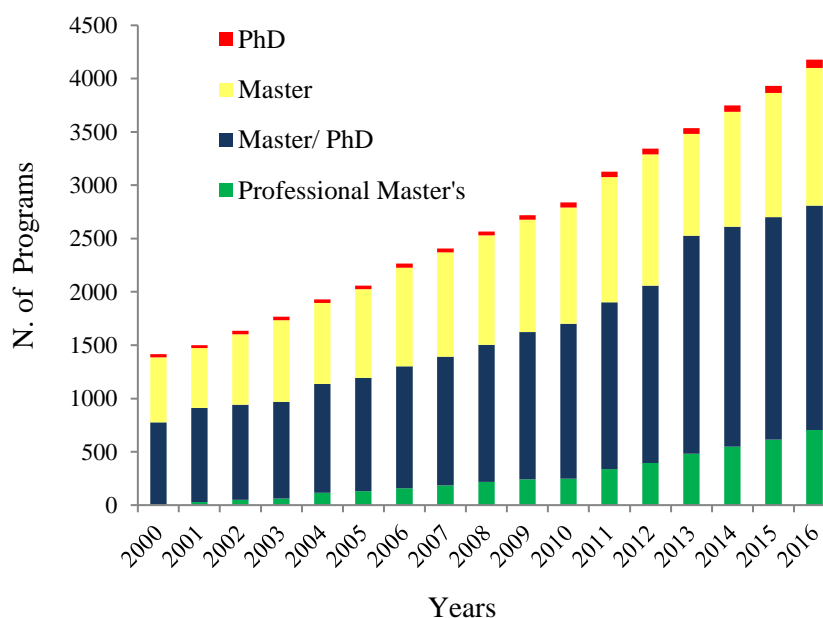


20	Psychiatry/Psychology	115	0.214	0.0	2,433	0.866	1.5	20.2
21	Social Sciences, general	363	0.483	1.4	6,837	0.381	0.7	17.8
22	Space Science	109	1.429	0.0	1,493	2.676	3.4	12.7
<b>Brazil</b>		<b>7,255</b>	<b>0.649</b>	<b>0.4</b>	<b>149,787</b>	<b>0.862</b>	<b>0.8</b>	<b>19.6</b>

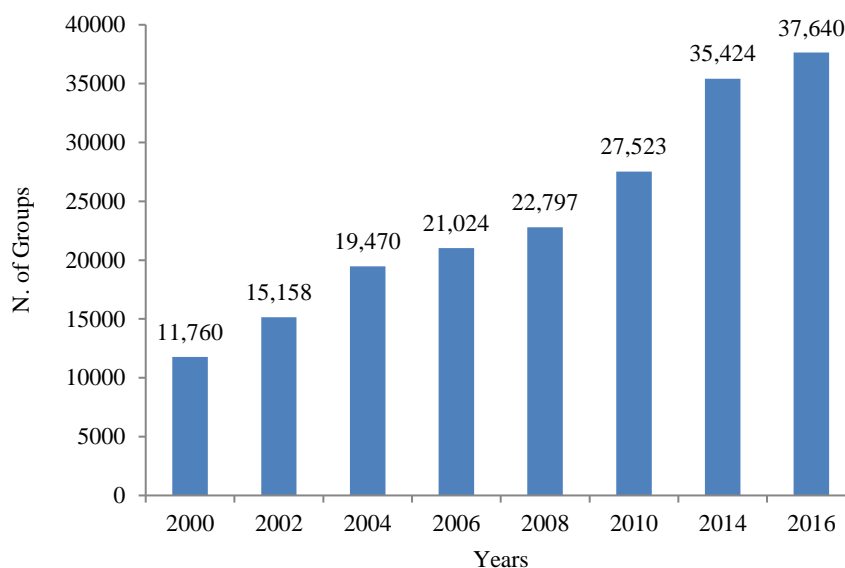
Exported date 2017-10-13. InCites dataset updated 2017-09-23. Includes Web of Science content indexed through 2017-07-31.

The evolution of Brazilian scientific production occurred within a period of only 35 years and allowed Brazil to be included, in 2009, among the top countries that produce most of the new scientific knowledge in the world. This time period is coincident with that followed after the foundation of the Ministry of Science and Technology (MCT, today MCTIC) in 1985. The rapid development of scientific activities in Brazil was based on the establishment of a vigorous postgraduate program (Guimarães and Humann, 1995), which began in the late 1960s and resulted in the consolidation of the current 37,640 research groups registered in the country and covering all scientific areas (CNPq, 2017). Figure 2 illustrates the recent growth of the Brazilian Graduate Programs and Figure 3 the evolution and consolidation of research groups. As it can be seen, there is a parallelism among the indicators of the three growth curves covering the period studied.

**Figure 2.** Number of graduate programs in Brazil – 2000-2016



Source: CAPES. Geocapes. Disponível em: <http://geocapes.capes.gov.br/geocapes2/>.

**Figure 3.** Number of research groups in Brazil – 2000-2016

Source: CNPq (2017). Estatísticas CNPq. <http://estatico.cnpq.br/>.

In order to compare Brazil with other countries, in this study we also explore some characteristics of world scientific production in the period 2000 – 2016. Table 1 lists the 35 countries with the largest number of articles in WoS, i.e. countries with a contribution of at least 0.5% of the world production which account for 92.2% of the world total scientific production in the period (Table 2). As mentioned above, Brazil present a sharp highlight, ranking position 14th. The Table includes all BRICS countries, including Brazil, but from Latin America, only Brazil and Mexico appear. Other global data are also presented in Table 2. In the period 2000-2016 the world scientific production reached 26,103,636 articles, however, the 35 most productive countries totaled 28,671,597 documents. This quantitative artifact is due to the phenomenon known as double counting (Almeida and Guimarães 2013, Zanotto, Haeffner & Guimarães 2016), which occurs, in this comparison, whenever the sum of publications is counted country by country, since articles with co-authorship including authors from two or more countries are counted at least twice.

The total number of publications in the world (26,103,636) refers to individualized articles and therefore does not include double counting. It was found in a previous study (Zanotto, Haeffner & Guimarães 2016), covering the period 2011 - 2014 that double counting corresponded, in the period, to 33.1% of world production. Here, double counting of articles reaches 16.1% (Table 2). This discrepancy is due to the coverage for a longer period of years of this article, since it is known that the indexes of international collaboration that affect double

counting have been increasing in recent years. After correction, the total of articles in the 35 countries of Table 1 corresponds, in the period, to 24,055,470 (92.2%) of the world total without double counting. Therefore, the data indicate that the countries in Table 2, which represent 17% of world countries, constitute an adequate sample for quantitative and qualitative bibliometric studies.

Table 2 also show a high percentage of cited articles (average of 73.3%), with small individual variation: 65.9% (Russia) to 79.4% (Finland), all above the world average (65, 61%). These indices are reflected in a high total of citations which in turn produces an average impact index of 15.3, which is 1.2 times higher than the world average index (13.2). On the other hand it can be observed in the Table that the robust quantitative data of the scientific production of the 35 countries conceal the dispersion of the most important qualitative components of this ranking: the scientific impact (Switzerland 22.9, Iran 7.1) and international collaboration (Switzerland, 62.2%, Turkey, 18.0%), with the average for the 35 countries of 15.3 and 40.8%, respectively for the two indicators. It should be mentioned that when the data of the most recent year (2016) is taken, the international cooperation index of Switzerland increase from 62.2% to 72.1%; Turkey from 18.0% to 21.1% and the average of the 35 countries from 40.8 to 49.9% (data not shown), thus confirming the recent tendency for the growth of international collaboration among countries.

**Table 2.** Scientific performance of the 35 most productive countries 2000-2016

<i>Country</i>	<i>Rank</i>	<i>Articles</i>	<i>Times Cited</i>	<i>% Doc. Cited</i>	<i>Citation Impact</i>	<i>International Collaborations</i>	<i>% International Collaborations</i>
United States	1	7,923,518	150,865,186	67.5	19.0	2,038,606	25.7
China	2	2,275,635	23,014,726	73.9	10.1	537,660	23.6
Germany	3	1,829,635	34,150,179	70.1	18.7	768,571	42.0
England	4	1,814,621	32,931,581	73.2	18.2	824,910	45.5
Japan	5	1,555,919	22,874,614	74.5	14.7	368,209	23.7
France	6	1,231,668	22,351,252	75.9	18.2	596,112	48.4
Canada	7	1,109,651	20,003,328	72.9	18.0	484,151	43.6
Italy	8	1,051,109	16,907,001	74.1	16.1	430,418	41.0
Spain	9	837,380	12,579,920	73.9	15.0	345,891	41.3
Australia	10	822,175	13,371,337	73.1	16.3	354,313	43.1
India	11	713,637	6,808,521	72.2	9.5	148,773	20.9
Korea	12	691,631	7,650,919	72.0	11.1	182,056	26.3
Netherlands	13	629,561	13,319,873	75.3	21.2	320,978	51.0
Brazil	14	539,049	4,997,160	69.5	9.3	158,083	29.3
Russia	15	510,662	4,039,770	65.9	7.9	168,817	33.1
Switzerland	16	448,485	10,283,870	76.1	22.9	279,150	62.2

Sweden	17	407,754	8,438,475	78.1	20.7	222,203	54.5
Taiwan	18	386,178	4,638,999	77.3	12.0	89,180	23.1
Turkey	19	378,817	2,963,670	65.9	7.8	68,318	18.0
Poland	20	353,032	3,498,064	70.7	9.9	122,718	34.8
Belgium	21	335,616	6,431,262	75.7	19.2	197,217	58.8
Scotland	22	266,900	5,541,755	73.7	20.8	116,315	43.6
Iran	23	259,961	1,834,821	68.7	7.1	55,688	21.4
Denmark	24	248,517	5,266,614	76.4	21.2	138,171	55.6
Israel	25	241,825	4,458,141	75.8	18.4	104,323	43.1
Austria	26	240,026	4,136,021	71.9	17.2	137,232	57.2
Greece	27	194,490	2,618,069	72.6	13.5	78,315	40.3
Finland	28	194,118	3,861,474	79.4	19.9	99,452	51.2
Hong Kong	29	180,864	3,077,238	79.0	17.0	59,202	32.7
Mexico	30	175,970	1,886,483	69.9	10.7	74,953	42.6
Portugal	31	175,260	2,317,498	71.7	13.2	86,924	49.6
Norway	32	175,131	3,224,102	77.7	18.4	96,192	54.9
Czech republic	33	163,456	1,944,604	72.3	11.9	77,412	47.4
Singapore	34	162,098	2,818,900	77.7	17.4	83,015	51.2
South Africa	35	147,248	1,800,982	71.4	12.2	70,708	48.0
<b>Total and Average</b>		<b>28,671,597</b>	<b>466,906,409</b>	<b>73.3</b>	<b>15.3</b>	<b>9,984,236</b>	<b>40.8</b>
<b>World (without double counting)</b>		<b>26,238,799</b>	<b>354,501,667</b>	<b>66.5</b>	<b>13.2</b>	<b>---</b>	<b>18.0</b>
<b>World (with double counting)</b>		<b>31,110,404</b>	<b>Percent double counting: 16,1%</b>				

Source: ESI - InCites dataset updated 2017-04-15. Includes Web of Science content indexed through 2017-02-03.

Table 3 lists the 35 countries ranked by the scientific impact and also show the percentage of international collaboration and Table 4 clearly illustrates the influence of international cooperation on the index of scientific impact of the countries. Here we can see that the 21 countries with the highest international collaboration rates (above the average of Table 2, or 40.8%), varying between 41.3% (Spain) and 62.2% (Switzerland), have an average impact well above the mean of Table 2 (15.3). In this group with the highest impact, only the United States (25.7%) and Hong Kong (32.7%) have the international cooperation index below the average of Table 2. The average impact index of the 21 countries in this group is 17.9 and the international collaboration is 49.2%. On the other hand, among the 14 other countries with the lowest impact rates, only Mexico has international collaboration above the average of the 35 countries. In this second group, the average impact index of the 14 countries is 11.4 and the international collaboration is 28.3%. That is, for these two indicators, the indices of the countries in the first group are, respectively, 57% and 74% higher than those in the second group, confirming that there is a positive relationship between the highest levels of international collaboration and the highest Impact indices. It is verified that Brazil is located in the group of

countries that cite more than they are cited (Guimarães 2000). As with most countries with a low level of international cooperation, Brazil's low impact index (9.3), one of the lowest among the 35 most productive countries, is, in turn, followed by a low percentage (29.3%) of international scientific collaboration, also of the lowest on the world.

**Table 3.** Scientific production of the 35 countries ranked by Impact

Rank	Country	Articles	Citation Impact	% International Collaborations
1	Switzerland	448,485	22.9	62.2
2	Denmark	248,517	21.2	55.6
3	Netherlands	629,561	21.2	51.0
4	Scotland	266,900	20.8	43.6
5	Sweden	407,754	20.7	54.5
6	Finland	194,118	19.9	51.2
7	Belgium	335,616	19.2	58.8
8	United States	7,923,518	19.0	25.7
9	England	1,829,635	18.7	42.0
10	Israel	241,825	18.4	43.1
11	Norway	175,131	18.4	54.9
12	Germany	1,814,621	18.2	45.5
13	France	1,231,668	18.2	48.4
14	Canada	1,109,651	18.0	43.6
15	Singapore	162,098	17.4	51.2
16	Austria	240,026	17.2	57.2
17	Hong Kong	180,864	17.0	32.7
18	Australia	822,175	16.3	43.1
19	Italia	1,051,109	16.1	41.0
20	Spain	837,380	15.0	41.3
21	Japan	1,555,919	14.7	23.7
22	Greece	194,490	13.5	40.3
23	Portugal	175,260	13.2	49.6
24	South Africa	147,248	12.2	48.0
25	Taiwan	386,178	12.0	23.1
26	Czech republic	163,456	11.9	47.4
27	Korea	691,631	11.1	26.3
28	Mexico	175,970	10.7	42.6
29	China	2,275,635	10.1	23.6
30	Poland	353,032	9.9	34.8
31	India	713,637	9.5	20.9
32	Brazil	539,049	9.3	29.3
33	Russia	510,662	7.9	33.1
34	Turkey	378,817	7.8	18.0
35	Iran	259,961	7.1	21.4
<b>Total and Average</b>		<b>28,671,597</b>	<b>15.3</b>	<b>40.8</b>

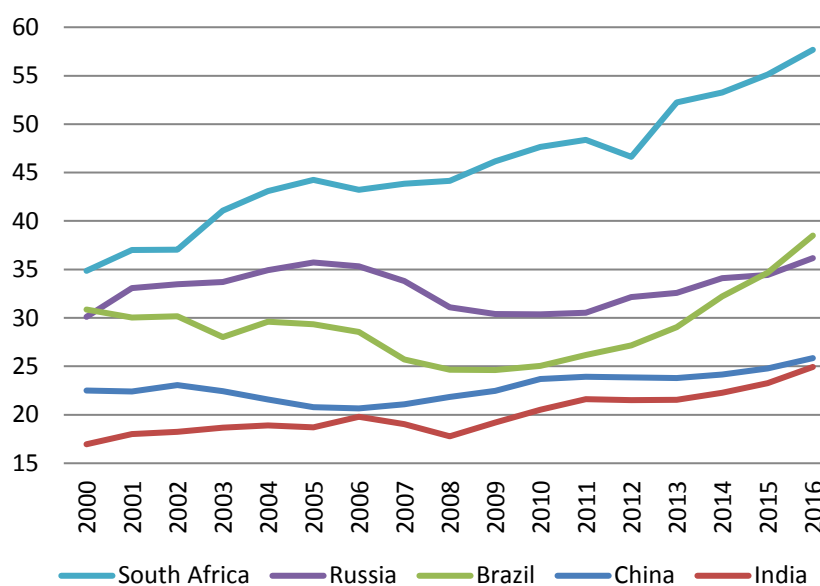
Source: ESI -InCites dataset updated 2017-04-15. Includes Web of Science content indexed through 2017-02-03.

**Table 4.** Influence of the international collaboration on the scientific impact of countries: 2000 - 2016

More than 41% of International Collaboration					Less than 41% of International Collaboration			
N.	Country	Citation Impact	Ranking	% International Collaborations	Country	Citation Impact	Ranking	% International Collaborations
1	Switzerland	22,9	1	62,2	United States	19,0	8	25,7
2	Denmark	21,2	2	55,6	Hong Kong	17,0	17	32,7
3	Netherlands	21,2	3	51,0	Japan	14,7	21	23,7
4	Scotland	20,8	4	43,6	Greece	13,5	22	40,3
5	Sweden	20,7	5	54,5	Taiwan	12,0	25	23,1
6	Finland	19,9	6	51,2	Korea	11,1	27	26,3
7	Belgium	19,2	7	58,8	Mexico	10,7	28	42,6
8	England	18,7	9	42,0	China	10,1	29	23,6
9	Israel	18,4	10	43,1	Poland	9,9	30	34,8
10	Norway	18,4	11	54,9	India	9,5	31	20,9
11	Germany	18,2	12	45,5	Brazil	9,3	32	29,3
12	France	18,2	13	48,4	Russia	7,9	33	33,1
13	Canada	18,0	14	43,6	Turkey	7,8	34	18,0
14	Singapore	17,4	15	51,2	Iran	7,1	35	21,4
15	Austria	17,2	16	57,2	----	----	----	----
16	Australia	16,3	18	43,1	----	----	----	----
17	Italy	16,1	19	41,0	----	----	----	----
18	Spain	15,0	20	41,3	----	----	----	----
19	Portugal	13,2	23	49,6	----	----	----	----
20	South Africa	12,2	24	48,0	----	----	----	----
21	Czech republic	11,9	26	47,4	----	----	----	----
<b>Average</b>		<b>17,9</b>	<b>----</b>	<b>49,2</b>	<b>Average</b>	<b>11,4</b>	<b>----</b>	<b>28,3</b>

Source: Web of Science - indexed through 2016-02-12.

This work also included comparative studies with countries in Latin America and the component countries of the BRICS Group. In the case of the BRICS countries, South Africa is the country with the highest international collaboration rate (48.0%) and the country with the highest impact (12.2) (Table 4). Figure 4 illustrates the recent evolution (2000 to 2016) of the international collaboration of the BRICS countries. With the exception of South Africa that exploits international collaboration at a level similar to the more developed countries, the other members of the group have much lower rates. Brazil, which has had an oscillating collaboration rate since the beginning of the period, has resumed a stronger growth from 2010 onwards, surpassing in 2015 the index of international cooperation shown by Russia.

**Figure 4.** % International collaboration in BRICS countries - 2000-2016

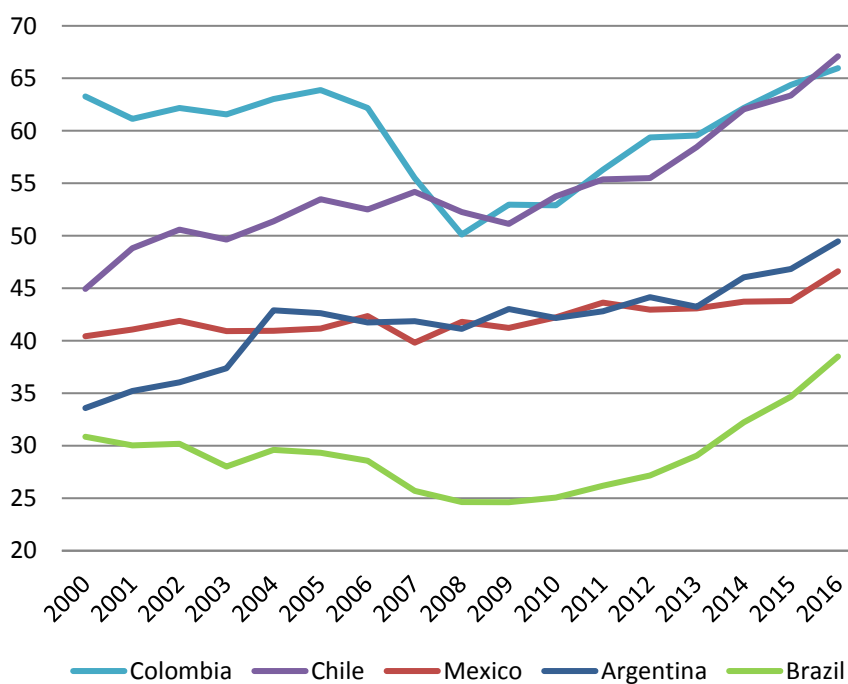
Source: ESI -InCites dataset updated 2017-04-15. Includes Web of Science content indexed through 2017-02-03.

The comparison of Brazil with other Latin American countries is analyzed in Table 5 which presents the data of the scientific production of the 12 most productive countries of Latin America in the period 2000-2016. The percentage average of cited articles in the 12 countries (71.1%) is relatively high as compared to the world and this high value is followed by that of the scientific impact (13.3). The variation in international collaboration ranged from 29.3% to 86.3%, with a high average rate (61.5%). Brazil, despite representing more than 50% of all publications of the 12 countries, has the lowest impact rates (9.3) and international collaboration (29.3%). It is again observed that the countries with the highest impact rates (Panama, 26.8, Costa Rica, 17.1, Peru, 14.1, Ecuador 12.3 and Uruguay, 13.3) also present the highest levels of international collaboration, confirming the observation that there is an intrinsic correlation between these two indicators. The evolution of the percentage of this collaboration in the period studied for the five most productive countries in the Region is shown in Figure 5. Thus, in comparison with the most productive Latin American countries, it is again observed that Brazil is below the other countries of the group reinforcing the significant observed correlation: greater proportion of international collaboration, higher index of scientific impact (Zanotto, Haeffner and Guimarães, 2016).

**Table 5.** Productivity Ranking of Latin American Countries – 2000-2016

Country	Rank	Articles	Times Cited	% Doc. Cited	Citation Impact	International Collaborations	% International Collaborations
Brazil	1	539,049	4,997,160	69.5	9.3	158.083	29.3
Mexico	2	175,970	1,886,483	69.9	10.7	74.953	42.6
Argentina	3	133,349	1,611,771	73.4	12.1	56.759	42.6
Chile	4	87,419	1,107,194	71.9	12.7	49.465	56.6
Colombia	5	42,021	417,829	64.3	9.9	25.034	59.6
Venezuela	6	21,667	239,514	68.2	11.1	11.064	51.1
Cuba	7	14,331	145,440	71.1	10.2	9.231	64.4
Peru	8	12,892	181,816	66.6	14.1	10.246	79.5
Uruguay	9	11,920	158,319	73.5	13.3	7.997	67.1
Costa Rica	10	7,562	129,555	75.4	17.1	5.679	75.1
Ecuador	11	6,972	85,375	68.6	12.3	5.841	83.8
Panama	12	4,941	132,191	80.6	26.8	4.262	86.3
<b>Total and Average</b>		<b>1,058,093</b>	<b>11,092,647</b>	<b>71.08</b>	<b>71.1</b>	<b>418,614</b>	<b>61.5</b>

Source: ESI-InCites dataset updated 2017-04-15. Includes Web of Science content indexed through 2017-02-03.

**Figure 5.** International collaboration in Latin American countries - 2000 a 2016

Source: ESI-InCites dataset updated 2017-04-15. Includes Web of Science content indexed through 2017-02-03.



The set of results shown for the Latin American countries and BRICS suggests an evaluation of how the scientific cooperation of these countries with Brazil occurs. Table 6 shows the total production data of the Latin American countries and the components of the BRICS group, the number of joint publications with Brazil and the respective percentage of collaboration of these countries with Brazil. It is observed that the indices of collaboration in jointed publications of Brazilian scientists with the Latin American or from BRICS countries' colleagues are extremely low. Moreover, taking as an example the cooperation of the Latin American countries with Brazil shown in Table 6, it can be seen that the percentage of articles coming from this cooperation weighs much less on the total of Brazilian publications than on each of the partner country, indicating that the rates of scientific cooperation among the countries of the Region are very low when compared to the levels of international cooperation shown by these countries, as seen in Table 5. For Mexico's production, for example, this figure represents only 3.1% of its total scientific output and 14.5% for Costa Rica. For the estimation of this weight on Brazilian scientific production, the levels are even lower, varying from 0.1% (Panama and Costa Rica) to 1.7% with Argentina. A similar situation occurs when one compares the collaboration between scientists from BRICS countries and Brazil. That is, collaboration in the research projects of these countries, components of these two important trade blocs with Brazil, is practically non-existing, suggesting that scientific and technological cooperation does not assume any significance in the context of these official partnerships. Nonetheless, such treaties emphasize that cooperation must include not only economic aspects, but also scientific partnerships. Conversely, it has been observed for Latin American countries (data not shown) that intra-regional collaborations are much weaker than collaborations with developed countries. A similar situation was identified by Finardi (2015) and Finardi & Buratti (2016) for the BRICS case.

**Table 6.** Scientific collaboration of Latin American and BRICS countries with Brazil 2000-2015

Country	Total Country Articles	Collaboration with Brazil		Collaboration on data from Brazil %	
		Total Articles	Collaboration %		
<b>Latin American</b>					
1	Mexico	175,970	5,495	3,1	1.0
2	Argentina	133,349	9,404	7.1	1.7
3	Chile	87,419	5,007	5.7	0.9
4	Colombia	42,021	4,954	11.8	0.9
5	Venezuela	11,920	1,722	14.5	0.3
6	Cuba	12,892	1,692	13.1	0.3
7	Peru	14,331	1,651	11.5	0.3
8	Uruguay	21,667	1,251	5.8	0.2
9	Costa Rica	6,972	1,009	14.5	0.19
10	Ecuador	7,562	664	8.8	0.1
11	Panama	4,941	421	8.5	0.1
<b>BRICS</b>					
1	China	2,275,635	5,818	0.3	1.1
2	Russia	713,637	5,401	0.8	1.0
3	India	510,662	4,742	0.9	0.9
4	South Africa	147,248	2,737	1.9	0.5
<b>Brazil</b>		<b>539,049</b>	---	---	---

Source: ESI -InCites dataset updated 2017-04-15. Includes Web of Science content indexed through 2017-02-03.

### **Brazil situation in the analyzed context**

In this article, special emphasis was given on the influence of international cooperation on the qualitative performance of scientific production. In the analysis presented here, which identifies in the low international scientific collaboration the unfavorable position of Brazil as concerned to the citations and impact of its publications, whether in the world context or in its position among the countries of the two economic blocs in which it participates, the Mercosul and BRICS. It is important, however, to point out that other factors, not discussed in this article, can influence the impact of scientific publications such as the size of the scientific community in each area of knowledge, the language, the maturity level of the areas in each country (or even the global world maturity of the same areas) and the degree of priority given by government agents to the technical and scientific development of certain areas with a view to explore comparative advantages as well as focusing the economic and social development of the countries.

As noted in an earlier study, the unbalanced and asymmetric international collaboration introduces profound distortions in the qualitative data of scientific production (citations, impact,

world impact) of numerous countries and in the world, thus interfering in the expectations of scientific, technological, social and economic development of the countries dependent on this type of international cooperation (Zanotto, Haeffner & Guimarães 2016). In this sense, in a recent article, Silva (2016), deals with the relationship between productivity aspects and the quality of scientific production in the countries. The author makes severe criticism regarding comparisons of the scientific performance of Latin American countries. The author points out that it would not be appropriate to make congratulations to some countries based in a simple analysis of these issues, since some countries have differentiated productivity in terms of their research and development priorities, with a high degree of self-financing, whereas the scientific production in other countries is highly dependent on the participation of international research groups and external financing. In our opinion, this observation is aligned with a high degree of international collaboration. It remains to be seen whether in such situations there are the expected technical and socio-economic advances that this circumstance imposes on the dependent countries.

Concerning the specific case of Brazil, it is observed that the sharp growth of scientific production (see Figure 1) occurred in a short period of about four decades. This growth is clearly linked to postgraduate programs since its installation in the late 1960s, resulting in the domestic training of thousands of teachers and doctors and the training of research groups in universities and other centers, throughout the whole country. Although many researchers have enjoyed the possibility of partial or full training abroad since the 1970s, international collaboration in comparison with other countries has been less intensified and restricted to a few groups more oriented towards this form of production of new knowledge. This resulted in the small participation of Brazil in cooperative projects worldwide, a situation that affects, above all, the citations and, consequently, the impact indexes of Brazilian science.

Nonetheless, it is also noted that, in several areas, the result of this domestic scientific development, allowed Brazil to occupy a prominent position in the world. Examples are the work in the fields of tropical medicine, dentistry, parasitology, agriculture, energy, biofuels and more recently, in the studies on Zika virus and microcephaly. Also, as a result of the recognized qualification of human resources through the postgraduate courses and the consolidation of research groups in strategic areas, many technological sectors have had great development in recent years. Examples are deep water oil exploration, tropical agriculture, pulp and paper industry, aircraft production, offshore platforms, the metal-mechanic working industry, alcohol and biofuels, banking automation, among others. The results of this development can be seen in the fact that Brazil occupies outstanding economic position (9<sup>th</sup>) (World Bank 2017) in the ranking of the countries

with the highest GDP in the world, and the second (just after USA) highest per capita GDP (US \$ 15,485) among the most populous countries in the world.

Thus, the scientific and technological output of Brazil in several fields, seems to confirm that the presence of internal training in human resources and infrastructure for research and development, even in the absence of strong international cooperation, can make it possible to attain significant scientific and socio-economic advances achieved in a short period of time. On the other hand, quantitatively unbalanced and technically asymmetric international cooperation, as is the case with about 70% of the countries analyzed recently (Zanotto, Haeffner & Guimarães 2016), is certainly disastrous in enabling these countries to reach adequate levels of development to confront their social and economic challenges.

#### **4. Concluding Remarks**

In this analysis it can be observed that the impact of publications and consequently the world visibility of science is directly influenced by the index of international collaboration between peers in the same area or related areas. This was evidenced in relation to the most productive countries and in the comparison of Brazil with Latin American countries and with the component countries of the BRICS group.

In the context of scientific production, international collaborations bring mutual benefits to partner countries, and in a broader and wider sense they promote the social and economic prosperity of the groups involved. However, it should be noted that there should be an expected balance in these partnerships. As analyzed recently (Zanotto, Haeffner & Guimarães 2016), the unbalanced and asymmetric scientific cooperation that occurs in many countries with very low scientific production but with a high impact due to the participation in the publications of articles coming from international cooperation with developed countries, masks the importance of the contribution of S&T to help country's development. This situation, above all, eludes the prospects of obtaining technological, economic and social advances from the nations dependent on such cooperation, to face their own challenges as in food production, the provision of drinking water, food and health security, energy supply, public safety and environmental protection, all of which are typical global problems requiring a scientific approach to their solutions and generation of sustainable development perspectives.

## 5. References

- Almeida, E. C. E., & Guimarães, J. A. (2013). Brazil's growing production of scientific articles—how are we doing with review articles and other qualitative indicators? *Scientometrics*, *97*(2), 287-315.
- Bornmann, L., & Leydesdorff, L. (2013). Macro-indicators of citation impacts of six prolific countries: InCites data and the statistical significance of trends. *PLoS One*, *8*(2), e56768. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0056768>. Accessed 20 may 2016.
- Bouabid, H., Paul-Hus, A., & Larivière, V. (2016). Scientific collaboration and high-technology exchanges among BRICS and G-7 countries. *Scientometrics*, *106*(3), 873-899.
- CNPq (2017). Painel do Diretório dos grupos de pesquisa. <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/painel-dgp>. Accessed 11 may 2017.
- Finardi, U. (2015). Scientific collaboration between BRICS countries. *Scientometrics*, *102*(2), 1139-1166.
- Finardi, U., & Buratti, A. (2016). Scientific collaboration framework of BRICS countries: an analysis of international co-authorship. *Scientometrics*, *109*(1), 433-446.
- Glänzel, W., Schubert, A. (2005). Domesticity and internationality in co-authorship, references and citations. *Scientometrics*, *65*(3), 323-342.
- Guimaraes, J. A. (2000). The world of citations. A challenge for Latin American science. *INTERCIENCIA-CARACAS*, *25*(4), 182-185.
- Guimarães, J. A. (2004). A pesquisa médica e biomédica no Brasil: comparações com o desempenho científico brasileiro e mundial. *Ciênc saúde coletiva*, *9*(2), 303-27.
- Guimarães, J.A. and Humann, M.C. (1995). Training of human resources in science and technology in Brazil. The importance of a vigorous postgraduate program and its impact on the development of the Country. *Scientometrics* *34* (1): 101 – 119.
- Leta, J., & Chaimovich, H. (2002). Recognition and international collaboration: the Brazilian case. *Scientometrics*, *53*(3), 325-335.
- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration?. *Research policy*, *26*(1), 1-18.
- Pupo, G. A., Danta, Y. R., & Pupo, Y. L. (2016). Correlación entre las medidas de centralidad de los países y el impacto de sus artículos. Caso de estudio de la investigación sobre biotecnología en Latinoamérica. *Investigación bibliotecológica*, *30*(69), 75-94.
- Santin, D. M., Vanz, S. A., & Stumpf, I. R. (2016). Collaboration networks in the Brazilian scientific output in Evolutionary Biology: 2000-2012. *Anais da Academia Brasileira de*

*Ciências*, 88(1), 165-178. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-37652016000100165&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652016000100165&lng=en&nrm=iso). Accessed 30 mar. 2016.

Silva, V. (2016). Scientometrics: Nature Index and Brazilian science. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(3), 1597-1599.

Sonnenwald, D. H. (2007). Scientific collaboration. *Annual review of information science and technology*, 41(1), 643-681.

Vanz, S. A. (2009). *As redes atuais de colaboração científica no Brasil* (Tese Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, Porto Alegre.

Vanz, S. A., & Stumpf, I. R. C. (2010). Colaboração científica: revisão teórico conceitual. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 15(2), 42-55.

Zanotto, S. R., Haeffner, C., & Guimarães, J. A. (2016). Unbalanced international collaboration affects adversely the usefulness of countries' scientific output as well as their technological and social impact. *Scientometrics*, 109(3), 1789-1814.

World Bank (2015). *World development indicators, 2015*. <http://data.worldbank.org/topic/science-and-technology>. Accessed 30 mar. 2016.

World Bank (2017). *World development indicators database, 15 December 2017*. <http://data.worldbank.org>. Accessed 12 jan. 2018.

#### 5.5.4 Artigo 4 – A ser submetido

ZANOTTO, S. R.; GUIMARÃES, J. A. Evaluation of the institutional qualification and scientific production of the institutes and research units of MCTIC.

O estudo resume o que foi apresentado nesta Tese. O texto analisa o desempenho científico e tecnológico das unidades de pesquisa e institutos de pesquisa vinculados ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). As competências institucionais das unidades de pesquisa vinculadas ao MCTIC foram avaliadas, proporcionando projetar uma visão do desenvolvimento científico destas unidades. Indicadores cientométricos quantitativos e qualitativos foram selecionados com o objetivo de avaliar o desempenho na produção científica dessas unidades no período 2011-2015. A metodologia utilizada mesclou dados fornecidos diretamente pelas unidades de pesquisa com dados bibliográficos do período coletados pelo acesso à base *Web of Science* (WoS). Os resultados apontam discrepâncias entre o tamanho, capacitação em recursos humanos, características operacionais, missão, produtividade e abrangência temática das unidades de pesquisa avaliadas, evidenciando desigualdade no desempenho técnico-científico, em que algumas apresentam indicadores acima das médias do Brasil, enquanto outras apresentam resultados muito abaixo do esperado. Constatou-se que na maioria das unidades há insuficiente número de pesquisadores com doutorado, situação agravada nas unidades com desempenho insatisfatório. Embora exista uma grande dispersão de áreas científicas sob estudo pelas unidades, identificou-se nove institutos (45%) com bom desenvolvimento na produção científica em áreas competitivas. Além disso, verificou-se que 7.611 (71,5%) das publicações são das áreas das Ciências Exatas e Tecnológicas como a Física, as Ciências Espaciais, a Engenharia, a Química, a Matemática, a Ciência dos Materiais, a Geologia e as Ciências da Computação. Um menor grupo de unidades é dedicado ao estudo de um campo importante de pesquisa para o desenvolvimento de ecossistemas e sua biodiversidade. O estudo evidencia uma oportunidade para o MCTIC explorar vantajosamente a tendência positiva para o desenvolvimento de inovação tecnológica de suas unidades de pesquisa, conforme identificado ao longo deste trabalho.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação das competências institucionais das unidades de pesquisa do MCTIC proporcionou uma visão do desenvolvimento científico destas unidades, conforme seus desempenhos nos últimos cinco anos. Observou-se que não há uniformidade na atuação e no desempenho individual dos institutos. Enquanto alguns apresentam indicadores acima das médias do Brasil, outros mostram resultados muito abaixo do esperado, tanto quanto ao desempenho científico quanto tecnológico.

Conforme os parâmetros abordados no estudo das unidades de pesquisa MCTIC demonstrados no Quadro 6 cujos resultados foram classificados de acordo com a adesão à missão científica e/ou tecnológica da cada unidade, tem-se que: i) quatro unidades (1, 2, 7 e 16) mostram insuficiente ou nenhuma adesão a qualquer um dos componentes da missão; ii) três unidades (4, 5 e 6) mostram adesão parcial à missão científica, mas não aderem à missão tecnológica; iii) seis unidades mostram adesão adequada à missão tecnológica, quatro delas (8, 9, 10 e 17) aderem a ambas, ou seja, aderem à missão científica e à missão tecnológica. As unidades 3 e 13 pertencem a este grupo, mas tem baixa ou parcial adesão à missão científica; iv) cinco unidades (11, 12, 14, 15 e 18), mostram adesão à missão científica, mas não à missão tecnológica.

Ainda que o estudo não proporcione determinar fatores causadores da falta de desempenho satisfatório, pode-se considerar que o baixo número de pesquisadores de um modo geral e em especial de pesquisadores com doutorado, seja uma das principais causas. Todavia, mesmo unidades que possuem características mais favoráveis, como boa presença de pessoal quali-quantitativamente adequado, a existência de programas de pós-graduação e elevados índices de colaboração internacional (o que deveria proporcionar mais elevados índices de produtividade e impacto científico), ainda assim, tais unidades exploram pouco a possibilidade de pesquisa relevante e de elevado interesse sócio-econômico-ambiental necessário para o desenvolvimento do país. É igualmente surpreendente o fato de que apesar da destacada predominância de atuação de várias unidades em áreas de forte atrativo tecnológico (engenharias, química, geociências, física, computação, matemática,



ciências espaciais, materiais e outras) falta engajamento com o meio industrial do que resulta o baixo número de patentes registradas por estas instituições.

Tomando como base esta avaliação, pode-se sugerir ou recomendar algumas medidas a serem discutidas em prol de uma melhor aplicação dos recursos despendidos no desenvolvimento científico e tecnológico adotados até então, como:

- a) Em relação às unidades que desenvolvem pesquisas em áreas predominantemente tecnológicas, estas devem procurar se associar a outras instituições que fomentam a interação com a indústria; assim como, buscar maior capacitação técnica para efetivação dos projetos aumentando o desenvolvimento tecnológico que culmina no aumento de pedidos de patenteamento;
- b) Aquelas unidades que possuem desempenho satisfatório mesmo com recursos humanos (doutores) escassos deveriam procurar ampliar este quadro com contratações de pessoal qualificado, principalmente aquelas que possuem maior flexibilidade de contratação como as OS;
- c) Aquelas unidades com vocação tecnológica, mas com desempenho baixo ou insatisfatório, com quadro de recursos humanos (doutores) satisfatório poderiam ser incorporadas a outras que desenvolvem pesquisas em áreas correlacionadas.

Por tanto, o próprio ministério deve desenvolver um sistema de metas a serem atingidas com incentivos que impactem no orçamento das unidades de pesquisa. Assim como, que busque desenvolver e incentivar, através de um sistema de promoções, as carreiras de pesquisadores das suas unidades de pesquisa.

No estudo buscou-se demonstrar também que a avaliação das instituições de pesquisa científica, além de fornecer dados fundamentais para o planejamento de ações e a exploração adequada das suas potencialidades, se constitui um valioso instrumento analítico, possibilitando ademais, mesclar vantajosamente análises cientométricas aos modelos de avaliação tradicionais.

Como todo estudo cientométrico e avaliativo apresenta limitações naturais ao tipo de estudo, alguns pontos podem ser considerados e que sinalizam cautela nas análises visto que um estudo cientométrico não esgota as possibilidades avaliativas. Como destacam Silva e Bianchi (2001) as limitações dizem respeito aos domínios de cada saber, principalmente, quando se fazem comparações entre diferentes domínios.

De um modo geral, o uso de indicadores implica em controvérsias, contudo buscou-se amparo na prática amplamente disseminada do uso destes indicadores cientométricos. Resta destacar que a cautela deve ser considerada por se tratar de um período limitado de análise, apenas os cinco últimos anos; pelo uso de fontes de informação, como a WoS que apresenta características específicas na indexação de publicações científicas de cunho internacional e por não cobrir na totalidade a produção científica; assim como os dados coletados diretamente dos sites na Internet, visto que o objeto de estudo, os institutos do MCTIC, sofreram alterações desde o início da coleta de dados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.C. E.; GUIMARÃES, J.A. Brazil's growing production of scientific articles: how are we doing with review articles and other qualitative indicators? **Scientometrics**, Amsterdam, vol. 97, no. 2, pp 287-315, 2013.

BENTLEY, Peter. Cross-country differences in publishing productivity of academics in research universities. **Scientometrics**, Amsterdam, vol. 102, p. 865–883, 2015. DOI 10.1007/s11192-014-1430-4

BRASIL. **Decreto Lei nº 719 31 de julho de 1969**. Cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0719.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0719.htm)>. Acesso em: 12 set. 2016.

BRASIL. **Emenda Constitucional Nº 95 de 15/12/2016**. Altera o ato das disposições constitucionais transitórias, para instituir o novo regime fiscal, e dá outras providências. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=540698&id=14374770&idBinario=15655553&mime=application/rtf>>. Acesso em: 10 out. 2017.

BRASIL. **Decreto Lei nº 8877 de 18 de outubro de 2016**. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, remaneja cargos em comissão e funções gratificadas e substitui cargos em comissão do Grupo Direção e Assessoramento Superior - DAS por Funções Comissionadas do Poder Executivo Federal – FCPE. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/decreto/D8877.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8877.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Cooperação internacional**. 2017a. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/institucional/Cooperacao\\_Internacional/cooperacao-internacional.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/institucional/Cooperacao_Internacional/cooperacao-internacional.html)>. Acesso em: 17 dez. 2017

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022**. Brasília, DF, MCTIC, 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Indicadores nacionais de ciência, tecnologia inovação**. 2017b. Disponível em: <<http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/index.html>>. Acesso em: 17 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

**Institucional**. 2017c. Disponível em: <

<http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/institucional/paginas/Competencias.html>>.

Acesso em: 17 out. 2017.

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS (CBPF). **Termo de**

**compromisso de gestão**: 2015: relatório anual. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <[portal.cbpf.br/attachments/o\\_cbpf/pdfs/Rel.Anual\\_TCG-CBPF-2015.pdf](http://portal.cbpf.br/attachments/o_cbpf/pdfs/Rel.Anual_TCG-CBPF-2015.pdf)>.

Acesso em: 12 out. 2016.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM).

**Relatório anual**: 2015. Campinas, 2016. Disponível em: < <http://cnpem.br/relatorios-de-2015/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Dimensão territorial no planejamento de CT&I**. Brasília, CGEE, 2014.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Modelos**

**institucionais das organizações de pesquisa**. Brasília, CGEE, 2010. (Série documentos técnicos, n. 3). Disponível em:

<[http://www.cgee.org.br/publicacoes/copia\\_de\\_documentos\\_tecnicos.php](http://www.cgee.org.br/publicacoes/copia_de_documentos_tecnicos.php)>. Acesso em: 12 ago. 2016.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Mestres e**

**doutores 2015**: estudos da demografia da base técnico-científica brasileira. Brasília, 2016. 348p. Disponível em: < <https://www.cgee.org.br/web/rhcti/mestres-e-doutores-2015>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM). **Termo de compromisso de**

**gestão**: 2015: relatório anual. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em:

<[www.cetem.gov.br/images/gestao/tcg\\_2015.pdf](http://www.cetem.gov.br/images/gestao/tcg_2015.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.

CENTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO RENATO ARCHER (CTI).

**Relatório anual**: 2015. Campinas, 2016. Disponível em:

<<http://www.cti.gov.br/relatorios-de-gestao>>. Acesso em: 12 out. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). **Diretório de grupos de pesquisa**. Brasília, 2017. Disponível em:

<<http://lattes.cnpq.br/web/dgp/principais-dimensoes>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **Avaliação quadrienal**. Brasília, 2018. Disponível em:

<<http://avaliacaoquadrienal.capes.gov.br/resultado-da-avaliacao-quadrienal-2017-2>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **Geocapes**. Brasília, 2017a. Disponível em: <

<https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/>> Acesso em: 15 nov. 2017.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **A internacionalização na Universidade Brasileira: resultados do**

**questionário aplicado pela Capes**. Brasília, 2017b. Disponível em:

<<http://www.capes.gov.br/images/stories/download/diversos/A-internacionalizacao-nas-IES-brasileiras.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

GUIMARÃES, J.A. A pesquisa médica e biomédica no Brasil. Comparações com o desempenho científico brasileiro e mundial. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 9, n. 2, p. 303–327, 2004.

GUIMARÃES, J.A.; HUMANN, M.C. 1995. Training of human resources in science and technology in Brazil: The importance of a vigorous Post-Graduate Program and its impact on the development of the country. **Scientometrics**, Amsterdam, Vol. 34, n. 1, pp 101–119.

GUIMARÃES, J.A.; ALMEIDA, E. C. E. Quality assurance of post-graduate education: the case of CAPES, the Brazilian Agency for support and evaluation of graduate education. **Higher Learning research Communications**, v. 2, p. 3-11, 2012.

HAEFFNER, Cristina; ZANOTTO, Sônia R.; GUIMARAES, Jorge A. Cultura dos indicadores em Ciência, Tecnologia e Inovação: panorama da produção científica nacional. **ComCiência** (UNICAMP), v. 2015, p. 1, 2015. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=111&id=1328>>. Acesso em: 26 set. 2017.

HAEFFNER, Cristina; ZANOTTO, Sônia R.; NADER, Helena B.; GUIMARÃES, Jorge A. Brazil in the global context: **scientific production, international collaboration**, advances and technical-scientific challenges. 2018. Submetido.

HIRSCH, J.E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.102, n. 46, p. 16569-16572, 2005.

IBGE. **Pesquisa de Inovação**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

IBGE. **Pesquisa Industrial Inovação Tecnológica 2000**. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/pintec2000.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

IBGE. **Pesquisa Industrial Inovação Tecnológica 2003**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv6513.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

IBGE. **Pesquisa Industrial Inovação Tecnológica 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv46495.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

IBGE. **Pesquisa de Inovação 2011**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=267049>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

IBGE. **Pesquisa de Inovação 2014**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99007.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA (IBICT). **Relatório de gestão do exercício de 2015**. Brasília, 2016. Disponível em: <[www.ibict.br/servico-de-informacao-ao...1/RelatriodeGestodoExercciode2015.pdf](http://www.ibict.br/servico-de-informacao-ao...1/RelatriodeGestodoExercciode2015.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ. **Relatório anual do contrato de gestão celebrado entre o MCTI e o IDSM-OS**. Tefé, 2016. Disponível em: <[www.mamiraua.org.br/pt-br/.../relatorios-de-gestao/relatorio-de-gestao-idsm-de-2015/](http://www.mamiraua.org.br/pt-br/.../relatorios-de-gestao/relatorio-de-gestao-idsm-de-2015/)>. Acesso em: 12 out. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sinopses Estatísticas da Educação Superior 2016**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em: 19 out. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE MATEMÁTICA PURA E APLICADA (IMPA). **Relatório Anual de Gestão MCTI–MEC–IMPA: 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <[www.impa.br/opencms/pt/institucional/download/relat\\_gestao\\_2015.pdf](http://www.impa.br/opencms/pt/institucional/download/relat_gestao_2015.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA (INPA). **Termo de compromisso de gestão: 2015: relatório anual**. Manaus, 2016. Disponível em: <[portal.inpa.gov.br/arquivos/relatorios/TCG/TCG\\_INPA\\_2015.pdf](http://portal.inpa.gov.br/arquivos/relatorios/TCG/TCG_INPA_2015.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ESPACIAL (INPE). **Relatório de gestão do exercício de 2015**. São José dos Campos, 2016. Disponível em: <[http://www.inpe.br/gestao/relatorio\\_gestao.php](http://www.inpe.br/gestao/relatorio_gestao.php)>. Acesso em: 12 out. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ESPACIAL (INPE). **Relações internacionais**, 2017. Disponível em: <[http://www.inpe.br/institucional/sobre\\_inpe/relacoes\\_internacionais/](http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/relacoes_internacionais/)>. Acesso em 12 dez. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Busca de patentes**. 2017. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/informacao/busca-de-patentes>>. Acesso em: 20 maio 2017

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIARIDO (INSA). **Termo de compromisso de gestão: 2015: relatório anual**. Campina Grande, 2016. Disponível em: <[www.insa.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/Relatório-TCG-20151.pdf](http://www.insa.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/Relatório-TCG-20151.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA (INT). **Relatório de gestão do exercício de 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.int.gov.br/docman/informacoes-institucional/termo-de-compromisso-de-gestao/629-tcg-2015/file>>. Acesso em: 12 out. 2016.

KANNEBLEY JÚNIOR, Sérgio; BORGES, Renata de Lacerda Antunes. Infraestrutura de pesquisa e produtividade científica dos pesquisadores brasileiros. In: DE NEGRI, Fernanda; SQUEFF, Flávia de Holanda (Orgs.). **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Brasília: IPEA/FINEP/CNPq, 2016. 637p.

Cap. 10. Disponível em:

<[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=27203](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27203)>. Acesso em: 10 ago. 2016

LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA (LNA). **Relatório de gestão do exercício de 2015**. Itajubá, 2016. Disponível em: <<http://inapadiao.lna.br/aceso.../relatorios.../relatorio-de-gestao-2015-do-lna-versao-final.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

LABORATÓRIO NACIONAL DE COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA (LNCC). **Termo de Compromisso de Gestão 2015**. Petrópolis, RJ, 2016. Disponível em: <<https://www.lncc.br/transparencia/transparenciar.php?vVoltar=off>>. Acesso em: 12 out. 2016.

LETA, J. Indicadores de desempenho, ciência brasileira e a cobertura das bases de dados. **Revista USP**, São Paulo, v. 89, p. 62-77, 2011.

LETA, J.; CHAIMOVICH, H. Recognition and international collaboration: the Brazilian case. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 53, n. 3, 325-335, 2002.

LEYDESDORFF, L.; WAGNER, C. S. 2008. International collaboration in science and the formation of a core group. **Journal of Informetrics, Journal**, Amsterdam, v. 2, n. 4, p. 317–325. <http://doi.org/10.1016/j.joi.2008.07.003>

MINGERS, J.; LEYDESDORFF, L. A Review of Theory and Practice in Scientometrics. **European Journal of Operational Research**. Amsterdam, v. 246, n. 1, p. 1-19. 2015.

MOROSINI, M.C. Internacionalização na produção de conhecimento em IES brasileiras: cooperação internacional tradicional e cooperação internacional horizontal. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 27, n.01, p.93-112, abr. 2011.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). **Termo de Compromisso de Gestão 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <[http://www.mast.br/relatorios\\_instituicao.html](http://www.mast.br/relatorios_instituicao.html)>. Acesso em: 12 out. 2016.

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI (MPEG). **Relatório de gestão do exercício de 2015**. Belém, 2016. Disponível em: <<http://www.museu-goeldi.br/portal/content/documentos-para-download>>. Acesso em: 12 out. 2016.

NAIK, Gautam. The quiet rise of the NIH's hot new metric. **Nature**, Londres, v. 539, p. 150, 2016. doi:10.1038/539150a

OBSERVATÓRIO NACIONAL (ON). **Relatório de gestão do exercício de 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <[www.on.br/conteudo/institucional/.../relatorios\\_gestao/Relatorio\\_Gestao\\_2015.pdf](http://www.on.br/conteudo/institucional/.../relatorios_gestao/Relatorio_Gestao_2015.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.

OLINTO, G.; LETA, J. Scientific Production in Brazilian Research Institutes: Do Institutional Context, Background Characteristics and Academic Tasks Contribute to Gender Differences? In: ISSI2015, International Conference of the International Society of Scientometrics and Informetrics, 2015, Istanbul. *Proceedings of the 15th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference*. Istanbul: Bogaziçi University Printhouse, V.1, p. 673-683. 2015

PERSSON, Olle. **Bibexcel**. 2016. Disponível em:  
<<http://homepage.univie.ac.at/juan.gorraiz/bibexcel/>> Acesso em: 12 jul. 2016.

SILVA, J.A.; BIANCHI, M.L.P. Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia**, São Paulo, vol. 11, n. 20, p. 5-10, 2001.

SILVA, Márcia R.; HAYASHI, Carlos R. Massao; HAYASHI, Maria Cristina P. Innocentini. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 1, p. 110-129, 2011. Disponível em:  
<<http://www.revistas.usp.br/incid/article/view/42337>>. Acesso em: 29 dec. 2017.

SPINAK, Ernesto. **Diccionario enciclopédico de bibliometría, cientimetría e informetría**. Caracas: UNESCO, 1996.

TAHAMTAN, I; SAFIPOUR AFSHAR, A., AHAMDZADEH, K. Factors affecting number of citations: a comprehensive review of the literature. **Scientometrics**, Amsterdam, vol. 107, p. 1195–1225, 2016. DOI 10.1007/s11192-016-1889-2

THOMSON REUTERS. **Essential Science Indicators (ESI)**. 2016a. Disponível em:  
< <http://ipsience.thomsonreuters.com/product/ESI/>>. Acesso em: 12 set. 2016.

THOMSON REUTERS. **InCites**. 2016b. Disponível em:  
<http://ipsience.thomsonreuters.com/product/incites/>. Acesso em: 07 out. 2016.

THOMSON REUTERS. **Web of Science**. 2016c. Disponível em: <  
<http://ipsience.thomsonreuters.com/product/web-of-science/>>. Acesso em: 12 set. 2016.

UNESCO Institute for Statistics. **UIS.Stat**. Disponível em:  
<<http://data.uis.unesco.org/index.aspx?queryid=76>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

VANZ, S. A.; STUMPF, I. R. C. Colaboração científica: revisão teórico conceitual. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 15, n. 2, p. 42-55, 2010.

VELHO, Léa. Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 13, n. 26, jan./abr. 2011, p. 128-153

VELHO, Léa. Estratégias para um sistema de indicadores de C&T no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n 13, dez. 2001 (Ciência e tecnologia: acompanhamento e avaliação)

VINKLER, Péter. **The Evaluation of Research by Scientometric Indicators**. Oxford, Chandos Publishing, 2010.



VIOTTI, Eduardo B. et al. **Doutores 2010**: estudos da demografia da base técnico-científica brasileira. Brasília, DF, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. 508 p.

WAGNER, C. S.; PARK, H. W.; LEYDESDORFF, L. The continuing growth of global cooperation networks in research: A conundrum for national governments. **PLoS ONE**, São Francisco, v. 10, n. 7, p. 1–15. 2015.  
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0131816>

WORLD BANK. **DataBank: World Development Indicators**, 2017. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/topic/science-and-technology>>. Acesso em: 12 set. 2017.

ZANOTTO, Sônia; HAEFFNER, Cristina; GUIMARÃES, Jorge Almeida. 2016. A colaboração na produção científica no Brasil e nos países mais produtivos: um recorte das áreas do *Essential Science Indicators*. In: EBBC (5., São Paulo, 2016). **Sessões e Comunicações**. Disponível em: <<http://www.ebbc.inf.br/ebbc5/index.php/ebbc5/trabalhos>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

ZANOTTO, Sônia R.; GUIMARÃES, Jorge A. Evaluation of the institutional qualification and scientific production of the institutes and research units of MCTIC. 2018. A ser submetido.

ZANOTTO, Sônia R.; HAEFFNER, Cristina; GUIMARÃES, Jorge A. Unbalanced international collaboration affects adversely the usefulness of countries' scientific output as well as their technological and social impact. **Scientometrics**, Amsterdam, DOI 10.1007/s11192-016-2126-8, 2016.

## ANEXO

### Essential Science Indicators Journal Category Scope Notes

#### Agricultural Sciences

Agricultural Sciences covers journals in general agriculture, agricultural chemistry and engineering, agronomy, dairy science, and animal science as it relates to agricultural needs, as well as food science and nutrition. Topics covered include tillage research and soil science; agroforestry; horticulture; crop protection and science; pest control and weed science; agrochemistry; phytochemistry; agricultural biochemistry; food chemistry; cereal chemistry; carbohydrate and lipid research; food composition, additives, and contaminants; food microbiology and technology; agricultural engineering and processing; meat and dairy science; animal breeding; animal genetics, nutrition, and production; poultry science; nutrition and metabolism; and nutritional biochemistry. Clinical nutrition also maps here. Agricultural economics maps to *Economics & Business*.

#### Biology & Biochemistry

Biology & Biochemistry covers a broad range of general topics. These include structure and chemistry of biological molecules; molecular, cellular, and clinical studies of the endocrine system (but does not include clinical endocrinology); regulation of cell, organ, and system functions by hormones; experimental research in general biology and biological systems; anatomy; physiology; cytology; pathology; morphology; proteomics; histochemistry; biophysics; regulation of biological functions at the whole organism level; exploitation of living organisms or their components; industrial microbiology; pollution remediation; industrial chemicals and enzymes; biosensors; bioelectronics; pesticide development; food, flavor, and fragrance industry applications; and waste treatment. Computational biology and life-science-related microscopy journals also map here.

#### Chemistry

The Chemistry category covers a broad spectrum of topics within the chemical sciences, including analytical chemistry, inorganic and nuclear chemistry, organic chemistry, physical chemistry, crystallography, electrochemistry, chemical methods and structures, natural and laboratory syntheses, and isolation and analysis of clinically significant molecules. This category also covers instrumentation and spectroscopy journals. Miscellaneous and applied chemistry journals also map here. Polymer science journals not largely related to Materials Science map here; otherwise, they map to *Materials Science*. Chemical engineering journals also map here, provided they deal exclusively with chemical engineering—if they deal with multiple forms of engineering, they map to *Engineering*.

#### Clinical Medicine

The Clinical Medicine category covers journals dealing with a wide range of medical and biomedical topics. These include anesthesia and critical care medicine,

cardiovascular medicine and cardiology, dentistry, dermatology, general and internal medicine, endocrinology, environmental medicine, gastroenterology, gynecology, hepatology, hematology, legal medicine, nephrology, nuclear medicine, nursing, obstetrics and reproductive medicine, oncology, ophthalmology, otolaryngology, pediatrics, radiology, respiratory medicine and pulmonology, rheumatology, surgery (including neurosurgery), and urology. Clinical pharmacology as it relates to clinical trials maps here; otherwise pharmacology topics map to *Pharmacology & Toxicology*. All nutrition topics map to *Agricultural Sciences*. Ethics journals solely devoted to medical ethics map here. Journals dealing with the clinical aspects of substance abuse are classified here; those dealing with the social aspects map to *Social Sciences, General*.

## **Computer Science**

Computer Science encompasses computer hardware and architecture, computer software, software engineering and design, computer graphics, programming languages, theoretical computing, computing methodologies, interdisciplinary computer applications, artificial intelligence theory, information systems and information technology, telecommunications, communications via various devices and systems, and acquisition, processing, storage, management, and dissemination of information. Bioinformatics journals also map here.

## **Economics & Business**

The Economics & Business category includes journals which cover theoretical, political, agricultural, and developmental economics, as well as business, finance, management, organizational science, strategic planning and decision-making methods, and industrial relations and labor matters.

## **Engineering**

Engineering includes publications covering a number of engineering disciplines, including aerospace engineering, mechanical engineering, electrical and electronics engineering, nuclear energy, civil engineering (which also encompasses water resources and supply and transportation and municipal engineering), the effects of humans on the environment and controls to minimize environmental degradation, applied artificial intelligence, robotics and automatic control, engineering mathematics (which encompasses mathematical modeling, optimization techniques, and statistical methods in engineering systems), energy and fuels, operations research, engineering management, construction and building technology, and the development, manufacture, and application of instruments. Chemical engineering journals also related to other areas of engineering map here; otherwise they map to *Chemistry*.

## **Environment/Ecology**

Environment/Ecology covers interrelated disciplines on pure and applied ecology, ecological modeling and engineering, ecotoxicology, evolutionary ecology, environmental contamination and toxicology, environmental health, environmental monitoring and management, environmental technology, environmental geology, water resources research, climate change, limnology, and biodiversity conservation.

Natural history journals are also covered here. Environmental *Studies* subjects map to *Social Sciences*.

## **Geosciences**

The Geosciences category covers a broad range of journals related to physical studies of the Earth. These include geology, geochemistry, geophysics, geotechnics, economic geology, petrochemistry, mineralogy, meteorology and atmospheric sciences, hydrology, oceanography, petroleum geology, volcanology, seismology, climatology, paleontology, remote sensing, geodesy, and geological, petroleum, and mining engineering.

## **Immunology**

The category of Immunology incorporates journals containing cellular and molecular studies in immunology; clinical research in immunopathology; infectious diseases; autoimmunity and allergy; host-pathogen interactions in infectious diseases; and experimental therapeutic applications of immunomodulating agents.

## **Materials Science**

The Materials Science category deals with journals covering the admixtures of matter or the basic materials from which products are constructed. These include ceramics, paper and wood products, textiles, composites, coatings and films, biomaterials, metals and alloys, metallurgy, superconductors and semiconductors, ferroelectrics, dielectrics, and the application of chemistry to materials design and testing. Polymer journals largely related to Materials Science map here; otherwise they map to *Chemistry*.

## **Mathematics**

The Mathematics category comprises journals dealing with pure and applied mathematics as well as statistics and probability.

## **Microbiology**

The Microbiology category contains journals dealing with biology and biochemistry of protozoa and microorganisms (bacterial, viral, and parasitic), medical implications of the subsets of these organisms known to cause diseases, and the biotechnology applications of microorganisms for basic science or clinical use. Fungi journals are not mapped to this category, but rather to *Plant & Animal Science*.

## **Molecular Biology & Genetics**

Molecular Biology & Genetics covers all aspects of basic and applied genetics, as well as research that has specific emphasis on cellular functions in eukaryotic systems. These topics include biochemistry in eukaryotic systems; receptor biology; signal transduction; regulation of gene expression; morphogenesis; cell-environment interactions; molecular genetics; developmental genetics; developmental biology; biomedical engineering; mechanisms of mutagenesis; structure, function, and regulation of genetic material; clinical genetics; patterns of inheritance; genetics

causes of diseases; and screening for and treatment of genetic diseases. General cell biology journals also map here.

## **Multidisciplinary**

This category includes journals of a broad or general character in the sciences and covers the spectrum of major scientific disciplines. It also includes journals devoted to a multidisciplinary approach to the study of particular regions, ecosystems, or biological systems, as well as interdisciplinary journals designed to illuminate significant connections between fields.

## **Neuroscience & Behavior**

Neuroscience & Behavior includes journals that cover cellular and molecular neuroscience, neuronal development, basic and clinical neurology, psychopharmacology, biobehavioral psychology, molecular psychology, and neuronal function underlying higher cognitive processes. Neurosurgery is not covered in this category, but rather in *Clinical Medicine* with other surgical journals.

## **Pharmacology & Toxicology**

*Pharmacology* covers journals dealing with pharmacology; pharmaceuticals, cellular and molecular pharmacology; drug design and metabolism; mechanisms of drug action; drug delivery; natural products and traditional medicines; xenobiotics; medicinal chemistry; and mechanisms of action for clinical therapeutics. *Toxicology* covers journals dealing with molecular and cellular effects of harmful substances, environmental toxicology, occupational exposure, and clinical toxicology.

## **Physics**

Physics includes journals covering articles from all areas of physics and the following subfields: mathematical physics, particle and nuclear physics, physics of fluids and plasmas, quantum physics, theoretical physics, chemical physics, applied physics, condensed matter physics, physics of materials, and optics and acoustics.

## **Plant & Animal Science**

*Plant Science* covers general botany journals as well as non-agricultural plant research, including regional botany, mycology, bryology, plant physiology, forestry, plant pathology, economic botany, aquatic botany and toxicology, marine ecology, plant nutrition, photosynthesis research, experimental botany, and cellular and molecular biology or physiology of plant cells and plant systems. *Animal Science* covers non-agricultural animal science journals. Topics include animal behavior, health, and genetics; veterinary medicine; lab animal science; marine and freshwater biology; fisheries science; aquaculture; entomology; evolutionary biology; wildlife research; and zoology, encompassing primatology, mammalogy, ornithology, herpetology, nematology, and malacology.

## **Psychiatry/Psychology**

All areas of psychiatry and psychology are covered in this category, including applied, biological, clinical, developmental, educational, mathematical, organizational, personal, and social, as well as the diagnosis and treatment of psychiatric disorders.

## **Social Sciences, General**

The Social Sciences category includes journals which cover communication, environmental studies, library and information sciences, political science, public health and administration, rehabilitation, social work and social policy, sociology, anthropology, law, education, linguistics, tourism and hospitality, and demography. Journals covering the history and philosophy of science also map to this category. Ethics journals are classified here, unless they deal strictly with medical ethics, then they map to *Clinical Medicine*. Journals dealing with the social aspects of substance abuse map here; any with clinical aspects map to *Clinical Medicine*.

## **Space Sciences**

The Space Science category covers journals dealing with all areas of astronomy and astrophysics, celestial bodies, and observation and interpretation of radiation from the component parts of the universe.

## **Arts & Humanities**

Arts & Humanities are not covered in ESI.

---

Fonte: ESI. Disponível em:

<<http://ipsciencehelp.thomsonreuters.com/incitesLiveESI/ESIGroup/overviewESI/scopeCoverageESI/eSiScopeNotes.html>>. Acesso em: 12 dez. 2017.