

**Samile Andréa de Souza Vanz**

**As redes de colaboração científica no Brasil**  
(2004-2006)

Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Comunicação e Informação, no curso de Pós-graduação em Comunicação e Informação, orientada pela Profa. Dra. Ida Regina Chittó Stumpf.

Porto Alegre  
2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Dr. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Dr. Rui Vicente Oppermann

FACULDADE DE BIBLIOTECONOMIA E COMUNICAÇÃO

Diretor: Prof. Ricardo Schneiders da Silva

Vice-Diretor: Prof. Dra. Regina Helena Van der Laan

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO

Chefe: Prof. Dra. Ana Maria Mielniczuk de Moura

Chefe Substituta: Prof. Dra. Helen Beatriz Frota Rozados

COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE BIBLIOTECONOMIA

Coordenadora: Prof. Ms. Glória Isabel Sattamini Ferreira

Coordenadora Substituta: Prof. Dra. Samile Andréa de Souza Vanz

---

V285p      Vanz, Samile Andréa de Souza.  
                    As redes de colaboração científica no Brasil / Samile Andréa de  
                    Souza Vanz. – 2009.  
                    204 f.

                    Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do  
                    Sul, Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, 2009.  
                    Orientadora: Ida Regina Chittó Stumpf.

                    1. Bibliometria. 2. Cientometria. 3. Colaboração Científica.  
                    4. Co - autoria. 5. Ciência brasileira. I. Título.

CDU 002.2

---

Catálogo na publicação: Samile Andréa de Souza Vanz CRB 10/1398

Departamento de Ciências da Informação

Rua Ramiro Barcelos, 2705

Campus Saúde

Bairro Santana

Porto Alegre –RS

CEP: 90035 007

Tel: (51) 3308 5146

E-mail: [fabico@ufrgs.br](mailto:fabico@ufrgs.br)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação**  
**Programa de Pós-graduação em Comunicação e Informação**

A Banca Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese intitulada “As redes de colaboração científica no Brasil: 2004-2006”, elaborada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Comunicação e Informação.

---

Profa. Dra. Suzana Pinheiro Machado Mueller  
Universidade de Brasília

---

Profa. Dra. Jacqueline Leta  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Raimundo Nonato Macedo dos Santos  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Profa. Dra. Sônia Elisa Caregnato  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e, especialmente, aos colegas do Departamento de Ciências da Informação, pela concessão de afastamento durante um ano.

À professora Ida Stumpf, por me orientar, com sua imensa bagagem de sabedoria e ternura.

À CAPES, pela concessão de bolsa de doutorado sanduíche, e a Ana Lúcia, da PROPG-UFRGS, pela eficiência, presteza e gentileza com que conduziu a burocracia necessária para concretizar o processo.

À professora Suzana Mueller, pela avaliação do projeto para estágio doutoral.

A Sérgio Capparelli e a Maria Alice, pelo incentivo ao estágio doutoral.

A Guo Hanning, pelo carinho com que me recebeu e sempre me ajudou em Dalian. A Lichun Yin, por me ensinar um pouco de raciocínio e objetividade para análise quantitativa. A Hou Haiyan e Chen Yue, pela introdução a alguns dos *softwares* usados nesta pesquisa, e pela paciência com que me ensinaram durante o estágio doutoral. Ao professor Liu Zeyuan, por ter me recebido no WISELab da Dalian University of Technology, em Dalian, China.

À professora Hiltrun Kretschmer, pelos comentários relevantes ao projeto de pesquisa.

Às professoras Sônia Elisa Caregnato e Jacqueline Leta, pelas observações fundamentais feitas ao projeto de qualificação.

Aos professores João Luiz Becker, Denise Bandeira e Jandira Fachel, pelo estímulo no estudo da Estatística.

Ao professor Loet Leydesdorff, pelo auxílio no entendimento das medidas de similaridade.

Ao professor Olle Persson, pela ajuda constante no uso do Bibexcel.

Ao professor Wolfgang Glänzel, pelo compartilhamento do esquema de classificação de assuntos.

A Yayoi Wada e Maria Tereza Ribeiro Duarte pela ajuda na língua inglesa. A Maria Alice Bragança pela ajuda na língua portuguesa.

A Ana Maria M. de Moura, pelas discussões e parceria.

Aos meus pais – Edgar e Ana, ao Tio Luiz, Tia Sílvia, Carol, Bruno e Vó Isabel; a Carmen, Guti, Júlia e Victória; a Aninha e Murilo; a Zuca, Manu, Rafa e Camila, por todo o amor e cuidados dedicados a Sophia, durante as minhas ausências.

Aos meus amigos e família, em especial à Sophia, minha filha, e Pedro, meu marido, agradeço pela compreensão pelos muitos momentos em que estive distante.

*“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas próprias árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver.”*

*Amyr Klink*

## RESUMO

Através da análise da co-autoria em artigos, este trabalho investiga as publicações nacionais indexadas pelo **SCI** do ISI entre os anos 2004-2006, com o objetivo de aprofundar e entender a colaboração científica na comunidade brasileira. Fizeram parte do estudo todos os artigos que contêm ao menos um endereço brasileiro no campo *Address*. Os dados foram organizados e analisados com o auxílio dos softwares Bibexcel, SPSS versão 14.0, Excel 2007 e Pajek. A análise quantitativa foi complementada por uma pesquisa qualitativa, realizada por meio de questionários e entrevistas com pesquisadores brasileiros. Os 49.046 artigos examinados revelaram que a produção científica nacional cresceu anualmente durante o triênio, e os artigos são publicados majoritariamente em inglês. Os artigos foram publicados em um vasto número de revistas, sendo que 15,7% deles em periódicos nacionais. As áreas mais produtivas da ciência nacional no **SCI** são a Química, a Biologia, a Física e a Medicina Clínica e Experimental II. Um grande número de instituições de filiação foi detectado, indicando que o Brasil não possui um padrão de publicação científica consolidado, dada a presença esparsa de muitas instituições cuja participação aconteceu uma única vez (59,1%). A co-autoria entre indivíduos cresceu ao longo do triênio, representando cerca de 96% da produção nacional. A média de autores por artigo é 6,3. A análise das instituições revela que a produção concentra-se em poucas instituições, a maioria universidades públicas localizadas em regiões específicas. A média de instituições por artigo é 2,4, e o exame das instituições mais produtivas destacou a prática da co-autoria intra-institucional. A aplicação de índices de colaboração relativos, análises EMD, fatorial e de agrupamentos identificou a existência de grupos formados regionalmente. A co-autoria internacional decresceu percentualmente ao longo do triênio, representando 30,3% da produção brasileira. EUA, França, Reino Unido e Alemanha são os maiores parceiros em número de artigos, entretanto, os índices relativos revelam que os EUA e a Argentina são os principais parceiros. A motivação para a colaboração internacional parece seguir razões históricas, lingüísticas e de proximidade geográfica. A análise específica das áreas do conhecimento revela que a co-autoria possui facetas próprias nas distintas áreas analisadas. A Agricultura e Meio Ambiente mostrou que os cientistas se agrupam em redes que refletem os colégios invisíveis a que eles pertencem. Na Física, preponderam grandes grupos de co-autoria, e a Matemática apresentou pesquisadores distribuídos em sub-redes que não refletiram agrupamentos por instituição. A forma como acontece a interação entre os cientistas variou conforme a área do conhecimento, e a motivação para a co-autoria é diversificada.

Palavras-chave: Colaboração científica. Ciência brasileira. Bibliometria. Cientometria. Co-autoria.

## ABSTRACT

Trough co-authorship analysis of articles, this study investigates the national publications indexed in ISI's **SCI** between the years of 2004-2006, aiming to deepen and understand the scientific collaboration in the Brazilian community. It was part of the study all the articles that had at least one Brazilian address in the *Address* field. The data was organized and analyzed through software Bibexcel, SPSS 14.0 version, Excel 2007 and Pajek. The quantitative analysis was completed by a qualitative analysis, done through questionnaires and interviews with Brazilian researches. The 49.046 articles analyzed revealed that the scientific production grew annually during the triennium, and the articles are mostly published in English. The articles were published in a wide number of journals, were 15,7% of it were published in national journals. The most productive areas of the national science in **SCI** are Chemistry, Biology, Physics and Clinical and Experimental Medicine II. A large number of institutions, indicating that Brazil does not have a consolidated scientific publication standard, given to the sparse presence of many institutions whose participation happened only once (59,1%). The individual co-authorship grew during the triennium, representing about 96% of the national production. The mean of authors per article is 6, 3. The analysis of the institutions shows that the production is concentrated in a few institutions, mostly public universities located at specific regions. The mean of institution per article is 2,4 , and the exam of the most productive institutions evidenced the practice of intra-institutional co-authorship. The application of relative collaboration indexes, MDS analysis, factorial and clusters identified the presence of regionally formed groups. The international co-authorship decreased percentage during the triennium, representing 30, 3% of Brazilian production. USA, France, United Kingdom and Germany are the major partners in number of articles, though relative indexes show that USA and Argentina are the main partners. The motivation for international collaboration seems to follow historical, linguistics and geographical proximity reasons. The specific analysis of areas of knowledge shows that the co-authorship has its own aspects in the different analyzed areas. The Agriculture and Environmental Sciences showed that scientists gather in networks that reflect on invisible college which they belong to. In Physics, large groups of co-authorship predominates, and Mathematics presented researches scattered in sub-networks that did not reflected in groups by institutions. The way the interaction happens between scientists changed according to the area of knowledge, and the motivation to co-authorship is diverse.

**Key-words:** Scientific collaboration. Brazilian science. Bibliometrics. Scientometris. Co-authorship.



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Produção científica brasileira por áreas, 2004-2006 .....	83
Gráfico 2 –	Distribuição das instituições de acordo com o número de ocorrências, 2004-2006.....	86
Gráfico 3 –	Co-autoria inter-institucional distribuída por áreas, 2004-2006 .....	93
Gráfico 4 –	Mapa EMD das 16 instituições, 2004-2006 ( <i>Stress</i> 0,09402).....	105
Gráfico 5 –	Dendograma da co-autoria institucional, 2004-2006 .....	108
Gráfico 6 –	Colaboração internacional em artigos brasileiros na SCOPUS, 1996-2007 .....	112
Gráfico 7 –	Numero de países nos artigos brasileiros em co-autoria internacional, 2004-2006 .....	113
Gráfico 8 –	Co-autoria internacional por áreas, 2004-2006 .....	114
Gráfico 9 –	Média de autores, instituições e países parceiros por áreas, 2004-2006, I .....	135
Gráfico 10 –	Média de autores, instituições e países parceiros por áreas, 2004-2006, II .....	136
Gráfico 11 –	Análise de redes sociais dos pesquisadores mais produtivos, Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006 .....	141
Gráfico 12 –	Distribuição de autores por artigo na área de Física, 2004-2006 .....	147
Gráfico 13 –	Análise de redes sociais dos pesquisadores mais produtivos, Física, 2004-2006 .....	148
Gráfico 14 –	Análise de redes sociais dos pesquisadores mais produtivos, Matemática, 2004-2006 .....	154

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definição das variáveis .....	58
Quadro 2 – Exemplo da lista de autoridades.....	59
Quadro 3 – Entrevistados distribuídos por área .....	71
Quadro 4 – Índice de co-autoria internacional, 2004-2006 .....	120
Quadro 5 – Cosseno de Salton co-autoria internacional, 2004-2006 .....	122
Quadro 6 – Resumo dos principais resultados .....	132

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Produção brasileira no ISI e população da pesquisa .....	55
Tabela 2 –	Limpeza dos nomes das instituições, 2004-2006 .....	60
Tabela 3 –	Entrevistas .....	69
Tabela 4 –	Produção científica brasileira no ISI, 2004-2006 .....	74
Tabela 5 –	Frequência de artigos brasileiros segundo idioma, 2004-2006 .....	75
Tabela 6 –	Periódicos usados para publicação, 2004-2006 .....	76
Tabela 7 –	Distribuição dos artigos publicados em periódicos brasileiros, 2004-2006 .....	77
Tabela 8 –	Distribuição dos artigos publicados em periódicos, 2004-2006 .....	78
Tabela 9 –	Áreas de publicação dos artigos brasileiros, 2004-2006 .....	80
Tabela 10 –	Ocorrência de instituições, 2004-2006 .....	84
Tabela 11 –	Frequência do número total de ocorrência de instituições, 2004-2006.....	85
Tabela 12 –	Distribuição de autores por artigo, 2004-2006 .....	87
Tabela 13 –	Número de autores vinculados aos artigos, 2004-2006 .....	89
Tabela 14 –	Instituições por artigo, 2004-2006 .....	92
Tabela 15 –	Instituições brasileiras por artigo, 2004-2006.....	94
Tabela 16 –	Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, 2004-2006 .....	95
Tabela 17 –	Matriz de co-autoria institucional, 2004-2006 .....	99
Tabela 18 –	Índice de co-autoria institucional, 2004-2006 .....	102
Tabela 19 –	Variância total explicada da co-autoria institucional, 2004-2006 ...	106
Tabela 20 –	Composição dos fatores da co-autoria institucional, 2004-2006 ...	106
Tabela 21 –	Frequência de co-autoria internacional, 2004-2006 .....	110
Tabela 22 -	Frequência de países por artigo, 2004-2006 .....	115
Tabela 23–	Participação dos países colaboradores, 2004-2006 .....	116
Tabela 24 -	Teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov .....	119
Tabela 25 –	Distribuição dos artigos por países parceiros e áreas de publicação, 2004-2006.....	126
Tabela 26 –	Distribuição das instituições estrangeiras por área, 2004-2006 ....	129
Tabela 27 -	Distribuição dos artigos com e sem colaboração internacional por periódico, 2004-2006 .....	131
Tabela 28 –	Médias de autores, instituições e países por áreas, 2004-2006 ....	134

Tabela 29 –	Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006.....	137
Tabela 30 –	Freqüência de instituições co-autoras, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006 .....	138
Tabela 31 –	Descritivas co-autoria, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006 .....	139
Tabela 32 –	Freqüência de países co-autores, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006 .....	139
Tabela 33 –	Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, área Física, 2004-2006 .....	144
Tabela 34 –	Freqüência de instituições co-autoras, áreas Física, 2004-2006...	145
Tabela 35 –	Descritivas co-autoria, área Física, 2004-2006 .....	145
Tabela 46 –	Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, área Matemática, 2004-2006.....	150
Tabela 37 –	Freqüência de instituições co-autoras, área Matemática, 2004-2006 .....	151
Tabela 38 –	Descritivas co-autoria, área Matemática, 2004-2006.....	151
Tabela 39 –	Freqüência de países co-autores, área Matemática, 2004-2006...	152
Tabela 40 –	Freqüência de co-autores, área Matemática, 2004-2006 .....	153
Tabela 41 –	Ranking de produtividade institucional 2004, nomes brutos e padronizados .....	175

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACA	Author co-citation analysis
APTA	Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
ARS	Análise de Redes Sociais
Brookhaven Natl Lab	Brookhaven National Laboratory
CAPES	Coord. de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
CERN	CONSEIL Européen pour la Recherche Nucléaire
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPq	Cons. Nac. de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
Ctr Tecn Aeroesp	Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMD	Escalonamento Multidimensional
FAPESP	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
Fermilab	Fermi National Accelerator Laboratory
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
Harvard Univ	Harvard University
IMPA	Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada
Indiana Univ	Indiana University
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
Inst Butantan	Instituto Butantan
ISI	Institute for Scientific Information
Ist Nazl Fis Nucl	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Inst High Energy Phys	Institute of High Energy Physics
JASIST	Journal of the American Society for Inf. Science and Tech.
Joint Inst.for Nuc. Res	Joint Institute for Nuclear Research
Johns Hopkins Univ	The Johns Hopkins University
LNCC	Laboratório Nacional de Computação Científica
Lund Univ	Lund University
McGill Univ	McGill University
Michigan State Univ	Michigan State University
MIT	Massachusetts Institute of Technology

PUCRJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
SCI	Science Citation Index
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SOAR	Southern Observatory for Astrophysical Research
SPSS	Statistics Packet for Social Science
State Univ New York	State University of New York
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEM	Universidade Estadual de Marília
UENF	Univ. Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFCE	Universidade Federal do Ceará
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UNB	Universidade de Brasília
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
Univ Buenos Aires	Universidad de Buenos Aires
Univ California	University of California

Univ Illinois	University of Illinois
Univ London	University of London
Univ Maryland	The University of Maryland
Univ N Carolina	The University of North Carolina et Chapel Hill
Univ Paris 06	Université Pierre et Marie Curie Paris 6
Univ Paris 11	Université Paris Sud 11
Univ Porto	Universidade do Porto
Univ Texas	University of Texas
Univ Washington	University of Washington
USP	Universidade de São Paulo
WoS	Web of Science

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1	JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA .....	19
1.2	OBJETIVOS .....	22
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>22</b>
1.2.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>23</b>
1.3	HIPÓTESES .....	23
<b>2</b>	<b>A CIÊNCIA E A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO</b> .....	<b>24</b>
2.1	A CIÊNCIA BRASILEIRA.....	27
2.2	A SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA .....	34
<b>3</b>	<b>A COLABORAÇÃO CIENTÍFICA</b> .....	<b>38</b>
3.1	AS REDES DE CO-AUTORIA .....	49
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>55</b>
4.1	POPULAÇÃO.....	55
4.2	FONTE DE COLETA DE DADOS .....	56
4.3	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE PESQUISA.....	57
4.4	COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS QUANTITATIVOS .....	58
4.5	COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS QUALITATIVOS .....	68
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>72</b>
5.1	PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA.....	73



51.1	<b>Idiomas.....</b>	<b>74</b>
5.1.2	<b>Periódicos.....</b>	<b>75</b>
5.1.3	<b>Áreas.....</b>	<b>79</b>
5.1.4	<b>Instituições produtoras.....</b>	<b>84</b>
5.2	<b>A CO-AUTORIA NA CIÊNCIA BRASILEIRA.....</b>	<b>87</b>
5.2.1	<b>Co-autoria entre indivíduos.....</b>	<b>87</b>
5.2.2	<b>Co-autoria inter-institucional.....</b>	<b>91</b>
5.2.3	<b>Co-autoria internacional.....</b>	<b>109</b>
5.2.4	<b>A co-autoria brasileira e a distribuição por áreas do conhecimento.....</b>	<b>132</b>
5.2.5	<b>Agricultura e meio ambiente.....</b>	<b>137</b>
5.2.6	<b>Física.....</b>	<b>143</b>
5.2.7	<b>Matemática.....</b>	<b>150</b>
5.2.8	<b>A colaboração na visão dos cientistas brasileiros.....</b>	<b>156</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>167</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>174</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>177</b>
	<b>APÊNDICE A – Questionário para entrevistas .....</b>	<b>187</b>
	<b>APÊNDICE B - Matriz de colaboração institucional, 2004-2006.....</b>	<b>189</b>
	<b>APÊNDICE C – Matriz de co-autoria entre os 25 países, 2004-2006 .....</b>	<b>190</b>
	<b>APÊNDICE D - Países colaboradores.....</b>	<b>192</b>
	<b>ANEXO A - Esquema de classificação de áreas da ciência.....</b>	<b>197</b>
	<b>ANEXO B - Periódicos brasileiros e respectivas abreviações .....</b>	<b>204</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A avaliação da atividade científica representa um processo fundamental em países onde a Ciência é financiada majoritariamente por investimentos públicos. Por serem limitados, a disponibilização desses investimentos pressupõe a competição entre diferentes setores da sociedade que recebem financiamento governamental. Para garantir a participação da Ciência na consecução dos objetivos econômicos, sociais e políticos do país e o necessário investimento financeiro, torna-se fundamental a avaliação da atividade científica.

Ao perceber a importância do conhecimento sobre C&T e a criação de indicadores científicos para avaliá-lo, Garfield (1979) enumerou razões para se estudar a Ciência, e, apesar do tempo decorrido desde a publicação daquele estudo, as preocupações apresentadas ainda são muito atuais. São elas: as correlações entre Ciência e Tecnologia; a consolidação e o controle da Ciência; a determinação de políticas futuras a respeito da educação científica; o papel da Ciência na guerra e na paz; o bom e mau uso da pesquisa; as responsabilidades recíprocas dos cientistas e da sociedade; e a formulação de uma política pública acerca da Ciência em geral. Os três primeiros pontos destacados por Garfield (1986) são fundamentais para o Brasil, que ainda se encontra em um estágio inicial de desenvolvimento científico e tecnológico. Na última década, a produção científica brasileira tem crescido em torno de 8% ao ano e já responde por 45% de toda a produção da América Latina (GLÄNZEL; LETA; THIJS, 2006), justificando o interesse e os esforços dispensados à prospecção de indicadores que auxiliem as políticas e as estratégias de C&T.

A avaliação é um processo que alia políticas de Ciência com os seus indicadores. Nessa perspectiva, o conceito de indicador científico abrange níveis diferentes de informações empíricas, que descrevem aspectos mensuráveis e apreciativos de um estado da atividade científica. Portanto, os indicadores têm um papel importante como base para sistemas de monitoramento e para procedimentos de avaliação. O monitoramento da Ciência pode ser feito através da sistematização de indicadores e de sua integração em um sistema de “contabilidade” (VELHO, 1986). A avaliação objetiva pode indicar tendências, responder o por que de as coisas estarem acontecendo de uma determinada maneira e quais são os fatores que fazem diferença para a atividade científica.

Dentre os indicadores de colaboração científica, encontram-se as medidas de co-autoria. “O número de publicações com co-autoria [...] tem sido utilizado como indicador da colaboração científica entre países, instituições e/ou cientistas” (LETA; CRUZ, 2003, p.150). A colaboração científica é observada desde o século XVII (BEAVER; ROSEN, 1978) e, apesar de a co-autoria ser um indicador parcial da interação entre duas ou mais pessoas (KATZ; MARTIN, 1997), diversos trabalhos medindo co-autoria relatam que razões geográficas, culturais, lingüísticas e históricas norteiam a colaboração científica entre nações (ZITT; BASSECOULARD; OKUBO, 2000; MATTHIESSEN; SCHWARZ; FIND, 2002; CUMBERS; MACKINNON; CHAPMAN, 2003), além de fatores como redução de custos e multidisciplinaridade (LETA; CRUZ, 2003). A co-autoria também pode ser usada como medida para indicar a interação entre academia, indústria e governo (DANELL; PERSSON, 2003), num modelo denominado *Triple Helix*, proposto por Leydesdorff (2003).

Uma das formas de estimar a colaboração científica é mensurar artigos publicados em co-autoria indexados nos bancos de dados do Institute for Scientific Information (ISI – Thomsom Scientific). Os indicadores levantados em bases de dados internacionais como o **Science Citation Index** (SCI) são relevantes para monitoramento da produção científica brasileira internacional, possibilitando uma estimativa de como o Brasil contribui com a Ciência *mainstream*. A colaboração científica internacional também é parcialmente estimada a partir de um banco de dados internacional. Isto se dá pelo fato de que o uso do ISI permite a comparação dos resultados com avaliações da produção e da colaboração científicas feitas em outras nações.

Este trabalho pretende contribuir para o entendimento da Ciência brasileira, avançando no conhecimento sobre as causas e as motivações da formação de redes de colaboração científica. Mediante análise de co-autoria das publicações brasileiras, indexadas nos bancos de dados produzidos pelo ISI, foi identificada a proveniência dos autores brasileiros e estrangeiros que publicaram em colaboração. As entrevistas com os pesquisadores envolvidos, bem como dados sobre as instituições e países parceiros, constituíram informações fundamentais para o entendimento das causas e da forma como a colaboração se estabelece.

Nos capítulos que seguem, descreve-se o contexto da Ciência e da produção do conhecimento científico no Brasil, além de uma revisão sobre a

colaboração científica e as redes de co-autoria. A seção de metodologia apresenta como a pesquisa foi desenvolvida em sua totalidade. O capítulo de resultados está dividido em duas partes: a primeira delas relata os resultados relacionados à produção científica brasileira – as áreas, idioma e periódicos de publicação dos artigos e as instituições de filiação dos autores. A segunda parte apresenta a colaboração científica em nível individual, institucional e internacional. As análises são aprofundadas em três áreas: Agricultura e Meio Ambiente, Física e Matemática. Por fim, aborda-se a colaboração científica na visão dos pesquisadores brasileiros, obtida a partir de questionários e entrevistas. As considerações finais e algumas recomendações encerram esta tese.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

Ao viver no tempo, o ser humano percebeu não só a conexão de certos fatos, como também a constância de seus comportamentos: um fato sempre sucedendo a outro. Era-lhe sumamente útil reconhecer a ligação entre esses fenômenos e isso por duas razões: de um lado, ele podia antecipar ou prever certos acontecimentos, ou seja, saberia que ocorrendo um fenômeno outro se lhe seguiria, e isso era interessante, pois seria possível provocar o primeiro fenômeno todas as vezes que se precisasse do segundo; de outro, poder-se-iam obviar os fenômenos adversos por meio da eliminação dos antecedentes. Daí surgem duas coisas: a possibilidade de estabelecer vínculos entre fenômenos, separando aqueles que realmente provocam o outro – e isto é ciência – e a possibilidade de prever coisas, o que também era sumamente prático, até mesmo por minimizar o desconhecido e, em conseqüência, reduzir o medo.

(VIEGAS, 2007, p. 45)

Este trabalho pretende contribuir para o entendimento da Ciência brasileira, fazendo avançar o conhecimento acerca das causas e das motivações da formação das redes de colaboração científica, mensuráveis através da co-autoria em publicações.

Ziman (1979) afirmou que as ligações intelectuais entre as idéias dos cientistas se estabelecem através de relações sociais, e, por isso, para compreender a natureza da Ciência é preciso observar a maneira como os cientistas se comportam, se relacionam, se organizam e como transmitem informações entre si. Sobre esse tema, o autor pontua alguns questionamentos: “De que maneira os

cientistas transmitem seus ensinamentos, se comunicam, promovem, criticam, honram, dão ouvidos e patrocinam uns aos outros? Qual é a natureza da comunidade à qual eles fazem parte?” (ZIMAN, 1979, p. 13). Os estudos realizados no âmbito da Sociologia da Ciência e da Cientometria ainda não responderam plenamente a essas questões, especialmente quando se trata da comunidade científica de países em desenvolvimento como o Brasil.

Recentemente, Glänzel, Leta e Thijs (2006) construíram um panorama da Ciência brasileira publicada em revistas indexadas pelo ISI. Os autores observaram que o Brasil é o país que registra o menor percentual de publicações com pelo menos um endereço internacional, entre os anos 1999 e 2003, quando comparado com outros países da América Latina como Argentina, Chile, México e Venezuela. Junto com os EUA, a Argentina é o mais importante parceiro dos pesquisadores brasileiros. Os autores demonstram que a colaboração entre universidades públicas e órgãos públicos é forte, e aumentou durante os períodos estudados (1991-1995 e 1999-2003). Entretanto, os laços entre universidade pública, órgão público e universidade e empresa privada, apesar de terem se ampliado consideravelmente no período, ainda são considerados fracos.

Tradicionalmente, a avaliação da produção científica é uma prática comum adotada por agências de fomento, ministérios e organismos ligados às políticas de C&T dos EUA e das nações mais produtivas da Europa. Tal avaliação tem-se revelado essencial para a construção de indicadores de C&T e posterior distribuição de investimentos, desenvolvimento de estratégias regionais e institucionais, e, é claro, a avaliação dos resultados de políticas implementadas. As práticas relacionadas aos indicadores de C&T têm despertado o interesse de outras nações, especialmente as que apresentam um rápido crescimento em relação ao *output* científico. Dentre essas nações, encontra-se a China (LEYDESDORFF; WAGNER, 2009), país que se dedica a essa temática há alguns anos e tem concentrado esforços para a criação de indicadores nacionais (BIHUI; ROUSSEAU, 2004; BIHUI et al., 2002; MOED, 2002).

Dentre os países da América Latina, o Brasil é líder em crescimento, registrando um percentual de 8% de incremento anual na base de dados (GLÄNZEL; LETA; THIJS, 2006). Ele ocupa o 15º lugar no *ranking* das nações que publicam em periódicos indexados pelo ISI (TANCREDI, 2008) e o 17º lugar no *ranking* de produtividade de países da SCOPUS, outra grande base de artigos científicos internacionais (SCImago, 2007). O país, entretanto, ainda mostra-se tímido em

relação à produção de indicadores de C&T, a despeito dos questionamentos suscitados pelo ritmo da ampliação de sua produção científica. Nesse contexto, algumas questões aguardam resposta: De que forma a comunidade científica brasileira tem aumentado o número de artigos publicados em revistas indexadas pelo ISI? O número de periódicos nacionais indexados tem crescido proporcionalmente ao número de artigos? Ou será que os pesquisadores brasileiros estão publicando em periódicos internacionais? A publicação internacional, prioritariamente em inglês, tem ocorrido mediante parcerias com pesquisadores estrangeiros? Como se estabelecem essas parcerias?

Packer e Meneghini (2006) realizaram a análise dos artigos brasileiros citados mais de 100 vezes no ISI entre 1994 e 2003 e demonstraram a importância que a colaboração científica internacional desempenha para o Brasil, visto que 84,3% desses artigos foram publicados em parceria com outros países. Apesar do aprofundamento registrado nos estudos sobre a colaboração, as pesquisas futuras precisam considerar fatores essenciais como a sua origem. Na opinião dos autores, essa investigação poderia ser baseada em entrevistas, tendo como foco a descoberta da origem da iniciativa, se partiu do Brasil ou do país parceiro. A tendência a escolher grupos de pesquisa consolidados para estabelecer a parceria é um fator que pode explicar parte do fenômeno da colaboração.

Além de mapear a colaboração internacional, Packer e Meneghini (2006) identificam departamentos, instituições e regiões com bom desempenho dentre a amostra avaliada. Para os autores, os indicadores de produção científica por instituição são fundamentais ao estabelecimento das políticas científicas nacionais, além de incentivar uma competição saudável entre as instituições.

Mugnaini, Jannuzzi e Quoniam (2004) ofereceram um diagnóstico alternativo ao dos bancos de dados do ISI. Os autores avaliaram a participação do Brasil na base de dados multidisciplinar francesa Pascal durante os anos 1990. Os resultados reforçam as conclusões sobre o aumento da produção científica brasileira, bem como a colaboração com outros países.

A proposta de realizar um estudo sobre o atual cenário da colaboração científica brasileira, através do mapeamento das redes de co-autoria, justifica-se, entre outras razões, pela necessidade de se conhecer como os pesquisadores brasileiros estabelecem parcerias, com quem colaboram e, ainda, pela possibilidade de comparar tais informações por área de conhecimento e países, a fim de identificar

especificidades nas publicações. As razões já mencionadas comprovam a necessidade de um aprofundamento do tema, partindo dos estudos empíricos quantitativos, realizados até então, para estudos qualitativos, através de entrevistas com os autores das publicações científicas. O período proposto para análise – 2004 a 2006, também representa um avanço em relação ao período avaliado por outros estudos (LETA; MEIS, 1996; GLÄNZEL; LETA; THIJS, 2006; PACKER; MENEGHINI, 2006).

À necessidade da análise qualitativa soma-se ao fato de a literatura nacional ser pouco expressiva na área de colaboração científica e, principalmente sobre redes de co-autoria, o que contrasta com a forte expansão do assunto na comunidade internacional. Com este trabalho, pretende-se contribuir para o avanço teórico-conceitual da área em questão no Brasil, examinando conceitos, definições, relacionando e apresentando motivações e razões para a co-autoria científica.

A partir das considerações expostas, identifica-se como problema desta pesquisa a seguinte indagação: **Quais fatores são associados à colaboração científica brasileira representada no ISI e quais as características atuais das parcerias estabelecidas, estimadas pelas co-autorias?**

## 1.2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos geral e específicos desta investigação.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Identificar os fatores associados à colaboração científica no Brasil através da co-autoria estabelecida entre os pesquisadores vinculados à instituições brasileiras e entre estes pesquisadores e os vinculados à instituições estrangeiras, que publicaram em revistas indexadas pelo ISI entre os anos 2004 a 2006.

### 1.2.2 Objetivos específicos

De modo mais concreto, este estudo abrange os seguintes objetivos específicos:

- a) caracterizar a produção científica brasileira representada no ISI em relação às áreas do conhecimento, idioma, periódicos usados para publicação e as instituições de filiação dos autores;
- b) examinar a co-autoria brasileira em diferentes níveis: nacional, interinstitucional, internacional;
- c) analisar os co-autores nacionais em relação à sua distribuição geográfica e institucional;
- d) analisar a co-autoria internacional quanto à sua distribuição geográfica;
- e) analisar a produção científica brasileira em co-autoria de acordo com a área do conhecimento e periódicos usados para publicação;
- f) identificar os motivos que levam os cientistas brasileiros a colaborar;
- g) analisar como acontece a interação entre os cientistas brasileiros na comunidade científica.

### 1.3 HIPÓTESES

A seguir, são apresentadas as hipóteses verificadas nesta pesquisa:

H<sub>1</sub>: o crescimento do número de artigos brasileiros no ISI está relacionado ao crescimento do número de artigos publicados em co-autoria;

H<sub>2</sub>: a existência de redes de co-autoria está relacionada ao idioma e à proximidade geográfica entre instituições e países;

H<sub>3</sub>: a colaboração científica internacional inicia-se a partir de iniciativa do pesquisador brasileiro através de um vínculo presencial.



## 2 A CIÊNCIA E A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A Ciência tem suas raízes no início da sociedade humana, no entanto, tal como a conhecemos hoje, sua origem data do século XVI, derivada de especulações de mágicos, padres e filósofos e das operações práticas dos artesãos, segundo Bernal (1939). Em sua obra **The Social Function of Science**, o autor apresenta a Ciência como parte integrante da civilização desde os primórdios e aborda aspectos da sua história e desenvolvimento, da organização e aplicação da pesquisa científica, sobre o treinamento dos cientistas, sua organização e a comunicação científica, além das transformações sociais promovidas pela Ciência. Na opinião de Bernal (1939), a Ciência está a serviço do homem e tornou-se parte integrante da vida material e econômica. Foi ela que colocou nas mãos do ser humano o gosto por ter suas necessidades materiais satisfeitas e, também, as idéias que possibilitam-lhe entender, coordenar e satisfazer necessidades na esfera social e cultural.

Ziman (1979) afirmou que a Ciência pertence à ordem do intelecto humano, possui um escopo e um conteúdo bem definidos e conta com praticantes profissionais, os cientistas. Na tentativa de uma definição do que é Ciência, o autor enumerou algumas concepções populares: “a ciência é o domínio do meio ambiente”; “a ciência é o estudo do mundo material”; “a ciência é o método experimental”; e “a ciência alcança a verdade através de inferências lógicas baseadas em observações empíricas”. Essas conhecidas definições para Ciência são, no entanto, incompletas e falhas na opinião de Ziman (1979). O autor justifica dizendo que muitas teorias complexas às vezes se baseiam em observações e experimentos simples que podem não caracterizar o método experimental e, tampouco, levar a inferências confiáveis. Quando mencionam meio ambiente e mundo material as definições excluem a Sociologia, a Psicologia e a Matemática Pura, disciplinas reconhecidamente científicas.

A Ciência é feita por um grande grupo de pessoas que partilham entre si o trabalho investigativo, mas também fiscalizam permanentemente as contribuições de cada um dos componentes do grupo. Seguindo essa idéia, Ziman (1979) propôs uma definição para Ciência, que abarca a idéia da avaliação pela qual os fatos e teorias passam antes de serem publicados e universalmente aceitos como

conhecimento científico. Segundo o autor, “ciência é conhecimento público”, pois ela não é feita com os experimentos de um único cientista, mas sim com os de toda uma comunidade de cientistas, que precisa ser convencida da veracidade de qualquer descoberta científica. O conceito de conhecimento público implica ainda, segundo o autor, a existência de instituições educativas, na quais o conhecimento possa ser transmitido de geração a geração.

Ziman (1979) apresenta a Ciência como uma atividade eminentemente social, e, dentro desse contexto, o contato informal entre cientistas, as conversas com os colegas, o trânsito em conferências e seminários e em outras universidades compõem o ambiente onde ela acontece. Dentro desse ambiente, os cientistas manifestam um comportamento, que pode variar de acordo com a área de conhecimento. Em todas as áreas, entretanto, a busca pela descoberta científica é intensa e envolvente, tornando o cientista fiel à sua comunidade e ao colégio invisível a que pertence.

Para Solla Price (1976), a mudança na forma de trabalhar do cientista marca a transição da Pequena Ciência para a Grande Ciência. Em sua obra **Little Science, Big Science**, publicada originalmente em 1963, o autor afirma que a imagem do cientista como gênio solitário, trabalhando no sótão ou no porão já era simplista para a época. O autor lançou a idéia de que a Ciência é feita por grupos, e que grupos distintos de colégios invisíveis mantêm trocas constantes de informações a respeito das suas pesquisas, mesmo quando esses cientistas estão localizados em instituições e países diferentes. A expressão colégios invisíveis designa cientistas que trabalham nas fronteiras da Ciência e que se reúnem formal ou informalmente para trocar idéias. Nessas ocasiões, novos experimentos e descobertas ainda não publicadas são compartilhados entre os pesquisadores presentes, e a discussão de idéias estreita os laços entre os participantes do grupo.

Várias hipóteses referentes à estrutura das relações entre cientistas têm sido propostas. Nas palavras de Crane (1972, p. 41): “[...] os mais importantes indicadores da organização social em uma área de pesquisa [são]: a discussão informal das pesquisas, a publicação em colaboração, o relacionamento entre os professores e a influência dos colegas na definição dos problemas e técnicas de pesquisa”. Segundo a autora, foi Kuhn (1997) quem afirmou que os cientistas desenvolvem definições em comum de seu trabalho, paradigmas para interpretar

resultados obtidos e orientar novas pesquisas. Ou seja, os cientistas se adaptam a expansão de conhecimentos nos seus campos, “[...] formando organizações sociais baseadas em interpretações comuns da situação” (CRANE, 1975, p.37). A exploração e o desenvolvimento de uma idéia ou teoria nova é um dos possíveis motivos da formação de um colégio invisível (ZIMAN, 1979).

Schwartzman (2001, p.23) afirma:

Em sentido lato, uma “comunidade científica” pode ser entendida como um grupo de indivíduos que compartilham valores e atitudes científicas, e que se interrelacionam por meio das instituições científicas a que pertencem. Diz-se que uma comunidade científica é formada por indivíduos que têm em comum habilitações, conhecimentos e premissas tácitas sobre algum campo específico do saber. Nessa comunidade, cada indivíduo conhece seu campo específico e algo das áreas adjacentes. Há uma certa sobreposição do trabalho e das especialidades, e ninguém possui uma compreensão exaustiva e sistemática de todo o campo.

Obras mais recentes apresentam definições complementares ao entendimento da Ciência. Para Viegas (2007, p.33), a Ciência é um processo social, intersubjetivo, histórico e inacabado: “Social e intersubjetivo porque a percepção de vários sujeitos garante a validade da percepção do cientista individual; histórico e inacabado porque a falibilidade da experiência sensível obriga o cientista a buscar sempre novas evidências a fim de corroborar suas percepções”.

De acordo com Kneller (1980), a Ciência é a busca do conhecimento da natureza e sua interpretação, abrangendo uma série de elementos, como, por exemplo, o método de pesquisa com o objetivo de proporcionar uma justificativa para a ordem existente na natureza. No entendimento de Freire-Maia (1997), Ciência é um conjunto de interpretações e teorias resultantes da aplicação de uma metodologia específica, cujo objetivo é o conhecimento de uma situação.

O método científico foi reconhecido com a publicação da obra fundamental da Ciência moderna, **O Discurso sobre o Método**, de René Descartes, em 1637. Conforme Meis (2002), foi a partir do século XVII, com a instauração do método científico, que se iniciou a institucionalização da Ciência.

De acordo com Schwartzman (2001), a Ciência experimental se desenvolveu fora das universidades tradicionais como Oxford, Cambridge e Paris, que eram centros destinados aos estudos clássicos como Direito e Teologia e que

consideravam a Ciência empírica uma atividade secundária. Na Inglaterra, os cientistas se reuniam na *Royal Society*, fundada em 1660, e, na França, o ponto de encontro era a *Academie des Sciences*, criada em 1666, com o objetivo de resolver problemas propostos pelos ministros do rei. Segundo Beaver e Rosen (1978), foi na França que a Ciência iniciou a sua profissionalização, pois o país ofereceu as raízes para o treinamento formal de cientistas, os modernos laboratórios de pesquisa e a especialização da Ciência. Enquanto na França e na Itália a pesquisa era realizada em grupos, mesmo sem a liberdade para a escolha dos parceiros, a Inglaterra manteve a Ciência individualista. Esses centros sofreram profundas transformações no fim do século XVIII. Foi a partir do século XIX que a relação entre a Ciência e a universidade se estabeleceu. A Alemanha introduziu a pesquisa científica na universidade e passou a dominar o contexto científico mundial, exercendo uma forte influência sobre o sistema de educação superior nos EUA, que atingiu seu auge no século seguinte.

Enquanto diversos países experienciavam a efervescência da Ciência, da pesquisa científica e das universidades, em Portugal o sistema educacional era rigidamente controlado pelos jesuítas, que eram também confessores e líderes espirituais da família real. A história revela que cerca de 57% dos condenados na Inquisição pertenciam à classe superior ou eram intelectuais. Foi somente a partir de 1750 que alguns diplomatas que retornaram de Londres e de Paris perceberam que o país se encontrava atrasado em relação a outras nações. Em 1771, Sebastião José de Carvalho e Melo, conhecido como Marquês do Pombal, fundou em Lisboa o Colégio dos Nobres, e, posteriormente, foi um dos responsáveis pela reforma na Universidade de Coimbra (SCHWARTZMAN, 2001). A demora na chegada da Ciência em Portugal pode explicar a falta de participação histórica dos países ibéricos no desenvolvimento científico e, também, a forma como a Ciência chegou ao Brasil.

## 2.1 A CIÊNCIA BRASILEIRA

Ao contrário de nações como a França, Holanda e Inglaterra, que transferiram alguma forma de Ciência para os territórios e as nações que ocuparam,

o Brasil não recebeu o mesmo legado de Portugal, que não tinha desenvolvido uma tradição científica própria. Entretanto, Portugal disputou com outras nações a posse do território brasileiro, e, entre 1630 e 1661, a Holanda controlou o Nordeste, tendo como base a cidade de Recife. Logo, foram os holandeses que trouxeram para o Brasil pessoas dedicadas aos estudos da Geografia, da Zoologia e da Botânica. Era basicamente uma Ciência descritiva, praticada por viajantes estrangeiros (SCHWARTZMAN, 2001).

Em 1772, foi fundada, no Rio de Janeiro, a Sociedade Científica, que tinha por objetivos disseminar conhecimentos científicos através de conferências públicas sobre Botânica, Zoologia, Química, Física e Mineralogia. Mas foi somente em 1797 que a primeira instituição de pesquisa oficial foi fundada, sob a ordem do Rei de Portugal. Tratava-se de um Jardim Botânico em Belém do Pará, utilizado para a aclimação de plantas.

A partir da chegada da família real portuguesa é que começaram a surgir institutos técnicos e atividades de pesquisa mais sistemáticas. Em 1808, já haviam sido criadas várias instituições: a Academia de Guardas-Marinha, no Rio de Janeiro; o Colégio Médico-Cirúrgico da Bahia e a Escola Médico-Cirúrgica do Rio de Janeiro, a Biblioteca Nacional, o Jardim Botânico do Rio de Janeiro e a Escola Central, que seria a primeira escola de Engenharia do Brasil. Mais tarde, surgiram o Laboratório Químico-Prático, considerado o primeiro centro brasileiro de Química Industrial e o Museu Nacional. As autoridades governamentais do Império mantinham o sistema educacional fortemente centralizado. Porém, conforme Schwartzman (2001, p. 13): “Apesar destas limitações e da falta de autonomia, foi nas instituições de ensino superior que surgiram várias das primeiras tradições de trabalho de pesquisa científica no Brasil, nas áreas das Ciências Físicas e Biológicas”.

De acordo com Canto (2006), em 1858 iniciou-se a colaboração com a Academia Francesa nas áreas de Matemática e Ciências Físicas, com o objetivo de apoiar as atividades desenvolvidas no Observatório Imperial do Rio de Janeiro. A Alemanha foi parceira para a área de Medicina Sanitária, e, posteriormente, para a de Pesquisa Biomédica, com enfoque para a produção de vacinas e o estudo de doenças endêmicas no Instituto Vacinogênico, Instituto Bacteriológico em São Paulo e Instituto Manguinhos, no Rio de Janeiro. Nas áreas de Geologia e de Mineralogia, desenvolveu-se parceria com acadêmicos norte-americanos. As colaborações se

davam através da vinda de especialistas estrangeiros, para ensino e pesquisa, e também através da ida de pesquisadores brasileiros ao exterior para estudo e aperfeiçoamento. A concessão da primeira bolsa da Fundação Rockefeller a um pesquisador brasileiro aconteceu em 1915, e, depois dela, várias outras instituições internacionais passaram a participar de projetos. Segundo Canto (2006), muito antes da criação da primeira universidade no Brasil já era evidente a ligação dos cientistas brasileiros com academias estrangeiras.

A primeira universidade brasileira, a Universidade do Brasil, atual Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), foi criada apenas em 1920. Entretanto, na opinião de Schwartzman (1988), a universidade só se concretizou realmente em 1939. Antes dessa consolidação, foi fundada a Universidade de São Paulo (USP) em 1934 e a Universidade do Distrito Federal, em 1935, por Anísio Teixeira. A expansão do sistema de ensino superior ocorreu apenas durante a Nova República, quando foram criadas 22 universidades públicas federais e outras tantas privadas (OLIVEN, 2002).

A tardia institucionalização do ensino superior, assim como as dificuldades econômicas do país, levaram a um crescimento lento e desorganizado da Ciência. Meis e Leta (1996) sugerem que o processo de institucionalização da pesquisa científico-tecnológica brasileira iniciou-se no século XX, portanto dois séculos após a Europa e os Estados Unidos, em consequência de aspectos históricos da colonização. Na opinião de Schwartzman (2001), a cultura brasileira incorporou a idéia progressista de Ciência dominante nas nações européias e nos EUA. Faltou, porém, incorporar outro componente, também essencial: a existência de setores da sociedade que vissem no desenvolvimento da Ciência e na expansão da educação o caminho para o seu próprio progresso.

A primeira agência de fomento à Ciência, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), surgiu na década de 1950. A criação de um grande número de cursos de pós-graduação a partir dos anos 1970 representou um grande avanço para o desenvolvimento da Ciência. Diversos autores, entre eles Witter (1989), concordam que a produção científica de um país, e especialmente do Brasil, está relacionada à atuação dos cursos de pós-graduação, tanto pelo fazer científico dos mesmos quanto pelo seu papel na formação de pesquisadores que irão atuar em outras entidades universitárias.

Segundo Meadows (1999), a opinião de que os cargos docentes deveriam exigir competência tanto para ensinar quanto para pesquisar desenvolveu-se de forma gradativa ao longo do século XIX, tendo a Alemanha como pioneira na implantação de programas de formação de pesquisadores profissionais. Aos poucos, o exemplo foi seguido por outros países. Nos Estados Unidos, as escolas de pós-graduação foram criadas a partir de 1870. Na França, a pós-graduação tardou a surgir, tendo início somente no século XX.

A Lei 5.540/68, conhecida como a da “Reforma Universitária”, institucionaliza a pós-graduação no Brasil e favorece as condições para a realização das atividades de pesquisa nas universidades. De acordo com Castro (1986), os objetivos da pós-graduação eram: formar professores para o ensino superior; preparar pessoal de alta qualificação para as empresas públicas e particulares; estimular estudos e pesquisa que buscassem o desenvolvimento do país. Na opinião de Oliven (2002, p.39):

Ao estabelecer a indissociabilidade das atividades de ensino, pesquisa e extensão, o regime de tempo integral e a dedicação exclusiva dos professores, valorizando sua titulação e a produção científica, essa Reforma [a Universitária] possibilitou a profissionalização dos docentes e criou as condições propícias para o desenvolvimento tanto da pós-graduação como das atividades científicas no país.

Conforme Castro (1986), a pós-graduação brasileira teve início na região Sudeste. Algumas áreas, como a Física e as Ciências Biológicas, estavam estabelecidas e ofereciam programas de mestrado e doutorado em 1965, três anos antes da promulgação da Lei 5.540. As Ciências Sociais contavam com um programa de mestrado e doutorado, e as áreas de Engenharia, de Educação e as profissões agroindustriais ofereciam curso de mestrado. No final do ano de 1996, foi aprovada a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que atualiza as diretrizes da Lei da Reforma Universitária para a graduação e pós-graduação, prevendo variados níveis de abrangência e especialização nos estabelecimentos públicos e privados de ensino superior.

De acordo com Canto (2006), foi também a partir da década de 1970 que iniciou-se a integração entre instituições latino-americanas, preocupadas basicamente com temas regionais. Como consequência, o Brasil assinou vários protocolos com a Argentina no final dos anos 1980, dando início à colaboração nas

áreas de Informática, de Biotecnologia e de Química Fina, entre outras. Os programas bilaterais e multilaterais, estabelecidos a partir da metade dos anos 1970, tiveram como intuito básico a formação de recursos humanos nacionais. Como resultado destes programas de formação de recursos humanos emergiu um novo tipo de colaboração internacional, denominado por Canto (2006) de colaboração institucional madura, que pode ser também chamado de cooperação científica e tecnológica, parceria horizontal ou colaboração simétrica. Esses projetos, segundo a autora, têm como pressuposto básico a formação de recursos humanos e o desenvolvimento de projetos de interesse comum, buscando oportunizar compromissos estratégicos e duradouros ao invés das colaborações eventuais e de curto prazo.

De acordo com Castro (1986), quanto mais ativo e produtivo o ambiente científico, mais freqüentes e rigorosas são as rotinas de avaliação vigentes. Segundo o autor, nos países que lideram o mundo da Ciência se cultiva um emaranhado sistema de apreciação de propostas, instituições, grupos, pesquisas e cursos:

Há duas grandes vertentes nos processos de avaliação. A primeira, mais usual, é a avaliação pelos pares, fortemente ancorada na reputação adquirida pelo avaliado. A segunda deriva-se de critérios mais quantitativos, desembocando na Bibliometria e Cientometria. Previsivelmente, as alternativas mais interessantes parecem residir em combinações dos dois métodos. (CASTRO, 1986, p. 28).

A utilização das técnicas de medição da ciência tem algumas décadas de existência, não estando, assim, completamente consolidada. (SPINAK, 1998; SANCHO, 1990). A preocupação em acompanhar a tendência mundial de avaliação de C&T fez com que o Brasil trabalhasse na criação de diferentes tipos de bases de dados. Essas bases dão suporte para a desejada visibilidade da produção científica nacional, a partir de resultados de pesquisa, pesquisadores e instituições. Entre os exemplos de amplo reconhecimento está a SCIELO, a Plataforma Lattes, o Diretório dos Grupos de Pesquisa e os bancos de dados de patentes produzidos pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Além das bases para coleta e organização de dados relativos à CT&I, diversos pesquisadores têm trabalhado na prospecção de indicadores de *input* e *output* da Ciência nacional.

Utilizando como base os bancos de dados do ISI, Fernando Haddad e Jorge Guimarães, então ministro da Educação e presidente da CAPES, respectivamente, comemoraram o posicionamento do Brasil em 15º lugar no *ranking* de produção



científica mundial em 2007, respondendo por 2,02% dos artigos indexados pelo ISI. Na opinião das autoridades, os responsáveis por esse crescimento foram os programas de iniciação científica, o fortalecimento da pós-graduação, a formação de grupos de pesquisa, as cooperações internacionais e o Portal de Periódicos da CAPES (TANCREDI, 2008).

Glänzel, Leta e Thijs (2006) também registram o crescimento da Ciência brasileira no *ranking* mundial; destacam, porém, os problemas no sistema educacional e na Ciência nacional. Quando a colaboração internacional é analisada, os autores observaram que o Brasil é o país que apresenta a menor fração de colaboração internacional entre os anos 1999 e 2003, quando comparado com Argentina, Chile, México e Venezuela. Diferentemente dos outros países latino-americanos, as publicações brasileiras em colaboração internacional não cresceram em relação ao período 1991-1995. Para os autores, esses resultados podem ser atribuídos ao fato de os pesquisadores brasileiros terem recebido incentivos para colaborar internacionalmente durante os anos 1980, o que não se repetiu no início do ano 2000. EUA e Argentina são os mais importantes parceiros dos pesquisadores brasileiros.

Alguns desses dados sobre colaboração confirmam estudo anterior realizado por Leta e Chaimovich (2002). Em 2002, os autores haviam afirmado que os EUA aparecem em 40,5% das publicações brasileiras em colaboração, no período de 1981-2000. O número de publicações com pelo menos um país da América Latina registrava crescimento e representava cerca de 10% dessas. As análises mostraram que colaborações entre países do Hemisfério Sul são limitadas e que os cientistas de países em desenvolvimento tendem a colaborar intensivamente com colegas do Hemisfério Norte. Dando continuidade à pesquisa, Leta, Glänzel e Thijs (2006) categorizaram a produção científica de acordo com a autoria: universidades públicas, órgãos públicos e empresas e universidades privadas. Os resultados mostram que a colaboração entre universidades públicas e órgãos públicos é forte e cresceu durante os períodos estudados (1991-1995 e 1999-2003). Porém, os laços entre universidade pública, órgão público e universidade e empresa privada, são considerados fracos apesar de terem aumentado consideravelmente no período.

Os resultados da pesquisa sobre colaboração internacional desenvolvida por Glänzel e Schubert (2004) evidenciaram que, dentre os 50 países mais produtivos no ISI, Brasil e Argentina formam um pequeno *cluster*, o que pode indicar alguma semelhança quanto ao comportamento de publicação dos dois países.

Ao pesquisar a produção científica brasileira nas bases de dados do ISI entre 1981 e 1993, Meneghini (1996) constatou um incremento de 40% na produção de artigos durante o período. O percentual é bem superior ao apresentado pelos outros países, onde a produção científica ampliou-se ao nível de 0,29% em 1981 e 0,65% em 1994. Segundo o autor, os números surpreendem já que houve uma redução dos investimentos feitos em Ciência no Brasil entre 1986 e 1992. Entretanto, de 1981 a 1993, enquanto o número de artigos publicados por um único autor se manteve estável, a quantidade de artigos em colaboração nacional e internacional cresceu em até 250%. Tal resultado levou a conclusão de que o aumento na produção científica brasileira indexada no ISI é uma consequência da colaboração científica nacional e internacional. Em relação às citações, o autor apresenta resultados que revelam que trabalhos em colaboração internacional são 4 vezes mais citados do que os trabalhos em colaboração nacional, que têm, por sua vez, um impacto 1,6 vezes maior do que trabalhos escritos por um único autor.

Comparando a produção científica brasileira indexada no ISI entre 1981 a 1990, Leta e Chaimovich (2002) encontraram um aumento de 21,6% para 26,7% nas publicações em colaboração internacional. Porém, esse percentual estabilizou-se depois de 1993 enquanto o número total de publicações brasileiras continuou a crescer de forma constante, levando os autores a afirmar que a colaboração científica internacional não explica sozinha o incremento na produção científica brasileira indexada no ISI. O efeito da colaboração, entretanto, também foi observado nas citações recebidas. As publicações brasileiras em colaboração têm um impacto 40% maior do que aquelas escritas por autores individuais.

Os parágrafos anteriores resgatam alguns marcos e aspectos da Ciência e o seu surgimento no Brasil e, também, resgatam um panorama da produção científica brasileira. Os dados históricos são fundamentais para entender o contexto científico atual, mas outras abordagens são também importantes para ampliar o entendimento sobre o tema. Torna-se mais fácil entender a Ciência como atividade social através da visão dos autores e das noções da Sociologia da Ciência.

## 2.2A SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

A Ciência e a investigação científica só se constituíram em área de pesquisa dos sociólogos e cientistas sociais à medida que a evolução histórica e o crescimento desse setor de atividade começaram a apresentar um processo de efetiva institucionalização social. Como já comentado, a institucionalização da Ciência e da Tecnologia é um fenômeno relativamente recente, vinculado às formas atuais de estrutura e organização sociais. Com efeito, as sociedades modernas têm na Ciência e na técnica uma de suas dimensões básicas, ou, em outras palavras, uma de suas instituições fundamentais. Há muito tempo o trabalho científico deixou de ser tarefa de sábios isolados e fruto de gênios, ou inspiração estritamente pessoal, e passou a ser uma atividade planejada, que demanda investimentos e recursos e faz parte das políticas de desenvolvimento dos países.

De acordo com Rodrigues Júnior (2001), o surgimento da Sociologia do Conhecimento esteve vinculado à necessidade de mapear e de demarcar uma distinção entre conhecimento objetivo e conhecimento subjetivo. A área arbitrava sobre o que considerava conhecimento puro (exato, verificável, generalizável) ou conhecimento impuro (inexato e de verificabilidade particularizada). Entretanto, a Sociologia do Conhecimento não foi completamente entendida no momento em que foi proposta, e, por isso, foi criticada por diversos pesquisadores, entre eles Robert Merton. O termo “conhecimento” era muito abrangente na concepção de Merton, por englobar diversos tipos de enunciados e pensamentos, que vão desde folclóricos até a rigorosa Ciência positiva (RODRIGUES JÚNIOR, 2001). Assim, Merton ampliou a concepção da Sociologia do Conhecimento a uma área que se ocupasse das análises científicas: a Sociologia da Ciência.

Segundo Ben-David (1975, p. 15), a Sociologia da Ciência “[...] trata do estudo interacional da comunidade científica, ou, mais concretamente, das redes de comunicação e das relações sociais entre cientistas que trabalham em certos campos, ou em todos os campos”. Ainda segundo o autor:

A Sociologia da Ciência estuda os modos pelos quais a pesquisa científica e a difusão do conhecimento científico são influenciadas pelas condições sociais, e, por seu turno, influenciam o comportamento social. Trata de problemas como: condições de aparecimento da ciência moderna numa pequena parte das

sociedades humanas; diferença no seu incremento em sociedades distintas; efeito das instituições econômicas, políticas e religiosas e do sistema de classe na organização do trabalho científico; influência da definição do papel do cientista, estrutura dos grupos de laboratório, organizações disciplinares, institutos científicos, sistemas nacionais de pesquisa científica e rede de comunicações de cientistas, sobre a produtividade e criatividade científicas. Cuida também do efeito de diferentes tipos de trabalho científico (tais como trabalho básico *versus* trabalho aplicado; disciplinar *versus* interdisciplinar etc.) sobre estas estruturas sociais e, finalmente, da importância da Ciência na organização da economia (sua influência sobre a produtividade é um assunto da ciência econômica), na política, religião e formação das idéias. (BEN-DAVID, 1975, p.1-2).

Por sua vez, Merton também recebeu várias críticas, entre elas, a de admitir plena autonomia da Ciência quanto à produção do conhecimento em si, não aceitando a possibilidade da interferência de conteúdos sociais e psicológicos na prática científica. Segundo Rodrigues Júnior (2001), essa perspectiva surgiu somente com a **Estrutura das Revoluções Científicas**, publicado originalmente em 1962 por Thomas Kuhn (1997). A idéia de que não é a teoria ou o método científico que desempenham um papel fundamental na produção científica, mas antes o contexto em que o trabalho se desenvolve foi a tônica da corrente vinculada ao trabalho de Bruno Latour, Steve Woolgar e Karin Knorr-Cetina.

Latour e Woolgar (1997) introduziram a idéia de que não é preciso ser um especialista para se falar de Ciência e defenderam a importância de o antropólogo ir a campo em um trabalho de Etnografia, a fim de desvendar o meio em que vive o cientista, fazendo uma “[...] observação de primeira mão do trabalho do saber [...] sem usar o que eles [os cientistas] dizem para explicar o que fazem” (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 25). Os autores se aproximaram da Ciência e contornaram o discurso do cientista, conseguindo explicar como acontece a Ciência dentro de um laboratório. Latour permaneceu independente e à distância durante os dois anos que passou em um Laboratório de Neuroendocrinologia do Instituto Salk, na Califórnia, realizando observação dos cientistas. A partir da década de 1970, os estudos sociais da Ciência se diversificaram. Na opinião de Rodrigues Júnior (2001, p.22):

A Sociologia do Conhecimento, a Sociologia do Conhecimento Científico, ou ainda, a Sociologia da Ciência, distinções, estas, que parecem ter perdido importância nas sociedades chamadas pós-modernas, [...] têm sido convidadas a compreender e a explicar a Ciência, não apenas como uma forma de produção de conhecimento

das sociedades modernas, [...] mas como um fenômeno social, que transcende o *logos* individual, e que envolve dimensões tais como a ideologia, a cultura, a política e a economia.

A idéia de que o crescimento da Ciência também tem efeito no desenvolvimento econômico e/ou social levou ao interesse geral na política da Ciência e às tentativas de mensurar as forças consumidas na pesquisa, como recursos humanos e verbas. Assim, iniciou-se a medição da produção científica, e o interesse por ela tornou-se contínuo e profissional. Ao invés de contar descobertas, que são difíceis de identificar, tem havido uma tendência crescente de identificar publicações.

Na opinião de Solla Price (1976, p. 39):

Deixando de lado os julgamentos de valor, parece clara a importância de se dispor de uma distribuição que nos informe sobre o número de autores, trabalhos, países ou revistas que existem em cada categoria de produtividade, utilidade ou o que mais desejarmos medir. Em vez de tentar obter com precisão a definição do que contamos num crescimento exponencial, podemos fazer uma contagem bruta e interpretá-la por meio dessa distribuição.

Segundo Solla Price (1976), os cientistas tendem a se congregarem em campos de estudo, em instituições, em países e no uso de determinadas revistas. Assim, a contagem bibliométrica dos trabalhos científicos e técnicos e a de seus autores, revistas e citações, fornece estimativas da contribuição individual, institucional e nacional, incluindo aspectos de impacto e visibilidade. O conhecimento acerca das instituições sociais da Ciência e sobre a psicologia do cientista é um fator que deve ser levado em consideração nas análises quantitativas. O contexto onde o cientista está inserido, a instituição à qual ele está vinculado, o grupo e a comunidade aos quais ele pertence são fatores importantes e que não podem ficar de fora da interpretação das análises bibliométricas.

Ben-David (1975) menciona a mudança da concepção de Ciência, primeiramente feita por grupos de laboratório e, finalmente, para as redes de comunicação que compreendem distintos campos de pesquisa. Embora a Ciência seja praticada por indivíduos, o conhecimento científico é produto de um grupo, de uma comunidade (KUHN, 1997). A idéia de uma comunidade científica trabalhando na solução de um conjunto de problemas inter-relacionados pode ser traduzida em um

modelo de redes de comunicação relativamente fechadas, em que as pessoas trocam informações umas com as outras, e proporcionalmente contribuem para o conhecimento que é resultado do trabalho de um grupo de pesquisadores. Segundo Ben-David (1975), essa relação pode ser investigada de modo empírico pela análise de citações ou de pesquisas por meio de entrevistas com cientistas. Em uma reflexão atual sobre as redes de colaboração científica, Beaver (2001) afirmou que, a partir do desenvolvimento da área de Física de Altas Energias, o modelo *teamwork* ou colaborações gigantes se espalhou para a Biologia Molecular e para a pesquisa Biomédica em projetos como o Projeto Genoma. Esse modelo representa um novo paradigma para a estrutura organizacional da pesquisa científica.

### 3 A COLABORAÇÃO CIENTÍFICA

A colaboração entre duas pessoas é um processo social e de interação humana que pode acontecer de diversas formas e por diferentes motivos. Na Ciência, a colaboração torna-se ainda mais complexa e seu entendimento está longe de ser alcançado. Os primeiros estudos sobre o tema datam do final da década de 1950, e, desde então, diversos autores têm-se dedicado ao estudo da colaboração científica em todos os seus níveis – micro, meso e macro – apresentando estudos específicos por países e áreas do conhecimento e buscando as definições conceituais e as motivações que levam os cientistas a colaborar, entre outras abordagens. Alguns desses estudos são brevemente relatados aqui com a intenção de contextualizar os resultados expostos no Capítulo 5.

A palavra “colaboração”, segundo a definição encontrada no **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa** (2001, p.97), significa: “Cooperação, ajuda, auxílio, participação em obra alheia”. O conceito é amplo e, em se tratando de colaboração científica, não existe um consenso entre a comunidade sobre como considerar o auxílio prestado por outra pessoa. Essa é uma avaliação que pode variar muito de acordo com a área do conhecimento e, até mesmo, conforme a percepção pessoal do cientista. Na concepção clássica, dois cientistas colaboram quando compartilham dados, equipamentos e/ou idéias em um projeto, que resulta, geralmente, em experimentos e análises de pesquisa publicados em um artigo (KATZ; MARTIN, 1997). Entretanto, uma pessoa também pode ser considerada um colaborador porque forneceu materiais ou foi responsável por ensaios simples.

Wuchty, Jones e Uzzi (2007) afirmam que, apesar da História, da Sociologia da Ciência, das instituições e de prêmios, como o Nobel, enfatizarem os gênios individuais na descoberta científica, alguns estudos têm explorado a transferência do modelo individual de Ciência para o modelo coletivo, denominado *teamwork model*. Em uma pesquisa com 19,9 milhões de artigos indexados no ISI em mais de 5 décadas e 2,1 milhões de patentes, os autores demonstraram que a produção de conhecimento passou a ser dominada por grupos ao invés de autores isolados. As equipes produzem pesquisas que são, geralmente, mais citadas e têm mais impacto, e essa vantagem ampliou-se ao longo dos anos.

A colaboração científica tem sido definida como dois ou mais cientistas trabalhando juntos em um projeto de pesquisa, compartilhando recursos intelectuais, econômicos e/ou físicos. Entretanto, conforme Bordons e Gómez (2000, p.198): “O escopo e tipo da contribuição de cada um dos colaboradores pode ser muito diferente: expressar uma opinião, trocar idéias e dados, trabalhar junto durante o decurso de um projeto, trabalhar separadamente em partes diferentes de um projeto com o objetivo de integração final, e outras tantas”.

Segundo Katz e Martin (1997, p.7), a colaboração científica: “[...] pode ser definida como o trabalho conjunto de pesquisadores para atingir um objetivo comum de produzir novos conhecimentos científicos”. Considerando que a pesquisa básica é feita por pesquisadores no mundo inteiro, então, a comunidade internacional poderia ser considerada um grande grupo de colaboradores que troca idéias sobre os novos experimentos a serem realizados, hipóteses a serem testadas, discute como relacionar os últimos experimentos com modelos teóricos, entre outras atividades. Nesse sentido, os autores questionam o quão perto os pesquisadores precisam trabalhar para que o estudo desenvolvido em comum seja considerado uma pesquisa em colaboração científica. A resposta oferecida por Katz e Martin (1997) é que a comunidade mundial que faz pesquisa básica não interage diretamente em sua totalidade. Alguns pesquisadores se conhecem, mantêm relações formais e informais, pesquisam e escrevem em colaboração, porém, nem todos os pesquisadores são alcançados e têm ligações na rede mundial. Por esse motivo, a comunidade mundial não é considerada uma rede de colaboração.

O colaborador pode ser qualquer indivíduo que dá um *input* para uma parte da pesquisa. Em outro extremo, também pode ser considerado colaborador aquele que contribuiu diretamente para a pesquisa durante todo o seu curso de duração. Katz e Martin (1997) sugerem que sejam colaboradores os sujeitos que trabalham juntos ao longo do projeto ou durante parte considerável dele; aqueles que fazem freqüentes e substanciais colaborações; os pesquisadores cujos nomes ou postos aparecem no projeto de pesquisa original; e os responsáveis por um ou mais elementos da pesquisa.

Em qualquer um dos casos, a lista de colaboradores deve incluir aqueles responsáveis por um passo-chave, seja a idéia original, as hipóteses ou a interpretação teórica; e o proponente do projeto original, enquanto líder da pesquisa. Geralmente, são excluídos os que fizeram somente uma parte pequena da pesquisa e aqueles que não são propriamente pesquisadores, como técnicos e assistentes.



Entretanto, “percepções com respeito às fronteiras da colaboração variam consideravelmente entre instituições, campos de pesquisa, setores e países tanto quanto ao longo do tempo.” (KATZ; MARTIN, 1997, p. 8).

Na obra **A Vida de Laboratório**, publicada em 1979 por Latour e Woolgar (1997), os autores relatam a experiência de Bruno Latour ao vivenciar a Ciência dentro de um laboratório de Neuroendocrinologia nos EUA. Latour reconheceu que cada etapa do trabalho feito em laboratório gera um determinado número de artigos, e alguns processos só serão adequadamente descritos e publicados na literatura com a colaboração de autores externos ao laboratório. A colaboração, portanto, envolve o empréstimo de capital, sob a forma de instrumentos, de técnica, de espaço e de credibilidade. O nome dos parceiros de um cientista são tão importantes quanto as revistas em que os artigos são publicados.

A colaboração científica aparece muitas vezes na literatura relacionada à co-autoria. Frequentemente, os dois termos são considerados sinônimos pelos pesquisadores, mas convém afirmar que a co-autoria é apenas uma faceta da colaboração científica, pois ela não mede a colaboração na sua totalidade e complexidade. Katz e Martin (1997) avaliam que a co-autoria não pode ser assumida como sinônimo de colaboração pelo fato de que nem sempre os sujeitos listados como autores são responsáveis pelo trabalho intelectual. Segundo eles, algumas pesquisas revelam que a prática de co-autores honorários é comum na Ciência. Bordons e Gómez (2000) afirmam que muitas colaborações científicas não resultam em um artigo publicado em co-autoria, visto que os colaboradores publicam separadamente os resultados em periódicos específicos de sua área. Portanto, nem toda a colaboração resulta em artigo e nem sempre a co-autoria indica colaboração. A negociação entre os pesquisadores sobre quem vai assinar determinado artigo, além de variar entre as áreas, reflete o contexto histórico e social em que se localizam os colaboradores (LIMA, VELHO; FARIA, 2007). Nas palavras de Luukkonen, Persson e Sivertsen (1992, p.103, tradução nossa):

Nem todos os esforços colaborativos terminam em co-autoria, e nem todos os artigos escritos em co-autoria necessariamente implicam em colaboração íntima entre os autores. Não obstante, nós assumimos que, em muitos casos, co-autoria indica a íntima cooperação entre os parceiros, mais íntima e mais ativa do que a troca de material, informação e comentários, que geralmente aparecem, por exemplo, nos agradecimentos.

Apesar da limitação exposta, a co-autoria tem sido utilizada com sucesso por muitos pesquisadores das áreas de Bibliometria e de Cientometria para investigar a colaboração entre pessoas, instituições e países. As vantagens no uso da técnica para medir a colaboração científica, segundo Katz e Martin (1997), são a possibilidade de verificação dos dados por outros autores, visto que eles estão disponíveis publicamente. Além disso, é um método fácil e prático que permite o exame de grandes amostras, possibilitando resultados mais significativos do que estudos de caso. A extensão dos bancos de dados disponíveis para análise despertou a investigação de pesquisadores da Física e Matemática, interessados no entendimento da topologia e da dinâmica que governam as redes de co-autoria de cientistas, consideradas redes sociais complexas (BARABASI et al, 2002).

O artigo *The trend toward multiple authorship in Psychology*, publicado por Smith (1958) na **American Psychologist**, é considerado o primeiro trabalho a observar o crescimento na incidência de artigos em co-autoria e a sugerir que tais artigos pudessem ser usados como uma medida aproximada da colaboração entre grupos de pesquisadores. O autor realizou um estudo dos artigos publicados no periódico de 1946 a 1957, em que observou um decréscimo de 75% para 52% na autoria individual de artigos e conseqüente aumento na média de autores por artigo. Já naquela época, Smith (1958) sinalizou que autores filiados a grandes departamentos e universidades têm uma tendência maior a participar de grupos de pesquisa do que os que trabalham em ambientes menores.

Solla Price (1976) também foi um dos defensores da idéia do uso da co-autoria para estimar a colaboração entre pesquisadores. Apresentando dados do **Chemical Abstracts**, de 1910 a 1960, o autor mostra que o número de artigos em co-autoria passou de menos de 20% em 1910 para mais de 60% em 1960. Ele constatou que o número de artigos com três autores crescia mais rapidamente do que os publicados por dois autores; quatro autores mais rápido do que os publicados por três; e assim sucessivamente. Cotejando seus resultados com os de outros pesquisadores da sua época, Solla Price (1976, p.55) afirmou que: “[...] a proporção de artigos de vários autores cresceu contínua e vigorosamente e é atualmente tão grande que, se for mantido o ritmo, ao redor de 1980 desaparecerão os artigos de autoria única”.

De fato a co-autoria continuou se ampliando. Após a Segunda Guerra Mundial, a colaboração caracterizou a *Big Science* e o fenômeno denominado por Cronin (2001) como *hiperauthorship* passou a dominar áreas como a Física de Altas

Energias e Biomedicina. Entretanto, isso não resultou no desaparecimento da autoria individual. Ela ainda existe em todas as áreas e é proporcionalmente maior em áreas essencialmente teóricas como a Matemática.

Na opinião de Solla Price (1976), a colaboração científica acontece no âmbito dos colégios invisíveis – as comunidades informais de pesquisadores que se comunicam, trocam informações e experiências e também publicam formalmente seus resultados de pesquisa. A afirmação baseou-se em estudos empíricos demonstrando que os pesquisadores encontram-se em congressos, conferências, reuniões sobre suas especialidades e visitam-se por meio de intercâmbios institucionais. Nessas oportunidades, os cientistas trocam idéias e *preprints*, discutem projetos de pesquisa, e, como consequência da interação, constituem um grupo que detém o controle e administração de fundos de pesquisa e laboratórios. Esse tipo de organização transcende os limites do departamento, da instituição, de um país e abrange cientistas de todos os lugares do mundo, onde houver atividade científica relevante no campo ou na especialidade em questão.

Ainda durante os anos 60, simultaneamente ao início dos estudos sobre colaboração científica começaram os estudos sobre redes. A Teoria das Redes de Mundo Pequeno (*Small Worlds*) teve grande importância, pois se começou a pensar sobre as distâncias entre um pesquisador e outro dentro das redes de co-autoria de artigos (BALANCIERI et al., 2005).

O contato direto entre duas ou mais pessoas é a unidade fundamental da colaboração. Porém, a colaboração acontece em outros níveis: entre pesquisadores de um mesmo departamento ou programa de pós-graduação (SILVA et al., 2006); entre diferentes departamentos em uma mesma universidade (WANG, 2005); entre grupos de pesquisa e comunidades de uma área do conhecimento (HOU; KRETSCHMER; LIU, 2008); entre diferentes instituições; entre setores da organização social, por exemplo, governo, universidade, empresa privada (LETA; GLÄNZEL; THIJS, 2006; LEYDESDORFF, 2003); entre regiões geográficas e países (ZHANG; GUO, 1997; WANG et al. 2005).

De forma pioneira, Beaver e Rosen (1978, 1979) realizaram um estudo sobre a colaboração científica sob uma ótica histórica e sociológica, publicado no primeiro número do periódico **Scientometrics**. Segundo os autores, a colaboração científica tem suas raízes no nascimento da Ciência moderna durante o século XVII, na França, como resposta à profissionalização da Ciência que o país vivenciou na

época. A profissionalização da Ciência significou, tanto para a sociedade como para a própria comunidade científica, o esclarecimento de como a Ciência era feita; quem eram as pessoas responsáveis por essa atividade, quais eram as suas ambições e como se tornavam cientistas; onde a Ciência era feita e quem pagava por ela.

Kepler e Brahe, Hooke e Boyle, Lavoisier e Laplace, Dulong e Petit, Gauss e Weber são alguns dos exemplos de colaboração mencionados por Beaver e Rosen (1978). O primeiro artigo em co-autoria data de 1665, e a autoria é atribuída a Hone, Oldenburg, Cassini e Boyle. Analisando artigos publicados em revistas de sociedades científicas entre 1665 e 1800, Beaver e Rosen (1978) observaram, já naquela época, a disparidade entre pesquisa experimental e teórica no que tange a colaboração científica. A Astronomia apresentou 4,9% dos artigos em colaboração, enquanto a Química fez 2,2% e a Física, 1,8%.

As relações informais entre cientistas dão origem a grande parte das colaborações em pesquisa. Muitas delas são estabelecidas durante o período de treinamento do pesquisador (SOLLA PRICE; BEAVER, 1966). Apesar do consenso de que a colaboração é intrínseca à pesquisa em áreas como a Física de Altas Energias, ela pode refletir nada mais do que os interesses e motivações pessoais do cientista (GLANZEL; SCHUBERT, 2004). Com o objetivo de sintetizar os motivos que levam à colaboração, apresentam-se abaixo as razões destacadas por Beaver e Rosen (1978), Katz e Martin (1997) e Beaver (2001):

- a) desejo de aumentar a popularidade científica, a visibilidade e o reconhecimento;
- b) racionalização do uso da mão-de-obra científica e do tempo dispensado à pesquisa;
- c) redução da possibilidade de erro;
- d) obtenção e/ou ampliação de financiamentos, recursos, equipamentos especiais, materiais;
- e) aumento da especialização na Ciência;
- f) possibilidade de “ataque” a grandes problemas de pesquisa;
- g) crescente profissionalização da Ciência;
- h) desejo de aumentar a própria experiência através da experiência de outros cientistas;
- i) união de forças para evitar a competição;

- j) treinamento de pesquisadores e orientandos;
- k) necessidade de opiniões externas para confirmar ou avaliar um problema;
- l) possibilidade da maior divulgação da pesquisa;
- m) como forma de manter a concentração e a disciplina na pesquisa até a entrega dos resultados ao resto da equipe;
- n) compartilhamento do entusiasmo por uma pesquisa com alguém.

Conforme exposto, diversas são as motivações para que a colaboração científica aconteça. Primeiramente, como consequência dos altos custos de equipamentos e instrumentos, os pesquisadores são forçados a trabalhar em colaboração com o objetivo de dividir esses recursos. A necessidade de especialização, principalmente em campos onde a instrumentação é complexa, faz com que a colaboração seja uma alternativa para viabilizar a divisão do trabalho entre especialistas. Além disso, a interdisciplinaridade da Ciência impõe a interação entre pesquisadores oriundos de diversos campos do saber, visto que muitos avanços significativos provêm da fusão de áreas separadas.

A correlação entre colaboração e produtividade científica já foi comprovada em alguns estudos (BEAVER; ROSEN, 1979; SOLLA PRICE, BEAVER, 1966). No Brasil, as avaliações constantes das agências financiadoras podem constituir um fator que impulsiona o trabalho em colaboração. O pesquisador precisa publicar para poder ser bem avaliado (HERMES-LIMA, 2005), fazendo da co-autoria um meio para aumentar o número total de publicações de cada pesquisador. Cronin (2001) fez algumas considerações, em debate na comunidade biomédica internacional, em relação a como conferir “crédito” individual a trabalhos escritos por grandes equipes. Avaliar a contribuição do 99º autor listado em um artigo é uma tarefa subjetiva, bem como estimar o quanto de esforço e de tempo ele dispendeu para participar do artigo “hiperautorado”. Problematizações como essa fazem com que alguns editores e periódicos da Biomedicina discutam a pertinência das listas de contribuintes e agradecimentos.

O desenvolvimento dos cursos de pós-graduação no Brasil e o conseqüente incremento da quantidade de artigos assinados por orientador e orientando pode ser uma das causas do crescimento da co-autoria no Brasil e é um fator que merece ser pesquisado, na opinião de Vilan Filho, Souza e Mueller (2008).

A existência da colaboração científica também depende da área e da natureza da pesquisa. Trabalhos teóricos produzem artigos com menos autores do que trabalhos experimentais (SMITH, 1958). Colaboração também depende da pesquisa ser básica ou aplicada. A pesquisa aplicada tende a ser mais interdisciplinar e necessita de diversas habilidades. Entretanto, alguns estudos afirmam que, quanto mais básica é a pesquisa em um determinado campo do conhecimento, mais aumenta a proporção de co-autorias internacionais entre seus pesquisadores (KATZ; MARTIN, 1997).

De maneira concomitante, a ampliação do número de eventos científicos, as crescentes facilidades nas comunicações e o desenvolvimento de meios de transporte mais rápidos e mais econômicos facilitam o trânsito de pesquisadores e a troca de idéias e informações. O avanço da Ciência depende da interação entre os cientistas. Em algumas áreas, são organizadas entidades formais para colaboração. Em outras, os colégios invisíveis e as redes estabelecem relações informais que bastam para fomentar a colaboração entre os pesquisadores. A existência dessas redes científicas é considerada pelas agências de fomento como fator fundamental para discussão de idéias e compartilhamento de resultados (MELIN, 2000).

O desenvolvimento e a difusão das tecnologias de comunicação são, sem dúvida, uma mola propulsora para a colaboração científica. A ampliação do acesso à *Internet* e às redes sem fio, permitindo uma comunicação via computador com baixo custo, ampliaram as possibilidades para que os cientistas colaborem entre si, independentemente da distância física entre eles. A escrita colaborativa e o desenvolvimento de *softwares* para esse fim também têm parcela de crédito no momento em que facilitam o trabalho em equipe.

Apesar de a colaboração científica acontecer entre pesquisadores localizados a quilômetros de distância, a proximidade física é um fator que encoraja a colaboração. Assim, a colaboração freqüentemente acontece entre professores e alunos, apesar de alguns autores não considerarem a relação professor-aluno como colaboração dada a distância social existente entre estes indivíduos (KATZ; MARTIN, 1997). A transferência do conhecimento e das habilidades é um dos maiores benefícios da colaboração (KATZ; MARTIN, 1997). Em equipe, o *background* individual de cada pesquisador é socializado entre o grupo, facilitando a transferência de conhecimento e habilidades, além de possibilitar o aprendizado de todos os participantes. Para tal, são necessárias habilidades sociais e de como

conduzir o trabalho em equipe, características fundamentais da colaboração científica. Outro grande benefício é o estímulo à criatividade e às idéias. Discutir diferentes pontos de vista pode gerar perspectivas novas para o caso em questão, e fica ainda melhor quando os colaboradores são oriundos de diferentes áreas. A colaboração também proporciona companhia para um trabalho que, geralmente, é isolado (LETA; CHAIMOVICH, 2002), impulsionando o pesquisador a se relacionar com outros dentro de uma rede na comunidade científica.

Alguns estudos indicam a correlação entre colaboração e impacto, medido através das citações recebidas (GLÄNZEL, 2001). Leta e Chaimovich (2002) afirmam que as publicações brasileiras em colaboração indexadas no ISI têm um impacto 40% maior do que aquelas escritas por autores individuais entre os anos 1981 e 1990. Jones, Wuchty e Uzzi (2008), em pesquisa realizada com 4,2 milhões de artigos americanos indexados pelo ISI, afirmaram que a colaboração entre diferentes universidades é o tipo de colaboração que cresce mais rapidamente e é a que apresenta maior impacto. Em casos em que o grupo inclui uma universidade de elite, o impacto apresenta-se ainda maior.

Persson, Glänzel e Danell (2004), ao analisar dados do ISI de 1980 a 2000, observaram um crescimento de 76% no número de citações recebidas. O número total de autores aumentou em 64% e o de referências feitas pelos artigos cresceu em 93%. O número total de artigos, entretanto, ampliou-se apenas 36% durante o período, indicando que os artigos escritos em co-autoria estão, nas palavras dos autores, inflacionando os indicadores bibliométricos. Os artigos escritos em colaboração são mais citados por diversas razões, entre elas, a ampla divulgação do trabalho (quanto maior o número de autores/instituições filiadas, maior a divulgação) e ampliação da possibilidade de citações (multiplicada pelo número de autores). A colaboração também se apresenta relacionada à aceitação do artigo submetido devido ao grau de competência técnica exposto na multiautoria (KATZ; MARTIN, 1997).

A colaboração internacional na Ciência também tem sido explorada por diversos estudos. Luukkonen, Persson e Silvertsen (1992) enumeram três fatores que motivam a colaboração internacional: os econômicos, devido ao alto custo da Ciência e a possibilidade de divisão de recursos e investimentos; os cognitivos, relacionados à aquisição de novo conhecimento e especialidades através da cooperação com outros profissionais; e os sociais, ligados à rede de relações profissionais e pessoais do pesquisador, afinidade temática, emocional ou ideológica.

Na opinião de Zitt, Bassecouard e Okubo (2000), a colaboração internacional é, em primeira instância, determinada pelo tamanho do país. Em segundo plano, ela é influenciada pela proximidade entre os países, tanto física-geográfica quando de uma forma “imaterial”, ou seja, através de afinidade cultural em um amplo aspecto (histórica, lingüística) ou por fatores econômicos. Segundo os autores, essas proximidades influenciam consciente, ou inconscientemente, as decisões individuais dos cientistas, e, conseqüentemente acabam influenciando os padrões que aparecem regularmente em nível macro.

Os artigos em colaboração internacional são mais rapidamente citados, e essas aumentam mais rapidamente do que as citações para artigos em colaboração nacional. Segundo Wagner e Leydesdorff (2005), o percentual de artigos publicados em co-autoria internacional quase duplicou entre 1990 e 2000, representando 15,6% de todos os indexados pelo ISI. O núcleo de nações participantes se expandiu de 37 para 54, e as análises revelaram que alguns pares de países, especialmente os geograficamente próximos, tiveram múltiplas co-autorias no ano de 2000 com eixos regionais emergentes, como a África do Sul. Alguns países, como os do Oriente Médio, agrupam-se em redes que não se conectam com outros grupos.

Na opinião de Wagner e Leydesdorff (2005), todas as idéias lançadas acerca do crescimento da colaboração internacional têm mérito e foram explicativas no momento em que foram oferecidas. Os autores comentam algumas destas idéias, que são aqui mencionadas dada a importância dessa argumentação.

Os resultados encontrados por Wagner e Leydesdorff (2005) mostram que o modelo centro-periferia pode funcionar regionalmente, mas não explica a dinâmica da rede no contexto global. A especialização das áreas, considerada um dos motivos da colaboração científica, também não pôde ser comprovada: os autores confrontaram dados de áreas com diferentes níveis de especialização e encontraram maior número de publicações em colaboração internacional em áreas menos especializadas. Outro motivo amplamente defendido na literatura, os altos custos da Ciência, não foi considerado um fator importante para a colaboração internacional porque justifica grandes projetos. Contudo a colaboração internacional não está limitada apenas a esses grandes projetos, como por exemplo o Projeto Genoma, mas a projetos menos onerosos e de menor porte.

A sugestão de que o incremento na capacidade científica de diversos países ampliou o número de possíveis participantes da comunidade científica global,



tornando a rede maior e mais propensa à colaboração, também não foi comprovada por Wagner e Leydesdorff (2005). Segundo os autores, esse fato não explica porque o número de cientistas advindos de países avançados e dispostos a colaborar também está aumentando. Sobre a ampliação das possibilidades de comunicação e o uso da *Internet*, os autores afirmam que esse meio não é causador da colaboração científica internacional, apenas um facilitador. Sobre isso, Laudel (2001<sup>1</sup> apud WAGNER; LEYDESDORFF, 2005) comprovou que a maioria dos trabalhos em colaboração inicia-se face a face, e apenas continua pela *Internet*.

Wagner e Leydesdorff (2005) propõem que a colaboração científica internacional pode ser vista como um emergente e auto-organizado sistema em que a seleção do parceiro e a localização da pesquisa dependem das escolhas dos pesquisadores, ao invés de ser consequência de incentivos institucionais. O conceito de auto-organização é particularmente relevante para os autores, já que nenhum fator isolado pode explicar o aumento da colaboração internacional. Não existem autoridades guiando a organização da ciência internacional. Como um sistema auto-organizável, nenhuma estrutura externa consegue organizá-lo. A ordem aparece espontaneamente da interação local entre os atores (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005).

Assim, se a colaboração científica internacional é um sistema auto-organizado com características de rede, as interações entre os cientistas revelam algumas dinâmicas. Segundo Leydesdorff e Wagner (2009), os cientistas colaboram para ganhar visibilidade, reputação, habilidades complementares e acesso a recursos. Esses fatores são mais relacionados com a organização social e intelectual do que com laços históricos, proximidade geográfica e com o modelo centro-periferia.

Os dados empíricos mostram que o crescimento da colaboração internacional depende dos interesses individuais dos cientistas, ao invés de fatores estruturais, institucionais ou políticos. A escolha individual é feita com base no reconhecimento, prêmios, citações e outras formas de reconhecimento que levam a trabalhos adicionais e aumento da reputação, criando um círculo, uma rede de colaboração entre os cientistas.

---

<sup>1</sup> LAUDEL, G. Collaboration, creativity and rewards: why and how scientists collaborate. **International Journal of Technology Management**, Geneva, v. 22, p. 762-781, 2001. Apud WAGNER; LEYDESDORFF, 2005.

### 3.1 AS REDES DE CO-AUTORIA

As redes sociais se constituíram em um foco de pesquisas teóricas e empíricas nos últimos 50 anos, em parte pelo interesse natural que a interação humana desperta, mas, também, porque sua estrutura tem implicações importantes para a disseminação de informações e de doenças (WASSERMAN; FAUST, 1997). Uma pequena variação na média de relacionamentos de um ator da rede pode resultar na propagação de um modismo, uma piada ou um vírus, justificando a necessidade de um maior entendimento dos princípios que regem as redes sociais.

Diversos pesquisadores basearam seus estudos de rede em redes de amigos e redes de organizações, contudo, o tamanho dessas comunidades, a necessidade de entrevistas e as diferenças no entendimento do que é uma relação podem ser fatores limitadores dos estudos aplicados a esses grupos. Por esse motivo, muitos pesquisadores têm buscado entender as redes sociais através de grupos que dispõem de um maior número de dados e que apresentam os conceitos de relacionamento e conectividade bem definidos. Segundo Newman (2001a), alguns desses grupos são as redes de tráfego entre aeroportos, a *Internet* e as comunidades científicas.

O fenômeno da interação humana em comunidades científicas é registrado, entre outras formas, através da co-autoria de artigos publicados. Dois cientistas são considerados conectados se publicaram um artigo em conjunto. Assim, em uma rede de colaboração científica, os nós são os cientistas, e dois deles estão ligados se colaboraram em uma publicação (BARABÁSI et al, 2002). Essas redes são consideradas redes genuínas, pois refletem interação profissional entre cientistas, oferecendo a mais extensa base de dados para análise de redes sociais. Por isso, além do interesse imediato para a Cientometria, esse tipo de rede interessa aos que querem entender a topologia e dinâmica que governa as redes complexas. A data em que cada nó foi adicionado à rede é crucial para o entendimento da dinâmica da rede, e, segundo Barabasi e outros (2002), apenas dois tipos de redes detêm essa característica: as redes de co-autoria e as redes de atores. Nessa última, a decisão de atuar em conjunto não depende do próprio ator, mas sim do diretor do filme. Já na rede de co-autoria a decisão parte do autor, fato que reforça a idéia desse tipo de rede como um verdadeiro sistema social.

Dispondo de mecanismos que promovem o trânsito de pesquisadores e a troca de idéias e informações, a comunidade científica se apresenta atualmente propensa a colaborar entre si. Sabe-se que o avanço da Ciência depende da interação entre os cientistas, e, por isso, organizações formais ou informais, como os colégios invisíveis, promovem a interação entre pesquisadores. Dessa forma, a comunidade científica se apresenta densamente conectada através dos relacionamentos entre os pesquisadores, formando uma grande rede.

Teorias e resultados empíricos apresentados por autores interessados em redes complexas têm auxiliado no entendimento das redes de colaboração científica. Newman (2001a, 2001b, 2001c, 2004) tem revelado alguns resultados importantes. Primeiro, as redes de co-autoria possuem a propriedade denominada *small worlds*, indicando que a distância média que separa os nós (autores) é pequena. Em pesquisa realizada nos bancos de dados **Medline** (cobre a área da pesquisa Biomédica), **Los Alamos e-Print Archive** (apresenta *pre-prints* de Física teórica), **NCSTRL** (reúne *pre-prints* em Ciência da Computação) e **SPIRES** (cobre artigos e *pre-prints* em Física das Altas Energias) entre 1995 e 1999, o autor comprovou que as comunidades científicas constituem redes de *small worlds*, onde os pesquisadores se encontram separados por 5 ou 6 nós.

O segundo princípio revela que redes reais de co-autoria apresentam o nível de agrupamento (clusterização) maior do que o esperado em redes aleatórias, o que mostra o quanto um autor está disposto a colaborar com outro, representando a probabilidade de dois dos seus colaboradores escreverem um artigo juntos. Isso pode indicar que o processo de pesquisadores introduzirem colaboradores entre eles é importante para o desenvolvimento das comunidades científicas. Finalmente, as pesquisas revelam que a distribuição contém importante informação sobre a natureza da rede. No caso de redes de co-autoria, a distribuição revela que as mesmas seguem uma lei de potências. Newman (2001a) comprovou, ainda, a alta conectividade das redes de colaboração científica, alertando que a Ciência não funcionará se não for assim.

Newman (2001a) e Newman e Park (2003) afirmaram que, diferentemente de outros tipos de redes, as redes sociais na ciência são divididas em comunidades locais onde as pessoas interagem entre elas mais do que a média encontrada em outras redes. Segundo os autores, o processo de um cientista apresentar o

colaborador a um terceiro é fundamental para o desenvolvimento das comunidades científicas.

Barabasi e outros (2002), em estudo das redes de co-autoria nas áreas da Matemática e Neurociência durante os anos de 1991 a 1998, concluíram que a evolução da rede acontece pela inclusão de novos nós e novos laços entre os nós já existentes, e ambos eventos acontecem segundo “*preferential attachment*”. Para os novos nós, ou seja, um novo autor, significa que o primeiro artigo será em co-autoria com alguém que possui um grande número de relações (outros co-autores). Como resultado, autores experientes vão sempre aumentar mais seu número de co-autores do que os novatos.

Apesar de desempenhar um papel importante em disciplinas como a Ciência da Computação, a Inteligência Artificial, Economia e Geografia, o interesse pela Teoria das Redes é recente nas áreas sociais, como apresenta Otte e Rousseau (2002). Em sua pesquisa, os autores realizaram buscas de publicações que continham o termo “*social network analysis*” em três diferentes bases de dados: **Medline Advanced**, **PsycINFO** e **Sociological Abstracts Database**, encontrando, nessa última, duas publicações datadas de 1969 e duas, de 1971. Porém, o crescimento real da quantidade de publicações com essa temática se dá a partir de 1981, sem sinais de declínio nas três bases de dados, indicando que diferentes campos têm-se apropriado dessa metodologia. Os autores concluem que o campo experimentou um crescimento linear nos últimos 25 anos, e que a ARS tem-se institucionalizado devido, principalmente, a fundação da *International Network for Social Analysis* (INSNA), em 1978, por Barry Wellman, em Delaware, EUA. A disponibilidade de livros, periódicos como o **Social Networks** e programas computacionais facilitou esse processo.

No Brasil, o trabalho publicado por Marteleto (2001) é considerado o primeiro no âmbito da Ciência da Informação. Matheus e Silva (2006) e Silva e outros (2006), ao realizarem análise de co-autoria nos programas de pós-graduação em Ciência da Informação no Brasil, afirmam que a ARS pode ser utilizada como método complementar às análises bibliométricas. A ARS também foi usada para análise de co-autoria por Hayashi, Hayashi e Lima (2008) na áreas de Educação Especial, e por Maia e Caregnato (2008) em um programa de pós-graduação em Epidemiologia, entre outros estudos.

Para Otte e Rousseau (2002), ARS é uma técnica interdisciplinar desenvolvida sob forte influência da Matemática e da Ciência da Computação. Enquanto a teoria social tradicional é individualista, e não considera os atores (sujeitos sociais) em seu contexto e relacionamento com outros sujeitos, a ARS estuda como as regularidades da estrutura da rede influenciam o comportamento dos atores. Portanto, a análise de redes sociais “[...] não é uma teoria formal, mas, antes, uma ampla estratégia para investigação de estruturas sociais” (OTTE; ROUSSEAU, 2002, p. 441, tradução nossa). Outro aspecto importante, segundo os autores, é o estudo de como as regularidades estruturais influenciam o comportamento dos atores da rede.

Newman (2000) define rede social como um conjunto de pessoas ou grupos que possuem conexões de algum tipo com um ou com todos os outros integrantes da rede. De acordo com Balancieri e outros (2005), a abordagem de Newman amplia o conjunto de possibilidades para a análise de redes, acrescentando propriedades estatísticas como o número de artigos escritos por um autor, número de autores por artigo, número de colaboradores dos cientistas da rede, a distância entre a rede de um pesquisador e outra rede.

A análise de redes sociais utiliza como notação matemática três abordagens matemáticas distintas: grafos, matrizes (álgebra linear) e álgebra relacional e pode se desenvolver de duas formas: *ego network analysis* (ou *ego-centered network*) e *global network analysis* (MATHEUS; SILVA, 2009). Na primeira, a rede de uma pessoa é analisada, sendo que o ator pesquisado indica pessoas com as quais tem laços, e também como percebe os laços entre tais pessoas. Na rede global, analisam-se todas as relações entre os participantes da rede.

Na ARS, os relacionamentos entre os atores são o foco da análise, enquanto os atributos dos mesmos são secundários. Os atributos de um ator são suas características individuais, e o conjunto desses atributos é denominado composição da rede social (WASSERMAN; FAUST, 1997). Para se entender completamente o fenômeno social, os atributos são tão necessários quanto os relacionamentos e os laços (OTTE; ROUSSEAU, 2002).

Segundo Matheus e Silva (2009), a ARS baseia-se em métodos de análises numéricas e estatísticas adequados ao estudo de relações entre entidades. Dependendo da área onde é aplicada, as entidades a serem analisadas podem ser atores sociais (indivíduos, organizações, países), páginas na *web*, documentos e

publicações, citações, co-citações e a colaboração entre pessoas. O conceito de ator é flexível, permitindo diferentes níveis de agregação, o que permite sua adequação a diferentes problemas de pesquisa. Assim, um ator pode ser tanto um funcionário quanto toda uma empresa. Os relacionamentos podem se dar por meio de trocas materiais (movimentação, proximidade) ou não-materiais (informação, sinais elétricos) (MATHEUS; SILVA, 2009). A metodologia de análise de redes sociais permite o estudo de relações formais e informais entre pessoas. No caso de relações formais, um exemplo são as relações profissionais de subordinação dentro das organizações. No caso de relações informais, pode-se exemplificar com as colaborações acadêmicas entre pesquisadores, que se dão com o fluxo de informações através dos chamados “colégios invisíveis”.

O laço relacional, denominado simplesmente de laço ou ligação, é responsável por estabelecer a ligação entre pares de atores, constituindo-se o canal para transferência ou fluxo de recursos materiais ou imateriais, como a troca de mensagens, a interação entre pessoas, as relações biológicas, a citação e a colaboração científica. Os laços são classificados em laços fortes (*strong ties*), laços ausentes (*absent ties*) e laços fracos (*weak ties*). Os laços fracos têm especial importância devido à sua função de ligação entre partes de uma rede social que não são ligadas diretamente por meio de laços fortes. O fato dá origem ao conceito de ponte, quando um indivíduo fortemente ligado a um subgrupo interage com uma pessoa de outro subgrupo. Segundo Barabási e colaboradores (2002), as redes de co-autoria refletem as relações entre os cientistas. Nessas redes, os nós são os cientistas e dois deles estão ligados se colaboraram em uma publicação. Uma rede de co-autoria é um exemplo de grafo não direcionado: se o autor A escreve em colaboração com o autor B, automaticamente o autor B colabora com o autor A.

A literatura apresenta alguns indicadores usados para descrever a coesão das redes e o papel desempenhado por determinados atores. Alguns deles, como densidade e medidas de centralidade, são descritos a seguir.

Medidas de centralidade podem ser feitas em relação a um único nó, ou a subgrafos de grafos. A centralidade mede o quanto um nó é central no grafo, ou seja, quantos laços esse nó recebe de todos os outros. Em uma rede de co-autoria, o grau de centralidade de um autor é o número de autores no grafo com quem ele colaborou em pelo menos um artigo. Portanto, um autor com alto grau de centralidade é um autor que possui muitos outros co-autores, e, devido a sua

posição, tem mais acesso à informação e melhores oportunidades para disseminá-la. Um exemplo de análise é a determinação do(s) ponto(s) central(is). Analisa-se a localização do ator em relação à rede total, identificando indivíduos considerados importantes para a conexão da rede. Em uma rede com alto grau de centralidade, a informação se espalha facilmente, mas o centro é indispensável para sua transmissão (SAID et al., 2008).

A centralidade de proximidade (*closeness*) de um ator mede o quanto um nó está próximo de todos os demais nós da rede. Quanto menor a distância total que separa um nó de todos os outros, maior será a medida de proximidade. A centralidade de intermediação (*betweenness*), mede a importância de um nó na circulação da informação (SAID et al., 2008), ou seja, “[...] aquele que controla o fluxo da informação entre muitos outros” (NEWMAN, 2001c, p. 3). Nesse contexto, um ator é central se está entre outros tantos da rede. A medida analisa o quanto um nó está no caminho geodésico entre outros nós. De acordo com Newman (2001c), *closeness* é a medida de centralidade de um ator em relação ao seu acesso à informação, enquanto *betweenness* é a medida do controle que um ator detém no fluxo de informação entre os outros. Observa-se que essas medidas não estão relacionadas diretamente à produtividade de um autor, ou seja, o autor pode, apesar de ser o mais produtivo em uma rede, não deter as melhores medidas e, portanto, não exercer um papel importante dentro da rede de colaboração.

A visualização das redes sociais está intimamente relacionada com a existência de *softwares* para tal fim. Huisman e van Duijn (2005) analisaram 16 programas livres e comerciais em relação às possibilidades de análises estatísticas de redes sociais. Segundo os autores, entre os pacotes que oferecem o maior número de análises se encontram o UCINET, NetMiner, MultiNet e StOCNET. O UCINET é, provavelmente, o *software* mais usado no Brasil. Apesar do fácil manuseio, o *software* tem como desvantagem a limitação para lidar com grandes redes, caso no qual o Pajek é amplamente utilizado.

Uma rede de colaboração científica é um reflexo da interação e das relações existentes entre os cientistas. A análise dessas redes permite o aprofundamento do estudo das comunidades e dos colégios invisíveis. Nesse sentido, a colaboração científica tem-se utilizado de técnicas ARS, e, neste estudo, elas foram aplicadas com o objetivo de revelar a formação das redes na comunidade científica brasileira.

## 4 METODOLOGIA

A seguir são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa.

### 4.1 POPULAÇÃO

Os dados quantitativos que compõem este estudo estão disponíveis na base de dados **Web of Science** (WoS). Fizeram parte da população<sup>2</sup> da pesquisa os artigos indexados no **Science Citation Index Expanded** (SCI) em 2004, 2005 e 2006, que contêm ao menos um endereço brasileiro no campo *Author Address*. As estratégias de busca utilizadas foram os termos Brazil e Brasil.

A fim de contextualizar a população estudada nesta pesquisa, a Tabela 1 abaixo apresenta o número total de publicações brasileiras nos três índices do ISI, e, na segunda parte, os documentos analisados, ou seja, o total de artigos indexados no **SCI**, com o respectivo percentual em relação ao total:

Tabela 1 – Produção brasileira no ISI e população da pesquisa

	Todos os tipos de publicações no ISI			Artigos indexados no SCI			% analisado em relação ao total
	BRAZIL	BRASIL	Total	BRAZIL	BRASIL	Total	
<b>2004</b>	18.533	281	18.814	15.347	250	15.597	82,9
<b>2005</b>	19.531	350	19.881	16.204	310	16.514	83,0
<b>2006</b>	21.803	316	22.119	17.357	274	17.631	79,7

Fonte: Web of Science. Dados levantados em junho de 2006 e setembro de 2007.

De acordo com metodologia empregada por Solla Price (1976), considera-se que a origem geográfica baseia-se no endereço de cada autor declarado na publicação. Assim, “brasileiros” são os autores cujos endereços estão localizados no

<sup>2</sup> De acordo com Barbetta (2002), pode-se denominar o conjunto de elementos que serão estudados de população, porque eles formam o universo de dados possíveis de serem observados dentro do corte geográfico e temporal determinado.



Brasil; independente do local de nascimento ou da nacionalidade. Os anos de 2004, 2005 e 2006 foram escolhidos pela atualidade e para dar continuidade às pesquisas realizadas por Leta, Glänzel e Thijs (2006) e por Packer e Meneghini (2006), que estudaram a produção científica brasileira indexada no ISI até 2003. Entre os tipos de publicação indexadas pelo ISI, os artigos de periódicos foram escolhidos para compor o estudo por se considerar que ele é o veículo principal de publicação dos resultados consolidados de pesquisa científica.

#### 4.2 FONTE DE COLETA DE DADOS

Para busca dos objetivos que norteiam este trabalho, algumas fontes de dados foram utilizadas. O **Web of Science (WoS)** foi a fonte de coleta dos dados primários – os artigos publicados no período 2004-2006. O **Currículo Lattes** serviu como fonte auxiliar para a coleta de dados qualitativos, fornecendo informações sobre a formação, instituição de trabalho, produtividade e *e-mail* para contato com os pesquisadores. A **Wikipédia** e o sítio das instituições foram as fontes de informação usadas para compor a Lista de Autoridade dos nomes das organizações envolvidas. A seguir, as fontes são contextualizadas.

O **WoS** é uma base de dados produzida pelo ISI. Está disponível na plataforma ISI **Web of Knowledge**, através do Portal de Periódicos da CAPES, e oferece acesso aos três índices de citações produzidos pelo ISI: **Science Citation Index Expanded** (utilizado neste estudo), **Social Sciences Citation Index** e o **Arts & Humanities Citation Index**.

O ISI identifica e indexa as principais revistas especializadas nas áreas das ciências, ciências sociais, artes e humanística. Todos os tipos de publicações relevantes nessas revistas são indexados na base de dados, como artigos, bibliografia, item bibliográfico, críticas ou resenhas de livros, correções, análise de base de dados, material editorial, análise de *hardware*, carta, sumário de reuniões, itens de novidades, reimpressões, análises de *software*, análises de exibição de arte e apresentação de dança, análise de peças teatrais, filmes, apresentação musical, programa de TV e rádio, poesias, *scripts* e partituras de música (THOMSON CORPORATION, 2004).

As publicações indexadas têm suas informações extraídas e organizadas em campos determinados. Aqueles relevantes para esta pesquisa são mencionados na seção 4.3, “Definição das variáveis”. As revistas indexadas pelo ISI são selecionadas com base em alguns critérios, entre eles, a periodicidade, a internacionalidade, a publicação de pesquisas originais de qualidade, o fator de impacto segundo o **Journal Citation Reports (JCR)**, entre outros.

O **Currículo Lattes** foi utilizado como fonte auxiliar para a pesquisa qualitativa. O sistema registra a vida pregressa e atual dos pesquisadores brasileiros e é considerado elemento indispensável à avaliação dos pesquisadores nacionais. A partir do **Currículo Lattes**, o CNPq desenvolveu um formato-padrão para coleta de informações curriculares mínimas, possibilitando a disponibilização de dados importantes para diversos tipos de análise da ciência brasileira<sup>3</sup>.

A **Wikipédia** é uma enciclopédia disponível na *internet*. Um *wiki* é uma coleção de páginas que permitem, além da visita, o envio de conteúdos, a edição e atualização dos mesmos pelos internautas. A **Wikipédia** é construída continuamente por meio de um projeto alojado em um sítio da *internet*, hospedado e financiado pela Wikimédia Foundation, localizada nos Estados Unidos. O projeto conta com versões para diferentes idiomas<sup>4</sup>. Atualmente, o uso de tal fonte é questionado entre a comunidade científica, visto que o conteúdo disponibilizado é de responsabilidade diversa, enviado sem revisões por internautas. A fonte não é considerada confiável por muitos pesquisadores, entretanto, mostrou-se de imensa valia para a construção da Lista de Autoridades, necessária para viabilizar este estudo. Todo o conteúdo consultado na **Wikipédia** foi confrontado com uma segunda fonte, geralmente, o sítio da própria instituição.

#### 4.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE PESQUISA

Reúnem-se a seguir as variáveis analisadas, a fonte de coleta e suas definições:

---

<sup>3</sup> Maiores informações em <http://www.cnpq.br> .

<sup>4</sup> Maiores informações em <http://pt.wikipedia.org> .

Variável	Fonte de coleta	Definição e/ou operacionalização
Autor	ISI - <i>AU Authors</i>	É o responsável intelectual, também denominado co-autor, colaborador, parceiro. Os nomes foram utilizados tal qual foram importados do ISI.
Título do artigo	ISI - <i>TI Document title</i>	É o título do artigo indexado. Foi utilizado apenas para controle dos registros, no formato importado do ISI.
Periódico	ISI - <i>SO Source e J9 character source abbreviation</i>	Título do periódico indexado pelo ISI e respectiva abreviação. Foram usados no formato importado.
Idioma	ISI - <i>LA Language</i>	É a língua na qual está escrita a publicação. Foi usada no formato importado do ISI.
Instituição País	ISI - <i>C1 Author address</i>	Instituição e país de filiação do(s) autor(es). O campo recebeu tratamento, conforme descrito na seção 4.4.
Ano de publicação	ISI - <i>PY Publication year</i>	É o ano em que o trabalho foi publicado. Foi usado no formato importado.
Área	ISI - <i>SC Subject category</i>	São as temáticas indexadas pelo ISI. Foram usadas no formato importado para a re-categorização, conforme descrito na seção 4.4.
Artigos brasileiros	ISI	São os artigos indexados no ISI.
Artigos em co- autoria	ISI	São os artigos indexados no ISI publicados por 2 ou mais autores.
Artigos internacionais	ISI	São os artigos indexados no ISI publicados por brasileiros em co-autoria com autores vinculados a instituições estrangeiras.

Quadro 1 – Definição das variáveis

#### 4.4 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS QUANTITATIVOS

A coleta de dados quantitativos foi feita no **Web of Science** nos dias 13, 19 e 20 de setembro de 2007. A partir do campo *Author Address*, foram buscadas as publicações que continham ao menos um endereço brasileiro, utilizando-se a estratégia de busca “Brasil” ou “Brazil”. A pesquisa foi limitada ao tipo de publicação Artigo e ao índice **SCI**.

Os dados foram importados do **Web of Science** em lotes de 500 registros no formato de arquivo texto (.txt). Utilizando o comando de copiar/colar do *software*

Word Pad, reuniram-se os arquivos que continham os 500 registros em um arquivo único, ano a ano.

Com os artigos indexados no SCI reunidos em um arquivo texto, o procedimento seguinte foi o de limpeza do campo *C1 Author Address*. Para a normalização do nome das instituições e países, foi criada uma Lista de Autoridades, de instituições e países, baseada em informações fornecidas por Leta (2007, *e-mail* pessoal), *home page* das instituições e **Wikipédia**. A Lista de Autoridades contém a forma autorizada de entrada da instituição e as sinônimas – não autorizadas, encontradas nos arquivos importados do **Web of Science**. Abaixo, a entrada da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), parcialmente reproduzida aqui para ilustrar o instrumento criado:

Pont Univ Cat Rio Grande Sul Não: PUCRS Não: PUC RS Não: Hospital São Lucas Não: Hosp São Lucas Não: Hosp São Lucas da PUC Não: Rio Grande Sul Pontifical Catholic Univ Não: Pontifical Univ Cat Rio Grande Sul Não: Pont Univ Cat Rio Grande do Sul Não: Pontifical Univ Cat Rio Grande do Sul Não: Pontifícia Univ Cat Rio Grande do Sul Não: Pontifícia Univ Católica Rio Grande do Sul Não: Pontifícia Univ Cat Porto Alegre Não: Pont Univ Católica Porto Alegre Não: Pontifícia Univ Católica Porto Alegre Não: Pontifical Catholic Univ Rio Grande do Sul Não: Pontifical Catholic Univ Rio Grande Sul Não: Pontifícia Univ Catol Rio Grande Sul Não: Pontifícia Univ Católica Rio Grande do Sul Não: Pontifícia Univ Católica Rio Grande Sul Não: Univ Católica Rio Grande do Sul Não: Catholic Univ Rio Grande Não: Catholic Univ Rio Grande do Sul
--

Quadro 2 – Exemplo da lista de autoridades

Fonte: dados do autor

As múltiplas entradas encontradas no campo *Address* (C1), dos registros provenientes do ISI, foram agrupadas, visto que o objetivo é estudar a colaboração institucional e não intra-institucional. Dessa forma, entradas para departamentos de universidades foram agrupadas à instituição subordinada. Por exemplo, Dept de Bioquímica UFRGS foi corrigido e manteve-se a entrada para a Universidade

(UFRGS), visando estudar a colaboração inter-institucional. O mesmo procedimento foi adotado no caso das empresas: St Jud Med foi unificada, pois o objetivo deste estudo não foi saber se a St jud americana colabora com a filial brasileira.

Com base nas informações constantes na Lista de Autoridades, programou-se um *software* a fim de facilitar o processo de normalização dos registros originais provenientes do **Web of Science**. O *software* realizou a primeira normalização dos registros, reduzindo o número de entradas sinônimas e facilitando a segunda etapa do processo, feita de forma manual com a ferramenta Localizar/Substituir do Word Pad.

A diversidade de entradas para uma mesma instituição ficou evidente durante o processo de limpeza. Em 2004, o arquivo original importado do ISI continha 5.463 entradas diferentes para instituições brasileiras e estrangeiras no campo *Address*. Foram normalizadas 1.609 entradas, e, após o processo de limpeza dos dados, restaram 3.854 instituições, entre nacionais e estrangeiras. Já em 2005, o número inicial de instituições era 6.539. Após a correção de 2.042 entradas, restaram 4.497 instituições diferentes. Em 2006, o total de instituições era 7.367, reduzidas para 4.981 após a correção de 2.386 nomes.

O processo de limpeza dos nomes das instituições foi feito ano a ano. A tabela abaixo apresenta um resumo:

Tabela 2 – Limpeza dos nomes das instituições, 2004-2006

	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2004-2006</b>
N. entradas no arquivo original	5.463	6.539	7.367	..
N. de entradas eliminadas	1.609	2.042	2.386	..
N. entradas após limpeza dos dados	3.854	4.497	4.981	9.434
% de entradas normalizados	29,5	31,2	32,4	..

Nota: o sinal .. indica que não se aplica valor numérico.

Fonte: dados do autor

Observa-se que o percentual de nomes de instituições que foram padronizados variou de 29,5 a 32,4% do total das entradas. Sabe-se que a normalização de dados referentes às instituições, apesar de consumir tempo, é essencial no estágio inicial dos estudos bibliométricos da colaboração (BORDONS; GÓMEZ, 2000). Porém, tendo em vista o tamanho da população da presente pesquisa, não concentrada em uma área única do conhecimento, optou-se por normalizar somente as entradas para instituição e país.

Apesar de minucioso, o processo de normalização das entradas para nomes de instituições resultou em uma lista aproximada dos nomes, pois alguns problemas encontrados não puderam ser solucionados e são relatados a seguir.

Observou-se o aparecimento de instituições desvinculadas, listadas consecutivamente sem separação por ponto-e-vírgula, como no exemplo “Univ Fed Rio Grande Sul, Pontifícia Univ Cat Rio Grande Sul”. Nesses casos, somente a primeira instituição foi contabilizada no estudo, e a segunda instituição, por estar “invisível”, não foi contabilizada, pois não foi possível precisar com exatidão se o pesquisador está vinculado às duas instituições ou se foi um erro de digitação do sinal tabulador (o uso da vírgula ao invés do ponto-e-vírgula).

Um outro fato comum foi a ocorrência de instituições brasileiras com nomes traduzidos para o inglês, como Brazilian Agr Res Corp; Natl Dairy Cattle Res Ctr; S EMBRAPA Cattle & Sheep Res Ctr. Em alguns casos, apesar de a palavra *Brazilian* constar no nome, foi impossível identificar do que se tratava. Outros problemas enfrentados parecem ser de responsabilidade do ISI. Um deles diz respeito à vinculação de uma instituição a um endereço incorreto, como instituições com nomes italianos vinculadas a um endereço completo brasileiro. Uma outra falha detectada foi a ocorrência de endereços no campo RP (endereço fornecido para correspondência, geralmente o do primeiro autor) que não aparecem no campo C1, utilizado, geralmente, para os estudos bibliométricos.

O problema de um único autor com mais de um endereço de filiação foi assinalado por Katz e Martin (1997) e encontrado nos registros que compõem este estudo. Considerou-se que o registro manifesta uma relação oficial e o envolvimento de duas ou mais instituições, e, por vezes, países, refletindo, de maneira adequada, a colaboração.

Acredita-se que os problemas encontrados em alguns registros, bem como possíveis enganos durante o processo de limpeza dos dados, não alteram fundamentalmente os resultados das análises.

Quanto às áreas de publicação, os artigos foram organizados segundo o esquema de classificação definido por Glänzel e Schubert (2003). Os autores agruparam os assuntos do ISI em 15 grandes áreas: Agricultura e Meio Ambiente, Biologia, Biociências, Pesquisa Biomédica, Medicina Clínica e Experimental I (medicina interna), Medicina Clínica e Experimental II (especialidades da Medicina não interna), Neurociência e Comportamento, Química, Física, Geociências e

Ciências do Espaço, Engenharia e Matemática. A classificação tem sido usada em análises bibliométricas (GLÄNZEL; LETA; THIJIS, 2006) para evitar a sobreposição de assuntos, comum no campo de assuntos do ISI. O esquema de classificação completo (Anexo A) foi fornecido por Glänzel através de *e-mail*, e, a partir dele, substituiu-se os assuntos presentes no campo *SC Subject Category* pelas áreas definidas no esquema. O processo foi realizado pelo mesmo *software* que realizou a padronização dos nomes das instituições.

Após a normalização dos arquivos, os dados foram organizados através do *software* Bibexcel<sup>5</sup>, que possibilitou análises descritivas de autor, instituição, país, idioma, áreas e periódico de publicação. O Bibexcel também foi utilizado para a criação das matrizes de colaboração entre instituições, países e autores. Posteriormente, as matrizes serviram de *input* em análises multivariadas como o Escalonamento Multidimensional (EMD), Análise Fatorial e Análise de Agrupamentos (*Clusters*), feitas através dos *softwares* Microsoft Excel, versão 2007, e Statistics Packet for Social Science (SPSS), versão 14.0. A variável autor foi também analisada utilizando-se a metodologia de Análise de Redes Sociais, através do *software* Pajek<sup>6</sup>.

Para viabilizar os objetivos deste estudo, atribuiu-se a contagem de um artigo para cada autor, instituição e país envolvido no campo *Author Address*, conforme a metodologia utilizada em outros estudos bibliométricos (BORDONS; GOMEZ, 2000; LUUKKONEN; PERSSON; SIVERTSEN, 1992; PACKER; MENEGHINI, 2006; ZIMBA; MUELLER, 2004). Dessa maneira, os totais de ocorrência de autores, instituições e países não refletem o total de artigos publicados.

O uso dos indicadores absolutos (totais de ocorrência) é amplamente aceito como ferramenta útil na mensuração do desempenho científico. Entretanto, o uso dos indicadores relativos e normalizados pode revelar aspectos subjacentes até então invisíveis em uma matriz de dados brutos. Com o objetivo de possibilitar outras análises e interpretações, utilizou-se a fórmula criada por Luukkonen, Persson e Sivertsen (1992), que calcula a frequência esperada, a partir de uma distribuição aleatória dos valores da diagonal da matriz entre todas as células. A frequência esperada é relacionada à frequência observada, conforme a fórmula:

---

<sup>5</sup> Disponível em <http://www.umu.se/inforsk/Bibexcel>

<sup>6</sup> Disponível em <http://www.vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>

$$\frac{C_{x,y} \times T}{C_x \times C_y}$$

onde,

$C_{x,y}$  = total de co-autorias entre a instituição ou país X e Y

T = total de co-autorias da matriz

$C_x$  = total de co-autorias a instituição ou país X possui na matriz

$C_y$  = total de co-autorias a instituição ou país Y possui na matriz

Segundo orientações dos autores, o índice deve ser calculado com base em uma matriz completa, ou seja, com a diagonal  $\neq 0$ . Índice igual a 1 indica uma colaboração observada de acordo com a esperada. Resultados menores que 1 indicam que a colaboração é menor do que a esperada. Os maiores que 1 indicam uma relação de colaboração mais forte do que o esperado.

As matrizes simétricas de co-ocorrência como as matrizes de co-autoria analisadas neste estudo são consideradas matrizes de proximidade do tipo similaridade, pois indicam o quão similar dois autores (ou instituições autoras) se apresentam (LEYDESDORFF; VAUGHAN, 2006; ECK e WALTMAN, 2007). Assim, quanto maior o número na célula de interseção entre uma linha (um autor) e uma coluna (outro autor), mais artigos publicados em co-autoria os dois autores possuem e, portanto, mais similar os dois autores se mostram.

Os números absolutos indicam o total de artigos em co-autoria sem considerar o tamanho dos autores – medido pelo total de artigos publicados, envolvidos na colaboração. Para estimar propensões ou intensidade de co-autoria, faz-se necessário recorrer a indicadores relativos que levem em consideração o tamanho da produção científica de um autor, instituição ou país. Luukkonen e outros (1993), ao avaliar a colaboração científica internacional, afirmam que o total de artigos publicados em co-autoria entre dois países deve ser analisado em relação ao total da produção científica de cada um dos países. No caso de um país ser muito produtivo e outro pouco produtivo, a colaboração entre os dois pode não ser muito significativa quando comparada à produção total do país produtivo, e ao contrário, ser bem significativa se comparada ao total publicado pelo país menor.



Analogamente, a análise de colaboração entre instituições deve ser feita sob o mesmo padrão, visto que elas também se diferenciam quanto ao tamanho e à produtividade. Nesse sentido, Luukkonen e outros (1993, p.15, tradução nossa) afirmam:

[...] na análise de relações de colaboração, é essencial usar ambas as medidas absolutas e relativas. A última normaliza diferenças de tamanho dos países. Cada uma carrega tipos diferentes de informação. Medidas absolutas carregam respostas a questões como quais são os países centrais na rede internacional da ciência, se relações de colaboração revelam um centro – relações periféricas, e que países são os parceiros mais importantes de outros. Medidas relativas oferecem respostas a questões de intensidade das relações de colaboração.

Para proceder as análises multivariadas propostas nesta pesquisa, buscou-se embasamento metodológico especialmente na literatura da área de Ciência da Informação. O periódico **Journal of the American Society for Information Science and Technology** (JASIST) publica há alguns anos uma discussão sobre a metodologia adequada à análise de matrizes simétricas e assimétricas. Segundo Ahlgren, Jarneving e Rousseau (2003), a metodologia utilizada para análise de co-citações (*Author co-citation analysis – ACA*), segue quatro passos. Primeiro, a matriz de dados brutos é compilada; depois, é feita uma conversão dessa matriz para uma matriz de proximidade, associação ou similaridade. O terceiro passo é a análise multivariada das relações entre os autores presentes na matriz. Nesse passo, algumas análises vêm sendo usadas: análise de agrupamentos, escalonamento multidimensional (EMD), análise fatorial e análise de correspondência. Após as análises, ocorre a última etapa do processo, a interpretação dos dados.

A metodologia desenvolvida inclui a geração de uma matriz de similaridade a partir da matriz de dados brutos, com base em diferentes medidas. A questão de qual medida usar tem sido discutida há algum tempo e tem respostas diversificadas na literatura. Segundo Luukkonen e outros (1993), a resposta depende do aspecto que se quer avaliar. Os autores explicam que há dois tipos de medidas de associação: as medidas de similaridade bilaterais e as multilaterais. A primeira deve ser usada se o objetivo é comparar relações entre pares de países e instituições

separadamente, e, entre elas, estão a medida de Salton e Jaccard. As medidas multilaterais, como a frequência esperada e Correlação de Person, relaciona a co-autoria entre um par de autores com todos os outros autores envolvidos na análise.

Na opinião de Ahlgren, Jarneving e Rousseau (2003), a medida de similaridade denominada Cosseno de Salton é a mais indicada quando o objetivo do pesquisador concentra-se na visualização da estrutura, seja através de Análise de Redes Sociais ou EMD, visto que é uma medida definida geometricamente. Já White (2003) defende o uso da Correlação de Pearson com o argumento de que as diferenças entre o uso de diferentes medidas de similaridade podem ser negligenciadas na prática de pesquisa. O autor testa as medidas de Correlação de Person, Cosseno de Salton e Chi-Quadrado e afirma que as três medidas podem revelar uma resposta muito parecida. Bensman (2004) também se apresenta favorável ao uso da Correlação de Person para normalização quando o objetivo são as análises estatísticas multivariadas.

Leydesdorff e Vaughan (2006) argumentam que matrizes de co-autoria são matrizes de proximidade do tipo similaridade que não requerem normalização antes de análises EMD. Para fazer a normalização, os autores afirmaram ser mais adequado usar a matriz assimétrica (matriz de ocorrência), subjacente a matriz de co-ocorrência, como base para análise multivariada. Entretanto, Leydesdorff e Vaughan (2006) divulgam a opinião de um dos avaliadores do periódico em que o artigo foi publicado, cuja sugestão é que, por razões teóricas, os pesquisadores podem continuar preferindo aplicar a medida de similaridade à matriz de co-ocorrência, com o objetivo de comparar padrões de co-autoria ao invés de comparar a contagem de artigos em co-autoria. Schneider e Borlund (2007) consideram não existir nenhum problema estatístico na prática de aplicar medida de similaridade às matrizes de co-ocorrência.

Posteriormente, no mesmo periódico, Waltman e Eck (2007) também se pronunciaram, afirmando que as análises multivariadas podem ser feitas em matrizes simétricas convertidas por diversas medidas de proximidade, sendo sugestão dos autores a Jansen-Shannon, a Bhattacharyya e o Cosseno. Os autores atribuem ao SPSS um defeito de programação, que teria levado Leydesdorff e Vaughan (2006) a concluir que o mapa distorcido era consequência da conversão da matriz de dados brutos para uma matriz de similaridades. Waltman e Eck (2007) avaliam que o problema pode ser contornado, e o mapa adequado é gerado a partir

de uma rotina que utiliza o modelo *Spline* para análise EMD (na versão 14.0 ou inferior do SPSS).

Dando continuidade à discussão na JASIST, Leydesdorff (2008, p.79, tradução nossa) afirma que: “Em princípio, pode-se normalizar tanto matrizes simétricas quanto assimétricas através de várias medidas”. Formalmente, Person e Cosseno são equivalentes, com exceção de que Pearson normaliza através da média aritmética, enquanto o Cosseno utiliza como parâmetro a média geométrica. Ou seja, o Cosseno mede a similaridade entre dois vetores usando o ângulo entre eles. Eck e Waltman (2008) concluem que a Correlação de Pearson não apresenta resultados satisfatórios quando usada para medir a similaridade entre padrões de co-citação de autores porque é uma medida apropriada para medir a correlação linear entre duas variáveis. O Cosseno e, também, a medida de divergência Jensen-Shannon e a de Distância de Bhattacharyya, são as medidas mais adequadas na opinião dos autores. Além disso, Eck e Waltman (2008), contrariando opiniões anteriores, defendem que a escolha de uma medida de similaridade apropriada tem relevância prática e não só teórica, visto que os resultados encontrados divergem, especialmente quando mapeados através de técnicas EMD. Egghe e Leydesdorff (2009) dão a última palavra na discussão, dizendo que, apesar das diferenças entre Salton e Pearson serem mínimas, ninguém pode estimar a sua significância, e indicam a preferência pelo Cosseno de Salton para análise e visualização de similaridades.

Conforme relatado acima, a literatura não apresenta conclusões sobre o assunto e a metodologia, apesar de estar em uso desde o início dos anos 1990, ainda não está plenamente consolidada. Muitos estudos ainda estão sendo feitos para definir a necessidade de conversão da matriz de dados brutos para uma matriz de similaridades, e, a partir daí, definir qual medida é mais adequada; e ainda, para definir qual a matriz mais adequada para análise, se a de ocorrência ou a matriz quadrada de co-ocorrência.

Ahlgren, Jarneving e Rousseau (2003) afirmam não existir diferenças teóricas e/ou matemáticas entre ACA, análise de *co-words*, *co-autoria*, *co-membership*, *co-classification* e *co-participation*, apesar de existirem necessidades específicas de acordo com os objetivos da investigação.

Sendo assim, optou-se por seguir a metodologia que inclui a conversão dos dados de co-autoria originais para uma matriz de similaridades e, a partir daí,

realizar as análises EMD, fatorial e de agrupamentos. A metodologia em questão foi introduzida durante o Estágio Sanduíche no WISELab (Webometrics, Informetrics, Scientometrics and Econometrics Laboratory), na Dalian University of Technology, na cidade de Dalian, na China, sob orientação do professor Liu Zeyuan. Após leituras e testes, algumas adequações foram consideradas importantes na metodologia proposta, entre elas, o uso do Cosseno de Salton como medida de similaridade, ao invés da Correlação de Person, já que aquela é considerada uma medida de similaridade bilateral. A escolha é baseada não só nos resultados dos testes feitos como também na opinião de outros pesquisadores (AHLGREN, JARNEVING; ROUSSEAU, 2003; ECK, WALTMAN, 2008), além da forte aderência que a medida vem tendo nos estudos de co-autoria atuais (BORDONS; GÓMEZ, 2000; WAGNER; LEYDESDORFF, 2003; GLÄNZEL; LETA; THIJS, 2006).

O Cosseno de Salton foi calculado a partir da matriz de co-autoria conforme a fórmula de Luukkonen e outros (1993):

$$S_{xy} = \frac{C_{xy}}{\sqrt{C_x \times C_y}}$$

onde,

$C_{xy}$  = total de artigos publicados por x e y

$C_x$  = total de artigos publicados por x

$C_y$  = total de artigos publicados por y

A fórmula do Cosseno de Salton se apresenta em outros formatos. A seguir, o formato usado por Hamers e outros (1989), no contexto da co-citação de autores, e Arunachalam (2000), para análise de co-autoria entre países:

$$Ss_{(i, j)} = \frac{coc_{(i, j)}}{(cit_{(i)} \cdot cit_{(j)})^{1/2}}$$

onde,

$coc_{(i, j)}$  = total de co-ocorrências do autor i e j

$cit_{(i)}$  = total de citações recebidas pelo autor i

$cit_{(j)}$  = total de citações recebidas pelo autor j

Eck e Waltman (2008), por sua vez, apresentam a seguinte fórmula:

$$\text{Cos (i, j) = } \frac{\sum_{k \neq i, j} c_{ik} c_{jk}}{\sqrt{\sum_{k \neq i, j} C^2_{ik} \sum_{k \neq i, j} C^2_{jk}}}$$

O tratamento estatístico indicado permitiu as análises que serão apresentadas ao longo do Capítulo 5.

#### 4.5 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS QUALITATIVOS

A literatura apresenta diversos motivos para a colaboração científica. Contudo, entrevistar os sujeitos permite conhecer as razões individuais envolvidas na colaboração entre cientistas. O estudo realizado por Melin (2000), envolvendo entrevistas e questionários, é um dos poucos a respeito da motivação individual para a colaboração. No Brasil, a idéia da necessidade de um estudo qualitativo foi lançada por Packer e Meneghini (2006).

A fim de conhecer e estabelecer motivos para a colaboração científica através da co-autoria de publicações e verificar a validade da H<sub>3</sub>, realizou-se uma entrevista semi-estruturada com alguns pesquisadores brasileiros. O corte para as entrevistas foi feito segundo o critério de produtividade geral e para as três áreas analisadas em maior profundidade: Agricultura e Meio Ambiente, Física e Matemática. Este critério foi adotado para permitir que pesquisadores experientes participassem da pesquisa, independentemente de serem ou não colaborativos, oferecendo, desta forma, grande diversidade de opiniões sobre o tema. O **Currículo Lattes** foi utilizado para a preparação da entrevista, com objetivo de verificar, além do *e-mail* e telefone do pesquisador, vínculos formais entre pesquisadores, como, por exemplo, estágios, visitas, participação em projetos; o número de publicações científicas e a experiência como docente e orientador de mestrado e doutorado. O Lattes foi utilizado para elucidar a situação individual de cada pesquisador e preparar a entrevista de maneira adequada.

Devido à dispersão geográfica dos pesquisadores potenciais para a entrevista, à escassez de tempo decorrente dos cargos ocupados por esses cientistas e, também, à falta de recursos que possibilitassem o deslocamento, optou-se por enviar um questionário aos pesquisadores vinculados a outras instituições. Nesse caso, ofereceu-se a possibilidade de contato por telefone, MSN ou Skype. Os pesquisadores vinculados à UFRGS foram entrevistados pessoalmente. Tanto as entrevistas individuais quanto o envio dos questionários aconteceram durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2008.

Foram enviados 54 questionários por *e-mail* através do sistema de contato disponível na Plataforma Lattes. O sistema devolveu 11 *e-mails*, cujos endereços estavam desatualizados no sistema Lattes. Retornaram 17 questionários respondidos via *e-mail*, e obteve-se resposta de 3 pesquisadores por telefone.

Quanto às entrevistas pessoais, tentou-se realizá-las com 5 professores da UFRGS. Desses, 3 foram receptivos e concederam a entrevista, que durou cerca de 30 minutos. As entrevistas foram gravadas e transcritas para posterior análise do discurso dos entrevistados.

As informações sobre os questionários e entrevistas estão sintetizadas abaixo:

Tabela 3 – Entrevistas

<i>E-mails</i> enviados	54
Retorno por <i>e-mail</i> errado	11
Total	43
Entrevista por <i>e-mail</i>	17
Entrevista por telefone	3
Entrevista pessoal	3
Total	23

Fonte: dados do autor

O questionário enviado encontra-se no Apêndice A. Ele também foi usado como tópico-guia para as entrevistas, permitindo ao entrevistado falar livremente, mencionando exemplos e vivências sobre a sua prática de colaboração científica.

Segundo Gaskell (2003, p. 65):

O emprego da entrevista qualitativa para mapear e compreender o mundo da vida dos respondentes é o ponto de entrada para o cientista social que introduz, então, esquemas interpretativos para compreender as narrativas dos atores em termos mais conceptuais e

abstratos, muitas vezes em relação a outras observações. A entrevista qualitativa, pois, fornece os dados básicos para o desenvolvimento e a compreensão das relações entre os atores sociais e sua situação. O objetivo é uma compreensão detalhada das crenças, atitudes, valores e motivações, em relação aos comportamentos das pessoas em contextos sociais específicos.

Buscando atender aos objetivos da entrevista, conforme destacou Gaskell no parágrafo acima, selecionou-se os entrevistados com base em critérios de produtividade (número total de artigos), áreas do conhecimento, instituição de afiliação, tentando maximizar a diversidade de sujeitos a serem entrevistados e, conseqüentemente, ampliar a possibilidade de respostas divergentes e opiniões contrárias. Conforme Gaskell (2003, p.68), o objetivo da pesquisa qualitativa “[...] não é contar opiniões ou pessoas, mas ao contrário, explorar o espectro de opiniões, as diferentes representações sobre o assunto em questão”.

O quadro a seguir (página 71), apresenta informações sobre os entrevistados, como a produtividade no ISI durante o triênio, instituição, área de pesquisa, idade, ano de término do doutorado, cargo, bolsa de produtividade no CNPq e forma de realização da entrevista. Os nomes foram omitidos para preservar a identidade dos pesquisadores.

Os resultados das entrevistas e questionários foram sintetizados e apresentados na última seção dos “Resultados”. Ao longo das análises, foram inseridos alguns comentários considerados pertinentes às análises quantitativas.

	Pesquisador entrevistado	$\Sigma$ ISI 2004-2006	Instituição	Área	Idade	Ano do doutorado	Cargo	Bolsa Prod. CNPQ	Forma da entrevista
<b>Agricultura e Meio Ambiente</b>	P1	20	UFV	Ciência do Solo	41 a 50	1992	Prof. adj.	1D	telefone
	P2	20	UFRGS	Ciência do Solo		1996	Prof. adj.	1C	entr. pessoal
	P3	20	EMBRAPA	Irrig. e Dren. do Solo	51 a 60	1983	Pesq.	1B	quest. e-mail
	P4	36	UFV	Prob. e Est. Aplicadas	51 a 60	1997	Prof. assoc.	1B	quest. e-mail
	P5	30	UFV	Veterinária	51 a 60	1997	Prof. assoc.	1B	quest. e-mail
	P6	32	UFV	Nut. e Aliment. Animal	41 a 50	1994	Prof. adj.	1C	quest. e-mail
	P7	74	UFV	Nut. e Aliment. Animal	51 a 60	1984	Prof. tit.	1A	telefone
<b>Matemática</b>	P8	4	UFRGS	Geometria e Topologia		1977	Prof. tit.	1B	entr. pessoal
	P9	9	UFRJ	Geometria e Topologia	31 a 40	1994	Prof. adj.	1C	quest. e-mail
	P10	10	USP	Geometria e Topologia	51 a 60	1977	Prof. tit.	1C	quest. e-mail
	P11	9	USP	Matemática Aplicada	31 a 40	1998	Prof. assoc.	1D	quest. e-mail
	P12	8	IMPA	Equações Dif. Parciais	41 a 50	1986	Pesq.	1A	quest. e-mail
	P13	10	UFRJ	Estruturas	51 a 60	1981	Prof. tit.	1A	quest. e-mail
	P14	14	Unicamp	Matemática Aplicada	51 a 60	1978	Prof. tit.	1A	quest. e-mail
	P15	9	USP	Geometria e Topologia	41 a 50	1995	Prof. tit.	1B	quest. e-mail
<b>Física</b>	P16	13	UFRJ	Estruturas	51 a 60	1983	Prof. Tit.	1A	quest. e-mail
	P17	61	UERJ	Fís. Part. Elem.	61 a 70	1972	Prof. tit.	1A	quest. e-mail
	P18	70	USP	Biofísica Molecular	51 a 60	1981	Prof. tit.	2	quest. e-mail
<b>Química</b>	P19	18	UFRGS	Astrofísica Estelar		1984	Prof. assoc.	1A	entr. pessoal
	P20	171	UNESP	Físico-Química	61 a 70	1984	Ass. Téc. Gab.	1A	quest. e-mail
<b>Medicina</b>	P21	103	UNICAMP	Química orgânica	41 a 50	1988	Prof. tit.	1A	quest. e-mail
<b>Bioquímica</b>	P22	84	UNIFESP	Medicina		1978	Prof. tit.	1A	telefone
	P23	74	UFMS	Bioquímica	41 a 50	1996	Prof. adj.	1A	quest. e-mail

Quadro 3 - Entrevistados distribuídos por área



## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo Glänzel e Schubert (2004), para entender e interpretar a colaboração e a co-autoria de uma maneira apropriada, a cooperação deve ser estudada em suas especificidades de acordo com cada nível de agregação. Entende-se, neste estudo, que a colaboração entre indivíduos permeia a colaboração entre instituições e países, e, por isso, procurou-se estudar cada uma dessas formas usando diferentes abordagens e análises, conforme exposto a seguir.

Primeiramente, apresenta-se um panorama da produção científica brasileira considerando-se os artigos indexados no ISI que contêm ao menos um endereço brasileiro no campo *Address* no período 2004-2006. Foram analisados o idioma, os periódicos e áreas de publicação e instituições às quais os autores são filiados. Num segundo momento, procedeu-se a análise da co-autoria na ciência brasileira. Apresenta-se resultados da co-autoria em âmbito individual e, posteriormente, inter-institucional. Os artigos em co-autoria internacional, aqui denominados artigos internacionais, foram analisados quanto às áreas de publicação, quanto aos países e instituições parceiras e aos periódicos de publicação.

As análises foram detalhadas em três áreas do conhecimento: Agricultura e Meio Ambiente, Física e Matemática. Essas três áreas foram escolhidas por sua conhecida diversidade quanto à comunicação e à produção científica, e por possuírem diferentes motivações para a colaboração, conforme Wagner (2005). Em sua pesquisa, a autora reuniu áreas do conhecimento de acordo com os motivos que levam os pesquisadores a colaborar. Segundo a classificação proposta por Wagner (2005), a Matemática pertence à categoria Teoria e a colaboração é motivada pela discussão de idéias e problemas. A Física situa-se na categoria Equipamentos e a colaboração acontece pela necessidade de compartilhamento de equipamentos onerosos, como telescópios e aceleradores. As Ciências da Terra caracterizam-se pelos Recursos, que são, em sua maioria, geograficamente dispersos. As condições climáticas e o solo de uma região são recursos, por vezes, únicos, fato que incentiva a colaboração entre um pesquisador local e outro interessado no tema.

Além desses, outros motivos justificam a escolha das áreas. A Matemática tem sido relatada na literatura como a área com o maior crescimento percentual da colaboração (GLANZEL; SCHUBERT, 2004), instigando uma análise dos artigos

publicados por pesquisadores brasileiros. A Agricultura justifica-se por ser a área que mais se destacou no Brasil em produção científica em âmbito mundial entre 2003 a 2007, segundo dados da CAPES (TANCREDI, 2008). A escolha da Física tem sua justificativa no fato de ser amplamente relatada na literatura mundial como a área que contém o maior número de autores, instituições e países envolvidos na pesquisa científica. Foram feitas análises quanto aos autores, às instituições de filiação e aos países parceiros, e mapearam-se os autores em suas redes de co-autoria. Comparar áreas pertencentes às diferentes categorias propostas por Wagner (2005) permite o aprofundamento no entendimento sobre a co-autoria. O Brasil ainda não possui pesquisas suficientemente abrangentes sobre o tema, justificando o detalhamento dos resultados em algumas áreas.

Permeando a apresentação dos dados quantitativos foram expostas algumas idéias e opiniões mencionadas durante as entrevistas realizadas. Por fim, situa-se o relato completo das entrevistas realizadas, apresentando alguns indícios de como e porquê acontece a colaboração científica nacional.

## 5.1 PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA

O arquivo original importado do ISI continha 15.597, 16.514 e 17.631 registros brasileiros (artigos) referentes aos anos 2004, 2005 e 2006, respectivamente. A análise de registros duplicados, feita no Bibexcel, identificou 223, 254 e 219 registros duplicados no período. Após a conferência, constatou-se que os registros estavam duplicados desde a importação do ISI, e, então, procedeu-se a remoção desses, também feita pelo Bibexcel. Restaram 15.374 artigos do ano 2004, 16.260 artigos analisados em 2005 e 17.412 artigos, em 2006. No total, o conjunto de dados foi composto de 49.046 artigos, com ao menos um endereço brasileiro.

A Tabela 4 a seguir apresenta esses dados e o percentual de crescimento ano a ano:

Tabela 4 – Produção científica brasileira no ISI, 2004-2006

	2004	2005	2006	Total
N. artigos	15.597	16.514	17.631	49.742
N. artigos duplicados	223	254	219	696
N. artigos após remoção dos duplicados	15.374	16.260	17.412	49.046
% de aumento em relação ao ano anterior	..	5,9	6,8	..

Fonte: dados do autor

Nota: o sinal .. indica que não se aplica valor numérico.

Observa-se um aumento de 5,9% na produção científica de 2005 em relação ao ano anterior e de 6,8% em 2006 em comparação com 2005. Glänzel, Leta e Thijs (2006) apresentaram um percentual levemente superior – 8 a 9% de crescimento anual entre 1991 e 2003. Essa diferença talvez resida no número total de trabalhos analisados. Enquanto o trabalho dos pesquisadores incorporou cartas, notas e revisões, este estudo analisa somente artigos.

O aumento da produtividade científica brasileira também foi observado ao longo da década de 1990 na base Pascal. Na opinião de Mugnaini, Jannuzzi e Quoniam (2004, p.127):

[...] o aumento das cifras de produção científica no Brasil nos anos 90 decorreria, além de um crescimento da produção individual – em função da ampliação da oferta de bolsas de fomento, incentivos e sistemas de avaliação de méritos nas universidades –, da melhoria da cobertura dos periódicos em que os pesquisadores brasileiros estariam divulgando seus trabalhos, ou ainda de um número maior de pesquisadores realizando pesquisas e publicando-as com parceiros no exterior, em função do aumento do número de mestres e doutores titulados dentro e fora do país.

A seguir, apresentam-se resultados relacionados ao idioma de publicação dos artigos, aos periódicos usados para a publicação, às áreas de publicação e às instituições de filiação dos autores.

### 5.1.1 Idiomas

Os idiomas de publicação dos artigos são apresentados na Tabela 5:

Tabela 5 – Frequência de artigos brasileiros segundo idioma, 2004-2006

Idioma	2004		2005		2006		2004-2006	
	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%
Inglês	14.450	94,0	15.046	92,5	16.144	92,7	45.640	93,1
Português	828	5,4	1.140	7,0	1.196	6,9	3.164	6,5
Espanhol	74	0,5	57	0,4	52	0,3	183	0,4
Francês	17	0,1	14	0,1	14	0,1	45	0,1
Alemão	3	0,0	3	0,0	5	0,0	11	0,0
Russo	1	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,0
Romeno	1	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,0
Céltico	0	0,0	0	0,0	1	0,0	1	0,0
Total	15.374	100,0	16.260	100,0	17.412	100,0	49.046	100,0

Fonte: dados do autor

O idioma de publicação dos artigos se mantém constante no período com pequenas oscilações, sendo a maioria dos artigos publicada em inglês durante os três anos (94,0% em 2004, 92,5% em 2005 e 92,7% em 2006). A média de artigos publicados em inglês durante todo o período foi de 93,1%, conseqüência do esforço que os pesquisadores nacionais vêm fazendo para aumentar a visibilidade das pesquisas desenvolvidas no país. A colaboração internacional também constitui uma explicação para o alto percentual de artigos em inglês, visto que é o idioma considerado universal para a ciência. Outro fator que contribui fundamentalmente para este resultado é a hegemonia dos periódicos em língua inglesa nos bancos de dados do ISI.

O português é o idioma que aparece a seguir, e, apesar da oscilação, apresenta um pequeno aumento (5,4%, 7,0% e 6,9%, média de 6,5% para o período). Esse aumento está relacionado, provavelmente, com o crescimento do número de periódicos nacionais indexados pelo ISI, conforme se observa na seção a seguir. Os outros idiomas registram percentuais pouco expressivos: espanhol (0,5%, 0,4% e 0,3%, com média 0,4%), francês (0,1% constante no período), alemão (0,0% constante). Os idiomas russo e romeno (0,0% cada) tiveram 1 ocorrência em 2004, bem como céltico, que apresentou 1 ocorrência em 2006.

### 5.1.2 Periódicos

A produção científica brasileira do período 2004-2006 foi publicada em 4.650 títulos de periódicos diferentes. Sabe-se que os títulos apresentam pequenas

variações na forma de abreviação e digitação, e, por esse motivo, deve-se considerar esse valor como aproximado, conforme a tabela abaixo:

Tabela 6 – Periódicos usados para publicação, 2004-2006

	2004	2005	2006	2004-2006
Periódicos estrangeiros	2.840	2.975	3.189	4.626
Periódicos brasileiros	20	23	24	24
Total	2.860	2.998	3.213	4.650

Fonte: dados do autor

Observa-se que o número de periódicos usados para a publicação cresceu de 2.860 em 2004, para 2.998 em 2005 e 3.213 em 2006, indicando a diversificação nos veículos usados para publicar resultados de pesquisa. Deve-se ter em mente que o ISI amplia anualmente o número de periódicos indexados, o que se reflete nesses resultados. Os periódicos brasileiros usados para publicação dos artigos analisados também aumentaram – de 20 títulos em 2004 para 23 em 2005 e 24 periódicos em 2006<sup>7</sup>.

A Tabela 7 apresenta os periódicos brasileiros indexados no ISI, o total de artigos publicados no período e respectivo percentual em relação ao total de artigos:

<sup>7</sup> Conforme informações obtidas em contato com o ISI, o número total de periódicos brasileiros indexados nos bancos de dados em 2006 era 27. Entretanto, não foram encontrados artigos publicados na **Dados – Revista de Ciências Sociais, Estudos Ibero-americanos, Revista Brasileira de Psiquiatria e Revista de Saúde Pública**, periódicos listados entre os 27. O motivo pode residir na prática de atualização constante adotada pelo ISI. A importação dos artigos para esta pesquisa ocorreu em setembro de 2007, e até aquela data supõe-se que as revistas mencionadas não estavam ainda indexadas.

Tabela 7 – Distribuição dos artigos publicados em periódicos brasileiros, 2004-2006

Periódico Brasileiro	2004		2005		2006		2004-2006	
	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%
Rev. Bras. Zootecn.	221	1,4	253	1,6	291	1,7	765	1,6
Arq. Neuro-Psiquiatr.	223	1,5	208	1,3	163	0,9	594	1,2
Pesqui. Agropecu. Bras.	179	1,2	167	1,0	243	1,4	589	1,2
Braz. J. Phys.	246	1,6	146	0,9	183	1,1	575	1,2
Braz. J. Med. Biol. Res	203	1,3	175	1,1	164	0,9	542	1,1
J. Braz. Chem. Soc	139	0,9	157	1,0	157	0,9	453	0,9
Arq. Bras. Med. Vet. Zoo.	123	0,8	121	0,7	194	1,1	438	0,9
Quim. Nova	123	0,8	153	0,9	151	0,9	427	0,9
Braz. Arch. Biol. Technol.	112	0,7	147	0,9	137	0,8	396	0,8
Mem. Inst. Oswaldo Cruz	121	0,8	114	0,7	156	0,9	391	0,8
Neotrop Entomol.	108	0,7	124	0,8	104	0,6	336	0,7
Rev. Bras. Cienc. Solo	106	0,7	106	0,7	105	0,6	317	0,6
Rev. Bras. Zool.	..	..	166	1,0	124	0,7	290	0,6
Genet. Mol. Biol.	87	0,6	94	0,6	94	0,5	275	0,6
Sci. Agric.	80	0,5	90	0,6	71	0,4	241	0,5
Braz. J. Microbiol.	53	0,3	64	0,4	95	0,5	212	0,4
Rev. Soc. Bra. Med. Trop.	..	..	107	0,7	100	0,6	207	0,4
Braz. J. Chem. Eng.	59	0,4	53	0,3	45	0,3	157	0,3
An. Acad. Bras. Cienc.	51	0,3	37	0,2	49	0,3	137	0,3
Rev. Bras. Entomol.	..	..	71	0,4	66	0,4	137	0,3
Pesqui. Vet. Bras.	39	0,3	36	0,2	29	0,2	104	0,2
Neotrop Ichthyol.	..	..	..	..	45	0,3	45	0,1
Bull. Braz. Math. Soc.	12	0,1	6	0,0	13	0,1	31	0,1
Ornitol Neotrop.	16	0,1	5	0,0	7	0,0	28	0,1
<b>Total</b>	<b>2.301</b>	<b>15,0</b>	<b>2.600</b>	<b>16,0</b>	<b>2.786</b>	<b>16,0</b>	<b>7.687</b>	<b>15,7</b>
Total geral artigos publicados	15.374	100,0	16.260	100,0	17.412	100,0	49.046	100,0

Nota: A lista com os títulos dos periódicos e respectivas abreviações estão no Anexo B.

Observa-se que o número de artigos publicados em periódicos brasileiros indexados no ISI aumentou durante o período estudado. Em 2004, foram publicados 2.301 artigos em periódicos nacionais, representando 15% do total. Em 2005, o

número cresceu para 2.600, e o percentual subiu para 16%. Em 2006, o total de artigos subiu para 2.786, e o percentual se manteve em 16%. O total no período é 7.687 artigos brasileiros publicados em periódicos brasileiros, o que representa 15,7% da produção brasileira total.

É possível observar que a participação em número de artigos difere de um periódico para outro, mas deve-se ter em mente que características individuais de cada periódico, como a periodicidade e o tamanho, devem ser levadas em consideração para aprofundar a análise.

Leta, Glanzel e Thijs (2006) apresentaram dados de publicação referentes a 1991 e 2003, divididos pela produção de universidades públicas, instituições não universitárias e instituições privadas. Aparentemente, o percentual de publicação em periódicos brasileiros caiu quando comparado aos resultados obtidos pelos autores aqui apresentados. Essa alteração pode ser consequência do aumento (ainda que inexpressivo) do número de periódicos brasileiros no ISI, diminuindo a concentração de artigos num pequeno núcleo de periódicos; mas também pode revelar a ampliação do número de veículos usados para a publicação por pesquisadores brasileiros.

A Tabela 8 apresenta os 20 periódicos onde os artigos foram publicados, em ordem decrescente de número de artigos publicados no período 2004-2006:

Tabela 8 – Distribuição dos artigos publicados em periódicos, 2004-2006

<b>Periódico</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
Revista Brasileira de Zootecnia	765	1,6
Arquivos de Neuro-psiquiatria	594	1,2
Pesquisa Agropecuária Brasileira	589	1,2
Brazilian Journal of Physics	575	1,2
Brazilian Journal of Medical and Biological Research	542	1,1
Physical Review B	480	1,0
Journal of the Brazilian Chemical Society	453	0,9
Arquivo Bras. de Med. Veterinária e Zootecnia	438	0,9
Química Nova	427	0,9
Brazilian Archives of Biology and Technology	396	0,8
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz	391	0,8
Zootaxa	342	0,7
Neotropical Entomology	336	0,7
Revista Brasileira de Ciência do Solo	317	0,6
Physica A	296	0,6
Revista Brasileira de Zoologia	290	0,6
Physical Review D	288	0,6
Physical Review E	277	0,6
Genetics and Molecular Biology	275	0,6
Scientia Agricola	241	0,5
Outros (4.630 periódicos)	40.734	83,1
<b>Total</b>	<b>49.046</b>	<b>100,0</b>

Fonte: dados do autor

Entre os 20 periódicos mais usados para a publicação das pesquisas nacionais, observa-se uma maioria de periódicos nacionais (15) e revistas da área da Física, que é uma das áreas de maior representatividade na produção científica brasileira.

### 5.1.3 Áreas

Os dados da produção científica brasileira de 2004 a 2006 foram classificados por área do conhecimento de acordo com o esquema de classificação de áreas proposto por Glänzel e Schubert (2003). Segundo os autores, classificar a literatura científica em campos de conhecimento apropriados é uma condição básica para análises bibliométricas. Esse esquema foi baseado na experiência cientométrica dos autores e contou com o auxílio de consultores externos, o que agregou uma visão especializada para adequação das sub-áreas em áreas principais. A proposta dos autores consiste em 12 grandes áreas e 60 subáreas das ciências, além de 3 grandes áreas e 7 subáreas das ciências sociais e humanidades (Anexo A). Na opinião de Glänzel e Schubert (2003), a utilização de um esquema específico e adequado para análise bibliométrica é fundamental, ao invés do uso de esquemas criados para fins de classificação bibliográfica e recuperação da informação.

A referida classificação utiliza os descritores de assunto do ISI, presentes no campo *Subject Category (SC)* do **Web of Science**, classificando-os em grandes áreas. Segundo Glänzel e Schubert (2003), a categoria Ciências Multidisciplinares deve ser analisada individualmente, ou seja, artigo por artigo, visto que periódicos como a **Nature** e a **Science** fazem parte dessa categoria e publicam artigos de diversas áreas. Entretanto, preferiu-se seguir as sugestões oferecidas por Glänzel (2008, *e-mail*) e manter a categoria como uma grande área dentro do esquema de classificação. Da mesma forma procedeu-se com relação à área Nanociência e à Nanotecnologia, onde a análise individual dos artigos não permitiu a classificação dentro de uma grande área, visto que foram encontrados artigos classificados em Química, Física e Engenharia, além de Nanociência e Nanotecnologia.

A Tabela 9 apresenta ano a ano o total de artigos publicados por área:



Tabela 9 – Áreas de publicação dos artigos brasileiros, 2004-2006

Áreas	2004	%	2005	%	2006	%	2004-2006	%
Agr. Meio Amb.	1.503	7,2	1.723	7,9	1.902	8,1	5.128	7,8
Biologia	2.816	13,6	3.122	14,3	3.619	15,4	9.557	14,5
Biociências	1.813	8,7	1.809	8,3	1.913	8,1	5.535	8,4
Pesq. Biomedica	1.334	6,4	1.364	6,3	1.458	6,2	4.156	6,3
Med. Clín. Exp. I	1.121	5,4	1.128	5,2	1.286	5,5	3.535	5,4
Med. Clín. Exp. II	2.274	10,9	2.592	11,9	2.881	12,2	7.747	11,7
Neuroci. Comp.	673	3,2	727	3,3	728	3,1	2.128	3,2
Química	3.153	15,2	3.459	15,9	3.411	14,5	10.023	15,2
Física	2.851	13,7	2.612	12,0	2.781	11,8	8.244	12,5
Geoci. Ciên. Esp.	755	3,6	759	3,5	846	3,6	2.360	3,6
Engenharias	1.546	7,4	1.497	6,9	1.602	6,8	4.645	7,0
Matematica	635	3,1	676	3,1	734	3,1	2.045	3,1
Ciên. Multidis. Nanociên.	131	0,6	114	0,5	134	0,6	379	0,6
Nanotec.	102	0,5	115	0,5	122	0,5	339	0,5
Ciên. Soc. I	51	0,2	44	0,2	62	0,3	157	0,2
Ciên. Soc. II	14	0,1	24	0,1	38	0,2	76	0,1
Art. Hum.	4	0,0	4	0,0	5	0,0	13	0,0
<b>Total</b>	<b>20.776</b>	<b>100,0</b>	<b>21.769</b>	<b>100,0</b>	<b>23.522</b>	<b>100,0</b>	<b>66.067</b>	<b>100,0</b>

Fonte: dados do autor

Agricultura e Meio Ambiente apresenta tendência de crescimento na produção científica. Em 2004, a área perfazia 7,2% da produção nacional (1.503 artigos), em 2005 subiu 0,7% e alcançou 7,9% (1.723 artigos). Em 2006, o percentual é de 8,1% (1.902 artigos). O total do período é de 5.128 artigos, que correspondem a 7,8% da produção nacional. No período 1991-2000, a área triplicou o número de artigos indexados pela Pascal, segundo dados apresentados por Mugnaini, Jannuzzi e Quoniam (2004). Tais resultados podem ser consequência dos investimentos feitos na pesquisa científica na área, especialmente em institutos como a EMBRAPA.

Evitou-se comparar as áreas pois a comparação não é justa, devido as conhecidas diferenças de tratamento do ISI quanto a indexação dos periodicos e também em relação ao tamanho dos mesmos.

Tendência de crescimento também é observada na Biologia, a segunda maior produtora de artigos indexados pelo ISI durante o período. Em 2004, foram 2.816 artigos publicados, perfazendo 13,6%. Em 2005, o total passou para 3.122 e o

percentual para 14,3% (0,7% superior ao ano anterior). Em 2006, foram publicados 3.619 artigos, levando a um aumento de 0,9% e perfazendo 15,4% da produção nacional. O total de artigos publicados no período é de 9.557 artigos, representando 14,5% da produção brasileira.

Biosciências experimentou uma leve queda: de 1.813 artigos (8,7%) em 2004, para 1.809 (8,3%) em 2005 e 1.913 artigos (8,1%) em 2006. No período, foram 5.535 artigos publicados, representando 8,4% da produção.

Pesquisa Biomédica manteve-se estável quanto ao número de artigos publicados. Em 2004, foram 1.334 artigos publicados (6,4%). Em 2005, o total subiu para 1.364, mas o percentual decresceu levemente (6,3%), e continuou em 2006 (6,2%), apesar do total de artigos ter aumentado (1.458). O total do período é de 4.156 artigos, perfazendo 6,3% da produção científica do país.

A Medicina Clínica e Experimental I também manteve-se estável. Em 2004, a área foi responsável por 1.121 artigos (5,4%), aumentando para 1.128 (5,2%) em 2005 e 1.286 em 2006 (5,5%). No período, são 3.535 artigos, representando 5,4% da produção nacional. Já a Medicina Clínica e Experimental II, a quarta maior área no *ranking*, registrou crescimento na produção durante o período. Em 2004, foram 2.274 artigos (10,9%), seguidos por 2.592 artigos em 2005 (11,9%) e 2.881 em 2006 (12,2%), totalizando 7.747 e perfazendo 11,7% da produção nacional. Tal resultado é, provavelmente, uma consequência da política de investimento das agências de fomento e da estabilidade dos investimentos, feitos em atividades de pesquisa e desenvolvimento na área médica (ZORZETTO et al., 2006).

A área de Neurociências e Comportamento manteve-se estável. Em 2004, a área representou 3,2% dos artigos do ISI (673 artigos), subindo para 3,3% em 2005 (727 artigos) e baixando para 3,1% em 2006 (728 artigos). No período, a área foi responsável por 3,2% dos artigos nacionais (2.128 artigos).

A Química, responsável pela maior produção científica do país indexada no ISI no período (10.023 artigos – 15,2%), também manteve-se estável. Em 2004, foram 3.153 artigos (15,2%), passando para 3.459 em 2005 (15,9%) e 3.411 em 2006 (14,5%). Em estudos anteriores, a área ocupava um espaço menor na produção científica nacional. Leta e Meis (1996) demonstraram que a área perfazia 8,4% de toda a produção científica nacional no período 1981-1993. Meis (2002) apresentou o percentual de 8,6% para o período 1981-2000. Alguns anos mais tarde Glänzel, Leta e Thijs (2006) mostraram não só o crescimento da produtividade

dessa área como também o crescimento do impacto das citações durante o período 1991-2003. Resultados encontrados por Mugnaini, Jannuzzi e Quoniam (2004), na Pascal, revelam que a Química dobrou o tamanho da sua produção quando comparou-se a primeira e a segunda metade dos anos 1990.

A Física diminuiu sua produção ao longo do triênio. Em 2004, a área produziu 2.851 artigos (13,7%), em 2005 foram 2.612 (12%) e em 2006, 2.781 (11,8%). No período, a área produziu 8.244 artigos, representando 12,5% da produção nacional (ocupando a terceira posição no *ranking* de produção). O aumento na produtividade de outras áreas tem feito a Física perder sua posição relativa no *ranking*, apesar de sua forte tradição de pesquisa. No período 1981-1993, a Física perfazia 18,2% da produção científica nacional (LETA; MEIS, 1996) e já havia baixado para 15,6% no período 1981-2000 (MEIS, 2002).

A área Geociências e Ciências Espaciais manteve-se estável durante todo o período. Em 2004, foram 755 artigos (3,6%), 759 em 2005 (3,5%) e 846 em 2006 (3,6%). No total, a área produziu 2.360 artigos (3,6%).

A Engenharia apresentou uma tendência de queda quanto ao total de artigos e ao percentual. Em 2004, produziu 1.546 trabalhos (7,4%); em 2005, 1.497 (6,9%) e em 2006, 1.602 (6,8%). No período, são 4.645 artigos, representando 7% da produção científica nacional. O percentual manteve-se estável em relação ao período 1981-1993, quando a área perfazia 6,5% da produção nacional (LETA; MEIS, 1996).

A Matemática apresenta-se estável. Publicou 635 artigos (3,1%) em 2004; 676 artigos (3,1%) em 2005; e 734 trabalhos (3,1%), em 2006. No período, os 2.045 artigos representam 3,1% da produção brasileira indexada, mostrando uma ampliação da produção científica na área em relação ao período 1981-1993, quando a área perfazia 2,3% de toda a produção científica nacional (LETA; MEIS, 1996), e durante o período 1981-2000, quando o percentual já se apresentou elevado para 2,8% (MEIS, 2002).

Os artigos classificados em Ciências Multidisciplinares apresentam estabilidade quanto ao número total. Em 2004, foram 131 artigos (0,6%), subindo para 114 (0,5%) em 2005 e 134 (0,6%) em 2006. O percentual se manteve constante em 0,6%, e o total de artigos foi 379 durante o período. Nanociências e Nanotecnologia enquanto grande área tem ainda pouca representatividade, apesar de apresentar aumento de artigos publicados durante o período estudado. Em 2004,

foram 102 artigos (0,5%), 115 em 2005 (0,5%) e 122 (0,5%) em 2006, totalizando 339 artigos. Ainda foram encontrados artigos classificados como Ciências Sociais I e II e Artes e Humanidades, conforme descrito na Tabela 9. Estas áreas estão pouco representadas pelo fato de os dados serem provenientes unicamente do **SCI**.

A última linha da Tabela 9 apresenta totais que não correspondem à totalidade dos artigos analisados neste estudo, pois há trabalhos classificados em mais de uma categoria.

A análise da produção científica brasileira mostra que Biologia apresentou crescimento de 1,8% no período, seguida da Medicina Clínica e experimental II (1,3%) e Agricultura e Meio Ambiente (0,9%). Ao contrário, a Física apresentou queda de 1,9% seguida da Química (-0,7%) e Engenharias (-0,6%). Para permitir a análise visual da produção científica brasileira e possibilitar a comparação com outros estudos (GLÄNZEL; SCHUBERT, 2003), produziu-se o gráfico abaixo, com os dados percentuais referentes às 12 principais áreas das Ciências:

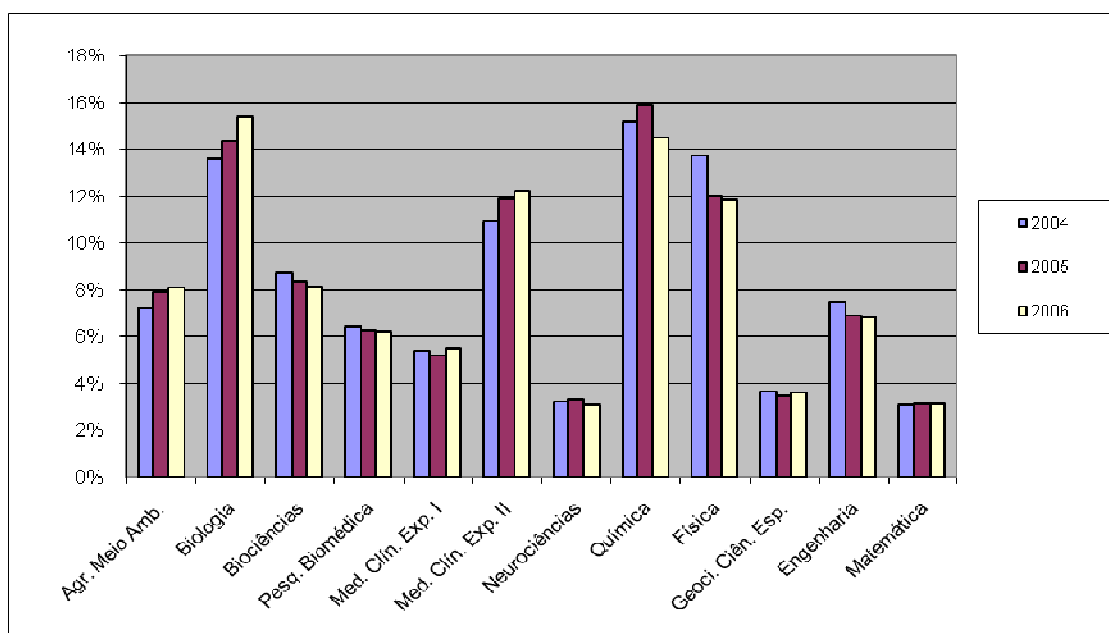


Gráfico 1 – Produção científica brasileira por áreas, 2004-2006

Observa-se que a produção científica brasileira se destaca na área de Química, seguindo uma tendência da produção científica mundial (GLÄNZEL, SCHUBERT, 2003). A segunda, nesse *ranking*, foi a Biologia, com um crescimento ano a ano; seguida pela Física (que, ao contrário, decaiu percentualmente ano a ano) e pela Medicina Clínica Experimental II (que teve um crescimento anual). Segundo o panorama da situação mundial, verificado por Glänzel e Schubert (2003),

o segundo lugar é ocupado pela Medicina Clínica Experimental II; o terceiro, pela Física; e o quarto pela Medicina Clínica e Experimental I.

Com o objetivo de aprofundar as análises, foram escolhidas algumas áreas que receberam maior detalhamento nesta pesquisa, apresentado nas seções 5.2.5, 5.2.6, 5.2.7 deste estudo.

#### 5.1.4 Instituições produtoras

Com o objetivo de analisar de que forma as instituições brasileiras e estrangeiras aparecem vinculadas aos autores dos artigos analisados foram geradas listas de frequência de nomes de instituições. A tabela abaixo apresenta uma análise descritiva da ocorrência das instituições:

Tabela 10 – Ocorrência de instituições, 2004-2006

	2004	2005	2006	2004-2006
Média de ocorrências	10,6	10	9,8	14,3
Mediana	1	1	1	1
Moda	1	1	1	1
Desvio padrão	104,8	100,5	104,8	212,9
Assimetria	35,6	37,6	39,6	54,8
Intervalo	5.171	5.304	5.822	16.299
N. mínimo	1	1	1	1
N. máximo	5.172	5.305	5.823	16.300

Fonte: dados do autor

Nota: o sinal “-” indica que não se aplica valor numérico.

Os dados apresentam uma distribuição assimétrica para os três anos analisados. Os valores de média (10,6; 10 e 9,8 ocorrências por instituição) são discrepantes do valor 1 encontrado para mediana e moda, constantes para os todos os anos. Este resultado mostra que mais da metade das instituições aparece apenas uma vez vinculada aos autores e artigos analisados no campo *Address*. Os valores de média são elevados em decorrência de algumas instituições apresentarem uma ocorrência bem superior, conforme mostra o número máximo de ocorrências. O coeficiente de assimetria bem distante de 0 (35,6; 37,3 e 39,6) reforça a idéia da diferença entre os valores de média, moda e mediana. Enquanto a moda foi cada instituição ocorrer no conjunto de dados somente uma vez, algumas instituições apareceram muitas vezes, conforme atesta o número máximo de ocorrências anuais:

5.172 em 2004, 5.305 em 2005 e 5.823 em 2006, ocasionando grandes intervalos no conjunto de dados (5.171, 5.304 e 5.822 ocorrências).

A tabela abaixo apresenta um resumo da frequência por número de ocorrências das instituições brasileiras e estrangeiras e seu respectivo percentual ano a ano:

Tabela 11 – Frequência do número total de ocorrência de instituições, 2004-2006

	2004		2005		2006		2004-2006	
	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%
1 ocorrência	2.142	55,6	2.677	59,5	3.063	61,5	7.882	59,1
2 ocorrências	542	14,1	587	13,1	640	12,8	1.769	13,3
3 ocorrências	210	5,4	259	5,8	271	5,4	740	5,6
4 ocorrências	151	3,9	167	3,7	157	3,2	475	3,6
5 ocorrências	91	2,4	79	1,8	95	1,9	265	2,0
6 ocorrências	79	2,0	76	1,7	67	1,3	222	1,7
7 ocorrências	50	1,3	65	1,4	49	1,0	164	1,2
8 ocorrências	65	1,7	49	1,1	43	0,9	157	1,2
9 ocorrências	38	1,0	25	0,6	47	0,9	110	0,8
≥ 10 ocor.	444	12,0	466	9,4	497	10,0	1.407	10,6
≥ 100 ocor.	42	0,6	47	1,9	52	1,0	141	1,1
Total	3.854	100,0	4.497	100,0	4.981	100,0	13.332	100,0

Fonte: dados do autor

No ano 2004, observa-se que 2.142 instituições, representando 55,6% do total, aparecem apenas uma vez no conjunto de dados analisados. O percentual para duas ocorrências diminui para cerca de um quarto, 14,1% (542 instituições). A mesma redução se observa para o total de três ocorrências, 5,4% (210 instituições).

Em 2005, verifica-se um aumento no total de instituições que aparecem apenas uma vez em todo o conjunto de dados: 59,5% (2.677 instituições). O total de instituições com 2 ocorrências baixa para 13,1% (587 instituições); e com 3 ocorrências, para 5,8% (259 instituições).

Já em 2006, observa-se que 61,5% das instituições apareceram apenas uma vez (3.063 ocorrências), e o percentual para 2 ocorrências cai um quinto em relação ao anterior, 12,8% (640 ocorrências). O grupo de instituições que apresenta 3 ocorrências perfaz 5,4% do total (271 instituições).

Durante os 3 anos estudados, é possível verificar que o total de 10 ou mais ocorrências representa cerca de 10% dos casos. Quando se analisa o total de

instituições com 100 ou mais ocorrências, o percentual reduz-se para cerca de 1%. Tais resultados possibilitam algumas considerações. Primeiramente, indicam uma participação prioritariamente esparsa nos bancos de dados do ISI, não só em relação às instituições brasileiras, mas também em relação às instituições estrangeiras. Isto pode indicar que o Brasil não possui uma grande quantidade de instituições com quem mantém vínculos de colaboração científica constante, pois mais de 50% das instituições surgem como autoras de um único artigo, o que leva a pensar que os pesquisadores nacionais não possuem, no geral, padrões estabelecidos de publicação e colaboração científica.

Os dados são apresentados no Gráfico 2 para facilitar a visualização:

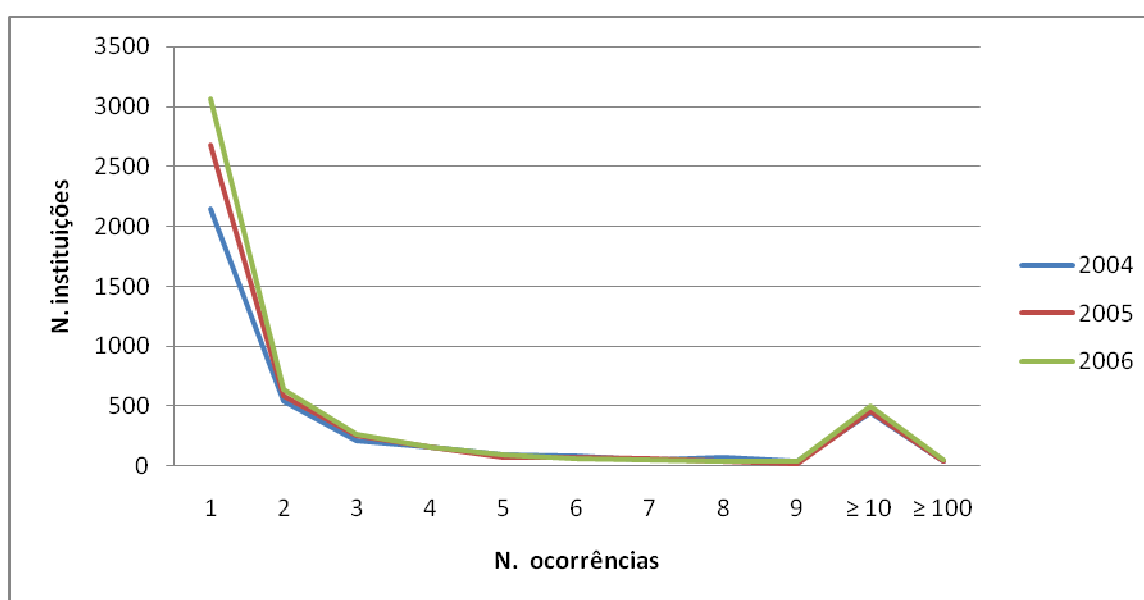


Gráfico 2 – Distribuição das instituições de acordo com o número de ocorrências, 2004-2006

O Gráfico 2 permite observar, claramente, que o número de instituições que apareceram apenas uma vez (1 ocorrência) no ISI aumentou ao longo do triênio. Em 2004, foram 2.142 instituições. Em 2005, registrou-se 2.677, e, em 2006, o número cresceu para 3.063. Tal resultado permite considerar que o número de instituições brasileiras que vem publicando em periódicos indexados pelo ISI está aumentando, dá mesma forma que é possível inferir que o número de parceiros estrangeiros também está ampliando.

Outro resultado interessante são as instituições que apresentam 100 ou mais ocorrências. O percentual se eleva de 0,6% em 2004 para 1,9% em 2005, voltando a 1% em 2006. Apesar da oscilação durante o período, o resultado pode indicar que algumas instituições aumentaram seu ritmo de produção científica.

## 5.2 A CO-AUTORIA NA CIÊNCIA BRASILEIRA

Apresentam-se a seguir os resultados relativos a co-autoria brasileira entre indivíduos, instituições e países. Por fim, as análises são detalhadas nas áreas de Agricultura e Meio Ambiente, Física e Matemática, e é exposta a visão dos cientistas brasileiros sobre a colaboração científica.

### 5.2.1 Co-autoria entre indivíduos

Dando continuidade às análises, apresentam-se dados exploratórios sobre a co-autoria em nível individual. A tabela abaixo registra a distribuição de autores por artigo:

Tabela 12 – Distribuição de autores por artigo, 2004-2006

	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2004-2006</b>
Média de autores	5,9	6,4	6,5	6,3
Mediana	4	4	4	4
Moda	3	3	3	3
Assimetria	18,9	17	17,9	18
Intervalo	938	606	815	938
N. Mínimo de autor	1	1	1	1
N. Máximo de autores	939	607	816	939

Fonte: dados do autor

Como se pode verificar, a média de autores por artigo aumenta ano a ano, iniciando por 5,9 autores por artigo em 2004, passando a 6,4 em 2005 e 6,5 em 2006, o que representa em média 6,3 autores por artigo no período. A mediana e moda são estáveis para todos os anos, 4 e 3, respectivamente. O número máximo de autores por artigo varia de 607 em 2005 a 939 em 2004, ocasionando intervalos altos para os 3 anos (938, 606 e 815, consecutivamente).

Dados registrados por Bordons e Gómez (2000) corroboram a idéia de que a elevação no número de co-autores por artigo tem ocorrido em todos os países. As autoras mostraram que a média de autores por artigo no SCl subiu de 1,83 em 1955 para 3,89 em 1998. Glänzel e Schubert (2004) apresentaram uma média de 4,16



autores por artigo em 2000. Os resultados aqui reunidos revelam que o Brasil segue o padrão mundial de crescimento e apresenta uma média elevada (6,3 autores por artigo) em relação aos resultados de outros países. A média de autores por artigo contendo autores brasileiros na base Pascal, apesar de ser menor do que a média do ISI, também mostra a tendência de crescimento. De acordo com dados de Mugnaini, Jannuzzi e Quoniam (2004), a média de 1,09 autores por artigo verificada em 1991 subiu para 2,7 em 2000.

Wuchty, Jones e Uzzi (2007) demonstraram que a pesquisa multiautorada é dominante nas ciências e engenharias, e, também, nas Ciências Sociais, onde encontraram 17,5% dos artigos publicados em 1955 em colaboração, índice que cresceu para 51,5% em 2000, com destaque para a Psicologia, Economia e Ciência Política. As patentes também apresentam a tendência para *teamworks*, com a média de inventores ampliando-se de 1,7 para 2,3 entre 1975 e 2000. Segundo os autores, os artigos e patentes produzidos em equipe recebem mais citações do que a média, mesmo quando as análises foram realizadas sem a presença de auto-citação.

Uma análise detalhada dos artigos com o maior número de autores vinculados (939, 816, 607, 607, 599, 590, 583, 582, 581, 581, 581, 581, 581, 580 e 580 autores), mostra que os mesmos são da área de Física de Partículas, publicados nos periódicos **Physical Review D**, **Physical Review Letters**, **Physics Letters B** e **Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A**. Cabe ressaltar que todos os artigos mencionados acima foram escritos por um grupo que tem como primeiro autor um pesquisador do Joint Institute for Nuclear Research, em Dubna, na Rússia.

Newman (2001a, 2001b, 2001c) encontrou surpreendentes 1.681 autores vinculados a um único artigo na área de Física de Altas Energias. Cronin (2001) mencionou, além da Física de Altas Energias, o elevado número de autores em vários campos da pesquisa biomédica, nomeando o fenômeno como "*hyper-authorship*".

A tabela a seguir apresenta a freqüência de artigos publicados em colaboração e autoria única. Os dados são apresentados ano a ano, em números brutos e percentual simples e cumulativo:

Tabela 13 – Número de autores vinculados aos artigos, 2004-2006

N. autores	2004			2005			2006			2004-2006		
	F. artigos	%	∑ %	F. artigos	%	∑ %	F. artigos	%	∑ %	F. artigos	%	∑ %
1	658	4,3	4,3	681	4,2	4,2	581	3,3	3,3	1.920	3,9	3,9
2	2.485	16,2	20,4	2.510	15,4	19,6	2.537	14,6	17,9	7.532	15,4	19,3
3	3.016	19,6	40,1	2.975	18,3	37,9	3.184	18,3	36,2	9.175	<b>18,7</b>	38,0
4	2.788	18,1	58,2	2.975	18,3	56,2	2.985	17,1	53,3	8.748	<b>17,8</b>	55,8
5	2.140	<b>13,9</b>	72,1	2.359	<b>14,5</b>	70,7	2.560	<b>14,7</b>	68,0	7.059	14,4	70,2
6	1.598	10,4	82,5	1.657	10,2	80,9	2.000	11,5	79,5	5.255	10,7	80,9
7	1.024	6,7	89,2	1.119	6,9	87,8	1.297	7,4	87,0	3.440	7,0	87,9
8	582	3,8	93,0	694	4,3	92,1	786	4,5	91,5	2.062	4,2	92,1
9	346	2,3	95,2	439	2,7	94,8	517	3,0	94,5	1.302	2,7	94,8
10	218	1,4	96,6	259	1,6	96,4	318	1,8	96,3	795	1,6	96,4
≥11	519	3,4	100,0	592	3,6	100,0	647	3,7	100,0	1.758	3,6	100,0
Total	15.374	100,0	..	16.260	100,0	..	17.412	100,0	..	49.046	100,0	..

Fonte: dados do autor

Nota: o sinal .. indica que não se aplica valor numérico.

Reforçando a idéia de que a comunidade científica brasileira está presente nos bancos de dados do ISI, publicando, majoritariamente, artigos escritos em colaboração em nível individual, a Tabela 13 registra que, em média durante o período, apenas 3,9% dos artigos são escritos por um único autor. O percentual, que em 2004 era de 4,3%, decresceu ano a ano para 4,2% em 2005 e 3,3% em 2006. O mesmo fenômeno acontece com o percentual de artigos publicados por 2 autores: em 2004, representava 16,2% dos artigos, caindo para 15,4% em 2005 e 14,6% em 2006, o que representa 15,4% dos artigos do triênio. Os artigos publicados por 3 autores também têm seu percentual reduzido anualmente, passando de 19,6% em 2004 para 18,3% em 2005 e 2006. Já as publicações com 4 autores sofrem uma oscilação, passando de 18,1% em 2004 para 18,3% em 2005 e reduzindo-se para 17,1% em 2006. A média do período resultou num percentual de 17,8%.

A queda percentual verificada nos artigos com menor número de autores deixa de existir a partir dos artigos publicados em colaboração entre 5 autores, que representam 13,9% do total em 2004, subindo para 14,5% em 2005 e 14,7% em 2006. Apesar da oscilação, o grupo de 6 autores também apresenta um acréscimo percentual durante o período, iniciando-se com 10,4% em 2004, decrescendo para 10,2% em 2005 e passando a 11,5% em 2006. Grupos de 7 autores representam 6,7% do total de artigos publicados em 2004; 6,9%, em 2005; e 7,4%, em 2006. Os artigos publicados por grupos de 8, 9, 10 e 11 ou mais autores apresentam crescimento percentual ano a ano, reforçando a idéia do aumento da colaboração entre indivíduos na ciência brasileira.

Glänzel e Schubert (2004) analisaram artigos indexados no ISI nos anos 1980, 1990 e 2000. Segundo os autores, todas as áreas da ciência são caracterizadas pelo aumento da colaboração. No ano 2000, o que mais se aproxima do período avaliado no presente estudo, 10,7% dos artigos foram assinados por um único autor. Comparativamente, o Brasil apresenta apenas 3,9% da sua produção científica publicada por um único autor no triênio, revelando a co-autoria entre indivíduos como uma prática intensa no país.

Persson, Glänzel e Danell (2004) mostraram que, mundialmente, o crescimento no número de artigos entre 1980 e 1998 foi de 36%, enquanto o aumento da colaboração foi de 64%. Os autores concluíram que está havendo uma mudança na colaboração científica e levantam uma questão: a densidade das redes

de co-autoria ampliou-se pela formação de grupos estáveis de co-autores ou a colaboração é caracterizada pela criação de laços ocasionais?

As entrevistas apresentaram 16 pesquisadores que afirmam a existência de grupos estáveis, unidos por projetos de pesquisa longos, envolvendo muitas pessoas. O professor P19, do Instituto de Física da UFRGS, afirmou, em sua entrevista, que o maior projeto que ele participa, denominado Whole Earth Telescope, existe há 20 anos, e o número de colaboradores aumenta proporcionalmente à chegada de novos orientandos de mestrado e doutorado. Segundo o pesquisador, esse é o maior projeto na área em todo o mundo, e quem pesquisa sobre as estrelas anãs brancas está envolvido nele. Não há competição, e, portanto, os pesquisadores que abandonam o projeto o fazem por desistir da área e não para pesquisar sozinhos. É importante salientar que o estudo da Astronomia depende de equipamentos de alto custo, no caso, os observatórios usados para a pesquisa. Durante a entrevista, o professor destacou que nenhum país do mundo consegue manter sozinho um telescópio, portanto, os projetos são fruto de consórcios de países que participam com investimentos. Segundo ele, o Brasil entrou com 30% dos custos do Southern Observatory for Astrophysical Research (SOAR), no Chile, e 2,5% do investimento feito nos observatórios Gemini, localizados na Cordilheira dos Andes e Hawaii, o que garante aos pesquisadores brasileiros várias noites por ano para observação, proporcionais ao investimento feito. Beaver e Rosen (1978) demonstraram que a Astronomia já apresentava artigos escritos em colaboração no século XIX, e atribuíram o fenômeno à necessidade de observação e de equipamentos adequados à essa prática e à precoce profissionalização da área, ocorrida provavelmente durante o século XVIII.

### **5.2.2 Co-autoria inter-institucional**

Com o objetivo de verificar a colaboração entre diferentes instituições (nacionais e estrangeiras), foram realizadas as análises apresentadas a seguir. A Tabela 14 reúne, por ano e período total, um resumo da freqüência de diferentes instituições relacionadas aos artigos indexados no ISI no período 2004-2006:

Tabela 14 – Instituições por artigo, 2004-2006

	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>Total</b>
Média	2,3	2,4	2,4	2,4
Mediana	2	2	2	2
Moda	1	1	1	1
Desvio padrão	3,6	4,6	4,5	4,3
Assimetria	13,3	13,3	14,4	14,0
Intervalo	105	85	89	105
Mínimo	1	1	1	1
Máximo	106	86	90	106
N. de artigos	15.350	16.179	17.384	48.913
N. de artigos sem filiação	24	81	28	133

Fonte: dados do autor

No ano 2004, a média de instituições vinculadas a cada artigo é 2,3. Cabe ressaltar que só estão computadas nesta análise instituições diferentes, ou seja, os resultados dizem respeito à colaboração inter-institucional. A mediana é 2 e a moda é 1, constantes para todo o período e próximas ao valor da média, indicando uma distribuição simétrica. O número mínimo de instituições encontrado é 1, enquanto o máximo é 106. Observa-se que apenas 15.350 artigos apresentaram instituições vinculadas ao campo *Address*. Os outros 24 artigos não continham endereços informados no banco de dados do ISI, e, portanto, são considerados dados perdidos, sendo automaticamente retirados das análises de instituições e países.

Em 2005, o valor da média (2,4) registra um pequeno acréscimo em relação ao ano anterior, enquanto a mediana (2) e a moda (1) se mantêm constantes. Observa-se uma diminuição no número máximo de instituições, que cai de 106 para 86. O total de artigos sem instituição vinculada aumenta para 81. Da mesma forma, em 2006 os valores da média, mediana e moda são constantes em relação ao ano anterior. O número máximo de instituições vinculadas a um único artigo sobe para 90, e 28 artigos não apresentam a filiação dos autores. Quando se analisa o período total, a média de instituições por artigo é 2,4, enquanto os valores de mediana e moda são 2 e 1.

Jones, Wuchty e Uzzi (2008), em pesquisa realizada com 4,2 milhões de artigos americanos indexados pelo ISI, concluíram que a colaboração entre diferentes universidades, que era rara nas áreas de Ciências e Engenharias e Ciências Sociais em 1975, cresceu rapidamente alcançando mais de 30% de toda a

produção científica dessas áreas em 2005, indicando que esse tipo de colaboração é um fenômeno moderno na comunidade científica. Os autores concluíram ainda que os grupos são formados por diferentes números de universidades, e que, apesar da incidência de colaboração entre diferentes universidades ter crescido rapidamente no período, a distância média entre as universidades parceiras se manteve constante em torno de 1.300 Km, e a mediana em torno de 800 Km. Na opinião dos autores, a distância geográfica está perdendo importância, entretanto a distância social desempenha um importante papel na colaboração científica na figura das universidades de elite.

Os artigos que possuem o maior número de instituições vinculadas (106 e 90) foram publicados no periódico **Physical Review D** pelo grupo liderado pelos pesquisadores do Joint Institute for Nuclear Research, já comentado na análise da co-autoria entre indivíduos. Apesar de os artigos com o maior número de instituições vinculadas pertencerem à Física, a área de Geociências é a que registra o maior percentual de colaboração inter-institucional, conforme ilustra o Gráfico 3 a seguir.

A Física surge como a segunda área que possui maior colaboração inter-institucional, seguida da Matemática. A Agricultura e Meio Ambiente é a que apresenta menos da metade da sua produção em colaboração inter-institucional.

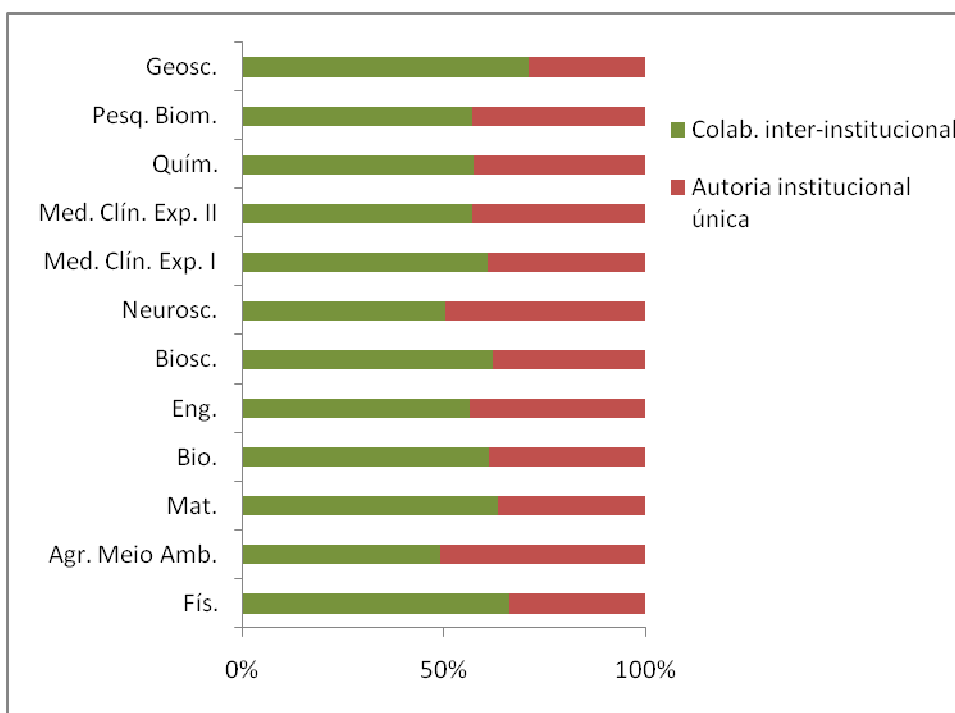


Gráfico 3 – Co-autoria inter-institucional distribuída por áreas, 2004-2006

Com o objetivo de estimar a colaboração entre instituições essencialmente nacionais, aprofundou-se a análise dos artigos publicados em co-autoria entre diferentes instituições brasileiras. Os resultados são resumidos na Tabela 15, abaixo:

Tabela 15 – Instituições brasileiras por artigo, 2004-2006

	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2004-2006</b>
Média	1,6	1,6	1,6	1,6
Mediana	1	1	1	1
Modo	1	1	1	1
Desvio padrão	0,8	0,8	0,8	0,8
Assimetria	1,7	1,6	1,7	1,7
Intervalo	9	9	9	9
Mínimo	1	1	1	1
Máximo	10	10	10	10
Total de artigos	10.619	11.305	12.192	34.116

Fonte: dados do autor

Os números registram um decréscimo em relação à Tabela 13. A média baixou para 1,6 instituições co-autoras, revelando o valor médio real para co-autoria entre instituições brasileiras. A mediana e moda (1) são constantes, evidenciando que a colaboração inter-institucional é ainda mais inexpressiva quando consideradas somente as instituições nacionais.

A ciência brasileira é extremamente concentrada no setor público pelo fato de 70% dos cientistas brasileiros trabalharem em universidades públicas e institutos de pesquisa, segundo dados de Leta, Glänzel e Thijs (2006). A Tabela 16 ratifica a afirmação dos autores e permite visualizar o grupo das 16 instituições com ocorrência e produtividade de cerca de 1% do total da produção científica nacional. Apresenta-se o posicionamento de cada uma quanto ao total de ocorrências (número de vezes que o nome da instituição ocorre no conjunto de dados), número de artigos indexados no período e os respectivos percentuais. Conforme Packer e Meneghini (2006), identificar as instituições e regiões que desempenham alta performance científica é importante, entre outros motivos, para o estabelecimento de políticas científicas e a posterior avaliação dos seus resultados.

Tabela 16 – Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, 2004-2006

Instituição	Total de		N.	
	ocorrências	%	artigos	%
USP	16.300	12,1	12.384	10,8
UNICAMP	6.148	4,6	5.010	4,4
UFRJ	5.501	4,1	4.336	3,8
UNESP	4.724	3,5	3.754	3,3
UFRGS	3.956	2,9	2.916	2,5
UFMG	3.400	2,5	2.541	2,2
UNIFESP	2.487	1,8	1.821	1,6
FIOCRUZ	2.031	1,5	1.546	1,3
UFSC	1.690	1,3	1.394	1,2
UFSCAR	1.560	1,2	1.440	1,3
UFPR	1.546	1,1	1.272	1,1
EMBRAPA	1.544	1,1	1.382	1,2
UFPE	1.500	1,1	1.222	1,1
UFV	1.481	1,1	1.048	0,9
UNB	1.356	1,0	1.132	1,0
UFCE	1.323	1,0	1.012	0,9

Fonte: dados do autor

Observa-se que as universidades e instituições de pesquisa públicas lideram o topo das instituições mais produtivas, sendo marcante a diferença entre as primeiras colocadas, ambas paulistas e estaduais: a USP, cuja frequência de ocorrências é 16.300 e o número de artigos autorados é 12.384, e a da segunda colocada no *ranking*, a UNICAMP, com 6.148 ocorrências no conjunto de dados e 5.010 artigos. No entanto, Na quarta posição, volta a aparecer uma representante paulista estadual, a UNESP, com 4.724 ocorrências e 3.754 artigos.

As universidades federais estão representadas pela UFRJ, que ocupa a terceira posição com 5.501 ocorrências e 4.336 artigos, seguida da UFRGS (5ª posição com 3.956 ocorrências e 2.916 artigos); UFMG (6ª posição com 3.400 ocorrências e 2.541 artigos); UNIFESP (7ª posição com 2.487 ocorrências e 1.821 artigos); UFSC (9ª posição com 1.690 e 1.394 artigos); UFSCAR (10ª posição com 1.560 e 1.440 artigos), UFPR (11ª posição com 1.546 e 1.272 artigos), UFPE (13ª posição com 1.500 e 1.222 artigos), UFV (14ª posição com 1.481 e 1.048 artigos),



UNB (15ª posição com 1.356 e 1.132 artigos) e UFCE (16ª posição com 1.323 e 1.012 artigos).

A FIOCRUZ, instituição de pesquisa sediada no Rio de Janeiro e voltada às Ciências Biológicas e Biomédicas, é a primeira instituição de pesquisa a aparecer, na 8ª posição com 2.031 ocorrências e 1.546 artigos, seguida pela EMBRAPA, 12ª colocada com 1.544 ocorrências e 1.382 artigos. A EMBRAPA, órgão público ligado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dedica-se à Agropecuária e às Ciências Biológicas e está espalhada em 41 centros de pesquisa em vários Estados do país. Esses resultados, quando comparados aos apresentados por Leta e Meis (1996) para o período 1981-1993, apresentam uma mudança. Naquele período, as 10 maiores instituições de pesquisa eram todas universidades. Observa-se hoje a inserção da FIOCRUZ como 8ª colocada no *ranking*, alterando um pouco o cenário.

O bom posicionamento das instituições paulistas no *ranking* pode ser explicado pelos investimentos realizados em Ciência no Estado de São Paulo. Segundo Zorzetto e outros (2006), os setores públicos e privado do Estado aplicaram, no ano de 2000, 4,5 bilhões de dólares em atividades de pesquisa e desenvolvimento, quase 40% de todos os investimentos realizados no país. A FAPESP investiu, entre 1998 e 2000, 40 milhões de dólares por ano na pesquisa da área médica, o que corresponde a 35% dos investimentos feitos por seis agências públicas na área. Os investimentos atuais, entretanto, apenas reforçam outros fatores que contribuem para tais resultados, como o processo de institucionalização da Ciência no Estado (SCHWARTZMAN, 1988).

Os resultados encontrados por Packer e Meneghini (2006) mostraram que a USP é autora de 73 dos 284 artigos citados mais de 100 vezes no ISI durante o período 1994-2003. O número total de instituições autoras desses artigos é 57, sendo que 8 delas são responsáveis por dois terços do total de artigos. Segundo os autores, a concentração de excelência científica acontece também em outros países.

Ao comparar o *ranking* organizado por Packer e Meneghini (2006), com o apresentado na Tabela 16, é possível visualizar que diversas instituições aparecem em posições semelhantes, indicando que são produtoras em quantidade de artigos e também são responsáveis por artigos de alto impacto. O aspecto mais interessante diz respeito aos institutos e centros de pesquisa, como o Instituto Dante Pazzanezi (São Paulo), o CBPF (Rio de Janeiro), o Instituto Oswaldo Cruz (Rio de Janeiro),

INPA (Manaus), Laboratório Nacional Luz Síncroton (Campinas) e o INPE (São Paulo), entre outros, classificados entre as instituições responsáveis pelo maior número de artigos no *ranking* de impacto de Packer e Meneghini (2006). Todavia, não se apresentam como instituições produtoras muito prolíficas. Apesar de se constituírem instituições menores quando comparados às universidades, esses institutos e centros de pesquisa demonstram uma produção científica de alta qualidade. A comparação leva à reflexão a respeito do papel da universidade como responsável pela pesquisa científica de um país. Sabe-se que a pesquisa científica não é a única atividade da universidade, e o professor se dedica a ela como também ao ensino, à extensão e às atividades administrativas.

Segundo Leta, Glanzel e Thijs (2006), sabe-se que as instituições públicas são as principais produtoras de ciência em países em desenvolvimento. Entretanto, os autores consideram a mudança desse cenário um desafio para os próximos anos, e destacam a importância de se expandir e descentralizar o sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil, de forma a criar mecanismos para aumentar o envolvimento da indústria nessas atividades. Absorver e criar novos empregos e cargos para os milhares de novos PhDs que se titulam anualmente também deve estar na pauta das discussões entre indústria, universidade e governo.

A partir da apresentação das análises descritivas das instituições de filiação dos autores, parte-se para análises multivariadas com o objetivo de verificar algum padrão de comportamento das instituições autoras. Devido ao grande número de instituições envolvidas no estudo, as análises multivariadas foram conduzidas com o grupo das 16 instituições com a maior frequência de ocorrências no campo *Address*. Em um primeiro momento, as análises foram feitas ano a ano, entretanto, por não revelarem mudanças significativas, passou-se a utilizar os dados agregados do período 2004-2006 para as análises multivariadas que se seguem.

Para verificar padrões de colaboração, foram feitas análises de escalonamento multidimensional (EMD), análise fatorial e análise de agrupamentos (ou análise de *cluster*). O uso de diferentes tipos de análises combinadas é sugerido como estratégia de confirmação de validade dos resultados no campo da Estatística (HAIR et al, 2005). Essa metodologia tem sido amplamente aplicada na área da Ciência da Informação (LEYDESDORFF; VAUGHAN, 2006; HOU; KRETSCHMER; LIU, 2008; SANTOS; KOBASHI, 2008).

A matriz de co-autoria foi gerada para possibilitar análises da co-autoria entre as instituições. A Tabela 17, a seguir, apresenta nas células a frequência observada de artigos publicados em colaboração entre duas instituições. Os dados evidenciam a predominância da colaboração intra-institucional, ou seja, colaboração dentro de uma mesma instituição, conforme a diagonal destacada em negrito e indicadores percentuais apresentados na última linha:

Tabela 17 – Matriz de co-autoria institucional, 2004-2006

	EMBRAPA	FIOCRUZ	UNB	UNICAMP	UNESP	UFCE	UFMG	UFPR	UFPE	UFRJ	UFRGS	UFSC	UFSCAR	UNIFESP	UFV	USP	TOTAL
EMBRAPA	<b>183</b>	13	124	55	105	25	65	36	25	78	71	16	38	9	166	268	1.277
FIOCRUZ	13	<b>628</b>	10	26	32	13	308	7	49	527	19	16	6	47	14	181	1.896
UNB	124	10	<b>256</b>	40	36	10	32	4	19	29	21	9	26	16	8	162	802
UNICAMP	55	26	40	<b>1.428</b>	358	91	57	80	53	132	75	37	106	124	20	1.157	3.839
UNESP	105	32	36	358	<b>1.214</b>	50	71	46	16	56	51	35	285	107	60	1.291	3.813
UFCE	25	13	10	91	50	<b>397</b>	32	14	59	42	17	14	24	40	13	136	977
UFMG	65	308	32	57	71	32	<b>1.118</b>	22	20	88	27	26	22	55	110	249	2.302
UFPR	36	7	4	80	46	14	22	<b>351</b>	16	51	37	80	47	40	7	206	1.044
UFPE	25	49	19	53	16	59	20	16	<b>370</b>	20	23	10	10	8	7	126	831
UFRJ	78	527	29	132	56	42	88	51	20	<b>1.500</b>	72	63	17	100	14	358	3.147
UFRGS	71	19	21	75	51	17	27	37	23	72	<b>1.404</b>	83	10	29	4	221	2.164
UFSC	16	16	9	37	35	14	26	80	10	63	83	<b>371</b>	35	10	2	172	979
UFSCAR	38	6	26	106	285	24	22	47	10	17	10	35	<b>126</b>	17	7	438	1.214
UNIFESP	9	47	16	124	107	40	55	40	8	100	29	10	17	<b>894</b>	1	730	2.227
UFV	166	14	8	20	60	13	110	7	7	14	4	2	7	1	<b>561</b>	83	1.077
USP	268	181	162	1.157	1.291	136	249	206	126	358	221	172	438	730	83	<b>5.498</b>	11.276
TOTAL	1.277	1.896	802	3.839	3.813	977	2.302	1.044	831	3.147	2.164	979	1.214	2.227	1.077	11.276	38.865
% Col. Intra	14,3	33,1	31,9	37,2	31,8	40,6	48,6	33,6	44,5	47,7	64,9	37,9	10,4	40,1	52,1	48,8	..

Fonte: dados do autor

Nota: o sinal .. indica que não se aplica valor numérico.

A última linha da Tabela 17 informa o percentual de colaboração intra-institucional calculado em relação ao total de colaboração (penúltima linha) de uma instituição com as outras 15 instituições do grupo analisado. Observam-se percentuais em torno de 40%, variando do mínimo de 10,4%, registrado pela UFSCAR, ao máximo de 64,9% apresentado pela UFRGS. A co-autoria intra-institucional significa a colaboração entre diferentes institutos, faculdades, departamentos e/ou programas de pós-graduação dentro de uma mesma instituição.

É importante salientar que o total de publicações e os percentuais apresentados na tabela acima só são válidos quando relacionados ao grupo das 16 instituições analisadas. Acrescentar ou remover instituições do grupo altera os totais e, conseqüentemente, os percentuais, visto que os dados estão inseridos em uma matriz quadrada simétrica.

A fórmula de Luukkonen, Persson e Sivertsen (1992) descrita na Metodologia deste estudo foi aplicada na matriz de freqüência observada de co-autoria institucional, apresentada anteriormente na Tabela 17 na página 99. O resultado pode ser observado na Tabela 18, na página a seguir.

A EMBRAPA apresenta um índice de colaboração intra-institucional 4,4 vezes maior que o esperado e um índice perto de 1 em relação às outras instituições, indicando um perfil colaborativo e variado quanto as parcerias, devido, provavelmente, ao fato de a instituição possuir 41 sedes em diferentes cidades do país. A co-autoria com a FIOCRUZ e UNIFESP foi exceção, pois registra um índice mais baixo quando comparado as demais (0,2 e 0,1).

A FIOCRUZ possui freqüência superior à esperada com a UFPE (1,2), UFMG (2,7), UFRJ (3,4) e consigo mesma (6,8). Com as demais instituições, a freqüência observada é menor que a esperada, indicando baixo nível de colaboração em relação ao grupo analisado. Uma das possíveis explicações para a co-autoria com a UFMG é a reconhecida qualidade da produção científica dessa instituição em áreas biológicas e da saúde. Entretanto, a existência de uma unidade da FIOCRUZ nas cercanias de Belo Horizonte – o Instituto Renné Rachou – certamente favorece as parcerias formadas entre os pesquisadores da FIOCRUZ com a UFMG.

A UnB tem um índice de colaboração alto com a EMBRAPA (4,7 - possivelmente motivado pelo fato de a empresa ser sediada na cidade de Brasília),

com ela própria (15,5) e um índice razoável em relação às outras instituições analisadas.

A UNICAMP possui frequências de colaboração observadas menores do que as esperadas, com exceção da colaboração intra-institucional que se apresenta 3,8 vezes maior do que a esperada, e a colaboração com a UFCE e UFSCAR, que é quase a esperada (0,9) e com a UNESP (1).

Outra instituição paulista, a UNESP, apresenta o segundo menor índice de colaboração intra-institucional entre o grupo (3,2). O índice de colaboração com a UNICAMP é exatamente o esperado (1), com a USP é pouco maior que o esperado (1,2) e um pouco mais alto com outra instituição paulista, a UFSCAR (2,4). Novamente o fator geográfico predomina.

Tabela 18 – Índice de co-autoria institucional, 2004-2006

	EMBRAPA	FIOCRUZ	UNB	UNICAMP	UNESP	UFCE	UFMG	UFPR	UFPE	UFRJ	UFRGS	UFSC	UFSCAR	UNIFESP	UFV	USP
EMBRAPA	<b>4,4</b>	0,2	4,7	0,4	0,8	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	1,0	0,5	1,0	0,1	4,7	0,7
FIOCRUZ	0,2	<b>6,8</b>	0,3	0,1	0,2	0,3	2,7	0,1	1,2	3,4	0,2	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3
UNB	4,7	0,3	<b>15,5</b>	0,5	0,5	0,5	0,7	0,2	1,1	0,4	0,5	0,4	1,0	0,3	0,4	0,7
UNICAMP	0,4	0,1	0,5	<b>3,8</b>	1,0	0,9	0,3	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,9	0,6	0,2	1,0
UNESP	0,8	0,2	0,5	1,0	<b>3,2</b>	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	2,4	0,5	0,6	1,2
UFCE	0,8	0,3	0,5	0,9	0,5	<b>16,2</b>	0,6	0,5	2,8	0,5	0,3	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5
UFMG	0,9	2,7	0,7	0,3	0,3	0,6	<b>8,2</b>	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4	1,7	0,4
UFPR	1,0	0,1	0,2	0,8	0,4	0,5	0,4	<b>12,5</b>	0,7	0,6	0,6	3,0	1,4	0,7	0,2	0,7
UFPE	0,9	1,2	1,1	0,6	0,2	2,8	0,4	0,7	<b>20,8</b>	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2	0,3	0,5
UFRJ	0,8	3,4	0,4	0,4	0,2	0,5	0,5	0,6	0,3	<b>5,9</b>	0,4	0,8	0,2	0,6	0,2	0,4
UFRGS	1,0	0,2	0,5	0,4	0,2	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4	<b>11,7</b>	1,5	0,1	0,2	0,1	0,4
UFSC	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	3,0	0,5	0,8	1,5	<b>15,0</b>	1,1	0,2	0,1	0,6
UFSCAR	1,0	0,1	1,0	0,9	2,4	0,8	0,3	1,4	0,4	0,2	0,1	1,1	<b>3,3</b>	0,2	0,2	1,2
UNIFESP	0,1	0,4	0,3	0,6	0,5	0,7	0,4	0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	<b>7,0</b>	0,0	1,1
UFV	4,7	0,3	0,4	0,2	0,6	0,5	1,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	<b>18,8</b>	0,3
USP	0,7	0,3	0,7	1,0	1,2	0,5	0,4	0,7	0,5	0,4	0,4	0,6	1,2	1,1	0,3	<b>1,7</b>
Total ≥ 1	6	4	4	3	4	2	3	4	4	2	3	4	7	2	3	5

Fonte: dados do autor

O fator geográfico também parece predominar para a escolha dos parceiros em instituições como a UFCE, a UFMG, a UFPR, a UFPE e a UFSC. A UFCE apresenta índice maior que o esperado consigo mesma (16,2) e com a UFPE (2,8), também situada na Região Nordeste do país. Comportamento semelhante acontece com a UFMG, que, em geral, registra índices menores de 0,5, exceto com a FIOCRUZ (2,7) e a UFV (1,7), situada no mesmo Estado, e colaboração intra-institucional 8,2 vezes maior do que a esperada. A UFPR tem índices superiores na colaboração com a EMBRAPA (1,0), UFSCAR (1,4) e UFSC (3,0), essas duas últimas localizadas em Estados vizinhos. A característica de proximidade geográfica aparece timidamente na opção das parceiras da UFPE: FIOCRUZ (1,2), UnB (1,1) e UFCE (2,8), uma vez que só a UFCE fica na Região Nordeste. A instituição tem o maior índice de colaboração intra-institucional entre o grupo analisado – 20,8. A UFSC concentra suas parceiras na região Sul do país: UFPR (3,0), UFRGS (1,5) e UFSCAR (1,1), essa última localizada no Sul de São Paulo.

A UFRJ apresenta uma frequência maior que a esperada com a instituição fluminense FIOCRUZ (3,4), além de possuir uma colaboração intra-institucional 5,9 vezes maior do que a esperada. A UFRGS, apesar de registrar o percentual de colaboração intra-institucional mais alto entre o grupo estudado (64,9%), não tem o índice mais alto (11,7) e apresenta-se pouco colaborativa entre o grupo, sendo a EMBRAPA e a UFSC as únicas parceiras com índice igual ou maior que o esperado (1,0 e 1,5). Observa-se que a UFSCAR possui índice de colaboração igual ou maior que o esperado com 7 instituições, revelando um perfil de colaboração variado entre as instituições do grupo. É também a instituição que demonstra o menor percentual de colaboração intra-institucional, conforme Tabela 17.

A UNIFESP mostra-se pouco colaborativa entre o grupo, com exceção da colaboração com a USP que está um pouco acima da esperada (1,1). A colaboração intra-institucional é 7 vezes maior do que a esperada. A USP registra o menor índice de colaboração intra-institucional do grupo: 1,7 vezes maior do que a frequência esperada e um índice igual ou superior a 1 em relação a quatro parceiras, todas paulistas: UNICAMP (1,0), UNESP (1,2), UNIFESP (1,1) e UFSCAR (1,2).

Ao se analisar a última linha da Tabela 18, é possível observar que, entre o grupo, existem instituições com apenas duas parceiras que possuem índice 1 ou superior, ou seja, a colaboração parece mesmo se concentrar na própria instituição e algumas parceiras específicas, ao invés de estar distribuída aleatoriamente entre as



16 instituições do grupo analisado. Os dados revelam que as universidades de São Paulo não só se evidenciam em relação ao restante do país em relação à produtividade como também formam uma rede de colaboração entre elas. Segundo Schwartzman (1988), o dinamismo das universidades paulistas é surpreendente e há fortes razões históricas que o explicam.

O índice apresentado na Tabela 18 é uma medida multilateral, pois leva em consideração o total de artigos produzidos pelas instituições presentes no grupo analisado. Portanto, os valores são sensíveis às instituições presentes na análise: retirar ou incluir uma instituição resulta em valores diferentes para toda a matriz.

Para permitir as análises multivariadas, conforme exposto na seção 4.4 da Metodologia, calculou-se o Cosseno de Salton a partir da matriz de co-autoria, apresentada na Tabela 17, conforme a fórmula de Luukkonen e outros (1993). A tabela completa, contendo os valores resultantes após a aplicação da fórmula, encontra-se no Apêndice B.

Procedeu-se à análise EMD Proxscal, indicada para dados de similaridades e dissimilaridades (LEYDESDORFF; VAUGHAN, 2006), e optou-se pelo modelo de transformação do tipo Spline, segundo orientações de Eck e Waltman (2007), pelo fato de os dados estarem sendo processados na versão 14.0 do SPSS.

O princípio da análise EMD é colocar os objetos A e B no mapa, de tal forma que a distância entre eles, no espaço multidimensional, reflita a proximidade entre os dois objetos. Os mapas resultantes exibem a posição relativa de todos os objetos, mas análises adicionais são necessárias para descrever ou avaliar quais atributos ditam a posição de cada objeto (HAIR et al, 2005).

No Gráfico 4, apresenta-se o mapa resultante da análise EMD gerada a partir da matriz de co-autoria institucional 2004-2006 normalizada pelo Cosseno de Salton:

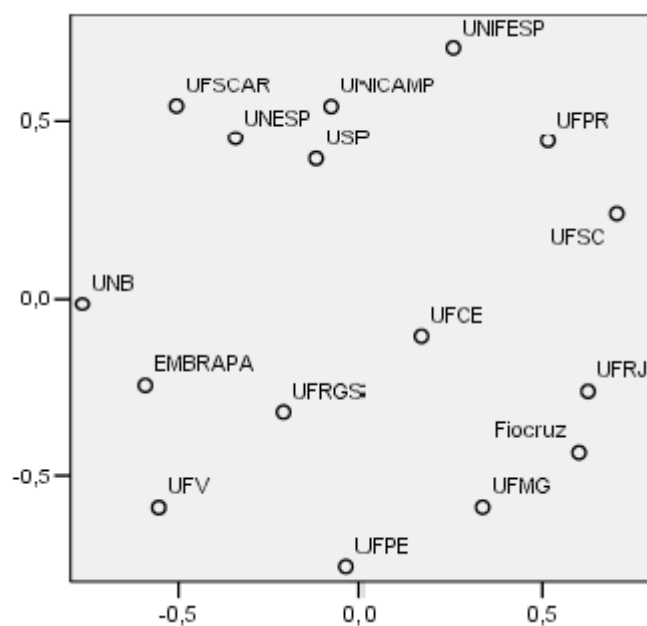


Gráfico 4 – Mapa EMD das 16 instituições, 2004-2006 (*Stress* 0,09402).

O mapa revela uma tendência de agrupamento das instituições por razões geográficas, dado o posicionamento da UFRJ, Fiocruz e UFMG no canto direito inferior, UFPR e UFSC no canto direito superior e as universidades paulistas no topo do mapa. Um agrupamento temático é observado pelo posicionamento da EMBRAPA, UNB E UFV. Entretanto, é preciso ter em mente que a posição das instituições no mapa não é fixa, mas determinada em parte pelo grupo de instituições incluído na análise. Adicionar ou remover instituições altera a configuração do mapa.

A qualidade da análise EMD pode ser avaliada pelo indicador *stress* (0,09402), conforme se observa no Gráfico 4. Leydesdorff e Vaughan (2006) afirmam a necessidade de uma avaliação visual da representação da estrutura em termos qualitativos. Nesse sentido, a análise fatorial permite-nos estudar os dados reduzidos e pode ser útil para entender a qualidade da visualização geométrica.

A Tabela 19, a seguir, reúne os resultados da análise fatorial:

Tabela 19 – Variância total explicada da co-autoria institucional, 2004-2006

Componentes	Autovalores			Soma extraída			Soma rotacionada		
	Total	% of Var.	Cum. %	Total	% of Var.	Cum. %	Total	% of Var.	Cum. %
1	3,4	20,9	20,9	3,4	20,9	20,9	3,1	19,3	19,3
2	2,4	14,8	35,8	2,4	14,8	35,8	2,0	12,6	31,9
3	1,9	11,8	47,6	1,9	11,8	47,6	1,7	10,8	42,7
4	1,5	9,4	57,0	1,5	9,4	57,0	1,6	9,9	52,6
5	1,2	7,3	64,2	1,2	7,3	64,2	1,5	9,2	61,8
6	1,1	6,8	71,0	1,1	6,8	71,0	1,3	8,1	69,8
7	1,0	6,3	77,3	1,0	6,3	77,3	1,2	7,5	77,3
8	0,9	5,6	82,9						
9	0,8	5,2	88,1						
10	0,7	4,4	92,5						
11	0,6	4,0	96,5						
12	0,4	2,2	98,8						
13	0,1	0,8	99,5						
14	0,0	0,3	99,8						
15	0,0	0,2	100						
16	0,0	0,0	100						

Fonte: dados do autor

Nota: Extraction Method: Principal Component Analysis.

A análise fatorial da matriz resulta numa solução de 7 fatores que explicam 77,3% da variância total. A Tabela 20 revela a participação de cada instituição na explicação dos 7 fatores:

Tabela 20 – Composição dos fatores da co-autoria institucional, 2004-2006

	Componentes						
	1	2	3	4	5	6	7
EMBRAPA	-,019	<b>-,920</b>	,231	,132	,085	,046	-,050
FIOCRUZ	-,511	,507	<b>,607</b>	,117	,032	,179	,063
UNB	,004	<b>-,596</b>	,127	-,012	<b>,595</b>	,259	-,266
UNICAMP	<b>,635</b>	,169	,113	-,151	,035	,007	,102
UNESP	<b>,856</b>	-,018	,270	,043	-,119	,125	,226
UFCE	-,017	,104	-,230	<b>-,687</b>	-,182	,047	,004
UFMG	-,350	,088	<b>,477</b>	,087	-,417	-,095	,130
UFPR	,154	,177	-,478	<b>,434</b>	-,226	,136	-,402
UFPE	-,160	,069	-,234	<b>-,631</b>	,009	,318	,031
UFRJ	-,363	,473	<b>,463</b>	,203	,283	,218	-,039
UFRGS	-,113	-,009	-,370	,192	,398	-,372	<b>,676</b>
UFSC	,002	,218	-,540	<b>,511</b>	-,079	,161	-,018
UFSCAR	<b>,902</b>	-,007	,117	,119	-,109	,259	,109
UNIFESP	,277	,309	,141	-,127	,183	<b>-,707</b>	-,464
UFV	-,209	<b>-,666</b>	,208	,085	-,481	-,234	,027
USP	<b>,838</b>	,143	,283	,016	,093	-,086	-,018

Fonte: dados do autor Notas: Extraction Method: Principal Component Analysis. a 7 components extracted.

Conforme a Tabela 20, o primeiro componente é explicado pelas instituições paulistas UNICAMP, UNESP, UFSCAR E USP, revelando a tendência para agrupamento geográfico. O segundo componente é explicado por um grupo temático, formado pela EMBRAPA, UFV e UnB, que também explica o quinto fator. O terceiro componente é formado pela FIOCRUZ, UFRJ e UFMG. A UFCE e UFPE explicam o quarto fator, que é também explicado pela UFPR e UFSC com cargas opostas. Tanto o segundo quanto o quarto fator indicam o agrupamento geográfico. UNIFESP é responsável pela explicação do sexto fator enquanto a UFRGS explica o sétimo fator.

Lima, Velho e Faria (2007), em pesquisa sobre a colaboração institucional na área de Bioprospecção, demonstraram a formação de um *cluster* entre as universidades estaduais paulistas e paranaenses, através de dados de artigos publicados entre 1986 e 2006. Na mesma pesquisa, os autores destacaram a EMBRAPA e as universidades federais de Lavras e Viçosa, que apareceram isoladas na análise de *cluster*. Apesar de reconhecerem que os dados são insuficientes para traçar uma tendência, os autores indicam a possível existência de “[...] um viés institucional na pesquisa brasileira realizada nas áreas de Bioprospecção, Ciências Agrárias e Veterinárias” (LIMA; VELHO; FARIA, 2007, p. 62).

É relevante observar que a UNIFESP aparece isolada das outras instituições paulistas. Em entrevista por telefone, o professor P22 comentou sobre sua prática de pesquisa. O entrevistado, um dos pesquisadores brasileiros mais produtivos no ISI durante o triênio analisado, afirmou que toda a sua pesquisa é feita em colaboração com sua equipe, composta por seus “filhos e netos científicos”, e todos esses pesquisadores fazem parte da UNIFESP. Segundo P22, a instituição concentra a elite, no Brasil, da pesquisa sobre o sono, e, por isso, o trabalho é desenvolvido sem buscar a colaboração com pesquisadores de outras instituições/países. A endogenia, relatada pelo entrevistado, pode explicar o posicionamento da UNIFESP de forma isolada em relação às outras 15 instituições analisadas neste estudo. Cabe ressaltar que a instituição pode ser parceira de outras instituições que não fizeram parte do grupo aqui estudado.

O dendograma apresentado no Gráfico 5, resultante da análise de agrupamentos para as 16 instituições, reforça a solução apresentada pela EMD e análise fatorial. O método utilizado para a análise foi o *Complete Linkage (Furthest Neighbor)*:

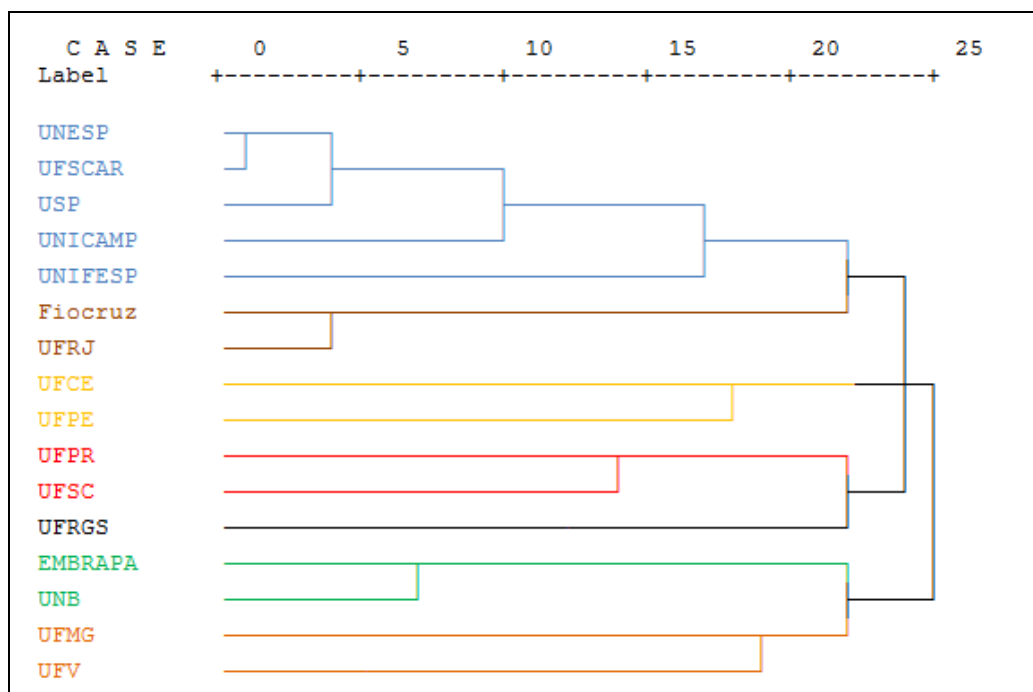


Gráfico 5 – Dendrograma da co-autoria institucional, 2004-2006

Os resultados obtidos com as análises descritivas, o Índice de Co-autoria, a EMD, a análise fatorial e de agrupamentos permitem algumas considerações. As 16 instituições analisadas possuem, no geral, altos índices de co-autoria intra-institucional e índices menores de co-autoria entre elas, o que possibilita pensar que a co-autoria inter-institucional ainda não ocorre de maneira plena entre o grupo analisado.

Quanto à co-autoria inter-institucional propriamente dita, aparentemente acontece por agrupamento preferencial, de acordo com uma estrutura geográfica: as instituições paulistas formam uma rede, com exceção da UNIFESP que aparece isolada. No Sul, a UFRGS também se mostra isolada, enquanto a UFSC e a UFPR formam um grupo que colabora com a UFSCAR (localizada no estado vizinho).

A UFMG, UFRJ e FIOCRUZ formam outra relação entre estados vizinhos. Da mesma forma UFCE e UFPE, aparecem concentradas na região Nordeste. A EMBRAPA tem um comportamento colaborativo, provavelmente por possuir sedes em diversas cidades brasileiras. Entretanto, é importante ter em mente que todos os resultados são relativos ao grupo das 16 instituições estudadas. Os resultados aqui obtidos são indicadores parciais e requerem análises complementares.

### **5.2.3 Co-autoria internacional**

Os artigos publicados por pesquisadores brasileiros em co-autoria com estrangeiros são chamados neste estudo de artigos internacionais.

A Tabela 21, a seguir, apresenta em detalhes o total de artigos publicados por autores provenientes unicamente do Brasil e oriundos do Brasil e outros países, com o percentual correspondente. Os dados estão distribuídos ano a ano e agregados na última coluna.

Tabela 21 – Freqüência de co-autoria internacional, 2004-2006

Autor	2004			2005			2006			2004-2006		
	$\Sigma$ artigos	%	% cum.	$\Sigma$ artigos	%	% cum.	$\Sigma$ artigos	%	% cum.	$\Sigma$ artigos	%	% cum.
Brasil	10.619	<b>69,2</b>	..	11.305	<b>69,9</b>	..	12.192	<b>70,0</b>	..	34.115	<b>69,7</b>	..
Brasil + 1 país	3.612	23,5	23,5	3.679	22,7	22,7	3.854	22,2	22,2	11.145	22,8	22,8
Brasil + 2 países	705	4,6	28,1	746	4,6	27,4	835	4,8	27,0	2.286	4,7	27,5
Brasil + 3 países	165	1,1	29,2	162	1,0	28,4	220	1,3	28,2	547	1,1	28,6
Brasil + 4 países	62	0,4	29,6	81	0,5	28,9	74	0,4	28,7	217	0,4	29,0
Brasil + 5 países	39	0,3	29,9	47	0,3	29,1	43	0,2	28,9	129	0,3	29,3
Brasil + 6 países	22	0,1	30,0	29	0,2	29,3	27	0,2	29,1	78	0,2	29,4
Brasil + 7 países	18	0,1	30,1	12	0,1	29,4	11	0,1	29,1	41	0,1	29,5
Brasil + 8 países	23	0,2	30,3	17	0,1	29,5	20	0,1	29,2	60	0,1	29,7
Brasil + 9 países	10	0,1	30,3	8	0,0	29,6	10	0,1	29,3	28	0,1	29,7
Brasil + 10 países	9	0,1	30,4	10	0,1	29,6	8	0,0	29,3	27	0,1	29,8
Brasil + 11 países	15	0,1	30,5	6	0,0	29,6	7	0,0	29,4	28	0,1	29,8
Brasil + 12 países	15	0,1	30,6	31	0,2	29,8	20	0,1	29,5	66	0,1	30,0
Brasil + 13 países	8	0,1	30,6	5	0,0	29,9	12	0,1	29,6	25	0,1	30,0
Brasil + 14 países	3	0,0	30,7	2	0,0	29,9	5	0,0	29,6	10	0,0	30,0
Brasil + 15 países	2	0,0	30,7	1	0,0	29,9	2	0,0	29,6	5	0,0	30,0
Brasil + 16 países	1	0,0	30,7	3	0,0	29,9	1	0,0	29,6	5	0,0	30,0
Brasil + 17 países	2	0,0	30,7	25	0,2	30,1	1	0,0	29,6	28	0,1	30,1
Brasil + 18 países	..	..	..	..	..	..	25	0,1	29,8	25	0,1	30,2
Brasil + 19 países	18	0,1	30,8	8	0,0	30,1	11	0,1	29,8	37	0,1	30,2
Brasil + 20 países	1	0,0	30,8	1	0,0	30,1	3	0,0	29,8	5	0,0	30,2
Brasil + 21 países	1	0,0	30,8	..	..	..	1	0,0	29,9	2	0,0	30,2
Brasil + 23 países	1	0,0	30,8	..	..	..	1	0,0	29,9	2	0,0	30,2
Brasil + 25 países	..	..	..	..	..	..	1	0,0	29,9	1	0,0	30,3
Brasil + 43 países	..	..	..	1	0,0	30,1	..	..	..	1	0,0	30,3
Total	4.731	..	30,8	4.874	..	30,1	5.192	..	30,0	14.798	..	30,3
Total Geral	15.350	100	..	16.179	100	..	17.384	100	..	48.913	100	..

Ao que parece, a produção científica brasileira trilha um caminho oposto ao percorrido pela Ciência mundial, onde a colaboração internacional tem crescido muito mais rapidamente do que a colaboração entre instituições dentro do mesmo país. Os dados revelam uma tendência de crescimento dos artigos publicados somente pelo Brasil: em 2004, foram publicados 10.619 artigos; 11.305, em 2005; e 12.192, em 2006, resultando em um total de 34.116 artigos publicados no período estudado. Os indicadores relativos revelam a mesma tendência. Em 2004, 69,2% dos artigos foram escritos somente por autores brasileiros. O percentual aumenta para 69,9% em 2005, e 70,1% em 2006, resultando em uma média de 69,7%, o que configura uma curva levemente ascendente durante o período analisado. De maneira oposta, a colaboração internacional decresceu no período. Em 2004, perfazia 30,8% dos artigos, diminuindo para 30,1% em 2005 e 29,9% em 2006, conforme a coluna de percentual cumulativo. No que diz respeito à colaboração internacional este resultado se opõe a uma das hipóteses deste estudo ( $H_1$  - o crescimento do número de artigos brasileiros no ISI está relacionado ao crescimento do número de artigos publicados em co-autoria), uma vez que a colaboração internacional decresceu durante o período analisado.

Leta e Chaimovich (2002) afirmaram que o aumento da colaboração internacional nos anos 80 e a diminuição ocorrida durante os anos 90 foi resultado das mudanças políticas de incentivo à colaboração com pesquisadores estrangeiros. Segundo os autores, em 1993 a colaboração internacional representou 26,7% da produção científica brasileira. Glänzel (2001), em estudo da produção científica dos 50 países mais produtivos do ISI nos anos 1985/1986 e 1995/1996, mostrou uma elevação desse percentual. O autor afirmou que 41,7% dos artigos publicados pelo Brasil em 1995 e 1996 resultam de parcerias internacionais.

Quando os resultados apresentados no presente estudo são analisados em conjunto com os apresentados por Glänzel (2001) e Leta e Chaimovich (2002), é possível vislumbrar que a trajetória da colaboração científica internacional brasileira vem oscilando, passando de 26,7% dos artigos em 1993 para 41,7% em 1995/1996 e caindo novamente para 30,3% em 2004/2006. Com fins comparativos apresenta-se abaixo a colaboração internacional na produção científica brasileira indexada pela SCOPUS:



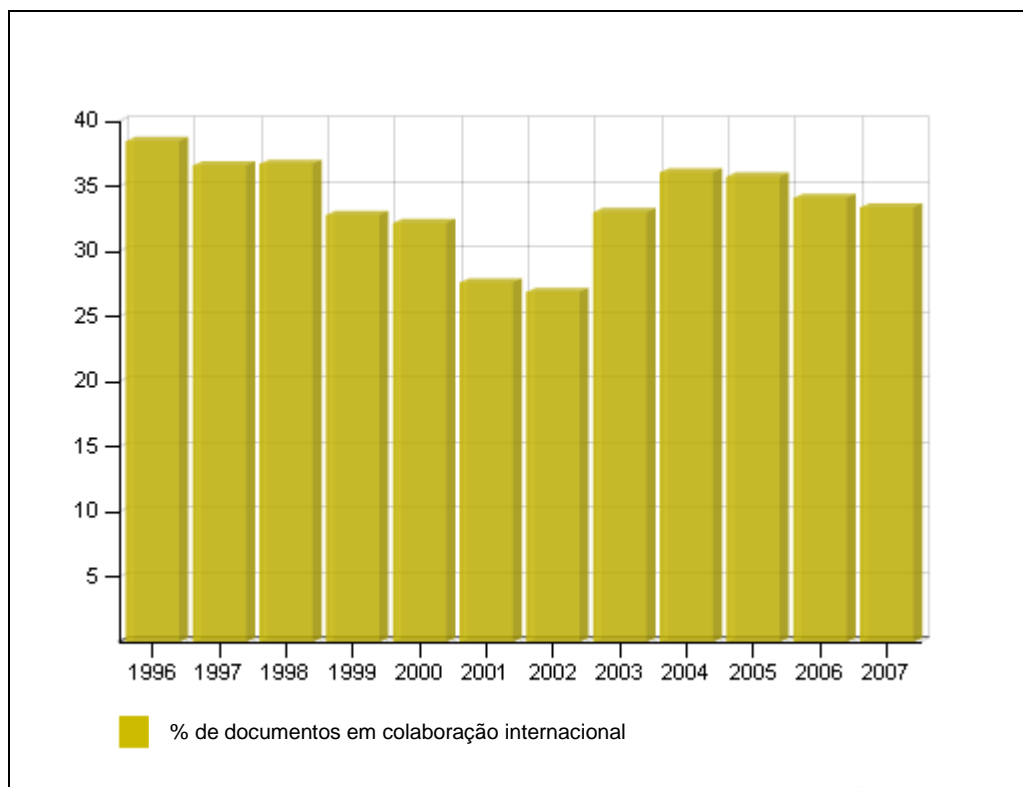


Gráfico 6 – Colaboração internacional em artigos brasileiros na SCOPUS, 1996-2007  
Fonte: SCImago

Conforme o Gráfico 6, a oscilação na produção científica indexada na SCOPUS acontece em torno de 12 pontos percentuais, segundo dados do SCImago (2007). Tais resultados, obtidos tanto no ISI quanto na SCOPUS, instigam a análise de uma série temporal ampla, que permitiria, também, o uso adequado de testes estatísticos.

Apesar da tendência de decréscimo observada no triênio estudado, a co-autoria internacional no Brasil apresenta percentuais superiores quando comparada à produção científica global. Dados de Glänzel e Schubert (2004) relatam que 17% de todos os artigos em co-autoria indexados no SCI do ISI, em 2000, foram assinados por mais de 2 países, enquanto o total em 1990 era de 10% e menor que 7% em 1980, o que indica um aumento constante da co-autoria ao longo das últimas décadas. Leydesdorff e Wagner (2009) afirmaram que 23,3% da produção científica indexada pelo SCI em 2005 é publicada em co-autoria internacional. Luukkonen, Persson e Sivertsen (1992) afirmam que, quanto menos desenvolvida a infraestrutura científica de um país, maior a tendência para colaboração internacional, explicação que pode justificar o percentual de 30,3% de artigos internacionais encontrados na produção científica brasileira no período 2004-2006.

O Gráfico 7 sintetiza os dados acerca do número de parceiros:

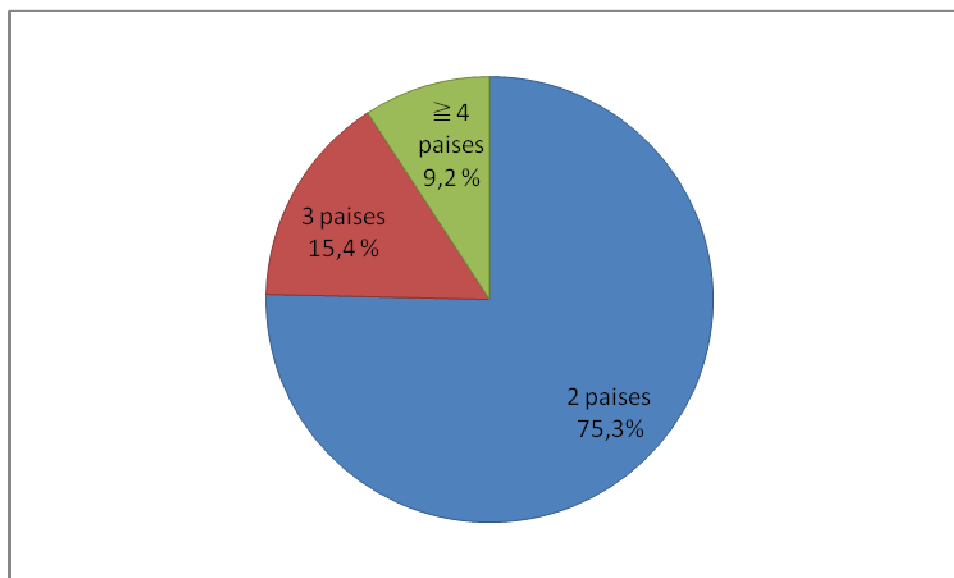


Gráfico 7 – Número de países nos artigos brasileiros em co-autoria internacional, 2004-2006

O gráfico revela que a maioria dos artigos (75,3%) é escrita por autores provenientes de dois países; 15,4% dos artigos analisados têm três países co-autores; e 9,2%, quatro ou mais países envolvidos, sendo um deles sempre o Brasil. Esses resultados podem indicar que o Brasil, pouco a pouco, está seguindo o fenômeno mundial e aumentando os parceiros para colaboração internacional.

A importância da colaboração internacional foi evidenciada no estudo feito por Packer e Meneghini (2006), que demonstrou que 84,3% dos artigos brasileiros citados mais de 100 vezes no ISI entre 1994 e 2003 foram escritos em colaboração internacional.

O gráfico a seguir apresenta a colaboração internacional especificada por áreas do conhecimento:

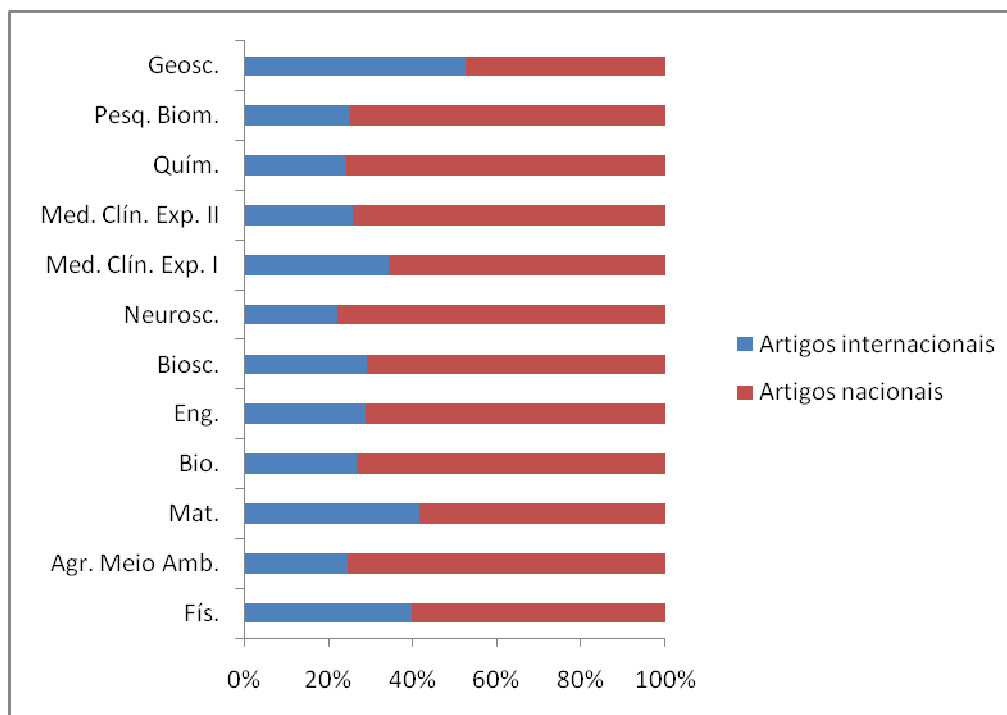


Gráfico 8 – Co-autoria internacional por áreas, 2004-2006

Observa-se uma diferença percentual significativa entre as áreas no que se refere à colaboração internacional. A área que apresenta o maior percentual é a Geociências, com mais de 50% dos artigos em colaboração internacional. Essa área já apresentava 48,7% dos seus artigos em colaboração internacional no período 1981-1993 (LETA; MEIS, 1996). Em seguida, posiciona-se a Matemática, com pouco mais de 40% e a Física, com cerca de 40%. Comparando-se este resultado com os apresentados por Leta e Meis (1996), ambas as áreas apresentaram crescimento em relação ao período 1981-1993, quando o percentual de colaboração era de 38,2 e 34%, respectivamente. As outras áreas apresentam-se dentro da média ou pouco abaixo dela, com cerca de 30% de colaboração internacional.

Segundo dados de Bórdons e Gomez (2000), as áreas que concentram o maior de número de colaborações internacional são a Física de Partículas, Astronomia e Ciências Espaciais.

A tabela a seguir apresenta os dados sobre a freqüência de países por artigo:

Tabela 22 - Frequência de países por artigo, 2004-2006

	2004	2005	2006	2004-2006
Média	2,6	2,6	2,6	2,6
Mediana	2	2	2	2
Moda	2	2	2	2
Desvio padrão	1,9	2,1	2,1	2,1
Assimetria	5,9	6,4	5,8	6,1
Intervalo	23	43	25	43
Mínimo	1	1	1	1
Máximo	24	44	26	44
Contagem	4.731	4.874	5.214	14.819

Fonte: dados do autor

Os dados da Tabela 22 reforçam a idéia de que o Brasil participa, geralmente, de grupos formados por ele e mais um país. A média se mantém constante em 2,6 países por artigo entre 2004 e 2006, valor muito próximo ao da moda e mediana (ambos dois), indicando uma distribuição simétrica. O número máximo de países participantes de um artigo é 24 em 2004, 44 em 2005 e 26 em 2006.

O artigo de 2004, com 24 países envolvidos, tem como palavras-chave os assuntos cigarro, câncer e epidemiologia e foi publicado no **International Journal of Cancer**. Já o artigo de 2005, envolvendo 44 países, foi publicado na **Science** sob o título "*National character does not reflect mean personality trait levels in 49 cultures*", e está classificado na área Multidisciplinar.

Com 26 países envolvidos, o artigo de 2006 foi publicado sob o título "*Mycrobacterium tuberculosis complex genetic diversity: mining the fourth international spoligotyping database (SpolDB4) for classification, population genetics and epidemiology*" no periódico **BMC Microbiology**.

Em relação aos países parceiros do Brasil, os EUA continuam despontando como o mais importante. A Tabela 23 revela a participação de cada uma das nações que perfizeram ao menos 1% da colaboração internacional, apresentando a frequência de aparecimento dos países no campo de endereço e o percentual correspondente em relação ao total de países:

Tabela 23 – Participação dos países colaboradores, 2004-2006

País	2004		2005		2006		2004-2006	
	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%
EUA	1.823	23,8	1.807	22,3	1.944	22,2	5.574	22,7
França	645	8,4	659	8,1	707	8,1	2.011	8,2
Reino Unido	564	7,4	613	7,5	619	7,1	1.796	7,3
Alemanha	534	7,0	613	7,5	636	7,3	1.783	7,3
Itália	378	4,9	311	3,8	377	4,3	1.066	4,3
Canadá	307	4,0	349	4,3	327	3,7	983	4,0
Espanha	273	3,6	291	3,6	375	4,3	939	3,8
Argentina	267	3,5	332	4,1	333	3,8	932	3,8
Portugal	196	2,6	196	2,4	281	3,2	673	2,7
Japão	198	2,6	199	2,5	216	2,5	613	2,5
Holanda	180	2,4	191	2,4	195	2,2	566	2,3
Rússia	179	2,3	173	2,1	158	1,8	510	2,1
Austrália	146	1,9	150	1,8	153	1,7	449	1,8
México	111	1,5	143	1,8	161	1,8	415	1,7
Suíça	128	1,7	112	1,4	148	1,7	388	1,6
China	117	1,5	142	1,7	127	1,5	386	1,6
Chile	94	1,2	136	1,7	155	1,8	385	1,6
Suécia	100	1,3	126	1,6	136	1,6	362	1,5
Bélgica	115	1,5	113	1,4	122	1,4	350	1,4
Índia	93	1,2	128	1,6	123	1,4	344	1,4
Colômbia	62	0,8	82	1,0	97	1,1	241	1,0
Outros países	1.140	14,9	1.255	15,5	1.355	15,5	3.750	15,3
Total	7.650	100	8.121	100	8.745	100	24.516	100

Fonte: dados do autor

Observa-se que os EUA estão presentes em 22,7% das co-autorias, seguidos da França, que apresenta um percentual 2,7 vezes menor (8,2%), do Reino Unido e Alemanha (7,3%), e da Itália, que decresce para quase a metade do percentual dos outros países europeus (4,3%). A participação do Canadá acontece em 4% dos artigos, seguido da Espanha e Argentina, ambos com 3,8%. Logo após seguem Portugal (2,7%), Japão (2,5%), Holanda (2,3%), Rússia (2,1%), Austrália (1,8%), México (1,7%), Suíça, China e Chile, que apresentam o mesmo percentual (1,6%), Suécia (1,5%), Bélgica e Índia (1,4%), e Colômbia com 1% de colaboração. A lista completa dos países, a frequência e o percentual de colaboração se encontram no Apêndice D.

Leta e Chaimovich (2002) afirmaram que, entre 1981 e 1999, o Oriente Médio e a África constituíram cerca de 1,5% das colaborações do Brasil, a América Latina representou cerca de 10% das publicações e os EUA foram co-autores em 40,5% dos artigos brasileiros internacionais. Ao comparar os resultados obtidos pelos autores para 1981-1999 com o período aqui analisado, 2004-2006, é visível a redução percentual sofrida pelos EUA – de 40,5% para 22,7% de participação na co-autoria internacional brasileira. Aparentemente, o Brasil tem buscado a diversificação dos parceiros bem como intensificado laços de colaboração com outros parceiros, reduzindo a dependência científica com os EUA.

A colaboração entre o Brasil e a Suíça já foi mostrada por Lima, Velho e Faria (2007) no campo da Bioprospecção. Na opinião dos autores, o fato justifica-se pela megadiversidade do Brasil, que oferece inúmeras possibilidades de pesquisas de interesse farmacêutico a um país como a Suíça, que é sede de importantes indústrias do setor farmacêutico.

Meneghini (1996) apresenta os principais parceiros científicos do Brasil entre 1981 a 1993, revelando que os EUA perfazem 37,9% das publicações em colaboração internacional, seguidos da França (13,3%), Reino Unido (10,9%), Alemanha (8,9%), Canadá (6,6%), Itália (5,7%), Argentina (4,2%), Japão (2,9%), Chile (2,1%), Suíça (2,0%), Suécia (1,5%), México (1,4%), Holanda (1,2%), Venezuela (0,8%) e Uruguai (0,3%). A disparidade entre os percentuais apresentados por Meneghini (1996) e os resultados do presente estudo pode ser decorrente dos períodos analisados ou ainda da metodologia utilizada para contagem dos países. Os artigos deste estudo foram analisados seguindo a metodologia apresentada por Luukkonen e outros (1993) e Zitt, Bassecouard e Okubo (2000), onde nos casos em que os co-autores provenientes de um dado país excediam 1, a colaboração entre países foi registrada somente uma vez. Por exemplo, um artigo publicado em co-autoria por duas instituições no Brasil, uma na França e duas nos EUA, foi contabilizado um artigo para o Brasil, um para a França e outro para os EUA.

Segundo Meneghini (1996), o Brasil mantém alguns programas que incentivam, mesmo que indiretamente, a colaboração científica. Entre eles, estão as bolsas-sanduiche, oferecidas pela CAPES e CNPq, proporcionando aos estudantes o desenvolvimento de uma parte de seus estudos em universidades estrangeiras e, mesmo no Brasil, em uma universidade diferente da de origem. Mesmo sendo mais

propriamente um programa de treinamento, ao invés de um programa para incentivar a colaboração, freqüentemente os estudantes se mantêm em contato e em colaboração com os orientadores estrangeiros. Outro programa, o de estágio pós-doutoral mantido pela CAPES, foi objeto de estudo de Mueller e Stumpf (2005), que realizaram entrevistas com os pesquisadores bolsistas em 1999 para saber dos efeitos deste programa na sua vida acadêmica. As autoras relataram a importância desses estágios para a qualidade da Ciência desenvolvida nas universidades brasileiras em relação a novos direcionamentos e atualização do conhecimento. A importância dos contatos pessoais foi mencionada na maioria das respostas: “O contato com pesquisadores de outras instituições, sejam elas européias ou norte-americanas foi decisivo para os bolsistas estabelecerem ou ampliarem sua rede de comunicação. Com isso, os bolsistas tiveram sua inserção internacional favorecida e ampliaram os horizontes de suas investigações” (MUELLER, STUMPF, 2005, p.6).

Em relação aos parceiros dos artigos brasileiros citados mais de 100 vezes no ISI durante o período 1994-2003, Packer e Meneghini (2006) apontaram a participação dos EUA em 58% deles. Logo em seguida, aparecem a França, a Inglaterra, a Alemanha e a Itália que colaboram em mais de 10% dos artigos. A ordem de aparecimento dos países parceiros segue mais ou menos a apresentada na Tabela 23. Na opinião de Packer e Meneghini (2006), o Brasil procura seus colaboradores internacionais em países desenvolvidos, visto que a colaboração com os países vizinhos é reduzida, e, geralmente, aparece em colaborações multinacionais, não caracterizando, desta forma, a colaboração bilateral, exclusiva entre o Brasil e demais países da América Latina.

Com o objetivo de testar a  $H_2$  e verificar se a existência de redes de co-autoria é relacionada ao idioma e a proximidade geográfica entre países, realizou-se o teste não-paramétrico One Sample Kolmogorov Smirnov. A hipótese nula é a igualdade da distribuição de artigos em co-autoria com os 21 países apresentados na Tabela 23 (excluída a categoria “outros países”).

Tabela 24 – Teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov

		Co-autoria total	Co-autoria sem EUA
N.		21	20
Parâmetros uniformes(a,b)	Mínimo	241.00	241.00
	Máximo	5574.00	2011.00
Diferenças extremas	Absoluta	.655	.406
	Positiva	.655	.406
	Negativa	-.048	-.050
Kolmogorov-Smirnov Z		3.001	1.815
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000	.003

a Distribuição do teste uniforme.

b Calculado a partir dos dados.

Fonte: dados do autor

Na primeira coluna apresenta-se o resultado do teste com os 21 principais parceiros do Brasil. Devido ao resultado obtido (.000, e portanto,  $p > 0,05$ ), a hipótese nula de igualdade foi rejeitada. Portanto, a distribuição de co-autorias entre os países parceiros do Brasil não acontece de forma igual, confirmando a tendência de aproximação entre o Brasil e determinados países.

O fato dos EUA figurarem como o principal parceiro do Brasil de forma destacada em relação aos demais países pode ter alterado a análise. Para termos certeza da rejeição da  $H_0$ , excluiu-se os EUA do conjunto de dados, conforme resultados apresentados na segunda coluna. Novamente, o resultado mostra  $p = .003$  ( $p > 0,05$ ), indicando a rejeição da hipótese de igualdade, mesmo entre os países que apresentam menor número de artigos em colaboração com o Brasil.

As frequências de co-autoria entre o Brasil e outros países são indicadores absolutos úteis para a mensuração do desempenho científico. Porém, o uso de indicadores relativos para avaliar a colaboração internacional pode revelar outras facetas do cenário, já que esses indicadores se valem do tamanho dos países, medido pelo *output* total do país. Com o objetivo de possibilitar outras análises e interpretações, aplicou-se a fórmula criada por Luukkonen, Persson e Sivertsen (1992), detalhada na Metodologia deste estudo.

A fórmula foi aplicada nos totais absolutos de colaboração internacional e o resultado completo é apresentado no Apêndice D. O Quadro 4 abaixo apresenta os resultados para os países com quem o Brasil mantém uma relação de co-autorias mais forte do que a esperada:



<b>País</b>	<b>Índice de Co-autoria</b>
Tuvalu	65,5
Paraguai	17,8
Andorra	13,1
Equador	10,6
Uruguai	8,7
República Dominicana	7,6
Suriname	6,8
Peru	6,2
Colômbia	6,1
Panamá	6,0
Turquemenistão	5,5
Cuba	5,2
Honduras	4,8
Bolívia	4,8
Belize	4,5
Costa Rica	4,3
Argentina	4,1
Guiana Francesa	4,0
Nicarágua	3,7
Venezuela	3,0
Chile	3,0
Guatemala	2,8
Portugal	2,7
Mauritânia	2,5
Congo	2,5
El Salvador	2,3
Martinica	2,3
Moçambique	1,9
Angola	1,8
Guadeloupe	1,8
Laos	1,8
Mônaco	1,7
Haiti	1,7
Mali	1,6
Reunion	1,5
Ruanda	1,5
Neth Antilles	1,4
México	1,4
Nova Caledônia	1,3
Benin	1,2
Indonésia	1,1
Armênia	1,1
Iêmen	1,1
Ilhas Maurício	1,1
Tanzânia	1,0
Malta	1,0

Quadro 4 – Índice de co-autoria internacional, 2004-2006

O índice mostra que a co-autoria observada é maior do que a esperada especialmente com países sem tradição científica ou em recente consolidação. Muitos deles fazem parte do continente centro-sul americano: 4,1 vezes maior com a Argentina; 4,8 vezes maior com a Bolívia; 3 vezes maior com o Chile; 6,1 vezes maior com a Colômbia; 6,8 vezes maior com o Suriname; 4,3 vezes maior com a Costa Rica; 4 vezes maior com a Guiana Francesa; 7,6 vezes maior com a República Dominicana; 10,6 vezes maior com o Equador; 2,8 vezes maior com a Guatemala; 1,7 vezes maior com o Haiti; 4,8 vezes maior com Honduras; 3,7 vezes maior com a Nicarágua; 6 vezes maior com o Panamá; 17,8 vezes maior com o Paraguai; 6,2 vezes maior com o Peru; 1,4 vezes maior com o México; 8,7 vezes maior com o Uruguai e 3 vezes maior com a Venezuela. Com Portugal, país com o qual o Brasil manteve relações de dependência política, econômica e cultural durante muitas décadas, a colaboração apresenta-se 2,7 vezes maior que o esperado.

Parece haver um consenso na literatura de que os principais parceiros do Brasil concentram-se nos EUA e Europa Ocidental e a colaboração com América do Sul e Latina ainda é modesta, com destaque apenas para a Argentina, o Chile, o México e a Colômbia. Entretanto, ao ponderarmos o tamanho da produção científica brasileira e dos países vizinhos, é possível observar que a colaboração entre eles acontece com mais frequência do que o esperado.

O resultado surpreendente aparece na co-autoria com Tuvalu: 65,5 vezes maior do que o esperado. Aprofundando a análise, observamos que o pequeno país, formado por nove atóis da Polinésia Francesa, possui somente um artigo indexado no **Web of Science** durante o período, elevando sensivelmente o índice de co-autoria.

De forma complementar, utilizou-se o Cosseno de Salton para medir a força da colaboração entre o Brasil e outros países. O Apêndice D apresenta a tabela completa contendo o total absoluto de colaborações entre o Brasil e 139 países parceiros descritos ano a ano, o número total de artigos indexados no **Web of Science**, e o correspondente Cosseno de Salton e Índice de co-autoria. O Quadro 5 abaixo apresenta resultados para os principais parceiros do Brasil:

Argentina	3,4
EUA	2,7
Portugal	2,4
França	2,3
Colômbia	2,1
Uruguai	2,1
Chile	1,9
Alemanha	1,8
Reino Unido	1,8
Equador	1,7
Cuba	1,6
Espanha	1,4
Itália	1,4
Canadá	1,3
México	1,3
Peru	1,3
Paraguai	1,2
Venezuela	1,2
Holanda	1

Quadro 5 – Cosseno de Salton co-autoria internacional, 2004-2006

Fonte: dados do autor

Entre os países parceiros que apresentam Cosseno de Salton maior que 1 encontram-se vários latino americanos: Venezuela (1,2), Colômbia (2,1), Equador (1,7), Peru (1,3), Chile (1,9), Argentina (3,4), Uruguai (2,1) e Paraguai (1,2). Os Estados Unidos (2,7), Canadá (1,3), México (1,3) e Cuba (1,6) compõem o grupo dos parceiros da América. Na Europa, o Brasil tem laços fortes de colaboração com a Alemanha (1,8), França (2,3), Itália (1,4), Espanha (1,4), Holanda (1), Portugal (2,4) e Reino Unido (1,8).

Seguiu-se o mesmo critério aplicado por Glänzel, Leta e Thijs (2006) para classificar a força das relações: relação forte (medida de Salton  $\geq 2,5$ ), relação média ( medida de Salton  $\geq 1$  e  $< 2,5$ ) e relação fraca (medida de Salton menor que 1). O mapa abaixo apresenta as relações fortes e médias:



Figura 1 – Co-autoria internacional 2004-2006 (Cosseno de Salton  $\geq 1$ )

Comparando os resultados encontrados neste estudo com os informados por Glänzel, Leta e Thijs (2006) para o período 1999-2003, é possível fazer algumas considerações. A Argentina e os EUA continuam sendo os parceiros mais importantes do Brasil, entretanto, novos parceiros passaram a fazer parte do grupo das relações consideradas médias, entre eles o Paraguai e a Holanda.

A relação importante (correspondente a medida de Salton maior que 1) entre Brasil e EUA, e Brasil e Argentina já apareceu no estudo feito por Glänzel e Schubert (2004), com base na produção científica mundial indexada no ISI em 2000. Em 1990, além dos EUA, o Brasil mantinha laços considerados importantes com a França e o Reino Unido. Em 1980, os EUA eram o único país com quem o Brasil manteve uma relação de co-autoria maior que 1%. Com base na comparação entre os estudos anteriores e os resultados aqui obtidos, pode-se afirmar que a diversidade de países com quem o Brasil colabora tem crescido nas últimas três décadas.

Zitt, Bassecouard e Okubo (2000), em estudo da produção científica do ISI de 1986 a 1996, também mostraram a relação intensa de colaboração entre o Brasil e os EUA, através do *Probabilistic Affinity Index* (PAI), uma medida alternativa dos valores observados e esperados de colaboração, normalizados pelo total de co-autorias do país.

Segundo Meneghini (1996), a colaboração científica brasileira cresceu devido as possibilidades oferecidas pelos programas nacionais e a crescente demanda por uma maior visibilidade internacional. Já para Glänzel e Schubert (2004), a intensidade da colaboração internacional é determinada por fatores como tamanho da produção científica do país e razões políticas e econômicas, além da proximidade geográfica e alguns aspectos de mobilidade e migração em nível individual.

Ao analisar os resultados do índice de co-autoria e do Cosseno de Salton aplicado a co-autoria internacional, é possível tecer algumas considerações. Aparentemente, a combinação dos fatores histórico, proximidade geográfica e lingüística podem explicar a proximidade entre o Brasil e alguns parceiros na publicação de artigos. Motivos históricos podem explicar a relação com a Itália, que apresenta Cosseno de Salton 1,4, e com a Alemanha, cujo Cosseno é 1,8. Apesar da tradição científica apresentada pela Alemanha, a relação histórica decorrente da imigração no Brasil talvez constitua o motivo principal para a colaboração com este país e também com a Itália, especialmente no que diz respeito ao idioma, ensinado na família ao longo de várias gerações. Outro país, a Holanda, manteve-se na região Nordeste por vários anos e apresenta Cosseno de Salton 1. Entretanto, investigar acordos bilaterais e uma análise mais profunda é fundamental para permitir conclusões. A relação histórica e também lingüística é evidente com Portugal, que apresenta índice de co-autoria 2,7 e Cosseno de Salton 2,4.

A análise dos países parceiros somada ao resultado do teste estatístico que indica que a distribuição de co-autorias entre os países parceiros do Brasil não acontece de forma igual, leva a aceitar a  $H_2$  – a existência de redes de co-autoria é relacionada ao idioma e a proximidade geográfica entre instituições e países.

Na opinião de Glänzel (2001), a co-autoria pode ser simplesmente um resultado de acordos bilaterais entre instituições, administradores de ciência ou governos. Porém, a dependência política ou econômica de um país ou região geográfica (como novas formas de laços coloniais), equipamentos grandes ou especiais que são geralmente divididos em grandes projetos, e também condições de co-operação, consistem em razões que vão além da motivação individual do cientista.

Com o objetivo de aprofundar a análise da co-autoria internacional brasileira, distribuiu-se a produção científica dos países co-autores entre as 14 principais áreas de publicação. Os resultados referentes aos principais parceiros do Brasil estão na Tabela 25, na página 126 e 127. Os números absolutos são seguidos do percentual

correspondente. A totalização dos valores é feita por país e, portanto, a tabela deve ser lida no sentido da linha.

A colaboração com os EUA, o principal co-autor do Brasil, concentra-se nas áreas de Medicina Clínica e Experimental II (15,2%) e Biologia (13,3%), seguidas da Biociências (9,4) e Medicina Clínica e Experimental I (9,1%). Já com a França as colaborações recaem prioritariamente nas exatas, sendo a Física (22,3%) e a Química (15,5%) as principais áreas.

A Física apresenta-se como a principal área de colaboração para todos os países da Tabela 25, reforçando a idéia de que a comunidade científica brasileira da área colabora com diversos países. Em países como a Rússia, a China, a Índia e a Suécia, a área responde por 56,2%, 45,1%, 43,3% e 40,5% de toda a colaboração, respectivamente. Uma das explicações para os resultados é o fato de a Física reunir pesquisadores de muitos países em grandes projetos, quando ocorre a divisão de equipamentos e experimentos.

Conforme depoimento do professor P19, da UFRGS, a Física possui um objeto de pesquisa de interesse internacional. Especificamente na Astronomia, o projeto Telescópio da Terra Inteira (Whole Earth Telescope) congrega em torno de 28 países desde 1986. Segundo o relato do professor durante a entrevista, a última observação astronômica aconteceu em maio de 2008 e reuniu 23 telescópios em volta do mundo observando o mesmo ponto no céu durante a noite toda, de forma que o céu manteve-se sob observação ininterrupta durante duas semanas. A necessidade de colaboração é intrínseca a área por dois motivos: o primeiro deles, dividir os custos do equipamento e o segundo, para possibilitar as observações ininterruptas, afinal, é preciso ter algum pesquisador do outro lado do globo para observar durante o dia aqui no Brasil.

Tabela 25 – Distribuição dos artigos por países parceiros e áreas de publicação, 2004-2006 (continua)

País	Agr. Meio Amb.		Bio.		Pesq. Bio.		Bioc.		Quim.		Med. Clin. Exp. I		Med. Clin. Exp. II	
	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%
<b>EUA</b>	546	6,2	1.171	<b>13,3</b>	472	5,3	826	9,4	565	6,4	801	9,1	1.345	<b>15,2</b>
<b>França</b>	164	5,2	250	7,9	107	3,4	254	8,0	493	<b>15,5</b>	205	6,5	171	5,4
<b>Reino Unido</b>	132	4,8	317	<b>11,6</b>	140	5,1	260	9,5	249	9,1	184	6,7	348	<b>12,7</b>
<b>Alemanha</b>	160	5,9	274	<b>10,0</b>	83	3,0	187	6,9	391	<b>14,3</b>	152	5,6	179	6,6
<b>Itália</b>	66	4,0	87	5,3	86	5,2	124	7,5	206	<b>12,5</b>	151	9,1	194	<b>11,7</b>
<b>Canadá</b>	105	6,8	142	9,1	87	5,6	117	7,5	136	8,8	141	9,1	211	<b>13,6</b>
<b>Espanha</b>	97	6,7	151	<b>10,4</b>	82	5,6	108	7,4	288	<b>19,8</b>	86	5,9	114	7,8
<b>Argentina</b>	77	5,4	200	<b>14,1</b>	59	4,2	152	<b>10,7</b>	228	<b>16,1</b>	86	6,1	84	5,9
<b>Portugal</b>	48	4,4	69	6,4	45	4,2	55	5,1	266	<b>24,6</b>	30	2,8	49	4,5
<b>Japão</b>	38	4,0	99	<b>10,5</b>	63	6,7	77	8,2	82	8,7	66	7,0	93	9,9
<b>Holanda</b>	71	8,4	116	<b>13,7</b>	33	3,9	83	9,8	33	3,9	124	<b>14,6</b>	91	<b>10,7</b>
<b>Rússia</b>	5	0,7	16	2,2	5	0,7	29	4,1	51	7,2	11	1,5	12	1,7
<b>Austrália</b>	54	7,5	90	<b>12,6</b>	25	3,5	68	9,5	26	3,6	62	8,7	78	<b>10,9</b>
<b>México</b>	47	7,4	89	<b>14,0</b>	35	5,5	36	5,7	53	8,3	57	9,0	49	7,7
<b>Suíça</b>	14	2,3	55	9,2	21	3,5	26	4,3	48	8,0	59	9,8	99	<b>16,5</b>
<b>China</b>	11	2,1	20	3,8	14	2,7	9	1,7	28	5,4	13	2,5	60	<b>11,5</b>
<b>Chile</b>	33	5,8	54	9,5	13	2,3	41	7,2	72	<b>12,7</b>	25	4,4	34	6,0
<b>Suécia</b>	12	2,4	32	6,4	10	2,0	38	7,6	37	7,4	37	7,4	59	<b>11,8</b>
<b>Bélgica</b>	26	4,7	68	<b>12,2</b>	8	1,4	54	9,7	57	<b>10,2</b>	65	<b>11,7</b>	43	7,7
<b>Índia</b>	17	3,4	24	4,8	3	0,6	18	3,6	42	8,5	19	3,8	35	7,0
<b>Colômbia</b>	25	7,1	67	<b>19,0</b>	8	2,3	27	7,6	21	5,9	20	5,7	28	7,9

Fonte: dados do autor

Tabela 25 – Distribuição dos artigos por países parceiros e áreas de publicação, 2004-2006 (conclusão)

País	Eng.		Geoci. Ciên. Esp.		Mat.		Neuroci. Com.		Fís.		Ciên. Mult.		Nano Ciê. Tec.	
	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%	N. artigos	%
<b>EUA</b>	567	6,4	628	7,1	280	3,2	260	2,9	1.184	<b>13,4</b>	114	1,3	29	0,3
<b>França</b>	260	8,2	287	9,0	167	5,3	44	1,4	707	<b>22,3</b>	35	1,1	26	0,8
<b>Reino Unido</b>	214	7,8	149	5,4	55	2,0	67	2,4	577	<b>21,0</b>	34	1,2	8	0,3
<b>Alemanha</b>	134	4,9	251	9,2	56	2,1	43	1,6	771	<b>28,3</b>	28	1,0	13	0,5
<b>Itália</b>	105	6,4	137	8,3	64	3,9	31	1,9	391	<b>23,7</b>	9	0,5	2	0,1
<b>Canadá</b>	159	<b>10,2</b>	114	7,3	68	4,4	53	3,4	200	<b>12,9</b>	8	0,5	4	0,3
<b>Espanha</b>	81	5,6	94	6,5	73	5,0	20	1,4	231	<b>15,9</b>	14	1,0	9	0,6
<b>Argentina</b>	39	2,8	103	7,3	26	1,8	53	3,7	285	<b>20,1</b>	11	0,8	6	0,4
<b>Portugal</b>	127	<b>11,7</b>	62	5,7	50	4,6	16	1,5	240	<b>22,2</b>	6	0,6	6	0,6
<b>Japão</b>	47	5,0	97	<b>10,3</b>	19	2,0	7	0,7	233	<b>24,8</b>	12	1,3	4	0,4
<b>Holanda</b>	37	4,4	40	4,7	6	0,7	11	1,3	188	<b>22,2</b>	6	0,7	0	0,0
<b>Rússia</b>	33	4,6	98	<b>13,8</b>	37	5,2	2	0,3	400	<b>56,2</b>	7	1,0	6	0,8
<b>Austrália</b>	46	6,4	89	<b>12,4</b>	23	3,2	17	2,4	119	<b>16,6</b>	12	1,7	3	0,4
<b>México</b>	22	3,5	38	6,0	36	5,7	6	0,9	158	<b>24,8</b>	8	1,3	2	0,3
<b>Suíça</b>	52	8,7	34	5,7	8	1,3	16	2,7	159	<b>26,5</b>	5	0,8	1	0,2
<b>China</b>	24	4,6	60	<b>11,5</b>	31	5,9	7	1,3	236	<b>45,1</b>	9	1,7	1	0,2
<b>Chile</b>	27	4,8	89	<b>15,7</b>	72	<b>12,7</b>	6	1,1	90	<b>15,9</b>	8	1,4	1	0,2
<b>Suécia</b>	12	2,4	40	8,0	2	0,4	9	1,8	203	<b>40,5</b>	6	1,2	3	0,6
<b>Bélgica</b>	36	6,5	28	5,0	14	2,5	6	1,1	134	<b>24,1</b>	7	1,3	8	1,4
<b>Índia</b>	13	2,6	87	<b>17,5</b>	10	2,0	7	1,4	215	<b>43,3</b>	5	1,0	1	0,2
<b>Colômbia</b>	7	2,0	25	7,1	10	2,8	5	1,4	105	<b>29,7</b>	2	0,6	1	0,3

Fonte: dados do autor



A Matemática, entretanto, apesar de ser considerada uma Ciência de interesse universal, apresenta percentuais de co-autoria inexpressivos, fazendo jus à sua já conhecida prática de publicação individual (GROSSMAN; ION, 1995). A exceção é a colaboração com o Chile, que representa 12,7% da colaboração com aquele país.

O Chile também apresenta-se bem colaborativo com o Brasil na área de Geociências e Ciências Espaciais (15,7%). A explicação pode residir nos grandes projetos relacionados aos Observatórios Gemini e SOAR, ambos construídos em território chileno por consórcios de países. É notável a pouca representatividade da co-autoria na área de Agricultura e Meio Ambiente, conhecida por possuir “objetos” de pesquisa de interesse unicamente nacionais, devido as características diferenciadas de solo, temperatura e meio ambiente.

A Tabela 26, apresentada na página 129 e 130, revela a participação das instituições estrangeiras por área durante o período 2004-2006. A ordem de apresentação é decrescente por número de artigos em co-autoria.

A Física é a responsável por grande parte da colaboração brasileira com muitas instituições estrangeiras. Observa-se que a área apresenta percentuais que chegam a 89,7% de toda a colaboração que o Brasil mantém com o Joint Institute for Nuclear Research, em Dubna, na Rússia. A Física só é pouco representativa para instituições como a Harvard University (3,8%) e a Johns Hopkins University (0,4), ambas responsáveis pelas co-autorias nas áreas médicas (Medicina Clínica e Experimental I e II).

Tabela 26 – Distribuição das instituições estrangeiras por área, 2004-2006 (continua)

Instituição	Agricultura e Meio Amb.		Biologia		Pesquisa Biomedica		Biociências		Química		Med. Clin. Exp. I		Med. Clin. Exp. II	
	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%
Univ California	66	4,1	151	9,4	57	3,6	150	9,4	72	4,5	80	5,0	162	10,1
Ist Nazl Fis Nucl		0,0	..	0,0	..	0,0	..	0,0	38	4,7	..	0,0	..	0,0
Univ London	15	2,3	41	6,3	52	8,0	59	9,1	27	4,1	58	8,9	140	21,5
Univ Texas	1	0,2	46	7,0	36	5,4	25	3,8	20	3,0	76	11,5	138	20,9
CNRS	6	1,3	36	7,9	14	3,1	18	3,9	69	15,1	6	1,3	4	0,9
Joint Inst. for Nuc. Res.	1	0,3	..	0,0	..	0,0	..	0,0	1	0,3	..	0,0	..	0,0
State Univ New York	12	3,2	14	3,8	4	1,1	20	5,4	9	2,4	9	2,4	39	10,5
Harvard Univ	7	1,7	35	8,3	28	6,6	64	15,1	3	0,7	54	12,7	128	<b>30,2</b>
Univ Buenos Aires	19	4,8	47	11,8	19	4,8	43	10,8	39	9,8	16	4,0	20	5,0
Univ Paris 06	7	1,9	14	3,9	1	0,3	7	1,9	34	9,4	3	0,8	10	2,8
Univ Washington	5	1,5	33	9,7	6	1,8	36	10,6	1	0,3	32	9,4	44	13,0
Univ Illinois	20	5,7	26	7,5	16	4,6	25	7,2	21	6,0	8	2,3	19	5,5
Inst High Energy Phys		0,0	..	0,0	..	0,0	..	0,0	2	0,7	..	0,0	..	0,0
Max Planck Society	19	6,2	42	13,7	2	0,7	13	4,2	28	9,1	4	1,3	3	1,0
Brookhaven Natl Lab		0,0	..	0,0	..	0,0	..	0,0	7	2,8	..	0,0	1	0,4
MIT	1	0,4	1	0,4	2	0,7	1	0,4	57	21,3	1	0,4	..	0,0
Univ Porto	12	4,1	26	8,9	40	13,7	31	10,6	63	21,6	8	2,7	20	6,8
Indiana Univ	4	1,5	8	3,1	2	0,8	14	5,4	3	1,2	12	4,6	8	3,1
Univ Paris 11	2	0,7	8	2,9	7	2,5	13	4,6	48	17,1	9	3,2	8	2,9
Michigan State Univ	23	9,5	20	8,2	..	0,0	3	1,2	1	0,4	2	0,8	7	2,9
Univ Maryland	4	1,5	19	7,1	14	5,2	27	10,0	4	1,5	20	7,4	29	10,8
Johns Hopkins Univ	4	1,5	7	2,6	10	3,7	18	6,7	..	0,0	99	<b>36,7</b>	100	<b>37,0</b>
Lund Univ	1	0,5	5	2,5	1	0,5	5	2,5	12	5,9	5	2,5	1	0,5
Univ N Carolina	20	8,4	19	7,9	22	9,2	12	5,0	16	6,7	16	6,7	69	28,9
McGill Univ	6	2,5	8	3,3	8	3,3	14	5,8	7	2,9	23	9,5	80	33,2

Tabela 26 – Distribuição das instituições estrangeiras por área, 2004-2006 (conclusão)

Instituição	Engenharia		Geoci. Ciências Espaciais		Matemática		Neurociências Comportamento		Física		Nano Ciê Tec.		Ciên. Mult.	
	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%	N. art.	%
Univ California	105	6,6	151	9,4	13	0,8	48	3,0	524	32,7	1	0,1	17	1,1
Ist Nazl Fis Nucl	112	13,8	10	1,2	..	0,0	..	0,0	650	80,0	..	0,0	2	0,2
Univ London	57	8,8	36	5,5	19	2,9	26	4,0	106	16,3	1	0,2	10	1,5
Univ Texas	36	5,4	68	10,3	14	2,1	51	7,7	136	20,6	4	0,6	10	1,5
CNRS	52	11,4	52	11,4	19	4,1	6	1,3	164	35,8	7	1,5	5	1,1
Joint Inst. for Nuc. Res.	5	1,6	25	7,8	..	0,0	..	0,0	286	<b>89,7</b>	..	0,0	1	0,3
State Univ New York	5	1,3	45	12,1	12	3,2	6	1,6	182	49,1	2	0,5	8	2,2
Harvard Univ	12	2,8	12	2,8	8	1,9	47	11,1	16	<b>3,8</b>	..	0,0	9	2,1
Univ Buenos Aires	5	1,3	42	10,6	7	1,8	45	11,3	89	22,4	..	0,0	5	1,3
Univ Paris 06	53	14,7	37	10,3	12	3,3	4	1,1	173	48,1	..	0,0	5	1,4
Univ Washington	3	0,9	43	12,7	..	0,0	11	3,2	108	31,9	..	0,0	15	4,4
Univ Illinois	20	5,7	37	10,6	13	3,7	2	0,6	138	39,7	..	0,0	3	0,9
Inst High Energy Phys	4	1,5	27	10,0	..	0,0	..	0,0	237	87,5	..	0,0	1	0,4
Max Planck Society	2	0,7	63	20,5	1	0,3	3	1,0	108	35,2	4	1,3	14	4,6
Brookhaven Natl Lab	20	8,0	22	8,8	..	0,0	..	0,0	198	79,2	..	0,0	2	0,8
MIT	5	1,9	20	7,5	2	0,7	1	0,4	156	58,2	10	3,7	11	4,1
Univ Porto	41	14,0	7	2,4	8	2,7	3	1,0	28	9,6	1	0,3	1	0,3
Indiana Univ	16	6,2	24	9,2	9	3,5	5	1,9	154	59,2	..	0,0	1	0,4
Univ Paris 11	8	2,9	9	3,2	12	4,3	..	0,0	150	53,6	2	0,7	3	1,1
Michigan State Univ	15	6,2	34	14,0	1	0,4	..	0,0	134	55,1	..	0,0	1	0,4
Univ Maryland	17	6,3	34	12,6	2	0,7	14	5,2	77	28,6	..	0,0	7	2,6
Johns Hopkins Univ	11	4,1	3	1,1	3	1,1	5	1,9	1	<b>0,4</b>	..	0,0	8	3,0
Lund Univ	1	0,5	26	12,7	..	0,0	..	0,0	146	71,6	..	0,0	1	0,5
Univ N Carolina	6	2,5	6	2,5	5	2,1	4	1,7	43	18,0	..	0,0	1	0,4
McGill Univ	4	1,7	15	6,2	3	1,2	11	4,6	56	23,2	..	0,0	6	2,5

Com o objetivo de aprofundar as análises, selecionaram-se os periódicos com o maior número de publicações em colaboração internacional e verificou-se a distribuição por periódico para saber se a estratégia de publicação é a mesma usada para publicação de artigos nacionais. Os dados são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 27 – Distribuição dos artigos com e sem colaboração internacional por periódico, 2004-2006

Periódico	Artigos internacionais 2004-2006		Artigos nacionais 2004-2006	
	N. artigos	%	N. artigos	%
Physical review B	266	1,8	214	0,6
Physical Review Letters	163	1,1	44	0,1
Physical Review D	122	0,8	166	0,5
Astronomy & Astrophysics	118	0,8	75	0,2
Physical Review E	109	0,7	168	0,5
Brazilian Journal of Physics	106	0,7	468	1,4
Physics Letters B	101	0,7	57	0,2
Physical Review C	95	0,6	31	0,1
Acta Crystallographica Section E	94	0,6	30	0,1
Applied Physics Letters	88	0,6	75	0,2
Physica A	83	0,6	213	0,6
Acta Crystallographica Section C	83	0,6	12	0,0
Physical Review A	80	0,5	119	0,3
Zootaxa	77	0,5	264	0,8
Journal of Applied Physics	73	0,5	104	0,3
J. of Magnetism and Magnetic Materials	73	0,5	139	0,4
Astrophysical Journal	71	0,5	18	0,1
Brazilian J. Medical and Biological Res.	69	0,5	473	1,4
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz	68	0,5	324	0,9
Nuclear Inst. & Met. Physics Res. Sec. B	61	0,4	79	0,2
Outros periódicos	12.819	86,5	31.043	91,0
Total	14.819	100	34.116	100

Fonte: dados do autor

A distribuição dos artigos com colaboração internacional por periódicos revela que esses possuem um padrão de publicação diferente daquele observado nos artigos sem colaboração internacional. Com exceção dos veículos nacionais, o percentual de publicação nos periódicos estrangeiros é, em geral, superior ao percentual correspondente na distribuição total. A **Physical Review B**, por exemplo, publica 1,8% dos artigos internacionais (267 artigos), enquanto o percentual baixa para 0,6% (214 artigos) quando artigos publicados unicamente por brasileiros são analisados. A **Physical Review Letters** perfaz 1,1%, com 163 artigos publicados em co-autoria internacional, enquanto os números caem para 0,1% (44 artigos) publicados somente por pesquisadores brasileiros.

#### 5.2.4 A co-autoria brasileira e a distribuição por áreas do conhecimento

Para facilitar o entendimento dos resultados obtidos até então, resumiu-se no quadro abaixo como acontece a co-autoria brasileira:

		2004	2005	2006
<b>Médias por artigo</b>	Autores	5,9	6,4	6,5
	Instituições	2,3	2,4	2,4
	Países	2,6	2,6	2,6
<b>Artigos</b>	Co-autoria internacional	30,8%	30,1%	29,9%
	Co-autoria entre instituições brasileiras	41,4%	43,4%	44,3%
	Co-autoria entre indivíduos	95,7%	95,8%	96,7%

Quadro 6 – Resumo dos principais resultados

Fonte: dados do autor

O quadro acima apresenta a média de autores, instituições, e países envolvidos em cada artigo. Observa-se que a média de países por artigo mantém-se constante durante o período (2,6), e o número médio de instituições aumenta 0,1 entre 2004 e 2005. A média de autores, entretanto, apresentou aumento anual: passou de 5,9 autores por artigo em 2004 para 6,4 em 2005 e 6,5 em 2006. Em relação ao percentual representado pela co-autoria na produção científica brasileira, observa-se que a co-autoria internacional decresceu durante o período, passando de 30,8% dos artigos em 2004 para 29,9% em 2006. Entretanto, a co-autoria entre instituições brasileiras, que representava 41,4% dos artigos em 2004, cresceu para 44,3% em 2006. A co-autoria em nível individual aumentou 1% ao longo do triênio.

No Brasil, os cursos de pós-graduação são avaliados anualmente e recebem, pela CAPES, um conceito a cada três anos. A CAPES tem como um dos seus requisitos no processo de avaliação a produtividade científica dos professores. Tal fato incentiva a publicação, elevando o número total de publicações brasileiras, mas também faz do ato de publicar uma necessidade, o que dá margem a prática de “multiplicação” de artigos por meio da co-autoria. Os resultados, entretanto, não possibilitam conclusões definitivas. Não é possível afirmar que a média de autores

por artigo aumentou durante o período por que realmente houve um aumento na formação de grupos de pesquisa e no número total de pesquisadores vinculados a estes grupos, ou, então, a co-autoria está sendo usada como meio de aumentar o número de artigos publicados como forma de sobrevivência ao *publish or perish*.

Os dados do Quadro 6 são comparáveis aos apresentados por Leydesdorff e Wagner (2009). Em artigos, revisões, cartas e notas, indexados no SCI em 2005, os autores encontraram em média 4,5 autores por artigo; 2,3 endereços diferentes por artigo, e, quando os artigos internacionais foram analisados separadamente, o número médio de endereços subiu para 3,6 por artigo, resultados que levaram os autores a concluir que a co-autoria cresceu linearmente entre 1990 e 2005 em termos de documentos publicados, e cresceu exponencialmente em termos de endereços vinculados aos documentos.

O crescimento da co-autoria entre indivíduos e instituições, comprovada através do percentual que cada uma representa em relação à produção científica brasileira total e, através do aumento dos valores médios de autor e instituição vinculados por artigo, permite aceitar a hipótese de que o crescimento do número de artigos brasileiros no ISI está relacionado ao aumento da quantidade de artigos publicados em co-autoria ( $H_1$ ). Contudo, a ampliação da série de dados é fundamental para possibilitar testes estatísticos adequados.

Os resultados apresentados nas seções anteriores mostraram que existe, também na produção científica brasileira, uma diferença no padrão de publicação dos artigos que varia de acordo com as áreas do conhecimento. Para aprofundar os resultados, buscou-se detalhar como acontece a colaboração por áreas. A tabela e os gráficos abaixo mostram que os pesquisadores brasileiros publicam em co-autoria, mas, ao que parece, esta prática acontece muito mais em nível individual, do que entre diferentes universidades e países:

Tabela 28 – Médias de autores, instituições e países por áreas, 2004-2006

	<b>Médias por artigo</b>		
	<b>Autores</b>	<b>Instituições</b>	<b>Países</b>
Geociências	8,8	3,4	2
Pesquisa Biomédica	5,6	2	1,3
Química	4,6	1,9	1,3
Med. Clínica e Experimental I	7	2,7	1,7
Med. Clínica e Experimental II	5,6	2,2	1,4
Neurociências	5,3	1,9	1,3
Biociências	5,5	2,1	1,4
Engenharia	4,1	1,9	1,4
Biologia	4,7	2,1	1,4
Matemática	2,5	1,9	1,5
Agricultura e Meio Ambiente	4,6	2	1,3
Física	13,3	3,6	1,9
<b>Geral</b>	<b>6,3</b>	<b>2,4</b>	<b>1,5</b>

Fonte: dados do autor

Os resultados da Tabela 28 evidenciam as diferenças existentes entre as áreas, principalmente na média de autores por artigo. Presume-se que essas diferenças numéricas refletem diferenças reais na forma como se faz pesquisa científica em cada uma das áreas. Algumas delas consistem em grandes grupos trabalhando em laboratórios com equipamentos modernos, outras, consistem no cérebro de apenas um cientista decifrando um problema. A produtividade dos pesquisadores é também uma consequência dessas diferenças de comportamento. Um pesquisador que trabalha sozinho, ou em pequenos grupos, provavelmente publica menos artigos do que um pesquisador que trabalha em um grande laboratório ou projeto multinacional.

Os gráficos a seguir foram gerados a partir dos dados da Tabela 28:

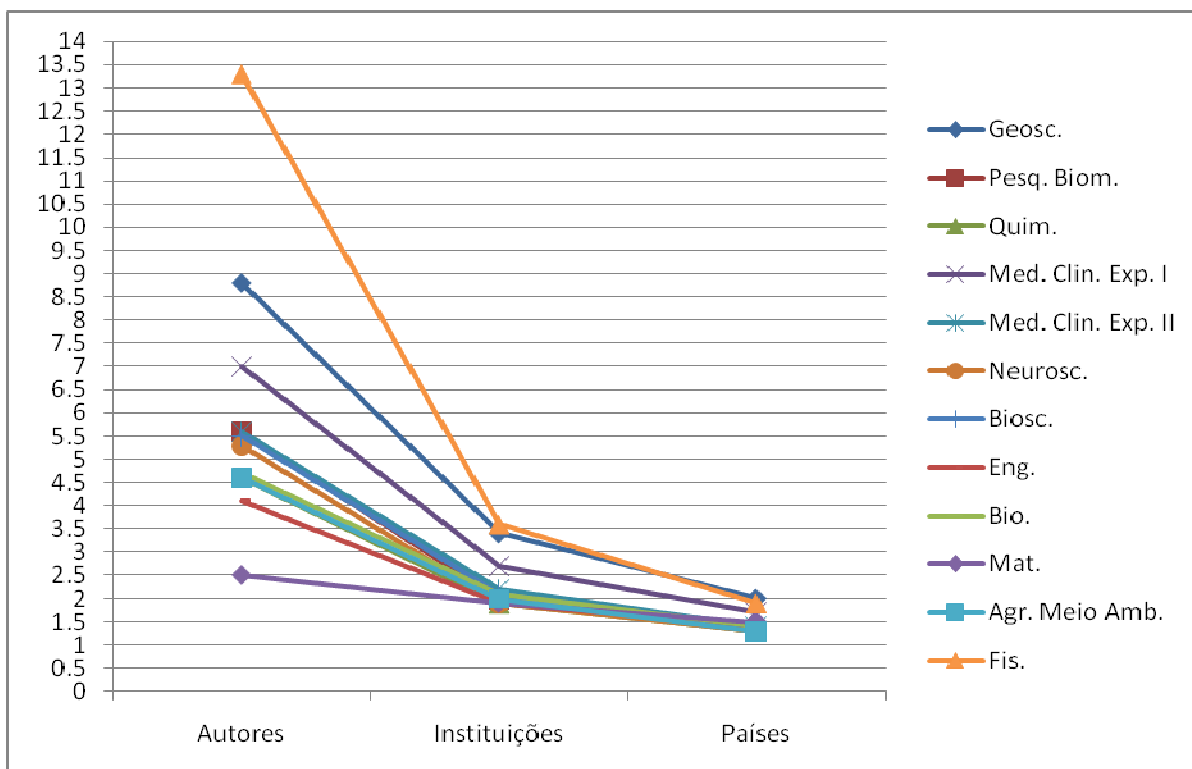


Gráfico 9 – Média de autores, instituições e países parceiros por áreas, 2004-2006, I

O Gráfico 9, acima, apresenta as médias de autores, instituições e países parceiros na colaboração com o Brasil, distribuídos pelas áreas do conhecimento. Observa-se que a Física destaca-se como a área que possui o maior número de autores envolvidos por artigo, mas a média para o número de instituições equipara-se com a Geociências, que apresenta média superior quanto ao número de países parceiros. De uma forma geral, em todas as áreas a curva decresce, mostrando que o número de autores envolvido é superior ao de instituições e países. A única área onde estes valores se aproximam é a Matemática.

Packer e Meneghini (2006) justificaram que a colaboração científica em áreas como a Astronomia, Física, Medicina e Cirurgia é maior, pois o tipo de pesquisa desenvolvido nelas requer esforços de vários autores e países, ao contrário da Biologia, Química e Biomedicina. Entre os artigos citados mais de 100 vezes no ISI entre 1994 a 2003, os pesquisadores encontraram em média 21,6 autores e 3,8 países por artigo. Tal resultado reforça a correlação entre colaboração e impacto. Quando discriminada por áreas, as médias também são bem superiores às apresentadas na Tabela 28: Biomedicina (9,1 autores e 2,7 países por artigo), Medicina (14,9 autores e 5,3 países por artigo), Cirurgia (11,3 autores e 5,3 países por artigo), Astronomia (48,5 autores e 6,6 países por artigo), Física (61,8 autores e



4,1 países por artigo), Biologia (8,9 autores e 2,6 países por artigo), Química (5 autores e 2,3 países por artigo) e a Engenharia (5,7 autores e 2,3 países por artigo).

Wagner e Leydesdorff (2003), em estudo da produção científica em Sismologia, encontraram 26,2% dos artigos publicados em colaboração internacional, enquanto a Geofísica, campo no qual a Sismologia se origina, apresenta 34,1% dos artigos em colaboração internacional.

Na opinião de Jones, Wuchty e Uzzi (2008), apesar de as tecnologias de comunicação desempenharem papel importante, a colaboração entre diferentes universidades é amplamente guiada por outros fatores que precederam o surgimento dessas tecnologias. Além disso, o contato face a face continua encorajando a colaboração entre pesquisadores de uma mesma universidade.

O Gráfico 10 apresenta de forma diferente os mesmos dados apresentados acima. Agora, as linhas representam os parceiros – autores, instituições e países:

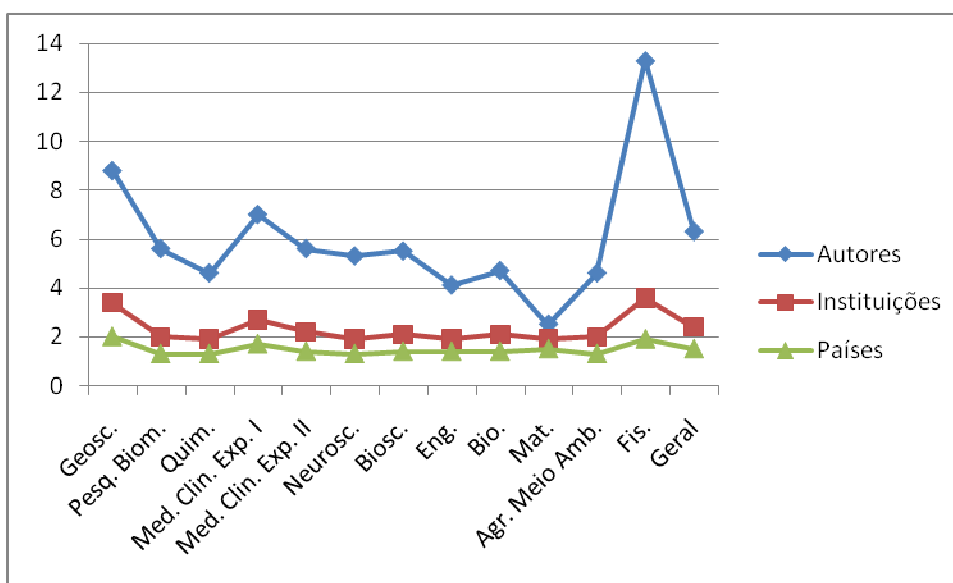


Gráfico 10 – Média de autores, instituições e países parceiros por áreas, 2004-2006, II

Observa-se que a linha correspondente a média de autores varia bastante entre as áreas, atingindo o valor mínimo na Matemática e o pico na Física. As linhas vermelha, correspondente à média de instituições envolvidas nos artigos, e verde, correspondente à média de países, registram variação menor do que a linha azul, indicando estabilidade. É possível observar com clareza a posição da Matemática, que apresenta valores de média de autores, instituições e países bem semelhantes.

Observadas as diferenças nas médias de autor, instituição e países vinculados a diferentes áreas do conhecimento, buscou-se aprofundar a análise em algumas áreas, visando o melhor entendimento da pesquisa científica. Explorou-se a colaboração científica entre três diferentes áreas: Agricultura e Meio Ambiente, Física e Matemática. Os resultados são expostos a seguir.

### 5.2.5 Agricultura e Meio Ambiente

A área apresenta 5.128 artigos no triênio 2004-2006, mas o campo *Address* está preenchido em apenas 5.122. Seguindo o mesmo recorte aplicado na análise da produção científica brasileira, a tabela abaixo reúne as 16 instituições mais produtivas na área, em ordem decrescente de ocorrências:

Tabela 29 – Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006

<b>Instituição</b>	<b>N. ocorrências</b>	<b>%</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
USP	1.367	11,1	1.053	10,2
EMBRAPA	850	6,9	755	7,3
UFV	796	6,5	533	5,2
UNESP	776	6,3	561	5,5
UNICAMP	418	3,4	351	3,4
UFRGS	383	3,1	299	2,9
UFRJ	249	2,0	207	2,0
UFSM	247	2,0	185	1,8
APTA	242	2,0	205	2,0
UEM	215	1,8	152	1,5
UFMG	180	1,5	160	1,6
UFSC	167	1,4	132	1,3
UFCE	154	1,3	118	1,1
UFLA	151	1,2	123	1,2
UNB	137	1,1	120	1,2
UEL	123	1,0	92	0,9

Fonte: dados do autor

Observa-se que a USP aparece como a primeira colocada no *ranking*, com 1.367 ocorrências e 1.053 artigos. Em segundo lugar, figura a EMBRAPA, e logo após a UFV, seguida pela UNESP, UNICAMP, UFRGS, UFRJ, UFSM e outra

instituição governamental, a APTA. Em décimo lugar, aparece a UEM, seguida pela UFMG, UFSC, UFCE, UFLA, UNB E UEL.

Com o objetivo de analisar a colaboração inter-institucional na área de Agricultura e Meio Ambiente, foram calculadas as descritivas para autoria inter-institucional, conforme a tabela abaixo:

Tabela 30 – Frequência de instituições co-autoras, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006

<b>N. instituições co-autoras</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
1 instituição	1.977	38,6
2 instituições	1.880	36,7
3 instituições	837	16,3
4 instituições	302	5,9
5 instituições	75	1,5
6 instituições	22	0,4
7 instituições	9	0,2
8 instituições	5	0,1
9 instituições	2	0,0
10 instituições	2	0,0
11 instituições	2	0,0
12 instituições	1	0,0
14 instituições	1	0,0
15 instituições	1	0,0
16 instituições	2	0,0
17 instituições	1	0,0
20 instituições	2	0,0
23 instituições	1	0,0
<b>Total</b>	<b>5.122</b>	<b>100</b>

Fonte: dados do autor

Observa-se que a maioria dos artigos envolve uma instituição (38,6%), e, após, duas instituições (36,7%). O percentual de artigos envolvendo três instituições cai para 16,3%.

A Tabela 31 apresenta as descritivas relacionadas à co-autoria entre instituições, países e indivíduos:

Tabela 31 – Descritivas co-autoria, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006

	Co-autoria		
	Instituições	Países	Indivíduos
Média	2	1,3	4,6
Mediana	2	1	4
Moda	1	1	4
Desvio padrão	1,2	0,8	2,2
Assimetria	4,5	7,0	2,4
Intervalo	22	15	39
Mínimo	1	1	1
Máximo	23	16	40
Contagem	5.122	5.122	5.128

Fonte: dados do autor

Observa-se que a média de instituições envolvidas (2) é menor do que a média geral (2,4), o que pode indicar que a área não possui uma prática de colaboração inter-institucional intensa. A mediana é 2 instituições por artigo, enquanto a moda é 1. O número máximo de instituições envolvidas no período é 23.

Em relação à colaboração com outros países, a Agricultura e Meio Ambiente também apresenta-se menos colaborativa, com média de 1,3 países por artigo, número levemente inferior a média geral (1,5), apresentado na Tabela 28. A mediana e moda são 1, indicando um comportamento de colaboração interno, que pode ser resultante do objeto de pesquisa da área. A tabela abaixo mostra o número de países co-autores e percentuais:

Tabela 32 – Frequência de países co-autores, área Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006

N. de países autores	N. de artigos	%
1 país	3.879	75,7
2 países	1.027	20,1
3 países	163	3,2
4 países	29	0,6
5 países	5	0,1
6 países	3	0,1
7 países	5	0,1
8 países	2	0,0
9 países	3	0,1
10 países	1	0,0
12 países	2	0,0
14 países	1	0,0
15 países	1	0,0
16 países	1	0,0
Total	5.122	100

Fonte: dados do autor

Observa-se a predominância de artigos publicados apenas pelo Brasil (75,7%), reafirmando os dados apresentados anteriormente. Quanto à igualdade de condições com cientistas estrangeiros, o pesquisador P3, da EMBRAPA, afirmou que, apesar de muitos autores brasileiros terem participado da pesquisa somente para a coleta de dados no passado, hoje a comunidade está alcançando um patamar de igualdade em relação à comunidade científica internacional.

A colaboração entre indivíduos também apresenta-se inferior a média geral, conforme dados da Tabela 31. Observa-se que a média de autores por artigo na área (4,6) é inferior à média geral (6,3), apresentada na Tabela 28. Entretanto, a moda é superior: 4, ao invés de 3. O número máximo de autores envolvidos em um artigo é 40, revelando que existem grandes grupos publicando em colaboração. Cabe ressaltar que a colaboração acontece provavelmente em nível individual e não em nível inter-institucional, muito menos, internacional. Conseqüentemente, os grupos existentes são formados por pesquisadores de uma mesma instituição e país.

Existem 5.128 autores vinculados aos artigos analisados da área de Agricultura e Meio Ambiente. Devido às limitações de memória no processamento de dados, somente 68 autores, brasileiros e estrangeiros, que produziram 13 ou mais artigos durante o período foram estudados através da análise de redes sociais, apresentada abaixo:

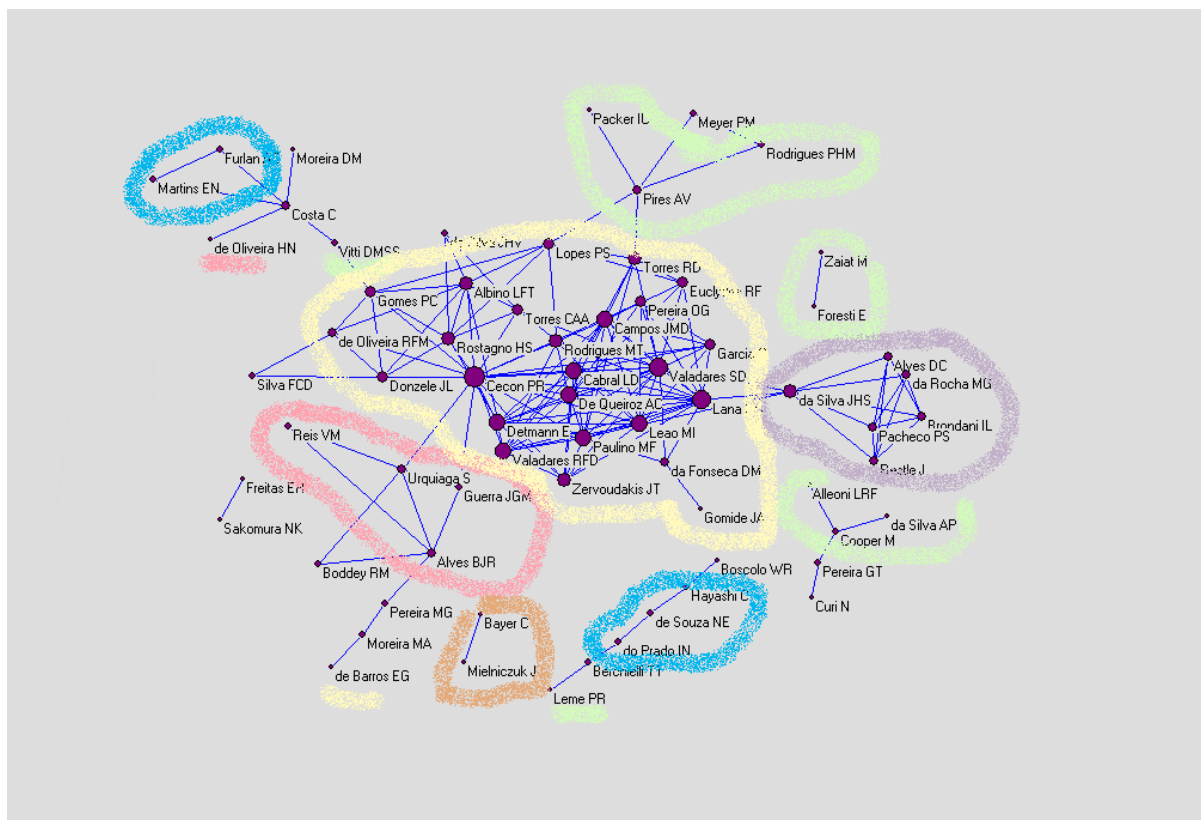


Gráfico 11 – Análise de redes sociais dos pesquisadores mais produtivos, Agricultura e Meio Ambiente, 2004-2006

A rede é formada por 68 nós, posicionados livremente com o auxílio do algoritmo Kamada-Kuwai disponível no Pajek. Alguns autores foram reposicionados para evitar a sobreposição, e o tamanho do nó diz respeito ao grau de centralidade, ou seja, é proporcional ao número de co-autores. Os nós representam cada um dos 68 pesquisadores brasileiros mais produtivos durante o triênio em análise. A rede apresenta grau de centralidade 0,24649 e *betweenness* 0,24443.

Os componentes apresentam-se interconectados e correspondem em alguma medida à localização geográfica e institucional dos pesquisadores. O destaque em amarelo é dado aos pesquisadores afiliados à UFV, principal componente da rede, e contém os nós com maior grau de centralidade (proporcional ao tamanho), indicando que os pesquisadores da UFV possuem o maior número de co-autores entre o grupo. Dentre os pesquisadores estudados, a UFV ocupa uma posição central, e, de acordo com a teoria de redes sociais, possui maior acesso às informações e grande responsabilidade sob a sua disseminação (SAID et al., 2008).

O grupo destacado em lilás é formado por pesquisadores da UFSM. De forma mais dispersa, estão os pesquisadores da USP, destacados em verde. A UFRGS está representada por um grupo formado por dois pesquisadores

destacados em marrom. A UEM aparece em dois agrupamentos diferentes, destacada com a cor azul. O destaque em rosa foi feito à EMBRAPA.

Os componentes formados regionalmente são interligados por indivíduos que, possivelmente, sejam os responsáveis pelo fluxo de informações dentro da grande rede. De acordo com Said e outros (2008), redes pequenas e fechadas podem ser menos úteis para seus membros do que redes repletas de laços fracos com indivíduos não pertencentes à rede principal. A afirmação baseia-se em Granovetter (1983), que defendeu a idéia de que as redes mais abertas permitem a introdução de novas idéias e oportunidades aos seus membros. Os laços fracos são vantajosos, pois servem como pontes entre o centro e a periferia da rede.

Wagner (2005) defendeu idéia semelhante ao afirmar que laços fracos de colaboração são preferíveis aos fortes quando o objetivo da atividade é encorajar a criação de novos conhecimentos. Laços fortes e colaboração geograficamente próxima resultam em boa comunicação, mas as pesquisas mostram que, eventualmente, os colaboradores começam a pensar de forma similar. Assim, redes estáveis não são sempre eficientes. Colaboradores com boa distância – tanto geográfica quanto intelectual – podem assumir experiências e pontos de vista diferentes. Como consequência, “*collaborators-with-a-difference*” podem ser mais propensos a mudanças e complementar as capacidades do outro, produzindo resultados mais inovadores. Pesquisadores que procuram por novidades em seu campo provavelmente encontram melhores resultados procurando idéias diferentes em parceiros distantes, ao invés de colaborar internamente dentro do seu laboratório.

Solla Price e Beaver (1966) denominaram colégio invisível os diferentes grupos encontrados nos resultados de sua pesquisa. Os autores mostraram-se agrupados por universidade, e, segundo Solla Price e Beaver (1966), o fenômeno pode ser investigado através de entrevistas. A seguir, são expostos alguns pontos considerados importantes e que esclareceram um pouco os resultados e o comportamento dos pesquisadores da Agricultura e Meio Ambiente no Brasil.

O professor P4, da UFV, detém o maior grau de centralidade (0,3134328), *betweenness* (0,2614989) e o maior *closeness* (0,3504673), ocupando uma posição de elo entre diferentes pesquisadores e, também, de controle da circulação da informação entre o grupo. É importante salientar que o professor P4 contribuiu com 36 artigos durante o período, contra 74 publicados pelo autor mais produtivo (que

não detém posições centrais na rede de colaboração). Em entrevista por telefone, explicou que sua produtividade é consequência da sua área de especialização: possui graduação em Agronomia e mestrado e doutorado em Estatística, assunto presente na maioria dos projetos. Por dominar esta área, ele é convidado a participar como co-autor, apesar de já ter recebido críticas em um parecer do CNPq, dizendo que se tratava de prestação de serviço ao invés de pesquisa científica. Além disso, na UFV as dissertações e teses proporcionam funções de co-orientação e conselheiro, o que aumenta a rede de relações dos professores. Segundo esse professor, o objeto de pesquisa das Agrárias é bem regional e, por isso, não existe tanta colaboração entre diferentes instituições do país. Outro fator importante é não ser uma ciência cara: na sua especialidade o equipamento consiste em uma estufa e um bom computador para as análises.

No mesmo sentido foi o relato do professor P7. Segundo ele, a pesquisa agrícola não depende de estruturas físicas sofisticadas e, por isso, a UFV consegue dar conta da sua pesquisa sozinha, sem necessidade de colaboração com outras instituições. O professor P2, da UFRGS, expôs opinião contrária. Pelo fato de a área interagir com a pesquisa básica de Química e Física, e também com a Biotecnologia e a Microbiologia, envolvendo equipamentos de alto custo, a colaboração é cada vez mais necessária para proporcionar o compartilhamento de equipamentos. De acordo com P7, a colaboração também é importante pelo compartilhamento de especialidades. Mesmo dentro de uma mesma área os pesquisadores têm especialidades diferentes que podem ser complementares.

As opiniões dos pesquisadores entrevistados explicam em parte o comportamento observado nos artigos indexados no ISI no período 2004-2006.

### **5.2.6 Física**

Foram encontrados 8.244 artigos classificados na área de Física durante o período 2004-2006. Apenas um deles não contém o campo *Address* preenchido. Como na análise da produção científica total, a Tabela 33 a seguir apresenta as primeiras 16 instituições em ordem decrescente de ocorrência, seguida do número de artigos e respectivos percentuais:



Tabela 33 – Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, área Física, 2004-2006

<b>Instituição</b>	<b>N. ocorrências</b>	<b>%</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
USP	2.265	7,1	2.057	6,9
UNICAMP	1.022	3,2	939	3,2
UFRJ	884	2,8	829	2,8
UNESP	707	2,2	667	2,3
Ist Nazl Fis Nucl	581	1,8	145	0,5
UFRGS	508	1,6	446	1,5
CBPF	506	1,6	506	1,7
Univ California	486	1,5	271	0,9
UFMG	448	1,4	406	1,4
UFSCAR	427	1,3	389	1,3
UNB	373	1,2	307	1,0
UFPE	323	1,0	286	1,0
UFF	319	1,0	305	1,0
UERJ	301	0,9	289	1,0
UFSC	289	0,9	270	0,9
Joint Inst.for Nuclear Res.	269	0,8	216	0,7

Fonte: dados do autor

Observa-se a USP com o maior número de ocorrências (2.265) e artigos (2.057), seguida da UNICAMP, UFRJ, UNESP e, em 5º lugar, uma instituição italiana: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. A UFRGS aparece em 6ª colocação, seguida pela CBPF e por outra estrangeira, a Universidade da Califórnia. Em seguida, aparecem a UFMG, UFSCAR, UNB, UFPE, UFF, UERJ e a UFSC. Por último, outra estrangeira, o Joint Institute for Nuclear Research. É possível observar que algumas instituições apresentam grande discrepância entre o número de ocorrências e artigos indexados, como no caso do Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, mostrando a grande frequência de colaboração inter-institucional.

A tabela a seguir apresenta a frequência de instituições co-autoras para a área:

Tabela 34 – Frequência de instituições co-autoras, área Física, 2004-2006

<b>N. instituições autoras</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
1 instituição	2.798	33,9
2 instituições	2.820	34,2
3 instituições	1.531	18,6
4 instituições	512	6,2
5 instituições	184	2,2
≥ 6 instituições	123	1,5
≥ 10 instituições	275	3,3
Total	8.243	100

Fonte: dados do autor

Observa-se que 33,9% dos artigos são escritos sem colaboração institucional, enquanto 66,1% apresentam colaboração entre duas ou mais instituições.

A seguir, apresentam-se as descritivas relacionadas à co-autoria entre instituições, países e indivíduos:

Tabela 35 – Descritivas co-autoria, área Física, 2004-2006

	<b>Co-autoria</b>		
	<b>Instituições</b>	<b>Países</b>	<b>Autores</b>
Média	3,6	1,9	13,3
Mediana	2	1	4
Moda	2	1	3
Desvio padrão	9,4	2,4	62,4
Assimetria	6,9	5,6	7,4
Intervalo	105	21	938
Mínimo	1	1	1
Máximo	106	22	939
Contagem	8.243	8.243	8.244

Fonte: dados do autor

A média de instituições por artigo na área da Física é 3,6 enquanto a média geral é 2,4 instituições por artigo. A mediana e moda são constantes: duas instituições vinculadas a cada artigo, revelando a predominância de artigos publicados em colaboração institucional. O maior grupo reúne 106 instituições em um mesmo artigo.

Surpreendentemente, os artigos da Física indexados no ISI durante o triênio apresentam descritivas que indicam baixa colaboração internacional. A média de países envolvidos por artigo é 1,9 países, número um pouco superior ao apresentado como média geral (1,5). A mediana e moda são constantes, apenas 1, indicando que mais da metade dos artigos foi escrita somente por brasileiros. Inversamente aos baixos valores de média, mediana e moda, a Física apresenta o número máximo de 22 países vinculados a um artigo. Conforme relatado na literatura, um aprofundamento desta análise em nível de sub-áreas pode revelar diferenças substanciais quanto a prática de colaboração científica internacional, como, por exemplo, em Física Teórica e em Física de Altas Energias.

A colaboração na Física apresenta-se realmente intensa entre os indivíduos, conforme mostou a Tabela 35 na página anterior. A média de autores por artigo na área de Física é de 13,3, número bem superior à média geral (6,3). Porém, os valores de mediana e moda são os mesmos do conjunto total de artigos (4 e 3 respectivamente). O número máximo de autores por artigo é 939, confirmando a existência de grupos grandes, especialmente nas áreas de Física de Altas Energias e Astronomia, já mencionada em outras pesquisas. Newman (2001a, 2001b) em análise das publicações da Física de Altas Energias publicadas no **SPIRES** durante os anos 1995 a 1999 encontrou uma média de 11,6 autores por artigo, e, nas publicações da **MEDLINE**, a média encontrada foi de 6,4 autores por artigo. As médias encontradas para a produção científica brasileira são maiores, mas deve-se ter em conta o período estudado por Newman.

A Física de Altas Energias também foi destacada por Persson, Glänzel e Danell (2004), que ponderaram que a área obedece a padrões próprios ao invés dos padrões de colaboração da Ciência. Segundo os autores, o grupo de co-autores sempre excede 200. Bordons e Gómez (2000) encontraram uma média de 9,3 autores espanhóis na área durante o período 1990 a 1993.

O gráfico abaixo apresenta a distribuição de autores por artigo:

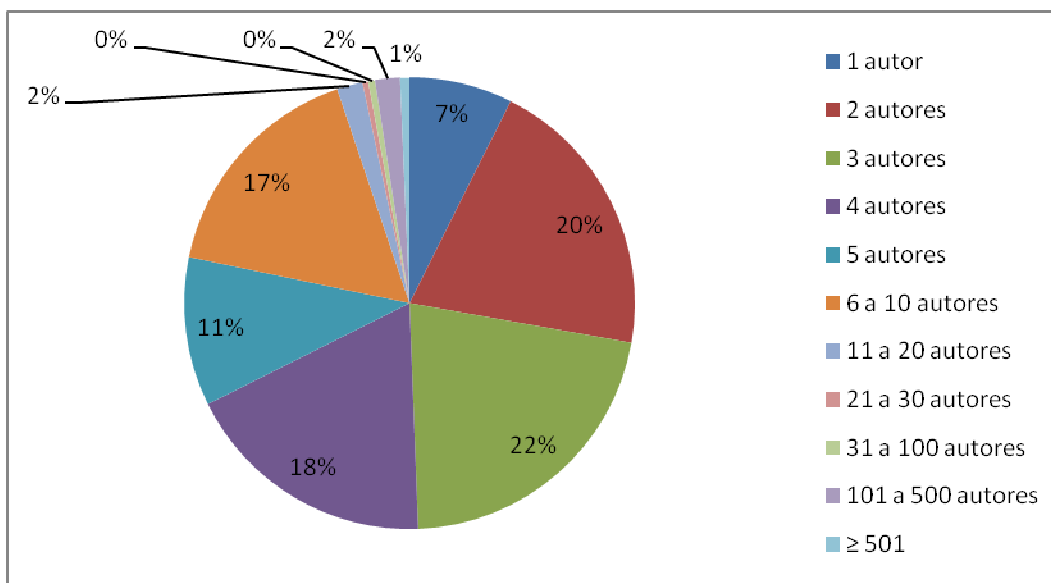


Gráfico 12 – Distribuição de autores por artigo na área de Física, 2004-2006

A Física mostra-se bem peculiar quanto à distribuição de autores por artigo. Apresenta um percentual de artigos com somente um autor (7%) maior do que o percentual registrado pelo conjunto de todas as áreas (3,9%). Entretanto, o percentual também é maior para artigos com mais de 10 autores: em torno de 5% para a Física enquanto o percentual é 3,6% quando todas as áreas são analisadas de forma conjunta. Observa-se que a concentração acontece em torno de 2, 3 e 4 autores, que perfazem juntos 60% dos artigos do triênio.

Buscando aprofundar a análise da colaboração científica na área da Física, selecionaram-se 48 autores, brasileiros e estrangeiros, responsáveis por 62 ou mais artigos durante o período e aplicou-se a análise de redes sociais. O grafo resultante pode ser visto a seguir:

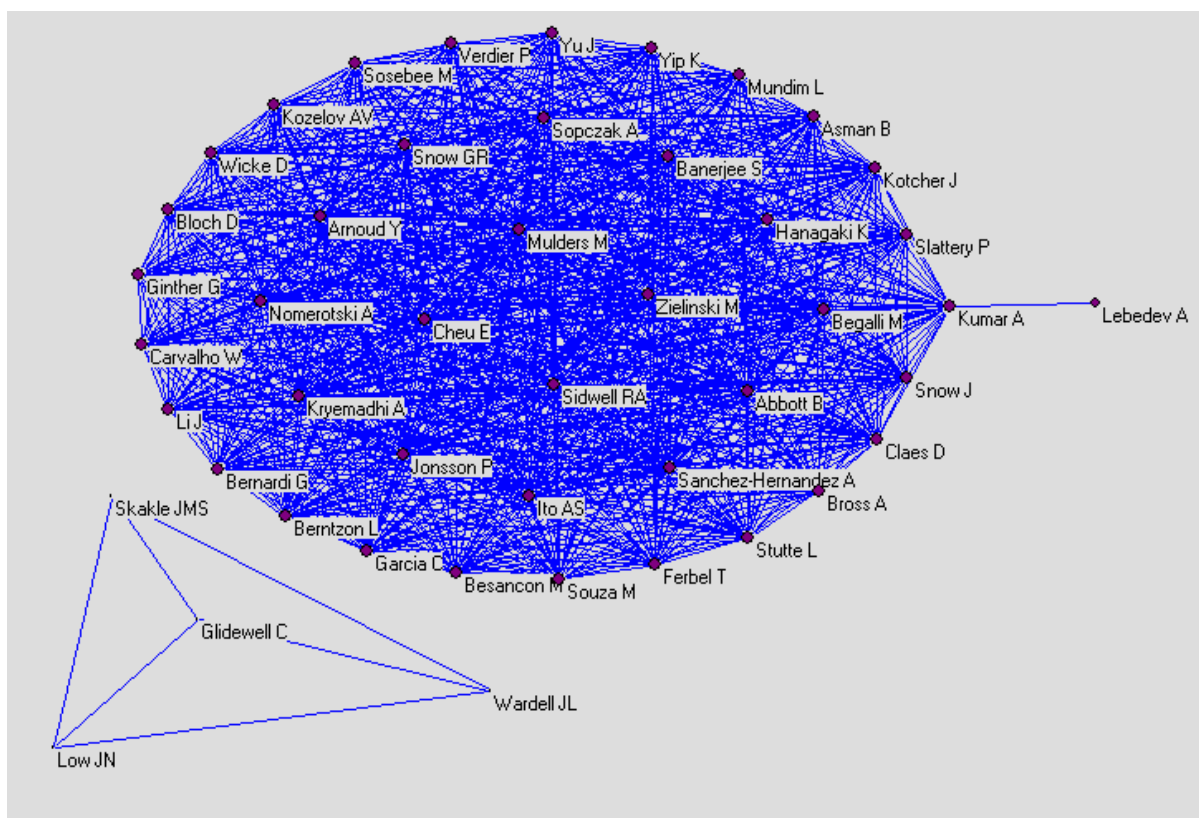


Gráfico 13 – Análise de redes sociais dos pesquisadores mais produtivos, Física, 2004-2006

Os nós foram posicionados livremente com o auxílio do algoritmo Kamada-Kuwai, disponível no Pajek, e foram reposicionados para evitar a sobreposição. O tamanho do nó é proporcional ao grau de centralidade, ou seja, é proporcional ao número de co-autores que cada autor possui. O autor com o maior grau de centralidade é Kumar, A. (0,9111111), que apresenta também o maior *betweenness* (0,0404040) e *closeness* (0,9130435).

O grafo revela uma rede de co-autoria formada por um grande componente fortemente relacionado, derivado, provavelmente, da participação dos autores em um projeto multinacional da Física das Altas Energias. A rede apresenta centralidade geral de 0,11717. A ausência de laços fracos indica a concentração da informação dentro da rede principal. Os autores mais produtivos do período – Wardell, Glidewell, Low e Skakle – formam um componente menor e isolado do principal, e, por terem cada um deles um número menor de parceiros, eles não detêm os maiores graus de centralidade da rede. Observam-se na rede muitos pesquisadores estrangeiros.

Newman (2001a, p. 407) comenta que:

Apesar da importância da comunicação escrita na ciência como documento e arquivo do trabalho realizado, e das conferências científicas como difusoras de resultados iniciais, é provavelmente seguro dizer que a maioria da comunicação científica ainda acontece nas conversas privadas. A existência de um componente gigante [...] permite às novas e importantes descobertas e informação científica alcançarem muitos membros da rede através das conversas pessoais, e claramente a informação pode circular mais rapidamente num mundo onde a separação típica entre dois cientistas é seis [...]. (tradução nossa).

Segundo o professor P17, da UERJ, não é possível trabalhar com Física de Altas Energias sem colaborar com muitos colegas. O pesquisador comenta ainda que os trabalhos são resultado de projetos de pesquisa existentes há muitos anos: “Na Física de Altas Energias nós partilhamos tudo, o trabalho, a responsabilidade, os custos e a autoria do trabalho no qual todos deram sua contribuição”.

Uma das responsáveis pelo grande número de colaborações no campo da Física, a Física de Altas Energias, reúne um dos mais complexos e onerosos experimentos científicos da atualidade. O estudo das menores partículas que constituem toda e qualquer matéria exigem grandes equipamentos chamados de aceleradores, além de avançados sistemas de computação com alta capacidade de transmissão e de armazenamento de dados. Os dois maiores aceleradores existentes são o Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab), situado próximo à cidade de Chicago, nos Estados Unidos; e o CONSEIL Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN), com sede em Genebra, na Suíça. Os projetos contam com dois grupos de pesquisadores brasileiros, da UNESP e da UERJ. As duas instituições adotaram recentemente uma das grandes inovações da área de Informática surgidas nos anos 1990, que é o sistema Grid, um formato computacional que começa a se tornar uma ferramenta cada vez mais presente no processamento de dados científicos. Nesse sistema, vários computadores estão conectados num mesmo local, formando agrupamentos que podem estar ligados a outros grupos de computadores localizados tanto em um prédio ao lado como do outro lado do planeta (OLIVEIRA, 2005).

Segundo Melin (2000), o CERN é uma consequência óbvia da colaboração por necessidade de compartilhamento de facilidades e equipamento e redução de custos. Os resultados são visíveis também na produção científica brasileira, conforme os dados mostraram.

Os resultados aqui encontrados evidenciam a necessidade de aprofundamento da análise da Física em sub-áreas, como a Física de Altas Energias, a Física Teórica e a Astronomia, por possuírem padrões de interação científica diferenciados.

### 5.2.7 Matemática

A Matemática contribuiu com a publicação de 2.045 artigos durante o período. No entanto, apenas 2.038 possuem o campo *Address* preenchido. A Tabela 36 apresenta o *ranking* de produtividade institucional:

Tabela 36 – Número de ocorrências e artigos das instituições mais produtivas, área Matemática, 2004-2006

<b>Instituição</b>	<b>N. ocorrências</b>	<b>%</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
USP	557	13,6	518	13,3
UFRJ	317	7,7	272	7,0
UNICAMP	293	7,2	274	7,1
IMPA	158	3,9	158	4,1
UNB	104	2,5	100	2,6
UFMG	101	2,5	97	2,5
UFPE	91	2,2	84	2,2
UNESP	78	1,9	75	1,9
UFRGS	78	1,9	73	1,9
PUCRJ	63	1,5	61	1,6
UFSCAR	58	1,4	55	1,4
UFF	54	1,3	48	1,2
LNCC	53	1,3	53	1,4
UFSC	51	1,2	49	1,3
UFPR	44	1,1	41	1,1
INPE	42	1,0	38	1,0

Fonte: dados do autor

Observa-se que a USP também é a instituição mais produtiva do período na área da Matemática. Em seguida, aparecem a UFRJ e UNICAMP. O IMPA, instituição especializada no tema, aparece em quarta posição. O LNCC e o INPE também aparecem no *ranking*, ocupando, respectivamente, a 13<sup>a</sup> e 14<sup>a</sup> posição. Observa-se que o número de ocorrências é igual ao número de artigos no IMPA, o

que pode indicar a inexistência da colaboração intra-institucional nos artigos dos periodicos indexados pelo ISI.

A Tabela 37 apresenta os dados relativos à colaboração inter-institucional:

Tabela 37 – Freqüência de instituições co-autoras, área Matemática, 2004-2006

<b>N. instituições autoras</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
1 instituição	744	36,5
2 instituições	887	43,5
3 instituições	309	15,2
4 instituições	72	3,5
5 instituições	17	0,8
6 instituições	4	0,2
7 instituições	4	0,2
11 instituições	1	0,0
Total	2.038	100

Fonte: dados do autor

A co-autoria inter-institucional se configura como uma prática constante na Matemática no período, visto que a modalidade perfaz 63,5% dos artigos analisados. A seguir, apresentam-se as descritivas relacionadas à co-autoria entre instituições, países e indivíduos:

Tabela 38 – Descritivas co-autoria, área Matemática, 2004-2006

	<b>Co-autoria</b>		
	<b>Instituições</b>	<b>Países</b>	<b>Indivíduos</b>
Média	1,9	1,5	2,5
Mediana	2	1	2
Moda	2	1	2
Desvio Padrão	0,9	0,7	1,3
Intervalo	10	5	22
Mínimo	1	1	1
Máximo	11	6	23
Contagem	2.038	2.038	2.045

Fonte: dados do autor

A média de instituições vinculadas por artigo é 1,9. A moda e mediana, entretanto, é dois, indicando possível tendência à colaboração inter-institucional. Quanto à colaboração internacional, a Matemática se mantém tímida, conforme a tabela a seguir:



Tabela 39 – Frequência de países co-autores, área Matemática, 2004-2006

<b>N. países autores</b>	<b>N. artigos</b>	<b>%</b>
1 país	1.194	58,6
2 países	691	33,9
3 países	131	6,4
4 países	19	0,9
5 países	1	0,0
6 países	2	0,1
Total	2.038	100

Fonte: dados do autor

Observa-se que 58,6% dos artigos foram escritos somente pelo Brasil. A colaboração internacional perfaz 41,4% dos artigos. Na literatura internacional, a Matemática é caracterizada pela baixa colaboração nacional e alta colaboração internacional, atribuída ao tamanho da área, que, por ser pequena, incentiva os pesquisadores a buscar parceiros na comunidade internacional (LUUKKONEN; PERSSON; SIVERTSEN, 1992; BORDONS, GOMÉZ, 2000). Os resultados aqui apresentados diferem dos verificados em estudos internacionais, possivelmente, pela extensão do país, quantidade de universidades e institutos de pesquisa e conseqüente tamanho da comunidade científica nacional.

Os resultados encontrados por Wagner (2005) em dados do ISI em 1990 e 2000 mostraram que a Matemática foi a área que mais cresceu (333%) em relação ao número de artigos em colaboração. Entretanto, a área não apresentou um amplo número de países colaboradores e, tampouco, o aumento deste número durante o período. A autora enumera algumas explicações, entre elas o fato de que o equipamento necessário para a pesquisa se concentra somente em alguns países (explicação que não se aplica ao caso do núcleo teórico da Matemática). O grande percentual de co-autoria concentrado em poucos países também pode revelar uma elite onde poucos novatos conseguem entrar. Outra explicação é que somente alguns países oferecem posições em boas universidades para pesquisadores especializados, concentrando os cientistas nos mesmos locais.

Conforme as descritivas sobre a co-autoria internacional, apresentadas na Tabela 38 na página anterior, a média de países vinculados a cada artigo é 1,5. A mediana e moda (1) são constantes, indicando a inexpressiva colaboração internacional. O número máximo de países vinculados por artigo é 6, indicando que os grupos são pequenos quanto ao número de países representados.

A tabela abaixo apresenta a distribuição de autores por artigo e o percentual correspondente:

Tabela 40 – Frequência de co-autores, área Matemática, 2004-2006

<b>N. de autores</b>	<b>N. de artigos</b>	<b>%</b>
1 autor	340	16,6
2 autores	819	40,0
3 autores	572	28,0
4 autores	208	10,2
5 autores	58	2,8
6 autores	22	1,1
7 autores	10	0,5
8 autores	6	0,3
9 autores	5	0,2
10 autores	3	0,1
12 autores	1	0,0
23 autores	1	0,0
Total	2.045	100

Fonte: dados do autor

Observa-se que 40% da produção da Matemática concentram-se em artigos publicados por dois co-autores, seguidos de 28% que são publicados por três co-autores. Artigos publicados por um único autor representam 16,6% da produção da área, enquanto representam apenas 3,9% da produção total brasileira.

Grossman e Ion (1995) apresentaram resultados encontrados na **Mathematical Reviews**, mostrando que, nos anos 1940, 90% dos artigos eram resultado do trabalho de um único autor, enquanto, na década de 1990, esse percentual caiu para a metade, e os artigos com dois autores aumentaram para cerca de 35%.

Segundo os autores, as razões para o crescimento da colaboração científica na área são muitas, entre elas está o aumento da área por si, o crescimento e especialização do campo, a proliferação das conferências, a comunicação eletrônica e, sem dúvida, a pressão acadêmica “*publish or perish*”. A média de autores por artigo é de 1,5 autores, segundo Newman (2004). Entretanto, Grossman e Ion (1995) ressaltam que esta média varia muito de acordo com a área específica, revelando um artigo com 972 autores afiliados.

De acordo com a Tabela 38, observa-se que na produção científica brasileira, a Matemática apresenta uma média de 2,5 autores por artigo. A média é inferior aos 6,3 autores por artigo quando computada a Ciência nacional no todo, entretanto, quando comparada à média encontrada por Newman (2004), é possível observar que a área vem deixando de ser fruto do trabalho de “pesquisadores isolados”, como já afirmado por Wagner (2005). A moda e mediana são constantes (2), também diferentes da moda (3) e mediana (4) geral. O número máximo de autores por artigo é 23.

Para análise de redes sociais, considerou-se 103 autores, brasileiros e estrangeiros, que publicaram 6 ou mais artigos analisados no triênio. O resultado encontra-se no grafo a seguir:

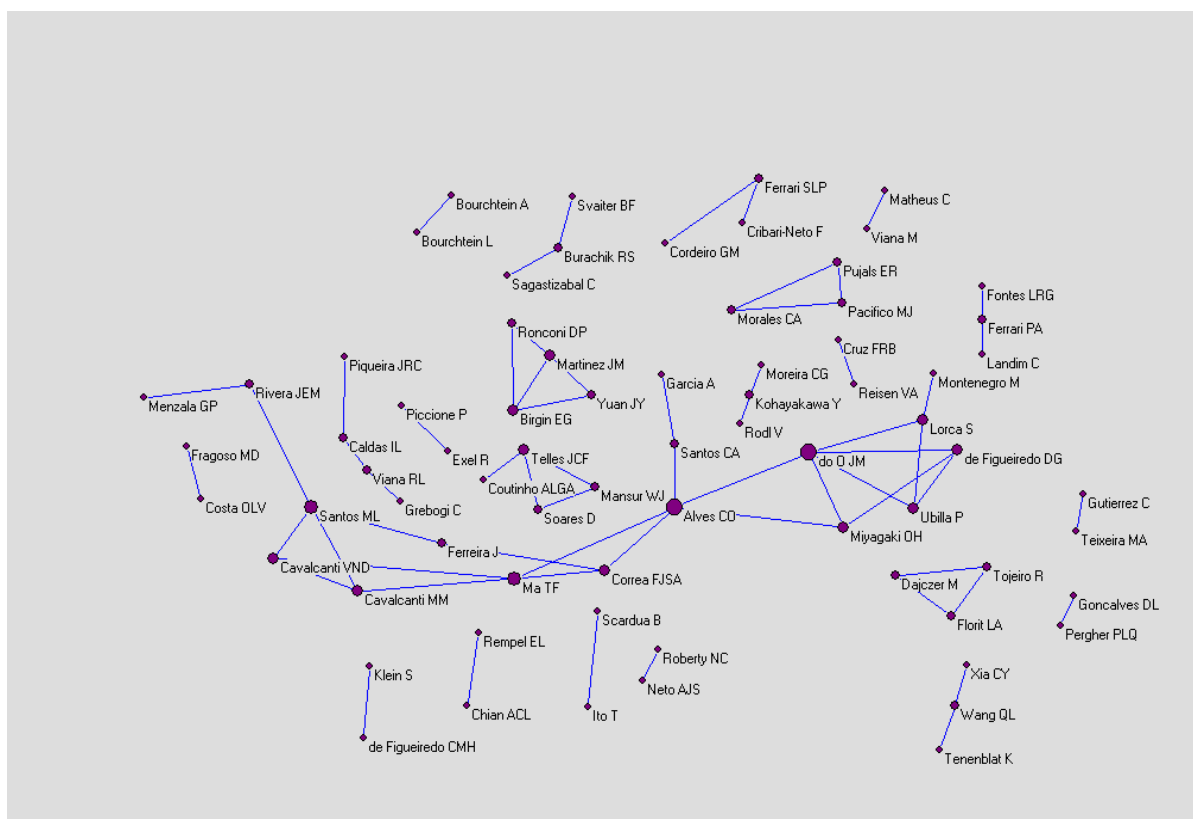


Gráfico 14 – Análise de redes sociais dos pesquisadores mais produtivos, Matemática, 2004-2006

A rede é formada por 72 nós (apenas os autores que possuem co-autoria entre o grupo) que foram posicionados livremente com o auxílio do algoritmo Kamada-Kuwai, disponível no software Pajek. Alguns nós foram reposicionados para evitar a sobreposição, e o tamanho do nó é variado porque diz respeito ao grau de centralidade, ou seja, é proporcional ao número de co-autores.

A rede de co-autoria na área da Matemática revela-se dispersa, composta por vários pequenos componentes de autores (centralidade 0,04708 e *betweenness* 0,02930). Barabasi e outros (2002) apontaram uma fragmentação da área, apesar da crescente tendência a colaboração.

Alguns autores, por possuírem um número maior de parceiros, apresentam maior grau de centralidade. Claudianor Oliveira Alves, da Universidade Federal de Campina Grande, é o autor mais produtivo durante o período e apresenta as melhores medidas na rede de colaboração: o maior *closeness* (0,111111) e *betweenness* (0,0305835), ocupando uma posição de controle no fluxo da informação entre diferentes atores. Acredita-se que os pesquisadores mais produtivos fazem parte desta rede, com exceção daqueles que estão representados isoladamente, pois publicaram artigos como autores únicos ou em colaboração com autores poucos produtivos, supostamente estudantes.

Aparecem na rede autores afiliados a diversas instituições: USP, UNICAMP, UFRJ, UFSC, UFES, UFCG, UEM, UFPEL, UFPE, LNCC, IMPA entre outras. De maneira geral, a rede não apresenta viés regional e congrega autores filiados a diferentes instituições.

A área, talvez por ser puramente teórica, parece criar suas redes de colaboração lentamente, unindo laço a laço, já que não envolve grandes e custosos equipamentos para o desenvolvimento da pesquisa. O professor P8, da UFRGS, fez comentários elucidativos quanto às práticas da área. Segundo o professor, “[...] mesmo alunos de Mestrado não conseguem publicar nada durante o mestrado porque o trabalho é intelectual e teórico. Só por um aluno entender o problema matemático a ser resolvido ele já tem um mérito. Mas ele só vai conseguir resolver com muito aprofundamento, em um curso de doutorado. Por esse motivo, o ritmo de publicação é lento, e também o ritmo de colaboração, que, por envolver muita discussão teórica, só acontece quando existe afinidade entre duas pessoas, visto que as relações são também afetivas”.

### 5.2.8 A colaboração na visão dos cientistas brasileiros

A literatura apresenta diversos motivos e causas para o estabelecimento da colaboração científica. Entretanto, entrevistar os cientistas permite conhecer as razões individuais envolvidas na interação entre a comunidade científica. O estudo realizado por Melin (2000) baseou-se em respostas de 195 questionários e sete entrevistas com autores selecionados a partir do **Science Citation Index** em 1994, todos envolvidos em colaboração na Umea University. Nas palavras do autor:

Existem boas razões para acreditar que a combinação de entrevistas e questionários possibilita uma imagem real e geral do que os cientistas pensam sobre colaboração. Detalhes pessoais e emocionais podem ser revelados através das entrevistas enquanto padrões de comportamento genérico podem aparecer na análise dos questionários. (MELIN, 2000, p. 33, tradução nossa).

No Brasil, a idéia da necessidade de um estudo qualitativo sobre esta questão foi lançada por Packer e Meneghini (2006).

As opiniões expostas nos 17 questionários respondidos via *e-mail*, nas três entrevistas concedidas por telefone e nas três realizadas pessoalmente foram organizadas em categorias, para facilitar a apresentação dos dados. Esses dados são comparados com outros estudos, como os de Melin (2000).

Os entrevistados enfatizaram a importância da colaboração para o aprofundamento da pesquisa e afirmaram que, em alguns casos, a pesquisa só é viável se houver o compartilhamento de conhecimento, recursos e equipamento. Quando perguntados *quais são os motivos que os levam à colaboração científica*, as seguintes respostas surgiram:

- a) afinidade na área de pesquisa e interesses comuns;
- b) união de esforços para responder às perguntas de pesquisa que “pairam no ar”;
- c) proximidade física;
- d) oportunidade de trabalhar com especialistas para aprofundar a pesquisa;
- e) economia (dividir equipamentos e laboratórios);
- f) desenvolvimento de pesquisa em caráter multidisciplinar;

- g) aumento no intercâmbio e divulgação de conhecimento;
- h) aumento da produção científica;
- i) compartilhamento de recursos físicos, animais, etc;
- j) adição de competências;
- k) amizade;
- l) orientação de pós-graduandos;
- m) possibilidade de viajar;
- n) *know how* em método aplicável a diversas áreas;
- o) impossibilidade de trabalhar sem colaboração de outros pesquisadores, como no caso da Física de Altas Energias.

Apenas um entrevistado mencionou a prática da colaboração com o objetivo de aumentar a produção científica. Entre as motivações mais freqüentes nas respostas dos entrevistados estão a necessidade de compartilhamento de recursos e conhecimentos.

O *know how* em métodos aplicáveis à diversas áreas parece ser uma característica que favorece a colaboração e, conseqüentemente, a produtividade, visto que os pesquisadores que o indicaram como um dos motivos que levam à colaboração científica estão entre os mais produtivos e detêm boas posições na rede de co-autorias de suas áreas. O professor P18, do Departamento de Física e Matemática da USP, afirmou: “Trabalho com uma técnica de análise físico-química (espectroscopia de fluorescência) que tem grande aplicação em problemas na área de Biofísica/Bioquímica. Assim, ocorrem discussões sobre a possibilidade de realizar colaborações em que a técnica possa ser aplicada a problemas estudados pelos co-autores”.

Melin (2000), ao perguntar sobre as razões para a colaboração, recebeu como principais respostas o acesso a métodos e a equipamentos. Além disso, razões sociais como um longo tempo de amizade foram sempre mencionadas em combinação com outros fatores, nunca isoladamente. Outro motivo é o fato de o respondente acreditar que a colaboração é o único meio de produzir o artigo. A relação de orientador-aluno foi mencionada por 14% dos respondentes de Melin (2000), corroborando com os resultados aqui apresentados.

O fato de as Ciências, além de levantarem perguntas relevantes, apresentarem também um método de como investigá-las, foi ponderado por Melin

(2000) como um dos motivos pelo quais as Ciências colaboram de forma muito mais intensa do que as Humanidades. A resposta dada por um dos entrevistados, proveniente da Química (alínea B) vem nesta direção.

Quando perguntados sobre *como se inicia a interação com os colaboradores*, todos os entrevistados mencionaram que muitas colaborações são fruto de contatos feitos na época do doutorado e pós-doutorado, e, posteriormente, a partir das relações com orientandos de mestrado e doutorado. Isso reforça a idéia de que a Ciência endogênica, feita por grupos de pesquisa estanques, não é produtiva (possivelmente em termos quanti e qualitativos). O trânsito de alunos de mestrado, doutorado e pós-doutorado é fundamental para a ampliação das redes de colaboração.

Também foram mencionadas as visitas científicas e o contato em congressos e conferências. Um professor mencionou a prática de co-orientação de teses e dissertações e a função de conselheiro (que faz uma pré-aprovação das teses e dissertações antes destas irem à banca final), que lhe proporcionam co-autoria em diversos artigos.

O contato feito por *e-mail*, sem o prévio contato presencial, foi comentado como uma prática comum na Ciência atual. Os pesquisadores, a partir da leitura de um artigo, entram em contato por *e-mail* para obter maiores informações ou fazem o convite para a colaboração. Dois entrevistados afirmaram ter conhecido pessoalmente o colaborador após a publicação do artigo escrito em co-autoria. O professor P19, pesquisador da Astronomia do Instituto de Física da UFRGS, afirmou, ao contar sua experiência com um grupo da Argentina: “[...] eles leram meu trabalho, e eu vi os trabalhos deles, em que eles calculam modelos. A gente começou a trocar *e-mails* para eles calcularem alguma coisa. Eu os trouxe para cá no ano passado, e no mês que vem eu vou para a Argentina para trabalhar com eles. Então, a gente se encontra. [A colaboração com os argentinos] foi a mais estranha porque começou por *e-mail*, a gente não se conhecia pessoalmente, e já tínhamos escrito dois artigos quando nos conhecemos”. Assim, pode-se refutar a H<sub>3</sub> – a colaboração científica internacional inicia-se a partir de iniciativa do pesquisador brasileiro através de um vínculo presencial.

Ainda quanto ao início do relacionamento com os co-autores, o professor P11, do Instituto de Matemática da UFRJ, respondeu que: “Em geral as pessoas se encontram e se conhecem em congressos e começam a conversar sobre temas de interesse comum após alguma conferência proferida por um destes. Também há

(cada vez mais comum) o primeiro contato direto por *e-mail*, no qual um recebe um convite ou chamado e que resulta em uma cooperação futura.”

Em relação ao *desenvolvimento de projetos e pesquisa através da internet*, os pesquisadores foram unânimes em afirmar que o vínculo presencial é fundamental, mesmo que a colaboração se inicie por *e-mail*, sem que ambas as partes se conheçam pessoalmente. De forma geral, os entrevistados comentaram que a comunicação via *e-mail* acontece para a troca de trabalhos, manuscritos e versões preliminares.

O professor P23, da Bioquímica da UFSM, afirmou que: “Embora elas [as tecnologias de comunicação] facilitem, sinto a necessidade de discutir alguns aspectos pessoalmente, ou através do intercâmbio dos estudantes. Todavia, parece que existe algo que chamaria ‘do lado humano’ da colaboração. Só por *internet* fica frio demais e o ‘relacionamento’ precisa (embora mais espaçado) de um contato real entre os colaboradores”. A fala do entrevistado evidencia a idéia da Ciência enquanto processo social. Comparar a parceria profissional com relações afetivas é uma característica dos cientistas, que acreditam que suas relações com os colegas devem ser construídas com base na verdade (LEDFORD, 2008). Tal confusão pode ser atribuída ao sentimento de pertencimento e devoção à Ciência que grande parte dos cientistas tem. Ziman (1979) afirmou que muitos cientistas consideram o grupo de pesquisa a sua família e o laboratório, a sua casa.

De maneira similar, Melin (2000) destacou que muitos dos seus respondentes afirmaram haver a necessidade de uma química pessoal, respeito, confiança e prazer como pré-requisitos para a colaboração científica: “[...] pessoas são sociais por natureza e [...] é agradável fazer um trabalho junto com outra pessoa que gostamos” (MELIN, 2000, p. 36, tradução nossa).

As respostas dadas à quarta pergunta, que questionou a possibilidade de *substituição do vínculo presencial pelo uso de tecnologias de comunicação* para a colaboração científica confirmaram o fator humano-social da Ciência. Apenas dois respondentes comentaram que, se existe interesse entre as partes, a colaboração acontece mesmo sem vínculo pessoal.

O professor P10, do Instituto de Matemática e Estatística da USP, afirmou que não se pode subestimar a contribuição dessas tecnologias em determinados aspectos, porém, o presencial “[...] propicia um nível de envolvimento, discussão, dedicação e profundidade do estudo do problema que na prática não se verifica no



uso de tais meios”. A resposta do professor P11, do Instituto de Matemática da UFRJ, segue na mesma direção: “Embora muito úteis, essas tecnologias ainda não substituem o contato direto. Um ganho essencial foi a possibilidade de se encurtar substancialmente as visitas de intercâmbio científico, sem prejudicar o bom andamento dos trabalhos de pesquisa. Após um certo nível de entrosamento entre os pesquisadores, talvez seja possível haver uma cooperação sustentável apenas por meio eletrônico”. O professor P21, do Instituto de Química da UNICAMP afirmou possuir colaboradores que não conhece pessoalmente, mas, quando a colaboração acontece entre amigos presenciais, fica mais fácil.

As respostas se alinham com a idéia proposta por Wagner e Leydesdorff (2005), que enfatizaram que, internacionalmente, o uso da *internet* e outras tecnologias de comunicação é apenas um facilitador, que não pode ser considerado a causa do crescente aumento da colaboração científica.

Quando questionados se os *artigos são resultados de um vínculo longo* com os colaboradores ou grupo de pesquisa, os entrevistados responderam que em geral sim, mas há exceções. A afinidade entre os pesquisadores pareceu ser a característica determinante para manutenção do vínculo entre eles. O professor P9, do Instituto de Matemática da UFRJ, respondeu que o primeiro trabalho “[...] pode ser fruto de vínculo de apenas algumas semanas. Depende muito da afinidade acadêmica dos pesquisadores envolvidos”. As respostas levam a pensar que os artigos não são fruto de relações casuais, mas sim, resultado do trabalho de grupos estáveis de pesquisadores. O mesmo foi relatado por Melin (2000), que concluiu que as equipes dos artigos por ele analisado têm entre 5 a 6 anos.

A sexta pergunta, sobre *a experiência de colaboração que não incluiu a co-autoria de artigos*, recebeu respostas positivas por parte de 15 pesquisadores. Foram mencionadas atividades em projetos de extensão de cunho social, consultorias, desenvolvimento de *software*, trabalhos resultantes de doutorados e pós-doutorados orientados pelo pesquisador, análises no laboratório, ajustes de modelos, análises estatísticas, leituras e revisões de trabalhos, sugestão de bibliografia, direcionamentos e proposição de problemas e soluções para a pesquisa, projetos tecnológicos, organização de congressos e comissões acadêmicas. O professor P23, da UFSM, mencionou a colaboração da sua Universidade com a UNIVAP, feita através de contatos presenciais com o objetivo de

melhorar os projetos de cada uma delas, sem implicar a produção conjunta de artigos.

Sobre o assunto, o professor P18, do Departamento de Física e Matemática da USP, afirma: “Em alguns casos, houve uso do equipamento de meu laboratório por pesquisadores que realizaram medidas relacionadas a seus projetos sem que eu tenha aparecido como co-autor. Houve também casos em que sugeri temas de pesquisa e participei de discussões iniciais que foram desenvolvidos e resultaram em publicações sem minha co-autoria.”

A exclusão dos pesquisadores brasileiros da lista de autores do artigo também foi mencionada no sentido negativo. O professor da UFRJ, P13, mencionou a exclusão em projetos internacionais de pesquisa financiados pela Comunidade Econômica Européia. O professor P21, do Instituto de Química da UNICAMP, afirmou: “[...] colaboramos, fizemos a nossa parte, e a outra parte se esqueceu de nós... e publicou sozinha, [isso] acontece e fica aquele sentimento, um gosto amargo, mas é um sub-produto inevitável que é compensado por muitos outros frutos de qualidade”.

Neste sentido, Ledford (2008) afirma que, apesar das colaborações serem geralmente produtivas e gerarem novas amizades, dados e idéias, o grupo geralmente inicia sem muita comunicação prévia acerca de quem vai ser responsável por que parte do trabalho, a quem pertencem os dados e amostras e quem constará na lista de autores do artigo. A falta de comunicação entre os membros do grupo ocasionam rompimentos, em muitos casos. Por isso, a sugestão do autor é de que os pesquisadores dispensem mais tempo e dinheiro na administração e coordenação do projeto como um todo, especialmente naqueles interdisciplinares, visto que pesquisadores de diferentes áreas possuem diferentes opiniões e pontos de vista a respeito dos fatos. Packer e Meneghini (2006) também afirmaram que o sucesso de projetos em rede depende não só dos elementos científicos, mas da habilidade do pesquisador para organizar e administrar a equipe.

A diversidade de atividades realizadas em colaboração e que não incluíram a co-autoria de artigos confirma que a análise de co-autoria é um indicador parcial quando se objetiva estudar a colaboração entre indivíduos, instituições e países. Apesar de configurar uma pergunta e um público entrevistado diferente, os resultados deste estudo opõe-se aos encontrados por Melin (2000), que recebeu apenas 12 respostas positivas, dentre 195, quando questionados se em algum

momento resultados alcançados conjuntamente foram publicados por autores individuais.

Em relação à *necessidade de domínio de um idioma*, especialmente o inglês, foi consenso entre a maioria dos entrevistados. Quando perguntados sobre qual a importância do domínio de um idioma comum entre os colaboradores para o estabelecimento da co-autoria, os entrevistados responderam fazendo uso de termos como: fundamental, muito importante, crucial, indispensável, essencial, muito relevante. O professor P23, da Bioquímica da UFSM, afirmou que: “de fato, um mínimo de ‘inglês’ é fundamental. Por exemplo, tive alguns estrangeiros (de origem muçulmana) que tinham um inglês (falado e escrito) terrível que não só não conseguimos colaborar como tivemos sérios problemas, mesmo sendo a visita presencial”. Em outra direção, o professor P9, do Instituto de Matemática da UFRJ, respondeu que: “[...] a ausência de um idioma comum que seja bastante familiar a todos os colaboradores pode ser parcialmente substituída por uma boa redação das idéias de cada um, somada a uma boa dose de boa vontade”. Nessa mesma direção, o professor P6, da UFV, disse que “o idioma não é problema”.

A maioria dos entrevistados afirmou que as colaborações partem de motivações individuais, confirmando a idéia da auto-organização da comunidade científica (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005; LEYDESDORFF; WAGNER, 2008). Segundo os autores, em nível global a rede existe como um sistema auto-organizado onde a seleção dos parceiros recai sobre as escolhas feitas pelos próprios pesquisadores, ao invés de depender de incentivos institucionais ou nacionais. Entretanto, casos diferentes acontecem e foram mencionados pelos entrevistados.

O professor P23, da Bioquímica da UFSM, afirmou possuir colaboração com a Nigéria devido a um programa especial do CNPq em parceria com a TWAS (Academia de Ciências para o Mundo em Desenvolvimento, antiga Academia de Ciências do Terceiro Mundo). O entrevistado comentou que, “[...] se trata de um estímulo do governo atual de aumentar o intercâmbio com os países do mundo em desenvolvimento. Neste caso, conforme dizem muitos dos meus colegas e outros pesquisadores, não temos lucro nenhum. Acho isto um absurdo, pois não podemos tomar nossas relações de trabalho como sendo voltadas ao lucro. Acho que isto reflete um pensamento pequeno e que deve ser como estas pessoas vivem suas vidas. Sempre visando um lucro. De fato, a interação via CNPq/TWAS, onde pegamos os pesquisadores ‘no escuro’, isto é, os aceitamos sem conhecê-los,

temos muitos problemas de relacionamento. Relacionamento aqui em diversos aspectos profissionais e pessoais. Isto realmente causa um desgaste muito grande, mas, no balanço geral, posso dizer que o resultado final é que estamos realmente conseguindo interagir com pessoas que nunca julgaria ser possível. Quanto às outras colaborações, existe um lado afetivo que contribui, mas o interesse fica basicamente na melhora da produção”.

O professor P12, do IMPA, comentou que os acordos “[...] podem servir de elemento motivador para as colaborações com pesquisadores de outros países [...] Há pouco estava conversando com um matemático português que me falou sobre um acordo de Portugal com algumas universidades americanas que estava propiciando a ele aproximação com um dos maiores matemáticos do mundo que trabalha nos EUA”.

Melin (2000) entrevistou dois oficiais do Ministério de Educação e Ciência da Suíça, que, quando perguntados se as políticas de pesquisas e agências de fomento deveriam direcionar a colaboração científica, responderam claramente que esta é uma tarefa para os próprios pesquisadores. Segundo os oficiais, os pesquisadores são os especialistas e sabem o que deve ser feito para o avanço de sua pesquisa. O papel dos políticos e agências de fomento é assegurar os recursos financeiros.

Quando perguntados sobre a *igualdade de condições entre cientistas brasileiros e estrangeiros*, os entrevistados dividiram-se em diferentes opiniões. Alguns, como o professor P18, do Departamento de Física e Matemática da USP, sugeriram uma situação de igualdade, conforme sua fala: “Existe hierarquização dentro dos parâmetros usuais na pesquisa científica: por exemplo, um jovem pesquisador brasileiro participa como tal em laboratórios consolidados, comandados por pesquisador sênior, portanto subordinado a este, mas em igualdade de condições com outros jovens pesquisadores de qualquer país; por outro lado, pesquisadores brasileiros com experiência dirigem projetos em igualdade de condições com outros pesquisadores experientes, e em situação de ascendência sobre pesquisadores jovens de qualquer país.”

Opondo-se à essa opinião o professor P20, da UNESP, afirmou que: “Via de regra, o cientista brasileiro se dispõe a realizar a linha de pesquisa desenvolvida no laboratório estrangeiro. Esta forma de trabalho prejudica enormemente o desenvolvimento de uma Ciência voltada ao desenvolvimento nacional. As nossas pesquisas sempre foram voltadas à independência intelectual e abordando, via de

regra, problemas relacionados ao desenvolvimento do país”. A resposta do professor P23, da Bioquímica da UFSM, tem um tom parecido: “No que toca a interação com Europa e USA, creio que, na maioria dos casos (vamos dizer 80%), trata-se de vamos "ajudar estes pobrezinhos da América Latina", isto é, não existe uma intenção de transferência de tecnologia científica. A interação é feita para bonito. Aqui entra em vigor a mentalidade brasileira, isto é, se é da Europa ou dos EUA, é bom. Evidentemente que aqui estão diversos fatores envolvidos: temos que preencher critérios que foram criados pelos EUA, principalmente, embora não creia que possamos, nos próximos 200 anos atingir os padrões atuais de grupos dos EUA e Europa. De fato, embora alguns grupos no Brasil tenham uma contribuição importante em algumas áreas, o domínio é completo pelos grupos americanos e europeus. Resumindo, a colaboração com EUA normalmente não é bilateral. Isto é, não existe uma intenção real de que exista a transferência plena de tecnologias norte-sul. De fato, algumas vezes, o que existe é simplesmente a necessidade de se preencher critérios, tipo se colaboro terei mais citações”.

O professor P12, do Instituto de Matemática Pura e Aplicada, comentou que: “Em Matemática, a forma típica de colaboração envolve poucos colaboradores em cada trabalho, dois ou três. Nessas condições, é muito difícil que as partes participem em condições desiguais, mesmo quando um dos colaboradores é muito mais famoso que o outro. No caso em que um dos colaboradores é bem mais prestigiado que o outro, em geral quem terá que transpirar mais, contribuir mais para o trabalho, será o de menos prestígio, o que é uma lei natural da vida.”

Outros pesquisadores ofereceram um ponto de vista singular, como o professor P21, do Instituto de Química da UNICAMP, que afirmou: “Nós somos geralmente mais ágeis, mais eficazes, modéstia a parte [...] hoje a não ser quando colaboramos com grupo de altíssima excelência, participamos em condições iguais ou melhores na maioria das vezes. O Brasil é um dos líderes mundiais em ciência, top 10 em muitas áreas. Proporcionalmente, em número de doutores por habitantes, por exemplo, produzimos muito mais que muitos dos ‘tubarões’ da Ciência”.

A resposta dada pelo professor P19, do Instituto de Física da UFRGS, trilhou um caminho parecido. O pesquisador afirmou que os cientistas brasileiros não trabalham em igualdade de condições por falta de recursos financeiros, e mencionou como exemplo o projeto Whole Earth Telescope, financiado inteiramente pelos EUA e Europa. Mesmo sem financiamento, os pesquisadores brasileiros entram com sua

capacidade intelectual. A prova disso é o fato de o entrevistado ter sido coordenador do projeto durante 20 anos.

A diversidade de opiniões expostas impossibilitou uma resposta plena a questão levantada por Packer e Meneghini (2006) sobre quem define o rumo da colaboração entre um país desenvolvido e outro em desenvolvimento. Aparentemente, os cientistas brasileiros procuram seus colaboradores por razões não diretamente relacionadas à eminência e à excelência técnica e intelectual. As entrevistas evidenciaram que o modo como acontece a interação entre o pesquisador brasileiro e o estrangeiro é definido de acordo com o *status* intelectual do próprio pesquisador brasileiro. Pesquisadores de alta excelência colaboram entre si e se colocam em nível de igualdade nos projetos de pesquisa internacional. Essa prática parece variar de acordo com o pesquisador, visto que dois entrevistados da Química ofereceram respostas opostas à mesma questão. Esses dados poderiam ser aprofundados através de estudos de caso, cotejando entrevistas com a análise minuciosa de projetos e publicações do cientista, visando conhecer cada um de seus colaboradores.

Aparentemente, a prática de colaboração dos cientistas brasileiros acontece devido à necessidade de compartilhamento de equipamentos, recursos e conhecimento. Em áreas como a Física, esse fator é claro e indiscutível. Bordons e Gómez (2000) afirmam que, em algumas áreas, como a Física de Partículas, a colaboração é absolutamente necessária porque a área requer uma grande e onerosa infra-estrutura, que só é acessível em um contexto de colaboração internacional. Por isso, os pesquisadores transitam e a colaboração transcende além do nível micro, acontecendo em nível institucional e entre países. Entretanto, em áreas onde a pesquisa não pressupõe o uso de grandes equipamentos – como observatórios ou aceleradores – a colaboração parece acontecer, em muitos casos, a partir de motivações pessoais e afetivas, como a amizade, mencionada por um dos entrevistados.

Melin (2000) encontrou duas fortes causas para a colaboração: uma estrutural e outra pessoal. O intercâmbio de dados e técnicos para o desenvolvimento da pesquisa, o acesso a facilidades técnicas e a equipamentos atuam conjuntamente com fatores individuais do pesquisador, como a bagagem pessoal e preferências sociais. Neste contexto, existe uma razão por detrás da

colaboração que depende da necessidade dos pesquisadores. O parágrafo abaixo sintetiza as idéias aqui apresentadas e encerra o capítulo:

Nós temos visto que as razões podem ser tanto de material, conhecimento ou social, em qualquer combinação e qualquer grau. Alguém quer alguma coisa, e alguém pode talvez fornecer. Então, a colaboração pode tomar diferentes formas, dependendo da tradição e cultura da disciplina, e mais especificamente do campo ao qual os colaboradores pertencem. (MELIN, 2000, p. 38, tradução nossa).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos 49.046 artigos brasileiros indexados no ISI no período 2004-2006 demonstrou que o número de artigos contendo ao menos um endereço brasileiro aumentou em torno de 6,3% anuais durante o triênio (Tabela 4). Como já era esperado, 93,1% dos artigos foram publicados em inglês e 6,5% em português (Tabela 5). O número de artigos publicados em português apresentou uma elevação atribuída ao aumento do número de periódicos brasileiros indexados no banco de dados.

Os dados mostraram que os artigos foram publicados em 4.650 periódicos diferentes, sendo 24 deles periódicos brasileiros. Dentre os 49.046 artigos analisados, 7.687 foram publicados em periódicos brasileiros, o que representa 15,7% da produção brasileira total. Esses resultados indicam a diversificação nos veículos usados para publicação dos resultados de pesquisa.

As áreas com o maior número de artigos indexados no ISI no período são a Química, a Biologia, a Física e a Medicina Clínica e Experimental II. Contudo, as que apresentaram crescimento ao longo do triênio são a Agricultura, a Biologia, a Medicina Clínica e Experimental I e II, a Geociências e Ciências Espaciais, a Engenharia e a Matemática. A Química apresentou um aumento no número de artigos, mas decresceu percentualmente em relação à produção científica brasileira total.

Foram encontradas 9.434 diferentes instituições, brasileiras e estrangeiras, de filiação dos autores. Dessas, 59,1% apareceram somente uma vez no banco de dados, 13,3% apresentaram duas ocorrências e 5,6%, três ocorrências. Durante os três anos estudados, é possível observar que o total de 10 ou mais ocorrências representa cerca de 10% dos casos. Quando se analisa o total de instituições com 100 ou mais ocorrências, o percentual cai para cerca de 1%. Tal resultado indica que o Brasil não possui um padrão de publicação científica consolidado dada a participação esparsa das instituições brasileiras enquanto autoras. O número de instituições com somente uma ocorrência cresceu ao longo do triênio, indicando que o Brasil vem aumentando seu ritmo de produção com a entrada de novas instituições autoras no ISI e, provavelmente, a entrada de novas instituições estrangeiras parceiras.



A análise da co-autoria entre indivíduos mostra que o Brasil vem seguindo a tendência mundial de crescimento do número médio de autores por artigo. Porém, a média nacional (6,3 autores por artigo) é bastante superior a média mundial do ano de 2000 (4,16 segundo dados de Glänzel e Schubert, 2004). O fato de que apenas 3,9% dos artigos são escritos por um único autor reforça a idéia de que o Brasil está presente nos bancos de dados do ISI, publicando majoritariamente artigos em co-autoria entre indivíduos.

O aumento do número de co-autores nos artigos nacionais indexados pelo ISI pode ser interpretado como resultado da aderência da comunidade científica brasileira ao movimento internacional de ampliação da colaboração científica, dado os inúmeros benefícios por ela proporcionados, conforme foi apresentado anteriormente. Entretanto, o significado do aumento do número de pesquisadores co-autores também pode ser analisado sob outro ponto de vista. É notória a necessidade que os pesquisadores brasileiros têm de publicar para cumprir exigências das agências fomentadoras como CAPES e CNPq. Dessa maneira, incluir o nome de colegas em uma tentativa de “repartir” os artigos para elevar o número de publicações por pesquisador pode ser o motivo que faz com que os grupos pareçam formados por um número grande de pesquisadores. Contudo, os dados quantitativos não são suficientes para fazer afirmativas dessa ordem.

A co-autoria entre instituições também foi mensurada. A média de instituições por artigo é 2,4 e cai para 1,6 quando são consideradas somente as instituições nacionais. A Geociências e Ciências Espaciais é a área que apresenta o maior percentual de co-autoria inter-institucional, seguida pela Física e Matemática. A análise das instituições revela que a produção científica brasileira está concentrada em poucas instituições, a maioria delas instituições universitárias públicas. A concentração regional também é visível, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sul. A produção científica proveniente de empresas privadas ainda é pouco expressiva. A USP aparece como a instituição mais produtiva dentre as três áreas analisadas e, também, na análise geral.

A análise das 16 instituições mais produtivas do período revelou a prática da co-autoria intra-institucional, que variou de 10,4%, apresentada pela UFSCAR, ao máximo de 64,9%, apresentada pela UFRGS. Quando aplicado o índice de co-autoria, para relativizar a co-autoria observada de acordo com a esperada, a USP apresenta o menor índice de colaboração intra-institucional. As análises EMD, de

agrupamento e fatorial revelaram a existência de grupos formados regionalmente. As instituições paulistas formam uma rede, com exceção da UNIFESP, que se apresenta isolada. No Sul, a UFRGS também se apresenta isolada, enquanto a UFSC e UFPR formam um grupo que também colabora com a UFSCAR (localizada no Estado vizinho). A UFMG, UFRJ e FIOCRUZ formam outra relação entre Estados vizinhos. Da mesma forma UFCE e UFPE, concentradas na região Nordeste. A EMBRAPA apresenta um comportamento colaborativo provavelmente por estar sediada em diversas cidades brasileiras. Entretanto, é importante ter em mente que os resultados são relativos ao grupo das 16 instituições estudadas e constituem, portanto, indicadores parciais. Traçar o perfil de cada instituição requer análises complementares.

Os artigos em co-autoria internacional decresceram percentualmente ao longo do triênio: de 30,8% em 2004 para 30,1% em 2005, e 30% dos artigos em 2006, configurando uma média de 30,3%. Observa-se uma diferença percentual significativa entre as áreas no que se refere à colaboração internacional. A área que apresenta o maior percentual é a Geociências, com mais de 50% dos artigos em colaboração internacional, seguida da Matemática, com pouco mais de 40% e da Física, com cerca de 40%.

Quanto aos países parceiros, os EUA estão presentes em 22,7% das co-autorias, seguidos da França (8,2%), do Reino Unido e Alemanha (7,3%), da Itália (4,3%), do Canadá (4,0%), Espanha e Argentina (ambos com 3,8%). Ao utilizar o índice de co-autoria internacional, que relativiza a co-autoria observada e esperada através do *output* total dos países evidencia-se que a co-autoria observada é maior do que a esperada, especialmente com países do continente centro-sul americano. Quando se aplicou a fórmula do Cosseno de Salton, os dados revelaram que os principais parceiros do Brasil são a Argentina e os EUA. A relação mantida com os parceiros parece seguir motivações históricas, lingüísticas e de proximidade geográfica. A análise dos países co-autores somada ao resultado do teste estatístico que comprovou que a distribuição de co-autorias entre os países parceiros do Brasil não acontece de forma igual nos leva a aceitar a  $H_2$  – a existência de redes de co-autoria é relacionada ao idioma e a proximidade geográfica entre instituições e países.

Ao distribuir os artigos internacionais por áreas de publicação, país parceiro e instituição estrangeira, observa-se que a Física perfaz grande parte das colaborações com praticamente todos os países parceiros e muitas instituições

estrangeiras. A distribuição dos artigos internacionais por periódico de publicação revelou uma tendência a publicação em periódicos estrangeiros ao invés dos nacionais ou latino-americanos.

Apesar de observarmos o decréscimo no percentual de artigos com colaborações internacionais no período, a co-autoria configura-se como uma prática constante na comunidade científica, especialmente em nível individual. Visto que este tipo de colaboração cresceu ao longo do triênio e apresenta percentuais maiores do que o padrão mundial, torna-se aceitável a idéia presente na  $H_1$  – o crescimento do número de artigos brasileiros no ISI está relacionado ao crescimento do número de artigos publicados em co-autoria. Contudo, considera-se importante a continuidade da pesquisa em uma série de dados maior, que possibilite testes estatísticos adequados.

A análise específica da área de Agricultura e Meio Ambiente revelou que, individualmente, os cientistas se agrupam em redes que refletem os colégios invisíveis a que eles pertencem. O mesmo não foi observado na Física, devido à preponderância de grandes grupos de co-autoria. A rede formada nesta área mostrou-se repleta de relações. A Matemática, apesar de apresentar seus pesquisadores distribuídos em sub-redes, não refletiu a formação de agrupamentos por instituição. Possivelmente, os pesquisadores agrupam-se por tema de pesquisa, o que não foi possível provar. Seguindo a idéia defendida por Wagner e Leydesdorff (2005) de que as redes de co-autoria se auto-organizam a partir da interação entre os atores, torna-se evidente a necessidade de aprofundar os estudos de colaboração individualmente, como já haviam defendido Zitt, Bassecouard e Okubo (2000) e Kretschmer (2004).

A pesquisa qualitativa que seguiu a análise quantitativa foi de extrema importância para permitir, minimamente, o entendimento dos dados numéricos dentro do contexto social que caracteriza a comunidade científica, onde o fator humano – o cientista – é o elemento-chave. As relações sociais entre os cientistas constituem um elemento importante na construção da ciência. Nas palavras de Ziman (1979, p. 15): “Para que possamos compreender como se processa a interação social dos cientistas, é evidente que precisamos ter uma clara noção do que eles estão tentando realizar”.

A forma como acontece a interação entre os cientistas varia conforme a área do conhecimento. Este estudo permitiu uma aproximação com as áreas de

Agricultura e Meio Ambiente, Física e Matemática, onde já foi possível verificar algumas diferenças em relação ao comportamento de colaboração entre os pesquisadores. Algumas delas já foram amplamente divulgadas na literatura internacional, como a alta concentração de autores nas pesquisas da Física de Altas Energias, em oposição à pesquisa em Matemática, que se desenvolve por autores isolados ou grupos de dois ou três pesquisadores. Entretanto, ler na literatura os motivos que levam determinadas áreas a agregar centenas de autores em um artigo é muito diferente de entender o “fazer” a pesquisa em uma área, entender as necessidades e o comportamento do pesquisador.

A análise de três áreas específicas possibilitaram a aproximação a três comunidades científicas completamente diferentes. Ao conversar com os entrevistados, especialmente durante as entrevistas pessoais – realizadas na sala do pesquisador – foi possível se aproximar do ambiente no qual a Ciência acontece, quais são os métodos, como é a equipe e quais são os equipamentos que ele utiliza. As peculiaridades do campo, tão relatadas por Latour na obra **A Vida de Laboratório**, são fundamentais para tornar adequada uma análise feita em cima de números.

A H<sub>3</sub> – “a colaboração científica internacional inicia-se a partir de iniciativa do pesquisador brasileiro através de um vínculo presencial” foi refutada pelas entrevistas, que mostraram que muitos pesquisadores iniciaram a colaboração em âmbito nacional ou internacional através de *e-mail*, sem o prévio contato presencial. Quanto à iniciativa para a colaboração, nem sempre parte do pesquisador brasileiro, conforme foi evidenciado por um dos entrevistados.

Com o objetivo de sintetizar os motivos registrados pela literatura (BEAVER; ROSEN, 1978; KATZ; MARTIN, 1997; BEAVER, 2001) e aqueles apontados pelos cientistas brasileiros entrevistados nesta pesquisa (reunidos na seção de “Resultados”), apresentam-se abaixo os motivos que podem levar à colaboração científica. As alíneas destacadas em negrito foram motivações informadas nas entrevistas desta pesquisa:

- a) desejo de aumentar a popularidade científica, a visibilidade e o reconhecimento pessoal;
- b) aumento da produtividade;**
- c) racionalização do uso da mão-de-obra científica e do tempo dispensado à pesquisa;

- d) redução da possibilidade de erro;
- e) obtenção e/ou ampliação de financiamentos, recursos, equipamentos especiais, materiais;
- f) aumento da especialização na Ciência;
- g) possibilidade de “ataque” a grandes problemas de pesquisa;
- h) crescente profissionalização da ciência;
- i) desejo de aumentar a própria experiência através da experiência de outros cientistas;
- j) desejo de realizar pesquisa multidisciplinar;**
- k) união de forças para evitar a competição;
- l) treinamento de pesquisadores e orientandos;
- m) necessidade de opiniões externas para confirmar ou avaliar um problema;
- n) possibilidade de maior divulgação da pesquisa;
- o) como forma de manter a concentração e a disciplina na pesquisa até a entrega dos resultados ao resto da equipe;
- p) compartilhamento do entusiasmo por uma pesquisa com alguém;
- q) necessidade de trabalhar fisicamente próximo a outros pesquisadores, amizade e desejo de estar com quem se gosta.**

A transformação dos dados bibliográficos em dados bibliométricos envolve um esforço considerável de trabalho operacional, como o realizado para a padronização dos nomes das instituições. Neste sentido, considera-se de fundamental importância o desenvolvimento de instrumentos em âmbito nacional que viabilizem a padronização de nomes de instituições e autores. O uso do *software* Bibexcel revelou-se ótimo, mostrando ser possível o levantamento de indicadores científicos a partir de *software* de domínio público.

A maior parte da produção científica de países em desenvolvimento é publicada em periódicos nacionais que não são representados nos bancos de dados do ISI. Desde que utilizados de forma consciente de suas limitações, tal instrumento constitui uma fonte de informações valiosas para a criação de indicadores científicos de qualquer país. Por ser o banco de dados mais utilizado para avaliação da produção científica, seu uso permite a análise de séries temporais e a comparação dos resultados entre diferentes países. Portanto, o uso do ISI como fonte para se obter uma estimativa da co-autoria nacional foi plenamente satisfatório e tem-se a

consciência de que os resultados aqui apresentados não representam toda a produção científica brasileira, mas somente a indexada no ISI no período proposto, de 2004 a 2006.

Sendo assim, os artigos aqui analisados representam apenas uma pequena fração da produção científica brasileira em sua totalidade. É preciso, portanto, ser extremamente prudente quando se tenta generalizar as características do grupo analisado em particular para a produção científica brasileira em seu conjunto. Entre as possibilidades para estudos futuros, a metodologia poderia ser aplicada a outras bases de dados, especialmente a **Scielo**. Outra possibilidade é a ampliação da amostra temporal para permitir a avaliação do desenvolvimento da co-autoria. O aprofundamento da análise em outras áreas do conhecimento e a busca de um “olhar” especialista, vindo de um pesquisador da área, também constitui um tema de pesquisa que pode gerar resultados pertinentes a avaliação da ciência nacional.

Apesar das limitações, este trabalho contribui no entendimento da colaboração científica brasileira e é resultado da iniciação no campo da Bibliometria, em especial, da análise da produção científica brasileira e colaboração científica. Este estudo tem um valor para o período analisado, no entanto as avaliações devem ser constantes e periódicas e o pesquisador que se envolve na área tem uma trajetória longa pela frente. O tema não se esgota, pois os investimentos feitos gerarão frutos que precisarão ser examinados futuramente. Torna-se, portanto, fundamental o incentivo na formação de novos pesquisadores que lancem olhares sob a temática, diferentes olhares sobre a ciência que se produz no Brasil.

## 7 RECOMENDAÇÕES

O trabalho de padronização dos nomes realizado neste estudo levantou um ponto relevante a ser discutido pela comunidade científica, especialmente no momento atual, quando a publicação científica indexada no ISI e outros bancos de dados, como **Google Scholar**, **SCOPUS** e **Scielo**, representam um item fundamental (senão o mais importante) das avaliações meritocráticas pessoais e institucionais. Os resultados evidenciam a importância da padronização dos nomes dos autores e das instituições de filiação, conforme podemos observar nos dados apresentados abaixo. A Tabela 41 organiza-se em duas partes: a primeira apresenta o *ranking* de produtividade institucional de acordo com o registro recuperado do ISI e a seguir, na segunda parte, apresenta-se o *ranking* de produtividade gerado a partir dos nomes padronizados.

Observa-se que a segunda colocada no *ranking*, UFRJ, é substituída pela UNICAMP após a correção dos dados, passando à terceira posição. A UNESP sobe da sexta para a quarta posição e outras instituições se alteraram. De forma geral, o *ranking* de produtividade apresentado pelos dados originais provenientes do ISI difere do *ranking* que emerge a partir da correção feita nos nomes das instituições, apesar de não haver uma mudança significativa quando se observam os valores percentuais.

Tabela 41 – Ranking de produtividade institucional 2004, nomes brutos e padronizados

2004							
Posição	Instituição no formato original	Freq.	%	Posição	Instituição após normalização	Freq.	%
1º	Univ São Paulo	4.831	11,6	1º	Univ São Paulo	5.172	12,6
2º	Univ Fed Rio de Janeiro	1.610	3,9	2º	Univ Estadual Campinas	1.915	4,7
3º	Univ Estadual Campinas	1.468	3,5	3º	Univ Fed Rio de Janeiro	1.852	4,5
4º	Univ Fed Rio Grande Sul	1.131	2,7	4º	Univ Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho	1.420	3,5
5º	Univ Fed Minas Gerais	892	2,1	5º	Univ Fed Rio Grande Sul	1.248	3,1
6º	Univ Estadual Paulista Julio De Mesquita Filho	829	2,0	6º	Univ Fed Minas Gerais	986	2,4
7º	Univ Fed São Paulo	721	1,7	7º	Univ Fed São Paulo	777	1,9
8º	FIOCRUZ MS	627	1,5	8º	FIOCRUZ	598	1,5
9º	Univ Fed Santa Catarina	495	1,2	9º	Univ Fed Sao Carlos	526	1,3
10º	Univ Fed Sao Carlos	478	1,2	10º	Univ Fed Santa Catarina	501	1,2
11º	Univ Fed Pernambuco	443	1,1	11º	EMBRAPA	492	1,2
12º	Univ Fed Parana	425	1,0	12º	Univ Fed Parana	465	1,1
13º	Univ Brasilia	399	1,0	13º	Univ Fed Pernambuco	462	1,1
14º	Univ Fed Fluminense	373	0,9	14º	Univ do Estado do Rio de Janeiro	411	1,0
15º	Univ Fed Vicosa	365	0,9	15º	Univ Brasilia	406	1,0

Fonte: dados do autor



Em um momento que a produção institucional é avaliada pelas instituições de fomento nacional como a CAPES e CNPq e também por *rankings* mundiais como os produzidos pelo SCImago (2007), torna-se fundamental que a comunidade científica brasileira tenha consciência da importância de padronizar a forma de entrada da filiação institucional, evitando, assim, a dispersão de publicações em diferentes nomes.

Devido ao crescimento que a produção científica nacional tem obtido em bancos de dados internacionais, considera-se adequado o uso de um formato unificado para descrição da filiação dos autores. Propõe-se o uso do nome da instituição em português tanto em publicações nacionais quanto internacionais. A disposição das informações deve seguir uma ordenação predeterminada, partindo do nome da instituição, seguido do nome da faculdade ou instituto e, posteriormente, o nome do departamento ou programa de pós-graduação. Sugere-se que as instituições decidam pela melhor forma de entrada, se por extenso ou abreviado, e divulguem para todos os seus pesquisadores, visando a padronização do uso. Os dados apresentados por fim dizem respeito à cidade, CEP e país.

## REFERÊNCIAS

- AHLGREN, Per; JARNEVING, Bo; ROUSSEAU, Ronald. Requirements for a cocitation similarity measure, with special reference to Pearson's Correlation Coefficient. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 54, n. 6, p. 1616-1628, 2006.
- ARUNACHALAM, Subbiah. International collaboration in science: the case of India and China. In: CRONIN, Blaize; ATKINS, Helen Barsky (eds.). **The Web of Knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield**. New Jersey: ASIS, 2000. p. 215-231.
- BALANCIERI, Renato et al. A análise de redes de colaboração científica sob as novas tecnologias de informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 64-77, jan./abr. 2005.
- BARABÁSI, A.L.; JEONG, H.; NÉDA, Z.; RAVASZ, E.; SCHUBERT, A.; VICSEK, T. Evolution of the social network of scientific collaborations. **Physica A**, Amsterdam, v. 311, p. 590-614, 2002.
- BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 5. ed. Florianópolis: UFSC, 2002. 340 p.
- BEAVER, D.B.; ROSEN, R. Studies in scientific collaboration: part I – the professional origins of scientific co-authorship. **Scientometrics**, Amsterdam, v.1, n. 1, p. 65-84, 1978.
- BEAVER, D.B.; ROSEN, R. Studies in scientific collaboration: part II – scientific co-authorship, research productivity and visibility in the French scientific elite 1799-1830. **Scientometrics**, Amsterdam, v.1, n. 2, p. 133-149, 1979.
- BEAVER, D. Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 52, n.3, p. 365-377, 2001.
- BEN-DAVID, Joseph. Introdução. In: **SOCIOLOGIA da Ciência**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1975. p. 1-32.
- BENSMAN, Stephen J. Person's r and author cocitation analysis: a commentary on the controversy. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 55, n. 10, p. 935-936, 2004.
- BERNAL, J.D. **The Social Function of Science**. London: George Routledge, 1939. 482 p.

BIHUI, J.; JIANGONG, Z.; DINGQUAN, C.; XIANYOU, Z. Development of the Chinese Scientometric Indicators (CSI). **Scientometrics**, Amsterdam, v. 54, n.1, p. 145-154. 2002.

BIHUI, J.; ROUSSEAU, R. Evaluation of research performance and scientometric indicators in China. In: MOED, Henk F.; GLÄNZEL, Wolfgang; SCHMOCH, Ulrich. **Handbook of quantitative science and technology research**. Netherlands: Kluwer Academic, 2004. p. 4977-4514.

BORDONS, María; GÓMEZ, Isabel. Collaboration networked in science. In: CRONIN, Blaize; ATKINS, Helen Barsky (eds.). **The Web of Knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield**. New Jersey: ASIS, 2000. p. 197-214.

CANTO, Isabel. O Brasil e a evolução da colaboração científica internacional. In: SARAIVA, José Flávio Sombra; AMADO, Luiz Cervo (orgs.). **O Crescimento das Relações Internacionais no Brasil**. Brasília: Instituto Brasileiro de Relações Internacionais, 2006. p. 173-194.

CASTRO, Cláudio Moura. **Ciência e Universidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1986.

CRANE, Diana. **Invisible Colleges: diffusion of knowledge in scientific communities**. Chicago: The University of Chicago Press, 1972. 213 p.

CRANE, Diana. A natureza e o poder da comunicação científica. In: **SOCIOLOGIA da Ciência**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1975. p. 33-54.

CRONIN, B. Hyperauthorship: a postmodern perversion or evidence of a structural shift in scholarly communication practices? **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 52, n. 7, p. 558-569, 2001.

CUMBERS, A.; MACKINNON, D.; CHAPMAN, K. Innovation, collaboration, and learning in regional clusters. **Environment and Planning A**, London, v. 35, p. 1689-1706, 2003.

DANELL, R.; PERSSON, O. Regional R&D activities and interactions in the Swedish Triple Helix. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 58, p. 205-218, 2003.

ECK, Nees Jan van; WALTMAN, Ludo. Appropriate similarity measures for author cocitation analysis. 2007. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 59, n. 10, p. 1653-1661, 2008.

EGGHE, Leo; LEYDESDORFF, Loet. The relation between Pearson's correlation coefficient  $r$  and Salton's cosine measure. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 60, n. 5, p. 1027-1036, 2009.

FREIRE-MAIA, Newton. **A Ciência por Dentro**. Petrópolis: Vozes, 1997.

GARFIELD, Eugene. Is citation analysis a legitimate evaluation tool? **Scientometrics**, Amsterdam, v.1, n. 4, p. 359-375, 1979.

GASKELL, George. Entrevistas individuais e grupais. In: BAUER, Martin W.; GASKELL, George. **Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som: um manual prático**. Petrópolis: Vozes, 2003, p. 64-89.

GLÄNZEL, W. National characteristics in international scientific co-authorship relations. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 51, n.1, p. 69-115, 2001.

GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. A new classification scheme of science fields and subfields designed for scientometric evaluation purposes. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 357-367, 2003.

GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. Analysing scientific networks through co-authorship. In: MOED, Henk F.; GLÄNZEL, Wolfgang; SCHMOCH, Ulrich. **Handbook of Quantitative Science and Technology Research**. Netherlands: Kluwer Academic, 2004. p. 257-276.

GLÄNZEL, W.; LETA, J.; THIJS, B. Science in Brazil. Part 1: a macro-level comparative study. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 67-86, 2006.

GRANOVETTER, Mark. The strength of weak ties: a network theory revisited. **Sociological Theory**, San Francisco, v. 1, p. 201-233, 1983.

GROSSMAN, J.W.; ION, P.D.F. On a portion of the well-known collaboration graph. **Congressus Numerantium**, Winnipeg, v. 108, 1995. Disponível em: <<http://www.oakland.edu/enp/collab.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2009.

HAMERS, L.; HEMERYCK, Y; HERWEYERS, G.; JANSSEN, M.; KETERS, H.; ROUSSEAU, R.; VANHOUTTE, A. Similarity measures in Scientometric Research: the Jaccard Index versus Salton's Cosine formula. **Information Processing & Management**, New York, v. 25, n. 3, p. 315-318, 1989.

HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini; HAYASHI, Carlos Roberto Massao; LIMA, Maycke Young de. Análise de redes de co-autoria na produção científica em educação especial. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 4, n.1, p. 84-103, mar. 2008.

HERMES-LIMA, Marcelo. Publicar e perecer? **Ciência Hoje**, São Paulo, p. 76-77, jan./fev. 2005.

HOU, Haiyan; KRETSCHMER, Hildrun; LIU, Zeyuan. The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 75, n. 2, p. 189-202, 2008.

HOUAISS, Antonio. **Minidicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. p. 97.

HUISMAN, Mark; VAN DUIJN, Marijtje A.J. Software for statistical analysis of social networks. In: VAN DIJKUM, C.; BLASIUS, J.; DURAND, C (eds.) In: CARRINGTON, P.; SCOTT, J.; WASSERMAN, S. Models and methods in social network analysis. New York: Cambridge University Press, 2005.

JONES, B.; WUCHTY, S.; UZZI, B. Multi-university research team: shifting impact, geography, and stratification in science. **Science**, Washington, v. 322, 21 nov. 2008, p. 1259-1262.

KATZ, J.S.; MARTIN, B.R. What is research collaboration? **Research Policy**, Amsterdam, n. 26, p. 1-18, 1997.

KNELLER, George F. **A Ciência como Atividade Humana**. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

KRETSCHMER, H. Coauthorship productivity and geodesic distance in bibliographic co-authorship networks, and visibility on the Web. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 60, n.3, p. 409-420, 2004.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997. 257p.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997. 310 p.

LEDFORD, Heidi. Collaborations: with all good intentions. **Nature**, London, v. 452, p. 682-684, 2008.

LETA, Jacqueline; MEIS, L. de. A Profile of Science in Brazil. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 33-44, 1996.

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

LETA, Jacqueline; CRUZ, Carlos Henrique de Brito. A produção científica brasileira. In: VIOTTI, Eduardo Baumgratz; MACEDO, Mariano de Matos (Org.). **Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil**. Campinas: Editora Unicamp, 2003. p. 121-168.

LETA, J.; GLÄNZEL, W.; THIJIS, B. Science in Brazil. Part 2: sectoral and institutional research profiles. **Scientometrics**, Amsterdam v. 67, n. 1, p. 87-105, 2006.

LEYDESDORFF, L. The mutual information of university-industry-government relations: an indicator of the Triple Helix dynamics. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p. 445-467. 2003.

LEYDESDORFF, Loet. Similarity measures, author cocitation analysis, and Information Theory. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 56, n. 7, p. 769-772, 2005.

LEYDESDORFF, Loet.; VAUGHAN, Liwen. Co-occurrence matrices and their applications in Information Science: extending ACA to the Web Environment . **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 57, n. 12 p. 1616-1628, 2006.

LEYDESDORFF, Loet. On the normalization and visualization of author co-citation data: Salton's Cosine versus the Jaccard Index. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 59, n. 1, p. 77-85, 2008.

LEYDESDORFF, Loet; WAGNER, Caroline. Is the United States losing ground in Science?: a global perspective on the world science system. **Scientometrics**, Amsterdam, v.78, n.1, p. 23-36. 2009.

LEYDESDORFF, Loet; WAGNER, Caroline. International collaboration in science and the formation of a core group. **Journal of Informetrics**, v. 2, n. 4, p. 317-325. 2008.

LIMA, Ricardo Arcanjo de; VELHO, Lea Maria Leme Strini; FARIA, Leandro Innocentini Lopes de. Indicadores bibliométricos de cooperação científica internacional em bioprospecção. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 50-64, jan./abr. 2007.

LUUKKONEN, Terttu; PERSSON, Olle; SIVERTSEN, Gunnar. Understanding patterns of international scientific collaboration. **Science, Technology & Human Values**, Thousand Oaks, v. 17, n.1, Winter, 1992, p. 101-126.

LUUKKONEN, Terttu; TIJSSSEN, R.J.W.; PERSSON, O.; SIVERTSEN, G. The measurement of international scientific collaboration. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 28, n.1, p. 15-36, 1993.

MAIA, Maria de Fátima S.; CAREGNATO, Sônia Elisa. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 13, n.2, p. 18-31, maio/ago. 2008.

MARTELETO, Regina Maria. Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 71-81, jan./abr. 2001.

MATHEUS, Renato Fabiano; SILVA, Antonio Braz de Oliveira e. Fundamentação básica para a análise de redes sociais: conceitos, metodologia e modelagem matemática. In: POBLACIÓN, Dinah Aguiar; MUGNAINI, Rogério; RAMOS, Lucia Maria S.V. Costa. **Redes sociais e colaborativas em informação científica**. São Paulo: Angellara, 2009. 239-288.

MATHEUS, Renato Fabiano; SILVA, Antonio Braz de Oliveira e. Análise de redes sociais como método para a Ciência da Informação. **Datagramazero**, Rio de Janeiro, v.7, n.2, abr. 2006. Disponível em:

<<http://dici.ibict.br/archive/00000970/01/matheussilva-arsci-dgz-2006.pdf>>.

Acesso em: 21 jan. 2009.

MATTHIESSEN, C.W., SCHWARZ, A.W.; FIND, S. The top-level global research system, 1997-99: centers, network and nodality. An analysis based on bibliometric indicators. **Urban Studies**, Essex, n. 39, p. 903-927, 2002.

MEADOWS, A.J. **A Comunicação Científica**. Brasília: Briquet de Lemos, 1999. 268 p.

MEIS, Leopoldo de; LETA, Jacqueline. **O Perfil da Ciência Brasileira**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1996. 103 p.

MEIS, Leopoldo de. **Ciência, educação e o conflito humano-tecnológico**. 2. ed. rev. amp. São Paulo: SENAC, 2002. 145 p.

MELIN, Göran. Pragmatism and self-organization: research collaboration on the individual level. **Research Policy**, Amsterdam, v. 29, p. 31-40, 2000.

MENEGHINI, R. The key role of collaborative work in the growth of Brazilian science in the last ten years. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 35, p. 367-73, 1996.

MOED, Henk F. Measuring China's research performance using the Science Citation Index. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 53, n. 3, p. 281-96, 2002.

MUELLER, Suzana P. M.; STUMPF, Ida R.C. Influência do estágio pós-doutoral na produção docente. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação, 6., 2005, Florianópolis, SC. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 2005. 1 CD-ROM.

MUGNAINI, Rogério; JANNUZZI, Paulo; QUONIAM, Luc. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n.2, p. 123-131, maio/ago. 2004.

NEWMAN, M.E.J. From the Cover: the structure of scientific collaboration networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 2, p. 404-409, Jan. 2001a.

NEWMAN, M.E.J. Scientific collaboration networks I: network construction and fundamental results. **Physical Review E**, New York, v. 64, n.1, 2001b.

NEWMAN, M.E.J. Scientific collaboration networks II: shortest paths, weighted networks, and centrality. **Physical Review E**, New York, v. 64, n.1, 2001c.

NEWMAN, M.E.J.; PARK, J. Why social networks are different from other types of networks. **Physical Review E**, New York, v. 68, 2003.

NEWMAN, M.E.J. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 101, sup. 1, p. 5200-5205, Apr. 2004.

OLIVEIRA, Marcos de. Altas Energias: As ferramentas dos pesquisadores brasileiros para participar do gigantesco estudo de partículas subatômicas. **Revista FAPESP**, São Paulo, v.116, out. 2005. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=2811&bd=1&pg=1&lg=>>. Acesso em: 14 nov. 2008.

OLIVEN, Arabela Campos. Histórico da Educação Superior no Brasil. In: SOARES, Susana Arroza Soares (org.). **A Educação Superior no Brasil**. Brasília: CAPES, 2002. p. 31-42.

OTTE, Evelien; ROUSSEAU, Ronald. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. **Journal of Information Science**, Cambridge, v. 28, n. 6, p. 441-53, 2002. Disponível em: <http://jis.sagepub.com/cji/content/abstract/28/6/441>. Acesso em: 12 mar. 2007.

PACKER, Abel L.; MENECHINI, Rogério. Articles with authors affiliated to Brazilian institutions published from 1994 to 2003 with 100 or more citations: I – The weight of international collaboration and the role of the networks. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 841-853, 2006.

RODRIGUES JÚNIOR, Léo. Sociologia do Conhecimento: aspectos clássicos e contemporâneos. In: BAUMGARTEN, Maíra (Org.). **A Era do Conhecimento: Matrix ou Ágora?** Porto Alegre; Brasília: Editora da UFRGS; Editora UnB, 2001. p. 21-44.

SAID, Yasmin; WEGMAN, Edward; SHARABATI, Walid; RIGSBY, John. Social networks of author – coauthor relationships. **Computational Statistics & Data Analysis**, Amsterdam, v. 52, p. 2177-2184, 2008.

SANCHO, Rosa. Indicadores Bibliométricos Utilizados en la Evaluación de la Ciencia y la Tecnología: revision bibliográfica. **Revista Española de Documentación Científica**, Madrid, v. 13, n. 3-4, p. 842-65, 1990.

SANTOS, Raimundo Nonato dos; KOBASHI, Nair Yumiko. Estudos métricos: contribuições para a transparência das políticas de C&T. **Encontros Bibli**, Florianópolis, v. especial, p. 106-115, 2008. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1130/868>>. Acesso em: 21 nov. 2008.

SCHWARTZMAN, Simon. Universidades em São Paulo e na federação. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 2, n.4, p. 33-36, out./dez. 1988.



SCHWARTZMAN, Simon. **Um Espaço para a Ciência**: a formação da comunidade científica no Brasil. Brasília: MCT, 2001.

SCImago. SJR — SCImago Journal & Country Rank. 2007. Disponível em: <<http://www.scimagojr.com>>. Acesso em: 01 fev. 2009.

SILVA, Antonio Braz de Oliveira; MATHEUS, Renato Fabiano; PARREIRAS, Fernando Silva; PARREIRAS, Tatiane A. Silva. Estudo da rede de co-autoria e da interdisciplinaridade na produção científica com base nos métodos de análise de redes sociais: avaliação do caso do Programa de pós-graduação em Ciência da Informação - PPGCI/UFMG. **Encontros Bibli**, Florianópolis, v.especial, p.179-194, 2006.

SMITH, Mapheus. The trend toward multiple authorship in Psychology. **American Psychologist**, Washington, v. 13, p. 596-599, 1958.

SOLLA PRICE, Derek J. de; BEAVER, Donald de B. Collaboration in an invisible college. **American Psychologist**, Washington, v. 21, p. 1011-1018, 1966.

SOLLA PRICE, Derek J. de. **O Desenvolvimento da Ciência**: Análise histórica, filosófica, sociológica e econômica. Tradução de Simão Mathias com a colaboração de Gilda Maria Braga. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976. 73 p. Tradução de: Little science, big science.

SPINAK, Ernesto. Indicadores cientiométricos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n.2, p.141-148, maio/ago. 1998.

TANCREDI, Leticia. Produção científica brasileira é a 15ª em todo o mundo. 8 jul. 2008. Disponível em: <[http://www.capes.gov.br/servicos/salaimpresa/noticias/noticia\\_0882.html](http://www.capes.gov.br/servicos/salaimpresa/noticias/noticia_0882.html)> . Acesso em: 07 out. 2008.

THOMSON CORPORATION. **Web of Science 7.0**: education program. 2004. 96 p.

VELHO, Lea. A avaliação do desempenho científico. **Cadernos USP**, São Paulo, n. 1, out. p. 22-40. 1986.

VIEGAS, Waldyr. **Fundamentos lógicos da metodologia científica**. 3. ed. Brasília: Editora UnB, 2007. 241 p.

VILAN FILHO, Jayme Leiro; SOUZA, Heid Barbosa de; MUELLER, Suzana. Artigos de periódicos científicos das áreas de informação no Brasil: evolução da produção e da autoria múltipla. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 13, n.2, p. 2-17, maio/ago. 2008.

WAGNER, Caroline S.; LEYDESDORFF, Loet. Seismology as a dynamic, distributed áreas of scientific research. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 58, n. 1, p. 91-114, 2003.

- WAGNER, Caroline S.; LEYDESDORFF, Loet. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. **Research Policy**, Amsterdam, v. 34, p. 1608-1618, 2005.
- WAGNER, Caroline S. Six case studies of international collaboration in science. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 3-26, 2005.
- WALTMAN, Ludo; ECK, Nees Jan van. Some comments on the question whether co-occurrence data should be normalized. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 58, n. 11, p. 1701-1703, 2007.
- WANG, Ya; WU, Yishan; PAN, Yuntao; MA, Zheng; ROUSSEAU, Ronald. Scientific collaboration in China as reflected in co-authorship. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 62, n. 2, p. 183-198, 2005.
- WASSERMAN, Stanley; FAUST, Katherine. **Social Network Analysis: methods and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 857 p.
- WHITE, Howard D. Author cocitation analysis and Pearson's r. **Journal of the American Society of Information Science & Technology**, New York, v. 54, n. 13, p. 1250-1259, 2003.
- WITTER, Geraldina Porto. Pós-graduação e Produção Científica: A questão da autoria. **Trans-in-formação**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 29-37, jan./abr. 1989.
- WUCHTY, Stefan; JONES, Benjamin F.; UZZI, Brian. The increasing dominance of teams in production of knowledge. **Science**, Washington, v. 316, p. 1036-1039, 18 May 2007.
- ZHANG, Haiqi; GUO, Hong. Scientific research collaboration in China. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 38, n. 2, p. 309-319, 1997.
- ZIMAN, John Michael. **Conhecimento Público**. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da USP, 1979. 164 p.
- ZINBA, H.F.; MUELLER, S.P.M. Parcerias na ciência: instituições estrangeiras e a pesquisa na área de Medicina Veterinária em Moçambique. **Datagramazero**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, art.4, 2004.
- ZITT, M.; BASSECOULARD, E.; OKUBO, Y. Shadows of the past in international cooperation: collaboration profiles of the top five producers of science. **Scientometrics**, Amsterdam v. 47, p. 627-657, 2000.
- ZITT, Michel; BASSECOULARD, Elise. Internationalisation in science in the prism of bibliometric indicators. In: MOED, Henk F.; GLÄNZEL, Wolfgang; SCHMOCH, Ulrich. **Handbook of quantitative science and technology research**. Netherlands: Kluwer Academic, 2004. p. 407-436.

ZORZETTO, R. et al. The scientific production in health and biological sciences of the top 20 Brazilian universities. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.39, p. 1513-1520, 2006.

**APÊNDICE A** – Questionário para entrevistasUNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO

Prezado Prof. X

Sou aluna de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e minha pesquisa aborda as redes de colaboração formadas por cientistas brasileiros. Através das informações quantitativas sobre a co-autoria, coletadas nos artigos indexados no Web of Science do ISI durante os anos 2004-2006, observei que o Senhor figura entre os pesquisadores brasileiros mais produtivos na sua área no período.

Com o objetivo de explicar de alguma forma os dados quantitativos provenientes do ISI, gostaria de questioná-lo sobre alguns detalhes da sua prática de colaboração científica. Ressalta-se que as questões não se referem à um artigo específico, mas às experiências adquiridas durante sua carreira enquanto pesquisador. As questões que seguem abaixo podem ser respondidas através de e-mail ou, se preferir, por telefone, Skype ou MSN, em data e horário que o Senhor determinar.

Agradeço antecipadamente a atenção que dispensar ao assunto,

Cordialmente,

Samile Vanz

Doutoranda

Ciente e de acordo:

Ida Regina Chittó Stumpf

Orientadora

**Identificação**

Nome:

Instituição:

Idade: ( ) Até 30 anos

( ) 31 a 40 anos

( ) 41 a 50 anos

( ) 51 a 60 anos

( ) 61 a 70 anos

( ) Acima de 71 anos

**Questionário:**

- 1) Quais são, geralmente, os motivos para o Sr. colaborar com outro(s) pesquisador(es)?
- 2) Como, geralmente, começa o relacionamento com o(s) co-autor(es)?
- 3) Costuma desenvolver projetos/pesquisas através da Internet? Que parte dela é feita através deste veículo?
- 4) Na sua opinião, as tecnologias de comunicação substituem o vínculo presencial? Elas conseguem, sozinhas, manter/sustentar a colaboração entre dois pesquisadores?
- 5) Os artigos são resultado de um vínculo longo com o(s) colaborador(es) ou grupo(s)? Esse vínculo perpassa mais de um artigo/projeto de pesquisa?
- 6) o Sr. já teve outras experiências de colaboração que não incluíram a co-autoria? Mencione estas experiências.
- 7) Na sua opinião, qual a importância do domínio de idioma comum entre os colaboradores para o estabelecimento da co-autoria?
- 8) Na sua opinião, a colaboração reflete interesses e motivação individuais ou faz parte de acordos bilaterais entre a instituição/país?
- 9) Na sua percepção, os pesquisadores brasileiros participam de projetos internacionais em igualdade de condições com os cientistas estrangeiros?

**APÊNDICE B - Matriz de colaboração institucional, 2004-2006, normalizada pelo Cosseno de Salton**

	EMBRAPA	Fiocruz	UNB	UNICAMP	UNESP	UFCE	UFMG	UFPR	UFPE	UFRJ	UFRGS	UFSC	UFSCAR	UNIFESP	UFV	USP
EMBRAPA	0,14330	0,00835	0,12253	0,02484	0,04758	0,02238	0,03791	0,03118	0,02427	0,03891	0,04271	0,01431	0,03052	0,00534	0,14155	0,07063
Fiocruz	0,00835	0,33122	0,00811	0,00964	0,01190	0,00955	0,14743	0,00498	0,03904	0,21575	0,00938	0,01174	0,00395	0,02287	0,00980	0,03915
UNB	0,12253	0,00811	0,31920	0,02280	0,02059	0,01130	0,02355	0,00437	0,02327	0,01825	0,01594	0,01016	0,02635	0,01197	0,00861	0,05387
UNICAMP	0,02484	0,00964	0,02280	0,37197	0,09357	0,04699	0,01917	0,03996	0,02967	0,03798	0,02602	0,01909	0,04910	0,04241	0,00984	0,17585
UNESP	0,04758	0,01190	0,02059	0,09357	0,31838	0,02591	0,02396	0,02306	0,00899	0,01617	0,01775	0,01812	0,13247	0,03672	0,02961	0,19689
UFCE	0,02238	0,00955	0,01130	0,04699	0,02591	0,40635	0,02134	0,01386	0,06548	0,02395	0,01169	0,01431	0,02204	0,02712	0,01267	0,04097
UFMG	0,03791	0,14743	0,02355	0,01917	0,02396	0,02134	0,48566	0,01419	0,01446	0,03270	0,01210	0,01732	0,01316	0,02429	0,06986	0,04887
UFPR	0,03118	0,00498	0,00437	0,03996	0,02306	0,01386	0,01419	0,33621	0,01718	0,02814	0,02462	0,07913	0,04175	0,02623	0,00660	0,06004
UFPE	0,02427	0,03904	0,02327	0,02967	0,00899	0,06548	0,01446	0,01718	0,44525	0,01237	0,01715	0,01109	0,00996	0,00588	0,00740	0,04116
UFRJ	0,03891	0,21575	0,01825	0,03798	0,01617	0,02395	0,03270	0,02814	0,01237	0,47664	0,02759	0,03589	0,00870	0,03777	0,00760	0,06010
UFRGS	0,04271	0,00938	0,01594	0,02602	0,01775	0,01169	0,01210	0,02462	0,01715	0,02759	0,64880	0,05702	0,00617	0,01321	0,00262	0,04474
UFSC	0,01431	0,01174	0,01016	0,01909	0,01812	0,01431	0,01732	0,07913	0,01109	0,03589	0,05702	0,37896	0,03210	0,00677	0,00195	0,05177
UFSCAR	0,03052	0,00395	0,02635	0,04910	0,13247	0,02204	0,01316	0,04175	0,00996	0,00870	0,00617	0,03210	0,10379	0,01034	0,00612	0,11838
UNIFESP	0,00534	0,02287	0,01197	0,04241	0,03672	0,02712	0,02429	0,02623	0,00588	0,03777	0,01321	0,00677	0,01034	0,40144	0,00065	0,14568
UFV	0,14155	0,00980	0,00861	0,00984	0,02961	0,01267	0,06986	0,00660	0,00740	0,00760	0,00262	0,00195	0,00612	0,00065	0,52089	0,01656
USP	0,07063	0,03915	0,05387	0,17585	0,19689	0,04097	0,04887	0,06004	0,04116	0,06010	0,04474	0,05177	0,11838	0,14568	0,02382	0,48758

Fonte: dados do autor

**APÊNDICE C – Matriz de co-autoria entre os 25 países, 2004-2006**

(continua)

	Argentina	Áustria	Bélgica	Brasil	Canadá	Chile	Colômbia	R. Checa	França	Alemanha	Índia	Itália	Japão
Argentina	0	24	24	923	98	56	88	71	116	98	71	57	25
Áustria	24	0	28	445	53	11	5	11	65	68	18	56	31
Bélgica	24	28	0	348	45	10	5	46	102	99	10	89	15
Brasil	923	445	348	0	962	344	240	232	1.966	1.757	344	1.062	612
Canadá	98	53	45	962	0	13	59	67	135	139	73	72	53
Chile	56	11	10	344	13	0	15	3	44	33	6	22	5
Colômbia	88	5	5	240	59	15	0	63	78	73	63	6	7
R. Checa	71	11	46	232	67	3	63	0	167	174	110	71	9
França	116	65	102	1.966	135	44	78	167	0	364	171	202	97
Alemanha	98	68	99	1.757	139	33	73	174	364	0	169	179	89
Índia	71	18	10	344	73	6	63	110	171	169	0	31	64
Itália	57	56	89	1.062	72	22	6	71	202	179	31	0	72
Japão	25	31	15	612	53	5	7	9	97	89	64	72	0
México	100	14	13	409	77	21	80	68	95	83	72	49	12
Holanda	80	37	77	559	95	5	62	151	204	209	109	105	19
China	72	34	17	385	83	9	64	107	177	182	163	42	70
Polônia	13	19	55	226	23	3	3	90	121	121	48	74	15
Portugal	17	19	52	634	16	8	6	51	85	87	5	72	5
Rússia	67	7	52	509	78	8	62	159	224	245	149	81	55
Corréia	60	11	6	191	66	3	56	68	121	120	109	39	55
Espanha	71	33	77	920	49	32	22	63	170	143	8	128	20
Suécia	70	22	47	358	74	10	54	100	169	170	98	68	53
Suiça	42	31	65	386	68	11	31	100	142	143	59	103	33
Reino Unido	120	84	105	1.770	164	22	81	173	294	303	132	187	83
EUA	224	171	125	5.489	301	75	108	180	486	521	201	333	252
Total no ISI	14.651	69.851	34.994	49.417	110.861	8.357	2.577	16.836	148.371	205.480	72.435	113.234	222.201

	México	Holanda	China	Polônia	Portugal	Rússia	Coréia	Espanha	Suécia	Suiça	Reino Unido	EUA
Argentina	100	80	72	13	17	67	60	71	70	42	120	224
Áustria	14	37	34	19	19	7	11	33	22	31	84	171
Bélgica	13	77	17	55	52	52	6	77	47	65	105	125
Brasil	409	559	385	226	634	509	191	920	358	386	1.770	5.489
Canadá	77	95	83	23	16	78	66	49	74	68	164	301
Chile	21	5	9	3	8	8	3	32	10	11	22	75
Colômbia	80	62	64	3	6	62	56	22	54	31	81	108
R. Checa	68	151	107	90	51	159	68	63	100	100	173	180
França	95	204	177	121	85	224	121	170	169	142	294	486
Alemanha	83	209	182	121	87	245	120	143	170	143	303	521
Índia	72	109	163	48	5	149	109	8	98	59	132	201
Itália	49	105	42	74	72	81	39	128	68	103	187	333
Japão	12	19	70	15	5	55	55	20	53	33	83	252
México	0	74	79	7	8	70	86	27	65	35	92	179
Holanda	74	0	117	94	50	150	76	80	107	110	212	264
China	79	117	0	53	7	174	115	19	100	59	151	262
Polônia	7	94	53	0	46	90	16	78	50	69	122	138
Portugal	8	50	7	46	0	57	3	77	47	57	90	101
Rússia	70	150	174	90	57	0	108	63	140	101	176	278
Coréia	86	76	115	16	3	108	0	11	99	38	82	170
Espanha	27	80	19	78	77	63	11	0	64	79	135	180
Suécia	65	107	100	50	47	140	99	64	0	87	126	198
Suiça	35	110	59	69	57	101	38	79	87	0	170	178
Reino Unido	92	212	151	122	90	176	82	135	126	170	0	484
EUA	179	264	262	138	101	278	170	180	198	178	484	0
Total no ISI	19.588	61.695	205.786	41.087	16.219	69.382	76.561	85.348	46.557	46.259	206.509	879.012

Nota: Dados da coluna "Total no ISI" coletados no **Web of Science** dia 06 de outubro de 2008. A produtividade dos EUA foi informada pela CAPES, em 16 de outubro de 2008, retirada do **National Science Indicators**.



### APÊNDICE D

Países colaboradores distribuídos alfabeticamente ano a ano pelo número absoluto de artigos em co-autoria, % correspondente, total da produção científica no ISI, e correspondente Cosseno de Salton e Índice de Produtividade baseado da Fórmula de Luukkonen, Persson e Sivertsen (1992).

(continua)

País	2004		2005		2006		2004-2006		Produção científica no ISI 2004-2006 (1)	Coss. de Salton	Índice Colab.
	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%			
África do Sul	31	0,3	39	0,5	42	0,5	112	0,5	10.812	0,5	0,7
Alemanha	534	4,6	613	7,5	636	7,3	1.783	7,3	205.480	1,8	0,6
Algéria	1	0,0	1	0,0	3	0,0	5	0,0	1.984	0,1	0,2
Andorra	..	..	..	..	2	0,0	2	0,0	10	0,3	13,1
Angola	..	..	1	0,0	..	..	1	0,0	36	0,1	1,8
Arábia Saudita	3	0,0	..	..	3	0,0	6	0,0	3.824	0,0	0,1
Argentina	267	2,3	332	4,1	333	3,8	932	3,8	14.651	3,4	4,1
Armênia	2	0,0	3	0,0	12	0,1	17	0,1	1.014	0,2	1,1
Austrália	146	1,3	150	1,8	153	1,7	449	1,8	69.851	0,8	0,4
Áustria	63	0,5	61	0,8	71	0,8	195	0,8	24.391	0,6	0,5
Bangladeche	3	0,0	1	0,0	1	0,0	5	0,0	1.400	0,1	0,2
Bélgica	115	1,0	113	1,4	122	1,4	350	1,4	34.994	0,8	0,7
Belize	..	..	..	..	2	0,0	2	0,0	29	0,2	4,5
Benin	..	..	3	0,0	2	0,0	5	0,0	271	0,1	1,2
Bielorrússia	3	0,0	7	0,1	3	0,0	13	0,1	2.362	0,1	0,4
Bolívia	8	0,1	9	0,1	8	0,1	25	0,1	344	0,6	4,8
Botsuana	..	..	2	0,0	..	..	2	0,0	320	0,1	0,4
Bulgária	19	0,2	17	0,2	15	0,2	51	0,2	4.030	0,4	0,8
Burquina Faso	2	0,0	1	0,0	..	..	3	0,0	363	0,1	0,5
Camarões	4	0,0	3	0,0	2	0,0	9	0,0	904	0,1	0,7
Camboja	..	..	1	0,0	..	..	1	0,0	152	0,0	0,4
Canadá	307	2,6	349	4,3	327	3,7	983	4,0	110.861	1,3	0,6
Chile	94	0,8	136	1,7	155	1,8	385	1,6	8.357	1,9	3,0
China	117	1,0	142	1,7	127	1,5	386	1,6	205.786	0,4	0,1
Cingapura	9	0,1	14	0,2	11	0,1	34	0,1	14.976	0,1	0,1
Colômbia	62	0,5	82	1,0	97	1,1	241	1,0	2.577	2,1	6,1
Congo	1	0,0	2	0,0	3	0,0	6	0,0	160	0,2	2,5
Coréia do Sul	40	0,3	78	1,0	74	0,8	192	0,8	76.561	0,3	0,2
Costa Rica	14	0,1	24	0,3	15	0,2	53	0,2	810	0,8	4,3
Croácia	16	0,1	23	0,3	17	0,2	56	0,2	3.992	0,4	0,9
Cuba	43	0,4	48	0,6	63	0,7	154	0,6	1.928	1,6	5,2
Dinamarca	60	0,5	53	0,7	65	0,7	178	0,7	24.704	0,5	0,5

(continuação)

País	2004		2005		2006		2004-2006		Produção científica no ISI 2004-2006 (1)	Coss. de Salton	Índice Colab.
	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%			
Egito	9	0,1	3	0,0	5	0,1	17	0,1	8.317	0,1	0,1
El Salvador	..	..	2	0,0	..	..	2	0,0	57	0,1	2,3
Emirados Árabes Unidos	3	0,0	2	0,0	1	0,0	6	0,0	1.355	0,1	0,3
Equador	16	0,1	36	0,4	33	0,4	85	0,3	525	1,7	10,6
Espanha	273	2,3	291	3,6	375	4,3	939	3,8	85.348	1,4	0,7
Estônia	1	0,0	5	0,1	2	0,0	8	0,0	1.771	0,1	0,3
Etiópia	..	..	..	..	2	0,0	2	0,0	817	0,0	0,2
EUA	1.823	15,6	1.807	22,3	1.944	22,2	5.574	22,7	879.012	2,7	0,4
Filipinas	6	0,1	6	0,1	5	0,1	17	0,1	1.195	0,2	0,9
Finlândia	40	0,3	38	0,5	40	0,5	118	0,5	23.402	0,3	0,3
França	645	5,5	659	8,1	707	8,1	2.011	8,2	148.371	2,3	0,9
Gabão	1	0,0	..	..	1	0,0	2	0,0	186	0,1	0,7
Gana	1	0,0	1	0,0	4	0,0	6	0,0	575	0,1	0,7
Grécia	31	0,3	27	0,3	37	0,4	95	0,4	18.684	0,3	0,3
Groelândia	..	..	..	..	1	0,0	1	0,0	84	0,0	0,8
Guadeloupe	2	0,0	1	0,0	3	0,0	6	0,0	221	0,2	1,8
Guatemala	1	0,0	2	0,0	3	0,0	6	0,0	139	0,2	2,8
Guiana Francesa	5	0,0	..	..	3	0,0	8	0,0	131	0,3	4,0
Guinea	..	..	1	0,0	..	..	1	0,0	245	0,0	0,3
Haiti	..	..	..	..	1	0,0	1	0,0	39	0,1	1,7
Holanda	180	1,5	191	2,4	195	2,2	566	2,3	61.695	1,0	0,6
Honduras	1	0,0	1	0,0	3	0,0	5	0,0	68	0,3	4,8
Hungria	32	0,3	32	0,4	47	0,5	111	0,5	10.778	0,5	0,7
Iemêm	..	..	1	0,0	1	0,0	2	0,0	120	0,1	1,1
Ilhas Maurício	..	..	2	0,0	..	..	2	0,0	120	0,1	1,1
Índia	93	0,8	128	1,6	123	1,4	344	1,4	72.435	0,6	0,3
Indonésia	11	0,1	5	0,1	8	0,1	24	0,1	1.392	0,3	1,1
Irã	4	0,0	6	0,1	6	0,1	16	0,1	13.028	0,1	0,1
Iraque	..	..	..	..	1	0,0	1	0,0	251	0,0	0,3
Irlanda	21	0,2	37	0,5	47	0,5	105	0,4	12.777	0,4	0,5
Islândia	1	0,0	3	0,0	..	..	4	0,0	1.069	0,1	0,2
Israel	39	0,3	60	0,7	66	0,8	165	0,7	28.464	0,4	0,4
Itália	378	3,2	311	3,8	377	4,3	1.066	4,3	113.234	1,4	0,6
Jamaica	2	0,0	..	..	..	..	2	0,0	379	0,0	0,3
Japão	198	1,7	199	2,5	216	2,5	613	2,5	222.201	0,6	0,2

(continuação)

País	2004		2005		2006		2004-2006		Produção científica no ISI 2004-2006 (1)	Coss. de Salton	Índice Colab.
	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%			
Jordânia	1	0,0	1	0,0	1	0,0	3	0,0	1.774	0,0	0,1
Kazaquistão	2	0,0	..	..	1	0,0	3	0,0	515	0,1	0,4
Kuwait	1	0,0	4	0,0	..	..	5	0,0	1.396	0,1	0,2
Laos	1	0,0	2	0,0	..	..	3	0,0	111	0,1	1,8
Latvia	1	0,0	1	0,0	2	0,0	4	0,0	658	0,1	0,4
Líbano	1	0,0	1	0,0	..	..	2	0,0	1.178	0,0	0,1
Líbia	1	0,0	..	..	..	..	1	0,0	192	0,0	0,3
Lituânia	1	0,0	4	0,0	2	0,0	7	0,0	2.101	0,1	0,2
Luxemburgo	2	0,0	..	..	2	0,0	4	0,0	388	0,1	0,7
Macedônia	1	0,0	1	0,0	..	..	2	0,0	295	0,1	0,4
Madagascar	..	..	1	0,0	1	0,0	2	0,0	303	0,1	0,4
Malásia	7	0,0	5	0,1	4	0,0	16	0,1	4.094	0,1	0,3
Malawi	..	..	2	0,0	1	0,0	3	0,0	311	0,1	0,6
Mali	1	0,0	1	0,0	3	0,0	5	0,0	207	0,2	1,6
Malta	..	..	2	0,0	..	..	2	0,0	133	0,1	1,0
Marrocos	4	0,0	8	0,1	8	0,1	20	0,1	2.555	0,2	0,5
Martinica	..	..	1	0,0	1	0,0	2	0,0	58	0,1	2,3
Mauritânia	1	0,0	1	0,0	..	..	2	0,0	53	0,1	2,5
México	111	0,7	143	1,8	161	1,8	415	1,7	19.588	1,3	1,4
Miamar	1	0,0	..	..	..	..	1	0,0	99	0,0	0,7
Moçambique	1	0,0	3	0,0	..	..	4	0,0	136	0,2	1,9
Mônaco	2	0,0	1	0,0	1	0,0	4	0,0	152	0,1	1,7
Nepal	1	0,0	..	..	1	0,0	2	0,0	456	0,0	0,3
Neth Antilles	..	..	1	0,0	1	0,0	2	0,0	91	0,1	1,4
Nicarágua	..	..	3	0,0	3	0,0	6	0,0	105	0,3	3,7
Nigéria	3	0,0	5	0,1	5	0,1	13	0,1	2.612	0,1	0,3
Noruega	44	0,3	45	0,6	39	0,4	128	0,5	17.364	0,4	0,5
Nova Caledônia	2	0,0	2	0,0	1	0,0	5	0,0	248	0,1	1,3
Nova Zelândia	19	0,1	28	0,3	24	0,3	71	0,3	12.120	0,3	0,4
Omã	1	0,0	3	0,0	..	..	4	0,0	732	0,1	0,4
Panamá	18	0,1	10	0,1	16	0,2	44	0,2	484	0,9	6,0
Paquistão	7	0,0	2	0,0	3	0,0	12	0,0	3.347	0,1	0,2
Paraguai	6	0,0	5	0,1	14	0,2	25	0,1	92	1,2	17,8

(continuação)

País	2004		2005		2006		2004-2006		Produção científica no ISI 2004-2006 (1)	Coss. de Salton	Índice Colab.
	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%			
Peru	26	0,2	28	0,3	36	0,4	90	0,4	951	1,3	6,2
Polinésia Francesa	1	0,0	..	..	..	..	1	0,0	115	0,0	0,6
Polônia	89	0,6	66	0,8	72	0,8	227	0,9	41.087	0,5	0,4
Portugal	196	1,3	196	2,4	281	3,2	673	2,7	16.219	2,4	2,7
Quênia	8	0,1	3	0,0	4	0,0	15	0,1	1.583	0,2	0,6
Reino Unido	564	3,6	613	7,5	619	7,1	1.796	7,3	206.509	1,8	0,6
Rep. Pop. Mongólia	1	0,0	..	..	..	..	1	0,0	174	0,0	0,4
República Checa	66	0,4	72	0,9	94	1,1	232	0,9	16.836	0,8	0,9
República da Geórgia	..	..	3	0,0	3	0,0	6	0,0	801	0,1	0,5
República Dominicana	4	0,0	..	..	3	0,0	7	0,0	60	0,4	7,6
Reunion	2	0,0	1	0,0	1	0,0	4	0,0	180	0,1	1,5
România	16	0,1	12	0,1	21	0,2	49	0,2	5.823	0,3	0,6
Ruanda	..	..	..	..	1	0,0	1	0,0	45	0,1	1,5
Rússia	179	1,1	173	2,1	158	1,8	510	2,1	69.382	0,9	0,5
Senegal	3	0,0	1	0,0	..	..	4	0,0	527	0,1	0,5
Sérvia	..	..	..	..	4	0,0	4	0,0	2.160	0,0	0,1
Sérvia e Montenegro	1	0,0	12	0,1	8	0,1	21	0,1	1.558	0,2	0,9
Slováquia	8	0,1	5	0,1	14	0,2	27	0,1	4.543	0,2	0,4
Slovênia	26	0,2	17	0,2	23	0,3	66	0,3	4.667	0,4	0,9
Sri Lanka	..	..	3	0,0	1	0,0	4	0,0	714	0,1	0,4
Sudão	3	0,0	..	..	..	..	3	0,0	308	0,1	0,6
Suécia	100	0,6	126	1,6	136	1,6	362	1,5	46.557	0,8	0,5
Suíça	128	0,8	112	1,4	148	1,7	388	1,6	46.259	0,8	0,5
Suriname	..	..	3	0,0	..	..	3	0,0	29	0,3	6,8
Tailândia	10	0,1	17	0,2	14	0,2	41	0,2	6.770	0,2	0,4
Taiwan	22	0,1	34	0,4	30	0,3	86	0,4	41.594	0,2	0,1
Tanzânia	4	0,0	5	0,1	4	0,0	13	0,1	862	0,2	1,0

(conclusão)

País	2004		2005		2006		2004-2006		Produção científica no ISI 2004-2006 (1)	Coss. de Salton	Índice Colab.
	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%	Freq. ocor.	%			
Tunísia	4	0,0	2	0,0	5	0,1	11	0,0	3.145	0,1	0,2
Turquemenistão	..	..	..	..	1	0,0	1	0,0	12	0,1	5,5
Turquia	33	0,2	25	0,3	29	0,3	87	0,4	37.555	0,2	0,2
Tuvalu	..	..	..	..	1	0,0	1	0,0	1	0,4	65,5
Ucrânia	19	0,1	19	0,2	10	0,1	48	0,2	9.606	0,2	0,3
Uganda	3	0,0	4	0,0	..	..	7	0,0	708	0,1	0,6
Uruguai	39	0,2	60	0,7	60	0,7	159	0,6	1.191	2,1	8,7
Uzbequistão	4	0,0	3	0,0	..	..	7	0,0	797	0,1	0,6
Venezuela	51	0,3	48	0,6	44	0,5	143	0,6	3.105	1,2	3,0
Vietnã	2	0,0	6	0,1	4	0,0	12	0,0	1.419	0,1	0,6
Yugoslávia	15	0,1	1	0,0	..	..	16	0,1	1.714	0,2	0,6
Zimbábue	1	0,0	..	..	..	..	1	0,0	429	0,0	0,2
Total	15.666	100,0	8.121	100,0	8.745	100,0	24.516	100,0	..	..	..

Notas: Os dados referentes ao Brasil totalizam um valor inferior ao apresentado no trabalho porque em diversos artigos recuperados não foi possível localizar o termo Brasil no campo *Address*.

Sinais convencionais utilizados:

.. Não se aplica dado numérico.

(1) Fonte: **Web of Science**, em 16 de outubro de 2008. A produtividade dos EUA foi informada pela CAPES com base no **National Science Indicators** na mesma data.

**ANEXO A**

Esquema de classificação de áreas da ciência (GLÄNZEL; SCHUBERT, 2003)

**Agriculture & Environment**

Agricultural Engineering  
Agricultural Economics & Policy  
Agriculture, Multidisciplinary  
Agronomy  
Forestry  
Horticulture  
Agriculture, soil science  
Engineering, Environmental  
Environmental Sciences  
Environmental Studies  
Water Resources  
Agriculture, Dairy & Animal Science  
Fisheries  
Food Science & Technology

**Biology (Organismic & Supraorganismic Level)**

Entomology  
Ornithology  
Zoology  
Limnology  
Marine & Freshwater Biology  
Biotechnology & Applied Microbiology  
Microbiology  
Mycology  
Parasitology  
Virology  
Plant Sciences  
Biodiversity Conservation  
Ecology  
Veterinary Sciences

**Biosciences (general, cellular & subcellular biology; genetics)**

Biology  
Biology, Miscellaneous  
Biochemical Research Methods  
Biochemistry & Molecular Biology  
Biophysics  
Cell Biology  
Evolutionary Biology  
Developmental Biology  
Genetics & Heredity  
Reproductive Biology

**Biomedical Research**

Anatomy & Morphology  
Pathology  
Engineering, Biomedical  
Materials Science, Biomaterials  
Medical Laboratory Technology  
Medicine, Research & Experimental  
Pharmacology & Pharmacy  
Toxicology  
Physiology

**Clinical and Experimental Medicine I (general & internal medicine)**

Cardiac & Cardiovascular Systems  
Respiratory System  
Peripheral Vascular Disease  
Endocrinology & Metabolism  
Gastroenterology & Hepatology  
Integrative & Complementary Medicine  
Medicine, General & Internal  
Hematology  
Oncology  
Allergy  
Immunology

**Clinical and Experimental Medicine II (non-internal medicine specialties)**

Andrology  
Geriatrics & Gerontology  
Gerontology  
Obstetrics & Gynecology  
Pediatrics  
Dentistry, Oral Surgery & Medicine  
Dermatology & Venereal Diseases  
Urology & Nephrology  
Ophthalmology  
Otorhinolaryngology  
Anesthesiology  
Critical Care Medicine  
Emergency Medicine  
Health Care Sciences & Services  
Health Policy & Services  
Public, Environmental & Occupational Health  
Infectious Diseases  
Medicine, Legal  
Nursing  
Nutrition & Dietetics  
Rehabilitation  
Tropical Medicine  
Clinical Neurology  
Psychiatry  
Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging  
Orthopedics  
Rheumatology  
Surgery  
Transplantation

**Neuroscience & Behavior**

Substance Abuse  
Neurosciences  
Neuroimaging  
Psychology, Biological



Behavioral Sciences

Psychology, Clinical

Psychology, Educational

Psychology, Developmental

Psychology, Applied

Psychology

Psychology, Multidisciplinary

Psychology, Psychoanalysis

Psychology, Mathematical

Psychology, Experimental

Psychology, Social

### **Chemistry**

Chemistry, Multidisciplinary

Chemistry, Analytical

Chemistry, Inorganic & Nuclear

Spectroscopy

Chemistry, Applied

Engineering, Chemical

Chemistry, Medicinal

Chemistry, Organic

Thermodynamics

Chemistry, Physical

Electrochemistry

Polymer Science

Materials Science, Paper & Wood

Materials Science, Ceramics

Materials Science, Multidisciplinary

Metallurgy & Metallurgical Engineering

Materials Science, Characterization & Testing

Materials Science, Coatings & Films

Materials Science, Composites

Materials Science, Textiles

**Physics**

Physics, Multidisciplinary  
Instruments & Instrumentation  
Microscopy  
Physics, Applied  
Imaging Science & Photographic Technology  
Physics, Atomic, Molecular & Chemical  
Acoustics  
Mechanics  
Optics  
Physics, Mathematical  
Physics, Nuclear  
Physics, Particles & Fields  
Crystallography  
Physics, Fluids & Plasmas  
Physics, Condensed Matter

**Geosciences & Space Sciences**

Astronomy & Astrophysics  
Geochemistry & Geophysics  
Engineering, Geological  
Geography  
Geography, Physical  
Geology  
Geosciences, Multidisciplinary  
Paleontology  
Engineering, Marine  
Engineering, Ocean  
Oceanography  
Engineering, Aerospace  
Meteorology & Atmospheric Sciences  
Engineering, Petroleum  
Mineralogy  
Mining & Mineral Processing

**Engineering**

Computer Science, Artificial Intelligence  
Computer Science, Cybernetics  
Computer Science, Hardware & Architecture  
Computer Science, Interdisciplinary Applications  
Computer Science, Software Engineering  
Computer Science, Theory & Methods  
Computer Science, Information Systems  
Medical Informatics  
Telecommunications  
Automation & Control Systems  
Engineering, Electrical & Electronic  
Robotics  
Remote Sensing  
Energy & Fuels  
Nuclear Science & Technology  
Construction & Building Technology  
Engineering, Multidisciplinary  
Engineering, Industrial  
Engineering, Manufacturing  
Engineering, Civil  
Engineering, Mechanical  
Transportation  
Transportation Science & Technology

**Mathematics**

Operations Research & Management Science  
Mathematics, Applied  
Mathematics, Interdisciplinary Applications  
Social Sciences, Mathematical Methods  
Statistics & Probability  
Mathematics

**Social Sciences I (General, Regional & Community Issues)**

Education & Information  
General, Regional & Community Issues

**Social Sciences II (Economic & Political Issues)**

Economics, Business & Management

History, Politics & Law

**Arts & Humanities**

Arts & Literature

Language & Culture

Philosophy & Religion

**ANEXO B - Periódicos brasileiros e respectivas abreviações**

<b>Nome Completo</b>	<b>Sigla</b>
Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science	Rev. Bras. Zootecn
Arquivos de Neuro-Psiquiatria	Arq. Neuro-psiquiatr
Pesquisa Agropecuária Brasileira	Pesqui. Agropecu. Bras
Brazilian Journal of Physics	Braz. J. Phys
Brazilian Journal of Medical and Biological Research	Brazilian j. Med. Biol. Res
Journal of the Brazilian Chemical Society	J. Braz. Chem. Soc
Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia	Arq. Bras. Med. Vet. Zootec
Química Nova	Quim. Nova
Brazilian Archives of Biology and Technology	Braz. Arch. Biol. Technol
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz	Mem. Inst. Oswaldo cruz
Revista Brasileira de Ciência do Solo	Rev. Bras. Cienc. Solo
Revista Brasileira de Zoologia	Rev. Bras. Zool
Genetics and Molecular Biology	Genet. Mol. Biol
Brazilian Journal of Microbiology	Braz. J. Microbiol
Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical	Rev. Soc. Bras. Med. Trop
Brazilian Journal of Chemical Engineering	Braz. J. Chem. Eng
Anais da Academia Brasileira de Ciências	An. Acad. Bras. Cienc
Revista Brasileira de Entomologia	Rev. Bras. Entomol
Pesquisa Veterinária Brasileira	Pesqui. Vet. Bras
Bulletin of the Brazilian Mathematical Society	Bull. Braz. Math. Soc
Scientia Agricola	Sci. Agric.
Neotropical Entomology	Neotrop Entomol
Neotropical Ichthyology	Neotrop Ichthyol
Ornitologia Neotropical	Ornitol Neotrop

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)