

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

"Redes de Colaboração Científica: A dinâmica da rede em Nanotecnologia"

Saulo Campos Oliveira

São Carlos
Janeiro de 2011

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

**"REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA: A DINÂMICA DA REDE EM
NANOTECNOLOGIA"**

Saulo Campos Oliveira

Dissertação submetida à banca de defesa junto ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade, PPGCTS, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria

São Carlos
Janeiro de 2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

O48rc

Oliveira, Saulo Campos.

Redes de colaboração científica : a dinâmica da rede em nanotecnologia / Saulo Campos Oliveira. -- São Carlos : UFSCar, 2011.

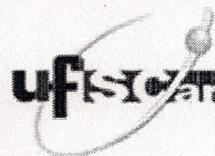
114 f.

Acompanha CD

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Desenvolvimento da ciência e tecnologia. 2. Estrutura social. 3. Bibliometria. I. Título.

CDD: 303.483 (20ª)



**BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
SAULO CAMPOS OLIVEIRA**

Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria
Orientador e Presidente da banca
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Rogério Mugnaini
Membro externo
EESC/USP

Prof. Dr. Roniberto Morato Amaral
Membro interno
Universidade Federal de São Carlos

Submetida a defesa pública em sessão realizada em: 23/02/2011.
Homologada na 43ª reunião da CPG do PPGCTS, realizada em
03/03/2011.

Profa. Dra. Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi
Coordenadora do PPGCTS

Fomento:

Dedico este trabalho à força divina que me guia dia após dia

à minha sobrinha, a princesa Isadora.

E in memoriam à Ataíde Campos, homem responsável por

boas lembranças da minha infância –descanse em paz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a essa entidade que me concede sabedoria e pujança para realizar meus feitos e ajudar sempre os próximos.

Agradeço a todo empenho educacional desempenhado pela Universidade Federal de São Carlos durante minha formação, empregando profissionais de qualidade para nos dar suporte em nossos maiores feitos.

Aos professores do PPGCTS e funcionários que acompanharam e aconselharam nos momentos mais oportunos, sem esquecer os companheiros da Turma 09 (Cássia, Juliana, Cintia, AC, Danilo, Rafaela, Paula, Giovanni, Guilherme, Vinicius, Ana Claudia, Elis e aos demais).

Aos meus amigos de trabalho em Barretos que acompanharam minhas jornadas e sofreram comigo durante esses dois anos para montar a Faculdade de Ciências da Saúde de Barretos Dr. Paulo Prata.

Ao Professor Élon Longo pela disponibilidade e interesse nas pesquisas realizadas pelo NIT/Materiais no que toca a Nanotecnologia e auxílio na interpretação dos resultados desta pesquisa.

Aos colegas da área de exatas, Claudinei Xavier, Denis Henrique Salvadeo e Paula Maria Rattis Teixeira pelo auxílio nos estudos das fórmulas e cálculos.

A alguns senhores que fizeram diferença nos últimos dois anos: Senhor Matheus, pelo acolhimento nos primeiros dias em Barretos, e ao Professor Gregolin por enxergar coisas que só a vivência e a sabedoria poderiam dar à vista de um homem.

À Rosângela Castilho Alcaraz Morais por ser minha tutora, confidente, companheira, porto seguro e ser a voz da serenidade nos momentos difíceis, ainda sendo minha outra mãe mesmo à distância.

Às minhas verdadeiras amigas que nem a distância há de separar e que me ajudaram por demais a vencer mais uma batalha, Michelle Lima e Juliana Moretti.

À minha colaboradora oficial e parceira de publicações Elaine Hipólito; obrigado por me apresentar à profunda educação da UNICAMP.

Ao meu amigo, companheiro de futebol dos sábados à tarde, Tiago Fernandes, por ser minha referência em São Carlos junto com seus colegas de república (Bruno e Carlos) me cedendo espaço e me garantindo de ótima companhia.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria

por me apresentar e incluir no NIT/Materiais – local onde iniciei as atividades de pesquisa - e por mais uma vez confiar em meu potencial, estimular-me aos desafios, questionar-me nas horas certas e transparecer sinceridade e coerência em suas orientações.

Agradeço ao meu irmão Sandro Campos Oliveira por me deslumbrar com a alegria e a esperança em uma criança que mudou nossas vidas e por mostrar que é um homem de bravura e honra.

Agradeço à minha segunda família bebedourense por me acolher nas inúmeras idas e vindas, me dando abrigo, comida e carinho (Dona Marlene, Márcia, Carol e Mirian Novoletti).

Agradeço à fonte de minha inspiração que me faz acreditar num futuro melhor todas as noites, que alimenta a minha alma, me ensina todos os dias o que é o amor e que caminha para ser minha fiel companheira: Jacqueline Novoletti da Silva.

E em especial agradeço às pessoas que são o espelho da minha integridade, ética, moral e profissionalismo: meu pai, Valfrido Oliveira, e minha mãe, Marli Campos Oliveira, por estarem comigo em todas as derrotas e vitórias, sofrendo junto, lutando junto e sentindo o que só o amor dos pais podem sentir por um filho. ***Sinto muito orgulho de ser filho de quem sou.***

À vocês, o meu eterno obrigado.

*“Meditai se só as nações fortes podem fazer
ciência, ou se é a ciência que as torna fortes”.*

Walter Oswaldo Cruz

RESUMO

OLIVEIRA, S. C. **Redes de Colaboração Científica**: a dinâmica das redes em Nanotecnologia. [Networks of Scientific Collaboration: the dynamics of networks in Nanotechnology]. 2010. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Tecnologia e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos SP, 2010.

A colaboração científica é um dos indicadores para se mensurar o desenvolvimento das pesquisas e o progresso nas descobertas científicas. Serve, em outras palavras, em conjunto com outros indicadores, para dimensionar e compreender como a ciência se desenvolve e direcionar os investimentos nestas pesquisas. Na área em especial deste estudo, a Nanotecnologia, a análise da rede de colaboração científica, converge como uma alternativa para interpretação da implementação da Rede Brasileira de Nanotecnologia. O presente estudo busca analisar a colaboração científica brasileira fazendo uso da metodologia de Análise de Redes Sociais juntamente com a técnica bibliométrica para a geração de indicadores de colaboração na área de Nanotecnologia com dados extraídos da base de dados Web Of Science no período de 1998 a 2009. Para tal feito, foi necessário o experimento em diferentes configurações de visualização da organização em rede com o apoio da representação das redes em *software* específico de Análise de Redes Sociais (UCINET) e a covalidação dos resultados com um especialista participante da rede na busca de esclarecimentos para os resultados obtidos. Os resultados deste trabalho mostram a comparação entre os principais atores da rede utilizando as medidas de Grau de Centralidade, Grau de Intermediação e Grau de Proximidade na avaliação da participação e do relacionamento dos autores e países do ponto de vista da colaboração externa e das instituições de pesquisa e de Estados Brasileiros do ponto de vista da colaboração interna. Foi destacada a participação das instituições do Estado de São Paulo, em especial a UFSCar, neste tema. Conclui destacando a importância da utilização de instrumentos metodológicos para a avaliação do processo colaborativo de pesquisas e mostrando as alterações no perfil colaborativo na área de Nanotecnologia no período analisado e que ocorre em paralelo com a implementação da rede no Brasil.

Palavras-Chave: Análise de Redes Sociais. Redes de Colaboração. Nanotecnologia. Bibliometria.

ABSTRACT

OLIVEIRA, S. C. **Networks of Scientific Collaboration**: the dynamics of networks in Nanotechnology. [Redes de Colaboração Científica: A dinâmica das redes em Nanotecnologia]. 2010. 114 p.. Dissertação (Mestrado em Ciência Tecnologia e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos SP, 2010.

The scientific collaboration is one of the indicators to measure the development of research and progress in scientific discoveries. Serves, in other words, in conjunction with other indicators to measure and understand how science develops and direct investment in research. In this study area in particular, nanotechnology, the analysis of scientific collaboration network, converges to an alternative interpretation of the implementation of the Nanotechnology Brazilian Network. This study seeks to analyze the Brazilian scientific collaboration using the methodology of network analysis, together with the technique for generating bibliometric indicators of collaboration in the field of nanotechnology with data extracted from the database Web Of Science in the period 1998 to 2009. To guarantee this, it was necessary to experiment in different view settings for the network organization with the support of the representation of networks in specific software for Social Network Analysis (UCINET) and covalidation results with an expert participating in the network in search of information for the results obtained. These results show the comparison between the main actors of the network using the measures of Degree Centrality, Degree of Intermediation and Degree of Proximity evaluate the role and the relationship between authors and countries in terms of external collaboration and institutions research and Brazilian states in terms of internal collaboration. It also pointed to the involvement of institutions of the State of São Paulo, especially UFSCar, this issue. Concludes by highlighting the importance of the use of methodological tools for evaluating the collaborative process of research and showing changes in the profile collaborative in the Nanotechnology in the analyzed period, which occurs in parallel with the implementation of the network in Brazil.

Keywords: Social Network Analysis Collaboration Network.
Nanotechnology. Bibliometrics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação das análises quantitativas da ciência com indicadores de C&T	29
Figura 2 – Evolução da análise de Redes Sociais.....	41
Figura 3 – Procedimento de recuperação dos dados	59
Figura 4 – Níveis de agregação e complexidade das Redes.....	60
Figura 5 – Comparação entre Autores, Publicações e Periódicos em Nanotecnologia, Web of Science, 1998 – 2009.....	64
Figura 6 – Colaboração com outros países em Nanotecnologia, <i>Web of Science</i> , 1998 a 2009.....	66
Figura 7 – Publicações brasileiras com e sem colaboração em Nanotecnologia, <i>Web of Science</i> , 1998 a 2009.....	68
Figura 8 – Distribuição das publicações brasileiras em Nanotecnologia por número de autores, <i>Web of Science</i> , 1998 a 2009.....	69
Figura 9 – Quantidade de países por artigo em publicações brasileiras em Nanotecnologia, <i>Web of Science</i> , 1998 a 2009.....	70
Figura 10 – Colaboração externa e colaboração interna em Nanotecnologia e Ações do Governo em Nanotecnologia, <i>Web of Science</i> , 1998 a 2009.....	71
Figura 11 – Rede de colaboração em nível de agregação por Autores de 1998 a 2000.	73
Figura 12 – Rede de colaboração em nível de agregação por Autores de 2001 a 2003.	73
Figura 13 – N. Rede de colaboração em nível de agregação por Autores de 2004 a 2006.	74
Figura 14 – Rede de colaboração em nível de agregação por Autores de 2007 a 2009.	74
Figura 15 – Análise da Centralidade Autores de 2007 a 2009.....	77
Figura 16 – Rede de colaboração em nível de agregação por Instituições de 1998 a	

2000.....	81
Figura 17 – Rede de colaboração em nível de agregação por Instituições de 2001 a 2003.....	81
Figura 18 – Rede de colaboração em nível de agregação por Instituições de 2004 a 2006.....	82
Figura 19 – Rede de colaboração em nível de agregação por Instituições de 2007 a 2009.....	82
Figura 20 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 1998 a 2000.	86
Figura 21 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 2001 a 2003.	86
Figura 22 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 2004 a 2006.	87
Figura 23 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 2007 a 2009.	87
Figura 24 – Rede de colaboração de Estados agupados por Região, 1998-2009.....	89
Figura 25 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 1998 a 2000.....	92
Figura 26 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 2001 a 2003.....	92
Figura 27 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 2004 a 2006.....	93
Figura 28 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 2007 a 2009.....	93
Figura 29 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 1998 a 2000.	95
Figura 30 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 2001 a 2003.	95
Figura 31 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 2004 a 2006.	

.....	96
Figura 32 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 2007 a 2009.	
.....	96
Figura 33 – Análise das relações de países sul-americanos países de 1998 a 2009.....	100
Figura 34 – Rede de Países foco nas relações sul-americanas de 2004 a 2006.....	101
Figura 35 – Rede de Países com foco nas relações sul-americanas de 2007 a 2009....	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Redes BrasiNano de colaboração científica em Nanotecnologia.	52
Quadro 2 – Dados numéricos da rede de colaboração de autores de 1998-2009.	75
Quadro 3 – Análise da influência do Estado de São Paulo na Região Nordeste, <i>Web of Science</i> , 1998-2009.	90
Quadro 4 – Análise da influência do Estado de São Paulo na Região Nordeste, <i>Web of Science</i> , 1998-2009.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos descritores.....	65
Tabela 2 – Grau de Centralidade de Autores, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2003.	76
Tabela 3 – Grau de Centralidade de Autores, <i>Web Of Science</i> , 2004 – 2009.	76
Tabela 4 – Grau de Intermediação de Autores, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2003.....	78
Tabela 5 – Grau de Intermediação de Autores, <i>Web Of Science</i> , 2004 – 2009.....	78
Tabela 6 – Grau de Proximidade e Distância Geodésica de Autores, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2003.	79
Tabela 7 – Grau de Proximidade e Distância Geodésica de Autores, <i>Web Of Science</i> , 2004 – 2009.	79
Tabela 8 – Grau de Centralidade das Instituições, <i>Web Of Science</i> , 1998 -2003.....	83
Tabela 9 – Grau de Centralidade das Instituições, <i>Web Of Science</i> , 2004 -2009.....	83
Tabela 10 – Grau de Centralidade e Grau de Intermediação e Coesão das redes, <i>Web Of Science</i> , 1998-2009.....	85
Tabela 11 – Grau de Centralidade de Estados, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2009.....	88
Tabela 12 – Grau de Centralidade de Estados, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2009.....	88
Tabela 13 – Grau de Centralidade de Países, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2003.....	98
Tabela 14 – Grau de Centralidade de Países, <i>Web Of Science</i> , 2004 – 2009.....	98
Tabela 15 – Grau de Intermediação de Países, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2009.....	99
Tabela 16 – Grau de Intermediação de Países, <i>Web Of Science</i> , 1998 – 2009.....	99

LISTA DE SIGLAS

A&HCI – Arts & Humanities Citation Index
ABDI – Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ARS – Análise de Redes Sociais
BrasilNano – Rede Brasileira de Nanotecnologia
CEFET-MA – Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EUA – Estados Unidos da América
FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISI – Institute for Scientific Information
LNLS – Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
NSF – National Science Foundation
PUC-RJ – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
SCI – Science Citation Index – Expanded
SEI – Science Engineering indicators
SSCI – Social Science Citation Index
TIC's – Tecnologias de Informação e Comunicação
TS – Topic (Título, Resumo e Palavras-chaves)
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFMG – Unversidade Federal de Minas Gerais
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFPI – Universidade Federal do Piauí
UFPR – Universidade Federal do Paraná
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
UNB – Universidade de Brasília
UNESP – Universidade Estadual Paulista
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

USP – Universidade de São Paulo

WoS – Web Of Science

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Justificativa.....	19
1.2 Objetivo	20
1.3 Organização do trabalho	21
2 REVISÃO.....	22
2.1 Ciência como objeto de estudo.....	22
2.1.1 Visão sociológica da ciência	24
2.1.2 O medir da Ciência	27
2.2 Indicadores de colaboração científica.....	32
2.2.1 Bibliometria e os indicadores bibliométricos	32
2.2.2 Colaboração Científica	35
2.3 Análise de Redes Sociais.....	40
2.3.1 Medidas da rede.....	43
2.3.2 Ferramentas para Análise	45
2.4 Redes de Pesquisa em Nanotecnologia no Brasil.....	47
2.4.1 Nanotecnologia e Nanociência	47
2.4.2 Iniciativa brasileira e a formação das redes.....	49
3 METODOLOGIA.....	55
4 RESULTADOS	63
4.1 Caracterização das publicações brasileiras em Nanotecnologia.....	63
4.2 Indicadores da colaboração científica brasileira em Nanotecnologia	66
4.3 Rede de Colaboração em publicações brasileiras em Nanotecnologia.....	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103

6 REFERÊNCIAS	107
APENDICE A	
APENDICE B.....	

1 INTRODUÇÃO

Entender o mundo atual da mesma forma que se fazia no passado, de maneira desassociada e focada, pouco se vai entender dado à velocidade e complexidade em que as atividades se desenvolvem. As atividades, operacionais ou estratégicas, executadas muitas vezes por mais de uma pessoa, e em um curto espaço de tempo, estão ligadas umas às outras de forma simbiótica - O termo simbiótico é utilizado propositalmente para remeter à origem desta forma de observação contextual baseada na estrutura entre seres vivos. A macrovisão destas atividades possibilita a associação de uma rede onde pontos estão conectados por relações, sejam transmissões de informação, afetividade ou compartilhamento de tarefas. Capra (1994) elucida e nomeia este tipo de visualização em forma de redes como visão holística ou pensamento sistêmico. Segundo o autor, esta nova forma de compreender o mundo surge como uma alternativa ao pensamento analítico proposto por Descartes no século XVII: mudando o foco “do todo para a parte” e invertendo para “da parte para o todo”. A visão sistêmica surge na década de 20, a partir da necessidade de algumas áreas do conhecimento (como a biologia e a psicologia) para estudar e compreender a estrutura de seres vivos (onde o isolamento e análise de uma parte não reproduz com perfeição o comportamento do todo), dado aos múltiplos relacionamentos existentes entre as partes, criando uma característica pessoal à forma da totalidade. É nesta época que também surgem os primeiros experimentos sociais, quanto à sua organização em redes, com Jacob Moreno por meio de padrões de amizade (BRANDÃO; SILVA; PARREIRAS, 2007, p.12).

As relações humanas atingiram tamanho grau de complexidade a ponto de ser praticamente impossível avaliar o impacto da ausência de uma relação sem considerar as consequências nas outras afetadas. No âmago deste entrelaçamento, além das funções básicas que guiam cada relação, estão intrínsecos o processo de comunicação e os fluxos de informação, exercendo um papel vital para a concatenação destas relações.

Uma das razões para este grau de interação é a necessidade de se ter amplo acesso às informações necessárias no momento exato. A leitura do contexto atual se torna mais fácil a partir do ponto em que se passa a observar o mundo sob a ótica da universalização e perceber que as atividades interconectadas dependem essencialmente de tecnologias para tornarem os processos de comunicação e transmissão de informação mais efetivos:

O cerne da transformação que estamos vivendo na revolução atual [revolução tecnológica] refere-se às tecnologias de informação, processamento e comunicação. A tecnologia da informação é para esta revolução o que as novas fontes de energia foram para as revoluções industriais sucessivas, do motor a vapor à eletricidade, aos combustíveis fósseis e até mesmo à energia nuclear (CASTELLS, 1999 p. 50).

Para Castells (1999) a Tecnologia da Informação é o agente catalisador das mudanças ocorridas nos últimos tempos. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) dinamizaram as atividades ao ponto de ser possível produzir, avaliar, promover e disseminar produtos e conhecimentos reduzindo a escala de tempo e espaço. Essa maior dinâmica e conectividade tornaram altamente complexa a análise do conjunto de membros envolvidos e dos resultados obtidos através destas relações, cabendo somente à quantificação bruta dos resultados e conclusões generalizadas que quase sempre indicam o uso das TIC's para ampliar as relações, e assim obter mais vantagens.

Desta forma, as organizações atualmente seguem a tendência de se unificar, cooperando para ter maior participação em transações que transpassam as conexões locais e regionais para atingir as conexões continentais e transcontinentais, dando assim maior visibilidade aos seus produtos, aumentando a eficiência dos processos e maximizando os lucros. O que movimenta e impulsiona estas atividades comerciais são as tecnologias, que possibilitam, tanto a comunicação como a logística, atingir objetivos mais distantes de forma mais econômica e rápida.

Estas mesmas características, determinadas pela escalabilidade das atividades e cooperação, são também observadas na produção de conhecimento científico. Tornar as informações mais acessíveis só foi possível com o desenvolvimento das TIC's. A Ciência passou a se desenvolver com mais velocidade e presença quando novas necessidades de pesquisa chegavam aos cientistas e a divulgação dos resultados atingiram um público maior de especialistas, isto impulsionou, em quantidade e qualidade, a produção científica por volta de 1945-1960 (MEADOWS, 1999).

As TIC's transformaram a forma como as descobertas científicas eram comunicadas tornando a cadeia de produção de conhecimento muito mais dinâmica; (SOUSA, 2008). Tal

situação pode ser verificada com o aumento no número estimado de periódicos científicos mundialmente, indo de 10.000 periódicos em 1951, para 71.000 em 1987 (MEADOWS, 1999).

O aumento da comunicação científica está ligado diretamente ao aumento do número de pesquisadores, conforme comprovam dados da pesquisa de Persson, Glänzel e Danell (2004 apud VANZ, 2009) que observa o crescimento de 64% em dados do ISI (*International Institute for Scientific Information*) de 1980 a 2000. Os pesquisadores aumentaram a colaboração com o apoio das TIC's justamente por diminuir as fronteiras impeditivas geográficas e colocar agilidade na tramitação de dados e informações.

Em interpretação do texto de Castells (1999) para avaliar o impacto da internet relacionada à comunicação científica na área da saúde, Castro (2006) resume a relação das novas tecnologias. Em sua reflexão sobre o uso da internet, confirma as transformações sociais que ela trouxe para a construção dos trabalhos, dando origem a uma sociedade capaz de gerar, transmitir e acessar informações a qualquer momento e em qualquer lugar “facilitando o desenvolvimento de pesquisas e a preparação de trabalhos em redes de colaboração”.

A observação das atividades científicas sob a óptica da colaboração, ganha maior orientação com o uso de ferramentas para visualização em rede, que possibilita a identificação de pontos que contribuem significativamente para a manutenção e ampliação da ciência, além de possibilitar avaliações quanto ao seu desenvolvimento e dinâmica de crescimento ao longo do tempo. Esta forma de observação, alinhada com metodologias de quantificação da produção bibliográfica, retrata as relações estabelecidas pelos autores presentes nestas redes, o que intensifica também a busca por conexões com autores de outras áreas - equipes multidisciplinares que favorecem a inovação científica e a quebra de fronteiras do conhecimento.

1.1 Justificativa

O desenvolvimento de métodos para melhor avaliar a colaboração científica é um dos desafios que envolvem as pesquisas neste assunto. Inserem-se nestes desafios o ato de verificar o impacto das pesquisas colaborativas na produção científica, os benefícios que as

colaborações trazem ao desenvolvimento da ciência, a relação entre colaboração internacional e colaboração local e o grau de envolvimento dos autores nestas colaborações. Alguns destes pontos ainda dependem de pesquisas específicas para melhor aprofundamento das investigações. Visando contribuir com a caracterização das redes de colaboração, o presente estudo buscou observar a dinâmica das redes de colaboração na área de Nanotecnologia.

A escolha desta área está ligada à sua importância no cenário mundial quanto ao fator de desenvolvimento tecnológico e científico, se configurando para o futuro como uma tecnologia revolucionária com poder de atuação em diversos segmentos da indústria, trazendo benefícios na prática da medicina, dentre outras aplicações, inclusive de preocupação ambiental (SILVA JÚNIOR, 2002). A pesquisa em Nanotecnologia no Brasil possui desde 2001 iniciativas que incentivam a pesquisa em redes colaborativas envolvendo diversas instituições e pesquisadores que têm como objetivo ampliar os estudos na área e consequentemente, aumentar a participação brasileira em publicações no assunto (BRASIL, 2001). Este novo estudo com vistas à colaboração científica, serve ao propósito de identificar os principais autores e *clusters* e procura evidenciar e analisar a criação das redes de pesquisa através de indicadores bibliométricos e indicadores de colaboração científica.

1.2 Objetivo

O objetivo do estudo é analisar a colaboração científica fazendo uso da metodologia de Análise de Redes Sociais para a geração de indicadores de colaboração na área de Nanotecnologia.

Neste contexto, são objetivos específicos deste estudo:

- Estudar o uso de ferramentas automatizadas para elaboração de indicadores de colaboração científica;
- Experimentar diferentes configurações de redes sociais quanto ao nível de agregação das publicações e ao uso de elementos de representação das redes, tais como formas, cores, espessuras de traços, distribuição espacial e outros;
- Estudar a utilidade de parâmetros típicos de redes sociais, tais como grau de

centralidade, grau de intermediação e grau de proximidade para a caracterização da colaboração científica em determinada área do conhecimento e diferenciação do comportamento da colaboração dessa área.

- Elaborar indicadores de colaboração científica e redes sociais, baseados nas publicações científicas a partir de dados recuperados da base *Web of Science* no período de 1998 a 2009;
- Buscar junto a pesquisador especialista na área, informações que auxiliem na compreensão da formação das redes de pesquisa e forneçam o prisma dos pesquisadores quanto ao posicionamento na rede e aos fatores que levam à colaboração científica.

Outro aspecto a ser trabalhado é o destaque no comportamento da Instituição Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) nesta rede.

1.3 Organização do trabalho

O tema proposto neste estudo, as redes de colaboração científica, tangem outros assuntos que estão envolvidos diretamente com a ação de colaborar em rede. Assim, a próxima seção (2), de revisão bibliográfica, privilegia o entendimento do contexto histórico-filosófico em que as redes se desenvolveram dentro dos estudos sociais da ciência; o ato de se mensurar a ciência e as técnicas para tal; o entendimento sobre a própria colaboração científica; a forma de interpretação através de indicadores e a utilização da visualização e medição em Redes. Esta seção tem como objetivo fornecer um arcabouço teórico para as análises feitas a partir dos resultados obtidos neste estudo. A seção 3 discrimina o procedimento adotado para o desenvolvimento do estudo, descrevendo a abordagem metodológica e as considerações para obtenção e tratamento dos dados junto à sua base de dados (desde a estratégia de busca até a recuperação dos dados) e *softwares* utilizados. Os resultados da pesquisa são apresentados na seção 4, apresentando a caracterização através de indicadores as publicações brasileiras em Nanotecnologia, bem como a rede colaborativa e suas medidas nos níveis analisados apresentadas através de mapas da rede. Por fim, na seção 5 conclui-se o trabalho com as considerações acerca dos pontos levantados, as contribuições e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO

2.1 Ciência como objeto de estudo

“Como se faz ciência?”, “Como a ciência se forma?”, “O que motiva os pesquisadores a fazer Ciência?”, “O que é ciência?” uma paráfrase ao início do trabalho de Molina e Muñoz (2001), mas talvez, essas e algumas outras indagações tenham motivado filósofos, historiadores e sociólogos do início do século XX a entenderem como se dá o processo de produção do conhecimento, sob a óptica da Ciência, como objeto de estudo observável e mensurável, e num sentido mais interior, sua relação entre os principais atores – os cientistas, desenvolvendo-se desta forma a metaciência ou “Ciência das Ciências”, onde as investigações de fatores externos, que interferem na produção de conhecimento, poderiam ser concebidas. O importante trato dessas questões deu origem a diversos estudos e novas questões sobre os avanços e a qualidade das pesquisas, que podem ser utilizados atualmente como base para delinear e aprimorar políticas de incentivo à pesquisa.

Reis (1984), em revisão bibliográfica sobre os estudos sobre a ciência, remonta a trajetória destes estudos desde a primeira cunha do termo “Ciência da Ciência” até as reflexões quanto ao estudo mais generalizado da ciência. Tal trajetória nos possibilita a observação da ciência como objeto de estudo sob o ponto de vista dos historiadores e filósofos - preocupados com o entendimento e funcionamento da ciência - e sobre o ponto de vista dos sociólogos – absorvidos pelas influências que a ciência sofre dos aspectos sociais presentes no contexto em que é desenvolvida.

Apesar da expressão “Ciência da Ciência” estar constantemente associado a Derek De Solla Price, como se observa nos trabalhos de Gonzales de Gomez (2003) e Mugnaini (2006), esta denominação foi primeiramente estabelecida em artigo publicado pelos poloneses Maria Ossowska e Stanislaw Ossowski em 1936 (BRAGA, 1974; REIS, 1984). Entretanto, foram os trabalhos de Bernal (1939 apud REIS, 1984), que serviram de base para os estudos de Derek De Solla Price, e contribuíram significativamente na realização de estudos quantitativos, modelos teóricos e estudos de política e administração relacionados ao desenvolvimento da ciência.

Bernal (1939 apud REIS, 1984), com sua obra “*The Social Function of Science*”, ampliou a discussão sobre o planejamento científico a fim de melhorar os resultados. Neste livro, Bernal, por intermédio de uma sistemática coleta de informações, desenvolve formas de analisar os resultados da ciência, utilizando indicadores quantitativos e modelos para desenvolvimento científico empregando analogias de evoluções em campos específicos (REIS, 1984).

Uma das observações dos dados quantitativos analisados por Bernal, e que Reis (1984) retrata em seu artigo, repassa a questão das citações e reforça a influência exercida sobre Derek de Solla Price:

Os estudos que Price mais tarde realizou sobre as redes de comunicação científica, tratando a literatura científica por meio de índices de citações, atividade que muito se inspirou em Bernal, podem proporcionar modelos outros. A citação de artigos forma uma rede complexa que os liga e cujo padrão se pode estudar pela teoria dos gráficos ou pelos métodos matriciais, e parece sugerir que os artigos se aglomeram em continentes e estados que podem ser mapeados e nos quais se podem revelar saliências e abismo intransponíveis (REIS, 1984, p. 4).

Apesar da observação sobre a formação de redes nas atividades científicas envolvendo as citações (que representam as relações entre autores e valores atribuídos a seus trabalhos) outros estudos que datam da década de 30 também observavam as relações entre pessoas, principalmente com foco psicológico. Dentre estes trabalhos destaca-se a linha sociométrica onde Jacob Moreno em 1934 atuou com o intuito de analisar a estrutura dos grupos formados por pessoas. Moreno, fazendo uso de metodologias científicas visava “explorar as maneiras pelas quais as relações entre as pessoas de um grupo eram tanto limitantes como oportunas para suas ações e, conseqüentemente, para seu desenvolvimento psicológico” (MELO; REGIS, 2008, p.2). A contribuição de mais destaque no trabalho de Moreno é a representação por meio de grafos das propriedades formais das configurações sociais (MARINHO-DA-SILVA, 2003).

Desta forma, os estudos da ciência assumem duas vertentes: uma voltada para os aspectos de começo e fim da produção da ciência, baseados em dados quantitativos e qualitativos, orientando os estudos bibliométricos e a construção de indicadores de investimentos (*inputs*) e produtos (*outputs*) da ciência para a prospecção e diagnóstico

científico. A outra vertente se envereda pelos estudos do processo de construção do “ato científico”, observando o aspecto social que envolve a ciência, sistema de recompensas, motivações e valores.

2.1.1 Visão sociológica da ciência

Thomas Kuhn e Robert Merton iniciaram, entre os anos 40 e 70, discussões e estudos acerca da atividade científica na tentativa de entender o caráter social exercido pela instituição ciência, iniciando assim os estudos sobre a sociologia da ciência ou os estudos sociais da ciência e influenciando novos autores a repensarem a sociologia perante a ciência e o conhecimento (KROPF; LIMA, 1999).

Robert Merton, em seus estudos, buscava os fatores que orientam e movem os cientistas para o desenvolvimento científico, que em outras palavras, buscava a compreensão da estrutura social da ciência com foco nas questões motivadoras, nos valores e nas normas que caracterizam a ciência como instituição social. Ele acreditava que certas condições de uma estrutura social permitiria a constituição da ciência como instituição específica dotada de legitimidade na sociedade (KROPF; LIMA, 1999). Um aspecto considerado por Merton, o estabelecimento de normas, impera no comportamento do pesquisador dentro da Ciência. A priori, as normas postuladas por Merton seriam o Comunismo, o Universalismo, o Ceticismo Organizado e o Desinteresse. Cada uma destas normas pode ser descrita segundo o próprio Robert Merton (1970) e de acordo com os autores Cupani (1998) e Pessoa Jr. (1993) como:

- O “Universalismo”, dado pelo julgamento da legitimidade de maneira impessoal e por critérios previamente estabelecidos. Dessa forma o universalismo garante a democracia científica excluindo qualquer aceitação por atributos pessoais, particularidades ou subjetivismos.
- O “Desinteresse”, uma pesquisa que garanta benefícios próprios ao pesquisador e que os objetivos estejam além do compromisso de obtenção de conhecimentos, não são “bem-vistas” pela comunidade científica. Assim, para a norma do Desinteresse a pesquisa deve estar isenta de conflitos de interesses por parte do pesquisador. Nesta norma também se incluem as questões relacionadas a fraudes e charlatanismos quando

o objetivo é meramente ludibriar os pares.

- O “Comunismo” prega que os resultados da atividade científica pertencem à comunidade científica, não sendo uma propriedade intelectual do pesquisador, cabendo a este somente o mérito pelo trabalho junto ao novo conhecimento. As noções sobre o comunismo de Merton (1970) envolvem também as questões da comunicação científica quanto ao retratamento e a descrição das descobertas.
- O “Ceticismo Organizado”, o conhecimento obtido, antes de ser legitimado, deve ser comprovado empiricamente e passar pelo crivo da comunidade científica, além disso, cabe ao pesquisador, no ato do desenvolvimento do trabalho, se abster temporariamente de seus julgamentos, opiniões e juízo de valores e assim questionar todo conhecimento anteriormente não comprovado.

Estas quatro normas, segundo Merton (1970), funcionam como imperativos morais, que quando seguidos, garantem ao pesquisador a legitimidade de sua descoberta. Somadas aos valores e à complexa relação afetiva, as normas compunham o chamado “*ethos*” científico. Cupani (1998), em artigo de análise epistemológica sobre as influências do “*ethos*” até os dias atuais, ressalta a complementação de outras normas tidas pelos seguidores de Merton e das quais devem estar imbuídas ao pesquisador para que este tenha seu trabalho reconhecido, conforme descrição:

A norma de ***originalidade*** [grifo do autor] enuncia o dever de pensar, tanto quanto possível, por conta própria e procurar aumentar o acervo de conhecimentos disponíveis. A norma contrapõe-se à mera reinteração, consciente ou inconsciente, do saber prévio. A norma de ***Individualismo*** [grifo do autor] exalta o valor da liberdade do pesquisador para escolher seus próprios problemas e técnicas de investigação, bem como avaliar os resultados, sem interferência de qualquer autoridade. A ***neutralidade emocional*** [grifo do autor], por último, prescreve ao cientista manter-se emotivamente distante do seu objeto de investigação para poder avaliar sem paixão argumentos e evidências (CUPANI, 1998 p. 3).

Estes pressupostos sobre a formulação do “*ethos*” científico serviram de base para as considerações sobre o sistema de recompensa científica frente à estrutura normativa definida por Merton, que conduzia para a motivação dentro da estrutura institucional, bem como, em determinadas situações conduzia para extrapolações não condizentes com a realidade. Na

tentativa de por em prática os ideais praticados no “*ethos*”, Merton (1970) percebe que as extrapolações são decorrentes da própria pressão institucional, afetando diretamente o sistema de recompensas. Uma das principais observações reside sobre o chamado “Efeito Mateus”, onde o autor com mais prestígio se beneficia do reconhecimento dos pares para publicar mais (MERTON, 1970).

Em outra linha de pensamento, Thomas Kuhn (1989 apud KROPF e LIMA1999): concentrou seus esforços sobre a origem, formação, aceitação e a quebra dos paradigmas científicos e assim veio a desenvolver uma das obras que mais marcaram estes estudos “A Estrutura das Revoluções Científicas”, em 1989, apresenta a ideia de que os períodos de acumulação de conhecimento pela comunidade científica (denominados por ele de ciência normal) são interrompidos ou intercalados por períodos da chamada ciência extraordinária, onde os paradigmas científicos são questionados e revistos através das revoluções científicas. Este conclui que a ciência evolui tanto de forma acumulativa (nos períodos de ciência normal), quanto nas revoluções científicas, quando ocorrem as quebras de paradigmas. Kuhn esclarece o conceito de paradigma diferenciando o conceito mais amplo, definido por ele e publicado em 1989, e do conceito preciso e tradicional de paradigma, explicando que este novo conceito abrange quatro elementos: as generalizações simbólicas, partes metafísicas do paradigma, exemplares e valores, sendo os valores o elemento que enquadra o cientista em uma comunidade. A compreensão da importância dos valores dentro das teorias de Kuhn é destacada por Kropf e Lima (1999):

A ideia de valores como elementos que legitimam o cumprimento de um conjunto de normas é, portanto, de fundamental importância para compreender-se de que maneira Kuhn concebe a ciência normal como atividade de pesquisa fundada numa sólida rede de compromissos e adesões a um paradigma compartilhado por uma determinada comunidade de praticantes da ciência (KROPF; LIMA, 1999 p. 8).

O ideal de valor, associado à legitimidade das pesquisas, aceito tanto as obras de Thomas Khun e Robert Merton, são a base para a definição e entendimento do sistema de recompensas que vigora atualmente e estimula as comunidades científicas (KROPF e LIMA, 1999). Nos estudos de Merton (1970) é evidente a associação do reconhecimento à produção de “instrumentos escritos formais de comunicação científica, particularmente nos artigos publicados em periódicos científicos” (VELHO, 2007, p.170) sendo este necessário para a

manutenção do incentivo à pesquisa.

Os trabalhos de Merton (1970) e Khun (1989 apud KROPF e LIMA, 1999) sobre o comportamento e estrutura do desenvolvimento da ciência, mesmo recebendo críticas, serviu de referência tanto para a cientometria quanto para a nova sociologia da ciência.

2.1.2 O medir da Ciência

Na vertente dos estudos da ciência que buscam o entendimento da ciência através de métodos quantitativos e qualitativos, o progresso científico é mais facilmente percebido quando é possível comparar e mensurar a implementação das ações para o desenvolvimento na ciência. Medir o quanto a ciência se desenvolve de maneira quantitativa tem por base duas formas de observação, uma baseada nos “*inputs*” (insumos e investimentos para iniciar a produção da ciência, como recursos humanos, financeiros, materiais, etc.) e outra baseada nos “*outputs*” (resultado final do ato científico, como Artigos, Periódicos, Eventos e Patentes) (FRASCATI, 2002; HAYASHI *et al*, 2006; MUGNAINI; JANUZZI; QUONIAM, 2004).

A Ciência que cuida das medições em relação ao desenvolvimento da ciência é denominada Cientometria. O termo e sua definição são encontrados em diversos trabalhos descritos por Cientometria ou por Cienciometria, gerando para a grafia da palavra um trabalho específico que buscou identificar o termo mais adequado para uso, chegando a uma conclusão etimológica para o uso do termo Cientometria (STUMPF *et al*, 2006 apud MUGNAINI, 2006). Já as definições para o termo estão relacionadas à produção de indicadores de C&T e estudos sobre a sociologia da ciência, dentre estes podemos destacar as definições de Macias-Chapula (1998); Silvia e Bianchi (2002), Mugnaini (2006).

As três visões acerca da definição de cientometria descritas abaixo, buscam destacar a sua abrangência e finalidade e os meios para a execução de seus objetivos, servindo de suporte também ao desenvolvimento de Políticas Científicas e Tecnológicas.

Para Macias-Chapula (1998),

Cienciometria é o estudo dos aspectos quantitativos da ciência enquanto uma

disciplina ou atividade econômica. A cienciometria é um segmento da sociologia da ciência, sendo aplicada no desenvolvimento de políticas científicas. Envolve estudos quantitativos das atividades científicas, incluindo a publicação e, portanto, sobrepondo-se à bibliometria (MACIAS-CHAPULA, 1998 p. 134).

O autor diferencia a cientometria perante a bibliometria tornando evidente a abrangência e a preocupação dos estudos cientométricos estando além de quantificações e análises das publicações científicas, servindo como ferramenta para análise e implementação da ciência como um todo. A definição dada por Silva e Bianchi (2002) trabalha com a ideia de análise da inter-relação das atividades científicas, definindo o termo como sendo,

[...] o estudo da mensuração do progresso científico e tecnológico e que consiste na avaliação quantitativa e na análise das inter-comparações da atividade, produtividade e progresso científico. Em outras palavras, a cientometria consiste em aplicar técnicas numéricas analíticas para estudar a ciência da ciência (SILVA e BIANCHI, 2002 p.2).

Assim como nas definições acima, Mugnaini (2006) descreve a cientometria com o caráter amplo para compreender a atividade científica e coloca como fim a busca por materiais que possibilitem o estabelecimento de conexões lógicas para o entendimento do sistema de pesquisa:

A Cienciometria se presta a analisar de forma abrangente o aparato científico tecnológico, fazendo uso de indicadores, e preocupando-se em garantir sua validade e facilitar a compreensão desse universo Não se atendo apenas às publicações, mas ao sistema de pesquisa como um todo, engloba indicadores de insumo e produto, buscando associar causas e efeitos dentro do sistema (MUGNAINI, 2006).

A interface que Macias-Chapula (1998) destaca com a Bibliometria é também dividida com outras metodologias de análise quantitativa da informação e do conhecimento (a Infometria, a Webometria), como pode ser visualizada na Figura 1 presente no trabalho de Mugnaini (2006):

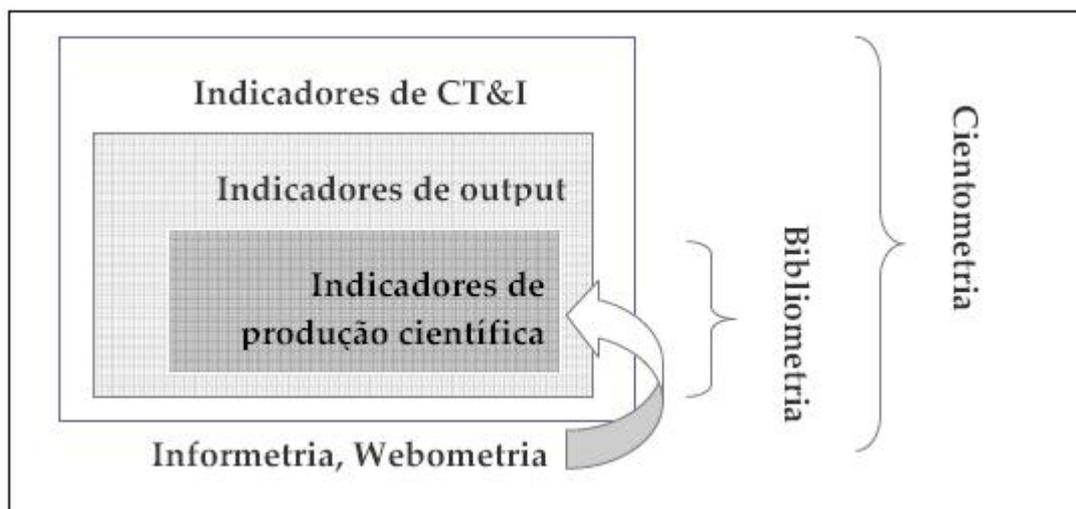


Figura 1 – Relação das análises quantitativas da ciência com indicadores de C&T
 Fonte: Mugnaini (2006).

Na figura podemos observar que a Bibliometria está mais inserida no processo de indicadores de produção científica, enquanto a Cientometria abrange não só o processo de produção de indicadores mas também outros processo como os indicadores de output e o mais geral que seria o processo de produção de indicadores de CT&I. A Informetria e a Webmetria são métodos de quantificação que também podem ser aplicados nestes processo, ao ponto que o elemento essencial para essa quantificação são dados e informações (VANTI, 2002).

Ernesto Spinak (1996) caracteriza a pesquisa cientométrica como uma pesquisa baseada em processos de investigação de uma sociedade e a difere como um objeto de pesquisa não inteiramente objetivo e neutro, diferente dos outros objetos de pesquisa em outras ciências, como as leis da física natural. A plena noção do número de variáveis a serem consideradas num estudo cientométrico faz com que as análises e interpretações dos dados adquiram grande valor para a pesquisa.

Em reflexão sobre os estudos cientométricos, Callon (1989) classifica as análises cientométricas em duas categorias que geram indicadores de Atividade e os Indicadores de Relação:

Tradicionalmente se clasifican los análisis cientométricos en dos categorías, según que conduzcan a indicadores de actividad o a indicadores de relación. Los primeros proporcionan datos acerca del volumen y del impacto de las actividades de investigación, mientras que los segundos rastrean los lazos y las interacciones entre investigadores y campos, de tal forma que queden descritos los contenidos de las actividades y su evolución (CALLON, 1989 p. 41).

As pesquisas relacionadas ao estudo do desenvolvimento da ciência datam do início do século XVI, entretanto a parte quantitativa remonta ao final da década de 30 com os estudos desenvolvidos por Bernal (1939 apud Reis, 2004) e que ganham grande proporção com a criação do periódico *Scientometrics* em 1979 para estudos dessa natureza.(CALLON, 1989). Michel Callon (1989) liga o nome de Derek J. de Solla Price aos estudos quantitativos da ciência principalmente por desenvolver estudos que buscavam analisar a frequência de publicações, número de autores, ciclo de vida das citações e por conta de um dos seus principais livros de análise da ciência “*Little Science, Big Science*” e destaca sua analogia aos estudos da ciência:

[Solla Price] Trata a la ciencia como si fuera un gas, dei que estudia sucesivamente el volumen global (el número de investigadores y su producción), la distribución de las moléculas que componen (los científicos) en función de su velocidad (fecundidad o productividad) y los modelos de interacción de las moléculas (las formas de organización) (CALLON, 1989 p. 10).

Uma das principais conclusões de Solla Price, referente ao desenvolvimento da ciência global, é a que tanto as publicações, quanto o número de autores, duplicam em aproximadamente 20 anos e crescem de maneira exponencial, isto é, matematicamente a taxa de crescimento é proporcional ao tamanho da população que a estuda. (SOLLA PRICE, 1963). Além dos estudos com o total de publicações e autores, outro personagem a se destacar no desenvolvimento da cientometria é Eugene Garfield. Em 1963, Garfield apresenta pela primeira vez o *Science Citation Index*, uma das bases de dados referenciais que mais tarde integraria a *Web Of Science*, criando uma nova maneira de observar por meio de indicadores o impacto que as publicações têm na comunidade científica em que são publicadas fazendo uso das citações. (CALLON, 1989; SILVA; BIANCHI, 2002; MUGNAINI, 2006). As citações serviram de base para dois índices para análise da produção científica: o Fator de Impacto (FI) e o Índice H.

O cálculo utilizando as citações tende representar o mérito, ou uma das recompensas científicas, destacadas por Merton (1970), pois considera que as citações sejam a forma de reconhecimento do grau científico dado a um trabalho. Assim, o Fator de Impacto (FI) pode

ser calculado considerando o total de artigos publicados em um período dividido pelo número de citações recebidas nesse mesmo período de publicações. Silva e Bianchi (2002) definem e exemplificam o cálculo do fator de impacto da seguinte forma:

O fator de impacto de uma revista num dado ano é o quociente entre o número de citações recebidas neste ano pelos artigos publicados nos dois anos anteriores e o número de artigos publicados na revista naqueles dois anos. Por exemplo, o fator de impacto de uma revista *X* no ano de 2001 é definido como o número total de citações recebidas durante o ano de 2001 pelos artigos publicados nos anos de 2000 e 1999 divididos pelo número total de artigos publicados por esta revista durante estes dois últimos anos (SILVA; BIANCHI, 2002 p. 5-6).

De acordo com Pizzani, Silva e Hayashi (2008) “com relação aos valores, o ISI considera como altíssimo impacto os valores acima de 2; alto impacto acima de 1 e baixo impacto de 0 até 1”. Atualmente, o fator de impacto vem sendo utilizado em diversos estudos cientométricos que buscam caracterizar ou avaliar a produção científica em diversos campos do saber (GOLDENBER, 2007; DI CHIARA *et al*, 2007; OLIVEIRA; LUZ; ORNELAS, 2002; PIZZANI; SILVA; HAYASHI, 2008).

O impacto da produção científica de um autor pode ser verificado por meio do cálculo do Índice H. Este índice foi criado em 2005 por J. E. Hirsch, e é definido segundo Costas e Bordon (2007) como uma medida para mensurar a produção científica de um pesquisador com um só indicador, relacionando o total de publicações com o número de citações que este autor recebe em cada um dos artigos. O Índice H, assim como o fator de impacto, representa um indicador indireto de qualidade. Assume esse caráter indireto por seu resultado não estar diretamente relacionado com o conteúdo dos documentos analisados, mas sim com a aceitação do trabalho no meio científico (SILVA; BIANCHI, 2002).

O ponto da história da cientometria mais recente e importante para o desenvolvimento dessa ciência é marcado pelo período pós-segunda guerra mundial. Neste período os países cientificamente desenvolvidos passaram a demandar informações quantitativas em forma de indicadores para direcionar seus esforços e recursos no desenvolvimento de C&T. Dessa maneira uma das metas era “gerar informações e discussões que contribuam para a superação dos desafios característicos da ciência moderna” (FAPESP, 2001).

Os estudos das colaborações científicas fazem parte de um dos desafios da ciência

moderna, ao buscar nela respostas para um desenvolvimento da ciência mais eficaz e com um melhor aproveitamento dos recursos. As colaborações científicas fazem parte dos estudos cientométricos que envolvem as atividades de relação entre os pesquisadores (CALLON, 1989).

2.2 Indicadores de colaboração científica

2.2.1 Bibliometria e os indicadores bibliométricos

A bibliometria assume o papel da técnica quantitativa presente nos estudos cientométricos e caracteriza-se pela aplicação da análise estatística à produção bibliográfica. A maioria dos estudos bibliométricos é baseada na análise de referências bibliográficas, trabalhos de pesquisa e as ligações entre as citações de artigos publicados em revistas científicas internacionais (BUFREM; PRATES, 2005).

A origem do termo bibliometria, segundo Alvarado (1984), está fixada em 1920 junto com o desenvolvimento de outros termos que tinham como função alinhar os estudos matemáticos a questões de quantificação em algumas ciências; servem de exemplo os termos, Biometria (usado na biologia), Econometria (usado na economia), Sociometria (usado na sociologia). O termo bibliometria vincula a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos a livros e outros meios de comunicação escrita. Macias-Chapula (1998) e Okubo (1997), por sua vez, referenciam Pritchard¹ como o primeiro autor a utilizar o termo bibliometria em 1969.

Okubo (1997) caracteriza a bibliometria como uma ferramenta para observação científica e tecnológica utilizando as publicações científica (artigos e patentes). Dentre as quantificações possíveis, três leis podem ser destacadas (Lei de Bradford, Lei de Lotka e Lei de Zipf) por serem comumente usadas nas observações científicas e tecnológicas. A Lei de Bradford “permite estabelecer o núcleo e as áreas de dispersão sobre um determinado assunto em um mesmo conjunto de revistas” (BUFREM; PRATES, 2005), é aplicada em análises que

¹ PRITCHARD, A. Statistical bibliography orbibliometrics? *Journal of Documentation*, n. 25, p. 348-9, 1969.

envolvem os periódicos para sua classificação e distribuição ²por assuntos. Em análises sobre a produção dos autores é utilizada a Lei de Lotka, que analisa a frequência da produção de artigos por autores e pode ser lida como “o número de autores com n documentos é proporcional a $1/n^2$: para cada 100 autores que produzem um único documento, em determinado período” (BRAGA, 1974). Já a Lei de Zipf computa a frequência do aparecimento das palavras, isto é, a distribuição do uso do vocabulário (FAPESP, 2004); Bufrem e Prates (2005) consideram a lei de Zipf como uma medição que serve ao propósito de caracterizar os termos mais utilizados em uma determinada área, através da lista de termos que aparecem em diversos documentos.

Os resultados das leis da bibliometria são geralmente indicadores científicos que retratam a produção do conhecimento ou, no caso das patentes, a transferência do conhecimento e inovação.

Desta forma, Macias-Chapula (1998) conclui:

Esses indicadores científicos são igualmente apropriados para macroanálises (por exemplo, a participação de um determinado país na produção global de literatura científica em um período específico) e para microanálises (por exemplo, o papel de uma instituição na produção de artigos em um campo da ciência muito restrito). Combinados a outros indicadores, os estudos bibliométricos podem ajudar tanto na avaliação do estado atual da ciência como na tomada de decisões e no gerenciamento da pesquisa. (MACIAS-CHAPULA, 1998 p. 135)

Dentre os indicadores científicos de *output* podem ser destacados, segundo Macias-Chapula (1998):

- **Número de trabalhos** – Reflete os produtos da ciência, medidos pela contagem dos trabalhos e pelo tipo de documentos (livros, artigos, publicações científicas, relatórios etc.). A dinâmica da pesquisa em um determinado país pode ser monitorada e sua tendência traçada ao longo do tempo.
- **Número de citações** – Reflete o impacto dos artigos ou assuntos citados.
- **Coautoria** – Reflete o grau de colaboração na ciência em nível nacional e internacional. O crescimento ou o declínio da pesquisa cooperativa podem ser medidos.

² A lei de Bradford também é conhecida como Lei de Dispersão (BUFREM;PRATES, 2005)

- **Número de patentes** – Reflete as tendências das mudanças técnicas ao longo do tempo e avalia os resultados dos recursos investidos em atividades de P&D. Esses indicadores determinam o grau aproximado da inovação tecnológica de um país.
- **Número de citações de patentes** – Mede o impacto da tecnologia.
- **Mapas dos campos científicos e dos países** – Auxiliam a localizar as posições relativas de diferentes países na cooperação científica global.

Estes indicadores citados no trabalho de Macias-Chapula (1998) podem ser considerados como indicadores de primeira ordem, uma vez que são resultados de dados brutos extraídos das referências bibliográficas e o cruzamento destes dados ou de seus metadados dão origem a outros indicadores – indicadores de segunda ordem - que visam aprofundar, especificar e dar melhor entendimento à análise dos dados, por exemplo o cruzamento do número de artigos com o número de citações para indicar quais trabalhos possuem mais citação e em que ano, ou o cruzamento das citações com os países para obter o impacto da ciência desenvolvida em dado país.

Estudos utilizando os indicadores bibliométricos ajudam a caracterizar e até delimitar uma área de estudo; são exemplos os trabalhos Faria (2001) – com análise bibliométrica sobre materiais para tratamento de superfícies. – o trabalho de Hayashi e Silva (2008) – sobre as publicações científicas em Educação Especial – Lima (2007) sobre a atividade científica em Bioprospecção – Krieger (2006) – em análise e perspectivas da ciência e tecnologia no Brasil – FAPESP (2001; 2004) – em caracterização da produção científica no Estado de São Paulo – EUROPEAN COMMISSION (2003) – análise da produção científica na Europa – NSB (2010) – análise da produção científica em ciência e engenharia nos EUA – SCIENCE-METRIX (2008) – análise e geração de indicadores sobre Ciências Sociais e Humanidades e sobre Nanotecnologia no Canadá, respectivamente. Alguns destes trabalhos servem de base ou são encomendados por governos para analisar a criação e o acompanhamento de políticas científicas ou direcionamento de estudos em áreas onde há necessidade de prospecção tecnológica.

Atualmente, a interligação de áreas do saber, designada pela multidisciplinaridade, auxilia na busca de soluções para problemas complexos e faz com que emergja dentro dos estudos cientométricos a necessidade de analisar o desenvolvimento da coautoria, como metodologia para o entendimento desta relação de conhecimentos diferentes para o objetivo

comum. Desta forma alguns trabalhos enfocam suas análises bibliométricas para a criação de indicadores de coautoria na tentativa de entender o processo de colaboração científica (VANZ, 2009; CHAIMOVICH; LETA, 2002).

2.2.2 Colaboração Científica

Dentro dos estudos da ciência, além da questão sobre o que motiva a pesquisa, mais perguntas sobre o fazer científico se fazem notar, principalmente aquelas relacionadas às parcerias na ciência e que envolvem o trabalho em equipe.

O trabalho em equipe é orientado a um objetivo específico e comum. A colaboração, apesar de poder também ter um resultado prático final, é, acima de tudo, um processo no qual os participantes se redefinem como um grupo e procuram a melhor solução possível para todos (COSTA, 2005 p. 23).

A associação para o desenvolvimento científico é um tema complexo de ser abordado, justamente por envolver diferentes visões sob o ato consolidado e principalmente sobre o processo colaborativo. Kretschmer (1999) remete aos colégios invisíveis como a origem e fonte, direta e indireta, de todo estudo sobre colaborações científicas, por situar o processo científico com foco no pesquisador e sua interação com os pares. Já Martin e Katz (1997), dizem que os colégios invisíveis “são uma forma de rede e representam uma boa fonte para potenciais colaborações científicas”, mas não sendo estas fontes exclusivas de colaboração. Estes mesmos autores em seu trabalho tentam elencar as razões para o início de uma colaboração científica. Dentre as razões levantadas estão o compartilhamento de recursos para pesquisas que exigem equipamentos de alta tecnologia, o que força a aproximação dos pesquisadores; outro aspecto é a facilidade de deslocamento geográfico e de comunicação que evoluíram drasticamente nos últimos 50 anos e potencializaram o intercâmbio de pesquisadores. A multidisciplinaridade e interdisciplinaridade também são apontados como fatores que elevaram as colaborações científicas justamente pela necessidade de especialização em atividades dentro da pesquisa.

Além destas quatro motivações para o aumento da colaboração científica, Glänzel

(2003) aponta mais algumas razões em complemento às quatro já citadas, sendo elas:

1. Acesso ao conhecimento.
2. Melhorar o acesso aos fundos de financiamento.
3. Para obter prestígio ou visibilidade, para o avanço profissional.
4. Para progredir mais rapidamente.
5. Para combater um "maiores" problemas [mais importante, mais abrangente, mais difícil, global].
6. Para aumentar a produtividade.
7. Para conhecer pessoas, criar uma rede, como um "colégio invisível".
8. Para atualizar equipamentos, aprender novas habilidades ou técnicas, geralmente para conhecer em um novo campo, subcampo, ou problema.
9. Para satisfazer a curiosidade, o interesse intelectual.
10. Para compartilhar a emoção de um espaço com outras pessoas.
11. Para localizar as falhas mais eficiente, reduzir erros e enganos
12. Para manter uma mais centrada na investigação, porque os outros estão contando com um a fazê-lo.
13. Para reduzir o isolamento, e uma recarga de energia e entusiasmo.
14. Educar [um aluno, aluno de pós-graduação, ou, a si mesmo]
15. Para o avanço do conhecimento e da aprendizagem.
16. Por diversão, diversão e prazer.

A destacar temos a relação baseada na educação entre orientador e orientando (que comumente resulta em uma produção em coautoria), a busca por maior visibilidade entre os pares e a possibilidade de aprendizado de novas técnicas, considerado por Katz e Martin (1997), como o maior benefício da colaboração.

As pesquisas sobre a colaboração científica, após serem debatidas todas as formas de encorajamento e razão para a colaboração, convergem na mesma questão no que diz respeito à sua mensuração. Atualmente a forma mais utilizada para medir o crescimento da colaboração científica é através da coautoria em trabalhos publicados.

A utilização da coautoria (ou múltiplas autorias) para medida aproximada da colaboração científica foi primeiramente realizada por Smith (1958 apud KATZ; MARTIN, 1997) ao analisar artigos do periódico *American Psychologist*. A contagem de autores por artigo revela dois aspectos: o primeiro é que o número de coautorias têm aumentado e o segundo é que a taxa de crescimento tem variado para cada área da ciência (KATZ; MARTIN, 1997).

Dentre os trabalhos recentes que fazem uso das medições de coautoria é possível destacar os trabalhos de Chaimovich e Leta (2002) que avalia o reconhecimento das pesquisas brasileiras através da relação entre o tamanho da comunidade científica e o número de citações, e chega à conclusão que a colaboração brasileira têm aumentado nas últimas décadas ampliando a visibilidade das publicações brasileiras. Vanz (2009), em análise das coautorias brasileiras presentes no ISI de 2004 a 2006, também constata o aumento das publicações em coautoria com o uso de vários indicadores e forma de percepção da colaboração com indicadores sintéticos. Períanes-Rodríguez *et al* (2009), em considerações à construção de indicadores de convergência para a colaboração, enfatiza a utilização das medidas de posicionamento em redes de colaboração como forma de analisar o comportamento individual dos autores. E o trabalho de Maia e Caricato (2008) a aplicação da análise de coautoria dos professores do Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia da Universidade Federal de Pelotas, na tentativa de reconhecimento das formas de colaboração entre os professores da Pós-Graduação.

O crescimento da colaboração científica é evidenciado, como visto acima, em vários trabalhos. Para Wagner e Leydesdorff (2005) sua análise revela que o crescimento na colaboração internacional quase duplicou entre 1990 e 2000, representando quase 15,6% de todo material indexado no ISI. Segundo os autores um dos fatores para o aumento da colaboração é justamente o incremento na capacidade científica de alguns países, e reforçam a ideia de que a internet é um agente facilitador para o aumento nesse processo.

Os indicadores de colaboração científica podem ser encontrados em diversos trabalhos servindo de base para análises de diversas aplicações, entre eles os indicadores que analisam as publicações com ou sem colaboração, as colaborações internacionais e as colaborações locais (entre autores do mesmo país), as colaborações com múltiplos autores e os índices que medem o potencial de colaboração (indicadores que sintetizam a colaboração em um único número).

A maioria dos trabalhos analisados, principalmente aqueles que visam descrever o perfil da produção científica de uma dada região/país, apresentam os indicadores básicos sobre colaboração científica baseada em coautoria como contagem de artigos com ou sem colaboração, número de autores por artigo, número de países por artigo ou quantidade de colaboração internacional (FAPESP, 2001;2004; NSB, 2010; EUROPEAN COMMISSION, 2003; MENEGHINI;PACKER, 2006). Outros autores por sua vez, trabalhando a colaboração científica mesclando os indicadores básicos com fórmulas sintéticas para formação de índices de colaboração científica (CHAIMOVICH; LETA, 2002, VANZ, 2009; PERIANES-RODRÍGUEZ *et al*,2009; ROSSONI, 2006), e ainda aonde a análise se dá com o uso de índices (Coeficiente de Colaboração, Índice de Colaboração³, Cosseno de Salton⁴).

A coautoria vem sendo trabalhada junto com os estudos de formação de rede de colaboração por interpretar as publicações como linhas relacionais entre os autores (nós). Na palavras de Bárabasi *et. al* (2002) “em uma rede de colaboração científica os nós são os cientistas, e dois deles estão ligados se colaboram em uma publicação”.

Entretanto, apesar das definições das redes de colaboração científica estarem ligadas à ação dos pesquisadores, à macrovisualização e à utilização de outros dados (atributos) dos autores é possível visualizar, por exemplo, a colaboração internacional ou a relação entre instituições e até as relações de citações. Essa flexibilidade de organizar as colaborações por agrupamento é permitida pela metodologia de análise de redes sendo definida por Matheus *et al* (2005) como níveis de agregação.

A aplicação dos conceitos da colaboração científica através da visualização das redes sociais é apresentada em vários trabalhos que vêm abordando o tema. O trabalho de Vanz (2009) mostra a rede de colaboração científica dos pesquisadores de várias áreas do conhecimento inclusive a área de Agricultura e Meio Ambiente, e faz uma análise dos subgrupos de pesquisadores de outras instituições que integram a rede de pesquisa no tema. Rossoni (2006) apresenta as coautorias nas pesquisas sobre as organizações e suas estratégias,

³ SAVANUR, K.; SRIKANTH, R. Modified collaborative coefficient: a new measure for quantifying the degree of research collaboration. *Scientometrics*, Budapest, 2009.

⁴ VANZ, S. A. S.; STUMPF, I. R. C. A colaboração internacional no ISI: panorama dos artigos brasileiros nos anos 2004-2006. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA DA ANCIB, 10. , João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa: UFPB, 2009.

utilizando a representação em redes para traçar a mescla de assuntos nas pesquisas empresariais. Os programas de pós-graduação são objeto de estudo de muitos autores, haja vista o trabalho de Lima (2009), que faz uma análise da rede de coautoria do programa de pós-graduação de geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e o trabalho de Silva *et al* (2008) sobre o Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação (PPGCI / UFMG), além do trabalho de Maia e Caricato (2008), já citado.

Em suma, a colaboração científica é um dos indicadores que medem a ciência e para isso faz uso da análise da coautoria como a principal forma de mensuração. Uma função especial é dada à análise das coautorias quando esta faz uso da visualização e das medidas da Análise de Redes Sociais (ARS), que segundo Perianes-Rodriguez *et al* (2009) “a partir de informações bibliométricas, são uma forma de desenvolver indicadores estruturais”, sendo valiosa tanto para a rede como um todo, como para cada um dos atores individuais. Já para Molina e Muñoz (2001):

El análisis de red de coautorías ha permitido establecer indicadores significativos de la estructura de influencias, al menos tal como es percibida por los propios científicos estudiados (MOLINA; MUÑOZ, 2001 p.2).

Para os autores o uso da metodologia de ARS agrega valor não só para a visualização das relações de coautoria, mas também para as possíveis medidas de centralidade da rede que têm se mostrado significativas para estudos de comunidades científicas e o posicionamento de pesquisadores. Ressaltam ainda que as medidas de coesão tendem a estabelecer agrupamentos e verificam a intensidade da atividade entre os pesquisadores. Contudo as medidas das redes podem auxiliar como indicadores em possíveis avaliações das redes de colaboração científica.

2.3 Análise de Redes Sociais

O conceito atribuído ao termo “Rede” presente em dicionários remete à definição de “entrelaçamento de fios unidos por nós que constituem uma malha com espaçamentos regulares” (Houaiss, 2009). Segundo Oliveira (2006), “quando nos referimos às redes temos a noção de nós ligados por fios, que são usados para a retenção de alguma coisa”. Este autor ainda destaca a passagem da utilização do termo para as funções mais utilizadas atualmente:

A amplitude de sua definição possibilita a associação da imagem a diversos contextos e objetos que de certa forma se ligam. As formas mais comuns de ligação entre objetos são a de relacionamentos e a de comunicação, por isso inúmeros exemplos de redes se deparam atualmente, entre eles as redes de computadores (exemplo de ligação de comunicação) e as redes sociais (exemplo de ligação de relacionamento e comunicação) (OLIVEIRA, 2006 p. 13).

De acordo com a citação acima, as redes sociais seriam o exemplo das conexões de relacionamento entre pessoas e sua comunicação. Diversos mecanismos eletrônicos de comunicação que visam ligar pessoas foram classificados como Redes Sociais. Desta forma, o termo Redes Sociais possui tanto o significado mais amplo e generalizado, e que é utilizado nesta pesquisa, e o significado mais rotineiro que define os mecanismos de interação/comunicação social divulgados na Internet. O estudo aprofundado dos pontos da rede e das conexões é denominado como Análise de Redes Sociais.

A Análise de Redes Sociais (ARS) surgiu das abordagens da Sociologia, Psicologia Social e da Antropologia (FREEMAN, 1996), na década de 30, com os primeiros estudos sociométricos desenvolvidos por Jacob Moreno, para estudar padrões de amizade entre pequenos grupos (BRANDÃO; SILVA; PARREIRAS, 2007).

Molina (2004) através da Figura 2 mostra as transformações que influenciaram a teoria inicial de Jacob Moreno ao longo dos tempos:

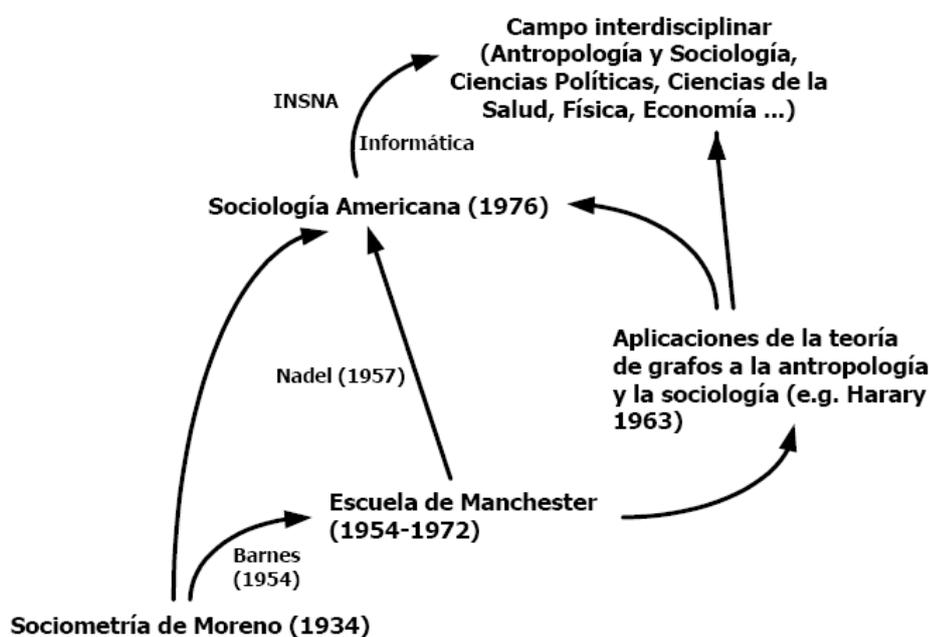


Figura 2 – Evolução da análise de Redes Sociais.
 Fonte: Adaptado de Molina (2004).

Diferentemente de alguns estudos, a ARS não foca os atributos do objeto de estudo, mas sim as formas de interação desse objeto. Dessa forma o estudo se caracteriza primeiramente com uma visão holística das interações, não desprezando a análise de atributos entre atores. Como afirmam Wassermann e Faust (1999):

Em análise de redes sociais os atributos observados a partir dos atores sociais (como a raça e o grupo étnico das pessoas, ou o tamanho ou produtividade de corpos coletivos, tais como empresas ou estados-nações) são compreendidos em termos de padrões ou estruturas de ligações entre as unidades. As ligações relacionais entre atores são os focos primários e os atributos dos atores são secundários. (WASSERMAN; FAUST, 1999, p. 8) (original em inglês).

Ou como reforça Degenne; Forse (1994 *apud* Marteleto, 2001) ao ressaltar que uma rede não se reduz a uma simples soma de relações e que sua forma exerce uma influência sobre cada relação.

Por possuir tal característica a ARS vem sendo utilizada em diversas pesquisas de outras áreas como Física, Computação, Comunicação e pela Ciência da Informação (OLIVEIRA, 2006). ARS faz uso de terminologias que carregam certos conceitos, dentre ele os principais são:

- **Ator(es):** Entende-se como *ator* qualquer entidade existente no contexto da aglomeração territorial que participe ou não dos processos [...] podendo ser uma unidade coletiva, corporativa ou individual (FREITAS; PEREIRA, [2004]).
- **Laço Relacional:** Também denominado simplesmente laço ou ligação (*linkage*), é responsável por estabelecer a ligação entre pares de atores (MATHEUS; SILVA, 2006). Os laços podem ser classificados de diversos modos sendo eles de avaliação individual, transferência de recursos materiais, transferência de recursos não materiais, associação ou afiliação, interação, a movimentação e a conexão física e social, papéis formais e relações biológicas. Os laços entre atores podem ser diferenciados entre laços fortes, fracos e ausentes.
- **Relação:** Um conjunto de laços relacionais da mesma classificação. Quando há um conjunto de laços heterogêneos é dado o nome de Redes multi-relacionais. As *relações* possuem propriedades quanto ao seu direcionamento (direcionais e não-direcionais, quando a relação é recíproca) e a sua valoração (dicotômicas, existem ou não, ou valoradas, assumindo valores discretos ou contínuos).
- **Subgrupo:** Um *subgrupo* é um subconjunto de atores e todas as possíveis relações – conjuntos de laços – entre eles.
- **Redes de modo duplo:** Dois conjuntos distintos com atributos característicos são chamados de redes de modo duplo. As Redes de modo duplo recebem o nome de *Redes de Afiliação* quando reúnem um conjunto de atores e um conjunto de eventos ou atividades.
- **Grupo:** Um *grupo* é um conjunto finito que engloba todos os atores para os quais os laços de determinado tipo foram mensurados.

A definição dos principais termos utilizados nos leva a ter definições dos termos utilizados para a análise dessas redes, dentre eles estão:

- **Díades e Tríades:** São unidades de análise de dois e três atores, respectivamente, e os laços possíveis entre eles. A análise de díades busca identificar, por exemplo, se os laços são recíprocos e se, em uma rede multi-relacional, um conjunto específico de relações múltiplas tende a ocorrer simultaneamente (MATHEUS; SILVA, 2006).

- **Cliques:** Dentro de um subgrupo um conjunto de ligações entre um autor e os outros recebe o nome de nós; a análise desses nós diretamente conectados recebe o nome de Cliques. As Cliques podem representar uma instituição, um subgrupo específico e mesmo identificar a movimentação em torno de um determinado problema (MARTELETO, 2001). Através das Cliques é possível se calcular a *centralidade* de um determinado autor e/ou sua *densidade*.
- **Grafo:** O Grafo é a representação gráfica das ligações, sendo composto por um conjunto de nós e linhas que ligam esses nós. A abordagem em grafo é fundamentada na matemática, assim permite diversas análises numéricas (MATHEUS; SILVA, 2005). O Grafo é representado matematicamente por $G = (N, L)$ sendo que o conjunto de nós representado pela letra N e o conjunto de linhas pela letra L. Os Grafos podem ser classificados entre não-direcionados ou direcionados (dígrafos), podendo ser valorados, ou não-valorados. Os dígrafos possuem orientação dos vértices (linhas) para direção, indicando a origem de uma relação. Os grafos valorados são definidos por Balancieri (2004) sendo um grafo orientado (ou um dígrafo) no qual um número real é associado aos vértices e/ou às ligações. Esse número é frequentemente referido como o peso da ligação. Essa classificação é dada de acordo com a necessidade, ou não, da indicação do fluxo entre os vértices. Na prática esse número pode representar custos, distâncias, capacidades e/ou suprimentos e demandas, tempo (trânsito, permanência), confiabilidade de transmissão, probabilidade de ocorrerem falhas, capacidade de carga e outros. Tais representações de valor permitem cálculos entre nós e distanciamento entre eles, denominadas como distâncias geodésicas.

A identificação e a definição destes termos servem de embasamento para a compreensão das medidas que podem ser realizadas a partir dos grafos com a ARS. Cada uma dessas medidas possui uma representação em fórmula matemática. A centralidade é uma dessas medidas.

2.3.1 Medidas da rede

As medidas, ou cálculos matemáticos, de uma rede podem apresentar diferentes prismas de acordo com a necessidade, entretanto os mais utilizados são as medidas de

centralidade e de coesão das redes. Centralidade, segundo Marteleto (2001), é a posição de um indivíduo em relação aos outros, considerando-se como medida a quantidade de elos que se colocam entre eles. Ainda na mesma obra a autora afirma que a centralidade é a posição que este autor se encontra em relação às trocas e à comunicação da rede. Atores que têm mais ligações que outros atores podem estar em posição mais vantajosa. Por terem muitas ligações eles possuem formas alternativas para satisfazer necessidades e aproveitar os recursos da rede e, assim, possuem menor dependência em relação a outros atores (HANNEMAN, 2001). Porém, Marteleto (2001) alerta que atores com maiores contatos diretos não significam atores melhor centralizados, assim atores com poucas relações diretas podem estar muito bem posicionados por meio de aberturas estratégicas que simbolizam a dinamização das relações e a maximização dos contatos.

Dessa forma o cálculo da centralidade adquire diversas formas de ser obtido, cada um tendo um enfoque diferente considerando suas particularidades, entre elas: a Centralidade de Grau (*degree centrality*), Centralidade de Intermediação (*betweenness centrality*) e Centralidade de proximidade (*closeness centrality*). Entretanto, é necessário considerar que as medidas de centralidade são um recurso sociológico para representação das relações de forma indireta (GÓMES *et al*, 2003).

O grau de centralidade (*degree centrality*), segundo Alejandro e Norman (2006) é a quantificação das relações que um ator da rede tem com os outros nós. O posicionamento do ator dentro da rede está condicionado às suas relações, sejam elas relações fortes ou fracas e quantidade de ligações. O grau de centralidade normalizado apresentará valores entre 0 e 1, de forma possibilitar a comparação entre redes distintas. A quantidade de ligações de um ator mostra a importância e o poder de referência dele dentro da rede.

O grau de intermediação pode ser interpretado como a medida que expressa o controlador da comunicação de uma rede (ALEJANDRO; NORMAN, 2006). “Representa o número de distâncias geodésicas (quantidade de nós entre um ponto e outro) entre quaisquer dois nós da rede que passem por um nó específico” (BRANDÃO; SILVA; PARREIRAS, 2007, p.6). O grau de intermediação mensura e identifica o nó que é responsável pela ligação de grupos dentro de uma rede.

O cálculo da distância geodésica de um ator da rede representa o quanto distante este ator está de outros atores, porém quando medimos o grau de proximidade, trabalhamos com o

inverso da distância geodésica. Desta maneira, o grau de proximidade de um ator é expresso pela soma do valor da distância geodésica destes atores dividido pelo inverso; quanto maior a distância geodésica entre os pontos, maior será o seu grau de proximidade. O Grau de proximidade pode ser interpretado, dentre as medidas de centralidade, como o grau que mais age indiretamente nas proposições de possíveis conexões entre outros atores.

Quanto as medidas de coesão, a mais utilizada é a média de densidade. A densidade de uma rede é medida pelo número de relações existentes em uma rede dividido pelo número de relações possíveis, multiplicado por cem. A densidade é utilizada para verificar a conectividade da rede e possui um limite: quando todos os atores estão diretamente conectados. Quando a densidade da rede é alta, favorece a Transitividade (ROSSONI, 2006, MARTINHO, 2003), que é a medida que se dá sobre as possibilidades de conexão. A transitividade é importante quanto há interesse em compreender o desenvolvimento da reciprocidade entre atores. A transitividade está relacionada a teoria do *Small World* ou teoria dos seis graus, onde teoricamente, cada ator da rede estaria a uma distância de até 6 graus de separação um do outro (MARTINHO, 2003).

As três medidas de centralidade e a medida de densidade serão utilizadas nesta pesquisa de modo a caracterizar numericamente a interação destes atores e possibilitar a identificação das funções de cada ator na rede como complemento à visualização.

2.3.2 Ferramentas para Análise

Os mapas de relacionamento, que demonstram as formas de conexão entre os atores, são obtidos com o cruzamento dos dados e agrupados em matrizes de coocorrência, através de *softwares* específicos para a criação de mapas de relacionamentos. Entre os *softwares* podemos elencar alguns como o PAJEK⁵, UCINET⁶, NODEXL⁷, yEd Graph⁸, Visone⁹,

⁵ <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>

⁶ <http://www.analytictech.com/ucinet/>

⁷ <http://nodexl.codeplex.com/>

⁸ http://www.yworks.com/en/products_yed_about.html

⁹ <http://www.visone.info/>

Atlas.TI¹⁰ e Gephi¹¹, porém os mais referenciados na literatura são PAJEK e UCINET, sendo utilizados principalmente em trabalhos sobre análise de redes sociais (OLIVEIRA; SANTARÉM; SANTARÉM SEGUNDO, 2009; MARTELETO, 2001; OLIVEIRA, 2006; VANZ, 2009; RUSSEL, 2009).

Em trabalho desenvolvido por Régis e Melo (2009) sobre o uso de *software* de redes sociais para representação de redes organizacionais, fica evidente através da quantidade de referências a preferência pelo uso do *software* UCINET. Apesar de ser um *software* vinculado a uma licença de uso e paga, muitos autores utilizam a versão *Trial* disponibilizada gratuitamente por 30 dias disponível no site.

Ahmed *et al* (2005), discorrem sobre a visualização das redes em grandes escalas e com grande número de atores, como é o caso das redes de colaboração científica, relatam no entanto, que os métodos de visualização atuais tendem a apresentar um ou mais dos seguintes problemas:

- pouca escalabilidade;
- fraca integração com os métodos de análise;
- falta de uma boa interação / métodos de navegação, ou
- falta de boa visualização 3D.

Em alguns programas não é oferecida a possibilidade de visualização em 3D e os autores citados destacam que há uma intensa discussão sobre qual a melhor visualização para utilizar: 2D, 3D ou variações. A visualização 3D é recomendada para a maioria das redes, entretanto para visualização em redes de grande escala a visualização em 3D tende a demonstrar a oclusão de alguns nós.

Apesar das ressalvas quanto à visualização, a disseminação das ferramentas de ARS e a utilização da teoria das redes sociais (e suas análises) têm sido estudadas em diversas áreas do conhecimento, sendo aplicadas tanto na interpretação de processos administrativos (MARTINS; CSILLAG; PEREIRA, 2009 e MELO; RÉGIS, 2008), quanto em estudos cientométricos que visam acompanhar a produção do conhecimento de várias áreas (VANZ, 2009) ou de área específica (OLIVEIRA; SANTAREM; SANTAREM SEGUNDO, 2009;

¹⁰ <http://www.atlasti.com/>

¹¹ <http://gephi.org/>

MARTELETO, 2001; MATHEUS; SILVA, 2006; TOMAÉL; MARTELETO, 2006) e que de acordo com Funaro *et al*, (2009) “estabelece um novo paradigma na pesquisa sobre a estrutura social”. Entretanto, uma visão crítica sobre a utilização desta ferramenta é necessária para que a visualização das relações não tome a função de distorcer ou mascarar os fatos que os indicadores tentam sintetizar.

2.4 Redes de Pesquisa em Nanotecnologia no Brasil

2.4.1 Nanotecnologia e Nanociência

A Nanotecnologia e a Nanociência são denominações dadas às pesquisas realizadas em escala que vai de 1 nanômetro até 100 nanômetros e que possibilitam a manipulação de átomos e moléculas com a finalidade de observar, modificar ou melhorar suas propriedades. A Nanociência fornece uma maior compreensão do comportamento dos materiais em escala reduzida, enquanto a Nanotecnologia é o resultado da aplicação desta técnica, seja na criação ou uso de estruturas, dispositivos ou sistemas que adquirem novas propriedades e funções a partir de seu tamanho reduzido (SCIENCE-METRIX, 2008).

Martins *et al* (2007) apresentam a tradução livre feita pelo professor Oswaldo Luiz Alves¹² da UNICAMP para a definição de Nanotecnologia presente em uma publicação original da editora Waite Group Press:

Nanotecnologia, dito de forma simples, é uma ciência relacionada à manipulação da matéria ao nível molecular, visando a criação de novos materiais, substâncias e produtos, com uma precisão de átomo a átomo. A Nanotecnologia está emergindo como a próxima revolução tecnológica, com eventuais efeitos sobre todos os aspectos da vida. De ambientalistas a estrategistas militares, há o consenso de que o crescimento da capacidade da construção molecular – manufatura molecular, fabricação molecular – mudará profundamente o mundo atual em que vivemos (ALVES, 2005 *apud* Martins et.al, 2007 p. 9).

¹² ALVES, O. L. (Ed.). **Laboratório de química do estado sólido**. Campinas: Instituto de Química da Unicamp, 2005. Disponível em: <
http://lqes.iqm.unicamp.br/institucional/bibliotecas/bibliotecas_lqes_nanotecnologia.html >. Acesso em: 26/05/2010.

A Nanotecnologia teve na passagem do século XX para o século XXI uma grande evolução sob a perspectiva de aplicação e controle de diversos segmentos industriais, o que fez com que fosse considerada “como uma tendência chave na Ciência e Tecnologia do século XXI” (ZANETTI-RAMOS; CRECZYNSKI-PASA, 2008). Apesar do desenvolvimento da Nanotecnologia estar sendo percebido em tempos recentes alguns autores acreditam que a Nanotecnologia seja decorrente das primeiras ideias de modelos de representação química da matéria (MARTINS, 2004; BASTOS, 2006).

A Nanotecnologia e a Nanociência são vistas como uma tecnologia emergente e ganham fundamentação estratégica ao terem idealizadas suas aplicações nos mais diversos segmentos trazendo benefícios para a indústria e, em até certo ponto, bem-estar e comodidade para a sociedade. Segundo o relatório da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) de 2010, elas “representam um novo patamar de conhecimento, com imensos e ainda não devidamente mensurados impactos científicos e econômicos” (AGÊNCIA..., 2010, p.vi).

A fabricação e controle da estrutura da matéria num nível molecular [...] representa o início de uma nova e revolucionária era, onde se pode ter acesso a novas propriedades e comportamento de materiais e de dispositivos de modo nunca visto (MEDEIROS; MATTOSO; PATERNO, 2006 p. 14).

A evidência das pesquisas em Nanotecnologia despertaram uma corrida pelo conhecimento em nanoescala. Zanetti-Ramos e Creczynski-Pasa (2008) descrevem os Estados Unidos como o primeiro país a desenvolver uma iniciativa para fomentar a pesquisa em Nanotecnologia (em 2000) precedido pelo Japão em 2001, embora dados do mesmo trabalho mostrem um investimento maior japonês até o ano de 2000 a 2003.

Os grupos de excelência na pesquisa em Nanotecnologia concentram-se em regiões como Estados Unidos, Europa, China, América Latina e Japão (DURAN; MATTOSO; MORAIS, 2006). Embora estejam representados geograficamente, na América Latina, os países que mais se destacam são Brasil e Argentina; já na Europa, países como a Alemanha, França, Espanha, Reino Unido e Itália (ZANETTI-RAMOS; CRECZYNSKI-PASA, 2008; SCIENCE-METRIX, 2008).

2.4.2 Iniciativa brasileira e a formação das redes

No Brasil, iniciativas para o desenvolvimento da Nanotecnologia guinaram inicialmente para a formação de redes de pesquisa e partiram do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e do CNPq, que em 2001 deram início à iniciativa brasileira em Nanotecnologia (SILVA JÚNIOR., 2002, KNOBEL, 2002 E DURAN; MATTOSO; MORAIS, 2006).

A iniciativa brasileira para desenvolvimento da Nanotecnologia parte da constatação mundial sobre este tema, como sendo uma área de convergência tecnológica e conhecimento futuro.

Convergência Tecnológica é o processo de integração sinérgica de conhecimentos e tecnologias já disponíveis em várias áreas e setores, possibilitando a geração de novos conhecimentos e a produção de bens e serviços que não seriam possíveis por cada área ou setor isoladamente. Conhecimentos e instrumentos diversos “habilitam” outras áreas a realizar de forma mais rápida, ou mais precisa, ou mais ampla, potencialidades e expectativas no campo científico e tecnológico, com impactos cada vez mais significativos para as sociedades, em geral, e para o ser humano, em particular (SAÉNZ; SOUZA-PAULA, 2008, p. 2).

O grupo de tecnologias em convergência, incluindo a Nanotecnologia, é chamado de “Bang Teoria” composto pela Tecnologia da Informação (Bits) Nanotecnologia (Átomos) Neurociência Cognitiva (Neurônios) Biotecnologia (Genes) e tomando-se as iniciais de cada objeto de estudo, formam o termo BANG (MARTINS, 2004).

A Rede de Pesquisa em Nanotecnologia pode ser entendida como o trabalho cooperativo de pesquisadores do assunto, em seus diversos níveis de instrução, atuando instituições diferentes, trabalhando em direção do objetivo comum de desenvolver a pesquisa no Brasil ampliando a participação brasileira nas discussões e assegurando o domínio de tecnologia de alto impacto.

O MCT e o CNPq não apresentam uma definição específica sobre as Redes de Pesquisa em Nanotecnologia, porém, em interpretação do primeiro edital (CNPq/MCT nº1/2001), a Rede de Pesquisa em Nanotecnologia é correspondente à articulação entre os

centros de pesquisa, universidades e empresas que possuem conhecimento e interesse no desenvolvimento da tecnologia de modo a representar inicialmente uma massa crítica para o assunto e posteriormente um sistema de informação especializada em Nanotecnologia; e a rede seria o resultado do trabalho colaborativo entre os pesquisadores destas instituições (BRASIL, 2001).

Apesar de haver registros de pesquisas em Nanotecnologia no Brasil anteriores à 2001 (Martins, 2007) e investimentos em equipamentos do próprio MCT em 1987 (BRASIL, 2006), o marco mais significativo da pesquisa no país se deu por conta do Edital CNPq/MCT 01/2001, que tinha como objetivo a formação de redes colaborativas de pesquisa básica e aplicada em Nanotecnologia e Nanociência, que buscava projetos de pesquisa em três assuntos específicos, os Materiais Nanoestruturados, Nanobiotecnologia/Nanoquímica e Nanodispositivos, visando atingir três metas iniciais, sendo elas (BRASIL, 2001):

- a) dar início a um processo de criação e consolidação de competências nacionais;
- b) identificar grupos ou instituições de pesquisa que desenvolvam ou possam vir a desenvolver projetos relacionados com a área de Nanociências e Nanotecnologias, e;
- c) estimular a articulação desses grupos e instituições com empresas potencialmente interessadas ou atuantes no setor, além de seu intercâmbio com centros de reconhecida competência no país e no exterior.

Knobel (2002), ao comentar sobre a iniciativa brasileira, salienta que as redes de pesquisa em Nanotecnologia devem fazer uso dos recursos existentes para ampliar a função da Nanotecnologia em diversas áreas de aplicação:

além de aproveitar os grupos de pesquisa e infraestrutura já existentes, deveria ser de longo prazo, para apoiar pesquisa e desenvolvimento em nanoescala que permitissem levar a resultados de impacto em áreas como tecnologias da informação, fabricação de componentes metálicos e não metálicos, medicina e saúde, meio ambiente e energia, nanoeletrônica, nanobiotecnologia, agricultura e nanometrologia (KNOBEL, 2002).

A princípio, o edital previa três redes uma para cada tema (BRASIL, 2001), no entanto quatro redes temáticas em Nanotecnologia e Nanociência foram formadas, decorrentes de 27

projetos submetidos e entre 12 aprovados, que foram agrupados para formar as quatro redes (MARTINS, 2007). Desta maneira, iniciaram-se as atividades com recursos mínimos para desenvolver as pesquisas e promover encontros em eventos para divulgação e acompanhamento dos resultados (Knobel, 2002). Foram destinados inicialmente três milhões de reais que foram complementados em mais dois aditivos aumentando a quantia em mais 5 milhões de reais em 2003 e mais 1,8 milhão de reais em 2004, totalizando 9,8 milhões reais.

As quatro redes formadas foram intituladas por Renami, Nanoestruturados, NanoSemiMat e Nanobiotecnologia, as duas primeiras sendo de Recife/PE e as duas últimas de Campinas/SP. Segundo dados do MCT (BRASIL,2006) registraram um total de 358 pesquisadores de 77 instituições diferentes, produzindo 2.319 artigos e 97 patentes¹³, ao longo de seus quatro anos de atividade.

O trabalho de Cabral *et al* (2007), classifica a ação de criação das redes como incipiente, perante as grandes iniciativas mundiais de financiamento da pesquisa em Nanotecnologia, quando comparados com EUA e Japão, alega que a falta de planejamento e a troca de governos prejudicou um bom início da pesquisa no Brasil.

Em 2003, as ações de planejamento para a pesquisa em Nanotecnologia, tiveram como base a criação de um Grupo de Trabalho que recebeu a incumbência de preparar o Documento Base¹⁴ para a formulação de um programa que integraria o Plano Plurianual (PPA) de 2004 a 2007, “evitando a problemática decorrente da provável perda de competitividade da indústria brasileira em seus diversos setores produtivos”(ZANETTI-RAMOS; CRECZYNSKI-PASA, 2008). Este programa, composto por determinadas ações, seguiria as recomendações deste Documento Base e estabeleceria objetivos e metas para o desenvolvimento das pesquisas. O Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia surgiu em 2004 com o objetivo “desenvolver novos produtos e processos em Nanotecnologia, visando o aumento da competitividade da indústria nacional”. As intenções que compunha o programa eram baseadas em ações de “implantação”, “apoio”, “fomento” e “gestão”:

¹³ O número de patentes pode ser maior, pois não foi informado pela Rede Nanoestruturado.

¹⁴ É um texto abrangente, que discute aspectos referentes ao estado-da-arte da nanociência e da nanotecnologia no país, identifica a infra-estrutura laboratorial mínima desejável, as competências instaladas e as perspectivas de desenvolvimento. (MCT, 2008) - Disponível no endereço: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/2174.html>.

A ação de "**Implantação**" visa apoiar a construção e reestruturação de laboratórios. [...]. A ação de "**Apoio**" visa garantir a manutenção dos laboratórios e redes. A ação de "**Fomento**" visa apoiar o desenvolvimento de projetos conjuntos entre instituições de pesquisa e indústria. Esta ação será executada por meio de Edital da FINEP/FNDCT. A ação de "**Gestão**" serve de apoio às atividades do Programa. (MCT, 2008).

Em 2005, com a aprovação em agosto do Programa de Nacional de Nanotecnologia (PNN), - este apoiado em ações e recursos orçamentários do PPA 2004-2007 e dos Fundos Setoriais - um nova chamada (Edital CNPq/MCT 29/2005) foi aberta em outubro para a formação de dez novas redes, criando o Programa Redes BrasilNano, com previsão de recursos de 12 milhões de reais e vigência de quatro anos, possivelmente prorrogáveis (MARTINS, 2007; BRASIL, 2006; ZANETTI-RAMOS; CRECZYNSKI-PASA, 2008), conforme mostra o Quadro 1:

N.º	Coordenador	Título do Processo	Instituição
1	Anderson Stevens Leônidas Gomes	Rede de Nanofotônica	UFPE
2	Eudenilson Lins de Albuquerque	Rede Nacional de NanoBiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados (NanoBioEstruturas)	UFRN
3	Oscar Manoel Loureiro Malta	Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces - Estágio III	UFPE
4	Marcos Assunção Pimenta	Nanotubos de Carbono: Ciência e Aplicações	UFMG
5	Sílvia Stanisçuaski Guterres	Nanocosméticos: do Conceito às Aplicações Tecnológicas	UFRGS
6	Gilberto Medeiros-Ribeiro	Microscopias de Varredura de Sondas- <i>Software</i> e <i>Hardware</i> Abertos	LNLS
7	Adalberto Fazzio	Simulação e Modelagem de Nanoestruturas	USP
8	Fernando Lázaro Freire Júnior	Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados	PUC-RJ
9	Maria Rita Sierakowski	Nanoglicobiotecnologia	UFPR
10	Paulo César de Moraes	Rede de Nanobiomagnetismo	UNB

Quadro 1 – Redes BrasiNano de colaboração científica em Nanotecnologia.

Fonte: MCT (2010).

O apoio financeiro destinado as redes, além do previsto no edital, foi decorrente dos Fundos Setoriais através da Ação Transversal de Nanotecnologia, destinando cerca de 15 milhões de reais entre 2005 e 2006, investidos em equipamentos e contratações para laboratórios (MARTINS, 2007; ZANETTI-RAMOS; CRECZYNSKI-PASA, 2008). No total, só no ano de 2005, foram investidos mais de 80 milhões de reais em infraestrutura e pesquisas em Nanotecnologia (BRASIL, 2006).

Para cada rede, apesar da instituição estar vinculada ao coordenador do projeto, existem outras instituições de pesquisa com localizações geográficas diversificadas, compondo as frentes de pesquisa no tema proposto.

Cabe ressaltar uma mudança estratégica das ações do governo neste período. A preocupação de direcionar a produção brasileira, aumentar a capacidade de inovação das empresas e aumentar as exportações, fez com que as ações do PNN fossem alinhadas com as políticas estabelecidas pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (PITCE); uma preocupação direta com a competitividade da indústria brasileira. Este novo tipo de gestão compactua com as ações de integração de planos e programas tomadas a partir de 2007.

Em novembro de 2007, um conjunto de planos do governo foi lançado junto com o PPA 2008-2011. Entre eles o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI), que pretende dar maior governança e articulação às ações necessárias ao desenvolvimento e ao fortalecimento da ciência, da tecnologia e da inovação no país (MCT, 2008b). O PACTI, com orçamento previsto até 2010 no valor total de 69,9 milhões de reais (verba prevista no PPA e Fundos Setoriais), é composto por quatro prioridades estratégicas, e as ações destinadas a Nanotecnologia integram a prioridade de fortalecer as atividades de pesquisa e inovação em áreas estratégicas, juntamente com as ações voltadas à Biotecnologia. Nesta prioridade foi desenvolvido o Programa de C,T&I para Nanotecnologia e que está pautado em quatro eixos de atuação:

- a)** fortalecer a gestão e a articulação dos diferentes atores governamentais envolvidos com o tema, de modo a maximizar as oportunidades e vantagens competitivas identificadas para o País na área; **b)** aumentar as competências no País em nanociência e nanotecnologia, por meio do apoio à formação e à fixação de recursos humanos, e da consolidação da infra-estrutura básica de caracterização e manipulação de materiais nanoestruturados; **c)** promover ações para estimular a inovação em nanotecnologia, mediante o apoio à interação entre ICTs e empresas; e **d)** estímulo à cooperação internacional (MCT, 2008).

Dos eixos estabelecidos no programa, é de se destacar o eixo de estímulo a Cooperação Científica Internacional. No relatório publicado em 2006 pelo MCT, é destacada a intensidade de consultadas de interesse em cooperação internacional com o Brasil, além dos

acordos de cooperação já firmados com Argentina, França, Índia e África da Sul ¹⁵(BRASIL, 2006) e as missões exploratórias enviadas à África do Sul, Austrália, Japão, Reino Unido. Há necessidade de mais investimentos e definições de áreas prioritárias para estabelecer projetos ambiciosos com EUA e Japão, países estão na vanguarda dessa área e buscam parcerias em assuntos específicos (BRASIL, 2006).

A formação de redes de pesquisa em Nanotecnologia foi apenas o começo de uma importante caminhada para avanços tecnológicos no país, sendo um dos pilares junto com a infraestrutura e formação de recursos humanos. A estrutura atual da formação de redes apresenta como indicadores de sucesso, apenas a quantificação dos seus resultados (artigos, patentes e eventos realizados) em detrimento dos recursos financeiros investidos e recursos humanos utilizados. Aspectos ocultos, inerentes a absorção de conhecimento ou *inputs* para formulação de novos temas de pesquisa, não são observados, por exemplo, com a formalização de acordos de cooperação internacional ou na tentativa de verificar o grau de interação entre os pesquisadores ou instituições. Assim, o *gap* de informação acerca da efetivação das redes permanece, oculto pelos avanços generalizados da área.

¹⁵ A Cooperação Internacional com a Argentina foi firmada em 2005 com a formação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN), com o Chile e a formação do Centro Brasileiro-Chileno de Nanotecnologia (CBCN) em 2009 e com a África do Sul, França e Índia, que ocorreu em 2009 com o IBAS (BRASIL, 2006).

3 METODOLOGIA

São inúmeras as definições para método de pesquisa presentes na literatura. Geralmente estas definições carregam de maneira objetiva ou subjetiva a ideia de sistematização, racionalização e segurança para alcançar um determinado objetivo que tende a responder a um questionamento. Como exemplo, temos a definição de Bunge (1980, p.19), onde método de pesquisa é “um procedimento regular, explícito e passível de ser repetido para conseguir-se alguma coisa, seja material ou conceitual”, ou a definição de Jolivet (1979, p.71) sendo “a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um fim dado” e a definição mais atual de Cervo e Brevian (2002, p.23) onde método representa “o conjunto de processos empregados na investigação e demonstração da verdade”. Para estes últimos autores a escolha do método depende essencialmente do objeto de pesquisa. Pormenorizadamente, a escolha do método está ligada ao problema de pesquisa, entretanto, a natureza do problema pode relacionar um ou mais métodos procedimentais. Marconi e Lakatos (2007) elencam como métodos de procedimentos em ciências sociais 7 métodos, sendo o método histórico, comparativo, monográfico, estatístico, tipológico, funcionalista e estruturalista, os que geralmente são utilizados ao mesmo tempo.

A pesquisa científica pode ser classificada com base em seu objetivo geral, sendo ela descritiva, exploratória e explicativa. A pesquisa descritiva se caracteriza por descrever um determinado fato ou fenômeno e estabelecer relação entre eles. A pesquisa exploratória visa descrever um problema de modo a levantar informações sobre ele sem haver hipóteses a serem comprovadas e a pesquisa explicativa ou experimental busca desenvolver as relações de causa e efeito sobre um determinado fenômeno, (CERVO E BERVIAN, 2002; GIL, 1989).

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser quantitativa ou qualitativa. A abordagem quantitativa pode ser definida por trabalhar com técnicas estatísticas, grandes amostras e dados numéricos, enquanto a qualitativa preocupa-se em analisar e interpretar aspectos mais profundos que vão além dos dados numéricos (MARCONI; LAKATOS, 2007).

Portanto, para analisar a colaboração científica na área de Nanotecnologia optou-se por um estudo de caráter descritivo e abordagem metodológica quantitativa, por almejar uma

descrição e análise do comportamento dos atores presentes nesta rede por meio de análise estatística descritiva de suas publicações científicas. Valendo-se de métodos estatísticos para o tratamento e análise dos dados, método histórico para o levantamento e entendimento dos trabalhos já realizados sobre colaboração científica e utilizando o método comparativo para comparar o comportamento da rede de colaboração científica. Apesar da escolha por um estudo quantitativo, observar-se-á que em certos pontos da análise dos resultados pode transparecer o indício de um estudo quali-quantitativo, porém este trabalho limita-se apenas ao ato de medir e comparar.

A forma de coleta dos dados para esta pesquisa foi realizada de duas maneiras uma indireta, pois utiliza-se de dados bibliográficos obtidos em base de dados. Essa forma de coleta de dados é comumente utilizada em estudos cientométricos e/ou bibliométricos, conforme pode se observar em diversos trabalhos, inclusive em Faria (2001). E outra de forma direta com entrevista a um membro da rede analisada através de entrevista direcionada.

Desta forma o planejamento do trabalho pode ser dividido em duas fases: a primeira que contempla todos os procedimentos para recuperação e elaboração de gráficos e redes; e o segundo com as análises dos resultados obtidos.

Procedimentos e ferramentas

O cerne do procedimento adotado nesta pesquisa consistiu a coleta de dados bibliográficos das publicações científicas brasileiras da área de Nanotecnologia ocorridas no período de 1998 a 2009 e indexadas na base de dados *Web of Science*. As publicações recuperadas foram processadas com ferramentas específicas para a elaboração de indicadores bibliométricos de colaboração científica e redes sociais. Os indicadores e redes foram analisados isoladamente e comparados com o contexto em que se encontram.

A *Web of Science*, sistema de base de dados multidisciplinar desenvolvida pelo ISI (*Institute for Scientific Information*), foi escolhida como fonte de dados bibliográficos para avaliar a relação entre os autores, instituições, estados, áreas do conhecimento e países das áreas analisadas. Das bases de dados que compõem a *Web of Science (WoS)*, foram utilizadas as três *Science Citation Index - Expanded (SCI)*, *Social Science Citation Index (SSCI)* e *Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)* para ampliar o universo de recuperação dos dados. A WoS é citada na literatura como a principal base de dados para a realização de pesquisas que

visam avaliar a evolução da produção científica por conta de sua abrangência em número de periódicos indexados, compilação de aproximadamente 10 mil periódicos de alto impacto e sua multidisciplinaridade; órgãos governamentais e apoiadores de pesquisa utilizam os dados contidos nestas bases para avaliar a produção e tomar decisões sobre investimentos em áreas de pesquisa, como é o caso da FAPESP (2004), como exemplo do Brasil e do National Science Board - NSB (2010) e European Commission (2003) nos EUA e Europa, respectivamente. A literatura ainda tem ressalvas à utilização da WoS como fonte principal de informação sobre a produção científica para alguns países, principalmente países com variação linguística e que estão em processo de desenvolvimento, isto pelo fato desta base possuir um grande número de indexações de periódicos de áreas cujos países são considerados como maiores produtores de ciência, assim conseqüentemente, periódicos que se apresentam em idiomas anglo-saxônicos (DAVYT; VELHO, 2000), que poderia estabelecer uma relação desigual em caso de comparações de produção científica ou desenvolvimento tecnológico. Entretanto, o que justifica a escolha da WoS para este trabalho é, apesar das ressalvas, a escolha da área a ser analisada, onde estima-se que grande parte das publicações sejam realizada em periódicos internacionais. Outra questão que corrobora para a utilização da base são outros trabalhos já realizados, o que não modificaria a lógica básica dos estudos (HULLMANN; MEYER, 2003; PORTER *et al*, 2008).

O período estabelecido para a recuperação dos dados foi estimado em 12 anos, considerando os últimos anos, de 1998 a 2009. Apesar de não caracterizar o início da rede de colaboração para a área de Nanotecnologia, o período escolhido possibilita a visualização da dinâmica da rede nos dias atuais e sua evolução. A expressão de busca utilizada para a recuperação dos dados bibliográficos em Nanotecnologia visou recuperar todo o universo de artigos que tivessem o radical “nano” no título, resumo e palavras-chave, limitando-se aos artigos que contenham pelo menos um endereço do Brasil e palavras que não representavam estudos em Nanotecnologia utilizando operadores booleanos. Desta forma, termos como “nano2”, “nano3” e “*nanoscope*” e “*nanosecond*” foram retirados da busca. Nano2 e Nano3, pois representam o nitrato (NaNO_3) e o nitrito de sódio (NaNO_2); *Nanoscope* representa um equipamento com lente, e *nanosecond* uma escala de medida de tempo. A escolha da expressão de busca para delimitar os estudos na área de Nanotecnologia é discutida por Porter *et al* (2006) que desenvolvem um refinamento de termos para estudos bibliométricos. A escolha dos termos é complicada pelos inúmeros campos e subcampos, além das aplicações que envolvem a Nanotecnologia (HULLMANN; MEYER, 2003; PORTER *et al*, 2008;

ROCCO, 2001). Hullmann e Meyer (2003) alegam que a execução da busca pelo radical “nano*” apesar de parecer simplista, é a expressão mais utilizada em pesquisas até que se tenham definidas exatamente as fronteiras da ciência em Nanotecnologia. Com base nisso a expressão de busca utilizada na base WoS foi:

TS=(Nano*) AND AD=(Brazil OR Brasil) NOT TS=(nano2 OR nano3 OR Nanosecond OR nanoscope)

Essa expressão recuperou um total de 4.945 publicações e foi realizada no mês de Março de 2010.

A não padronização dos dados que constam nas bases de dados exige que seja feito um trabalho de tratamento para remoção das imperfeições para depois serem quantificados. Estas imperfeições nas bases de dados também são observadas em trabalhos como o de Faria (2001) e Lima, Hayashi e Hayashi (2008) e exigem um trabalho de tratamento.

O *Software* bibliométrico utilizado para quantificar os dados bibliográficos foi o VantagePoint®, desenvolvido pelo grupo da *Georgia Technology Institute* – EUA, e permite a organização, o tratamento e o cruzamento dos dados. Por esta característica funcional o *Software* também recebe definições de *Dataming* justamente por facilitar o entendimento dos dados. Como resultados do processamento dos dados, o VantagePoint® fornece listas, matrizes e mapas estatísticos dos dados analisados. Muitas das informações foram transferidas para o *Microsoft Excel*® para ampliar a diversidade de gráficos e tabelas, para posteriormente serem discutidas com o especialista da área.

A sequência das atividades do desenvolvimento da pesquisa pode ser visualizada através da Figura 3:

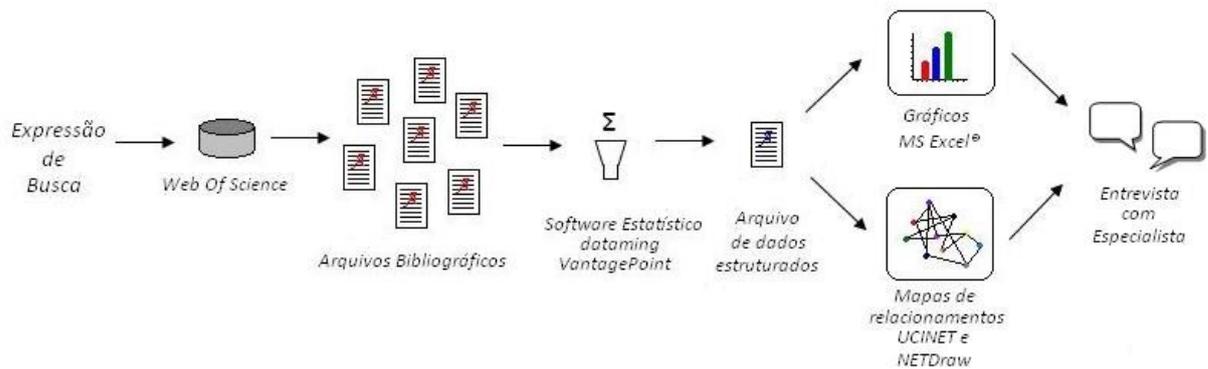


Figura 3 – Procedimento de recuperação dos dados

Fonte: Elaboração própria com uso *software Microsoft Word e Microsoft Paint*.

Alguns indicadores de colaboração proporcionados pelo tratamento dos dados seguem o apresentado por trabalhos anteriores que tratam, ou de indicadores de colaboração científica, ou de redes de colaboração (FAPESP, 2004; e NSB, 2010) que comparam as publicações com ou sem colaboração e a colaboração internacional. Além dos indicadores de colaboração são apresentados também indicadores do crescimento das publicações da área e as principais instituições de pesquisa. Estes indicadores auxiliam na contextualização em que a colaboração se desenvolve e na identificação dos principais atores destas redes.

As representações gráficas das colaborações através das redes tende a seguir lógica de níveis, indo do nível mais agregado para o mais desagregado (MATHEUS *et. al*, 2005). Este tipo de visualização nos permite entender, por meio das redes, toda a complexidade existente em determinada atividade, conforme ilustra a Figura 4.

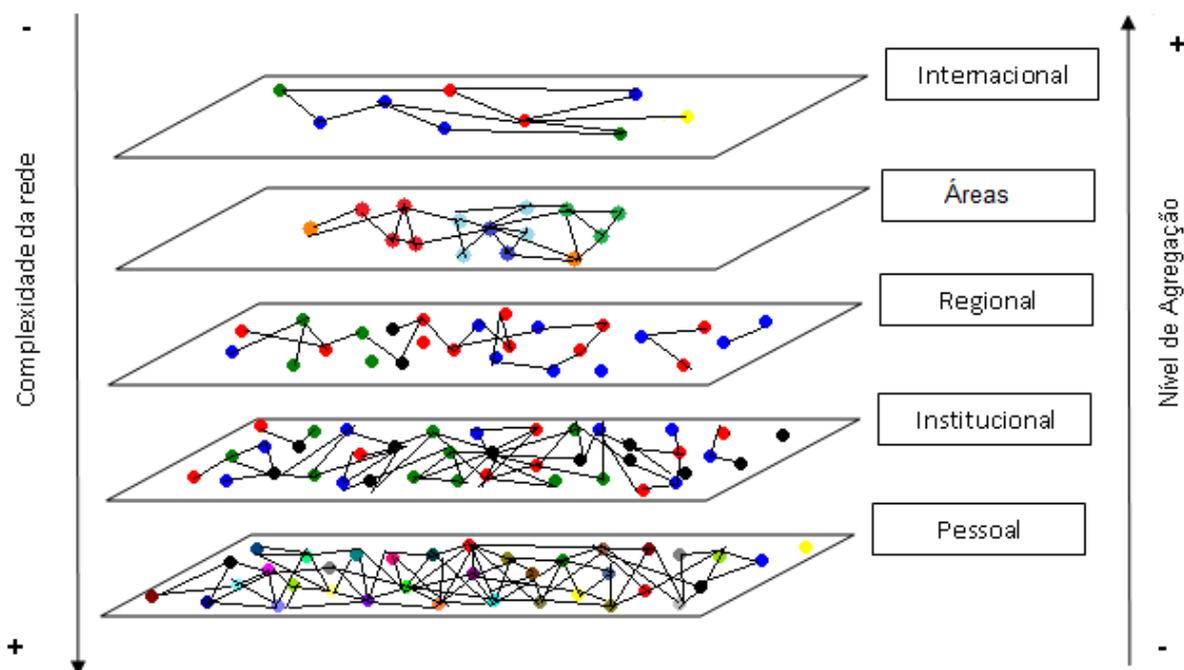


Figura 4 – Níveis de agregação e complexidade das Redes.
Fonte própria.

A Figura 4 apresenta o nível de agregação pessoal como o mais complexo, institucional, regional, Área temática e internacional que apresenta grau de menor complexidade dado ao número de atores nas redes; cabe ressaltar que a complexidade das redes está ligada ao número de atores e também à quantidade de interação que existe entre eles.

A ideia de visualização das redes não como um quadro panorâmico estático já foi utilizada anteriormente no trabalho de Wagner (2005), Brandão; Silva e Parreiras (2007) e Russell (2009). É compreensível que se tratando de relações, principalmente relações de coautoria em um trabalho, a colaboração dure somente no ano de publicação do artigo, variando a intensificação de acordo com o número de publicações naquele ano. Sendo assim, as redes de colaboração científica, em áreas muito produtivas, mudariam sua dinâmica a cada análise anual que fosse feita. Seguindo esta lógica para a área de Nanotecnologia, foram segmentados quatro grupos que cobrissem o período (1998-2000, 2001-2003, 2004-2006 e 2007-2009), e destes grupos foram feitas as representações gráficas das redes.

Para os resultados em redes foi utilizada a metodologia de Análise de Redes Sociais, onde é possível mensurar as relações e obter medidas como a de Grau de Centralidade, Grau de Proximidade e Grau de Intermediação, obtidas com o *Software* UCINET. A representação matemática/estatística do comportamento das redes está relacionada com a análise da

representação gráfica. Para cada ano analisado, as medidas foram calculadas e comparadas, confrontando principalmente com os dados bibliométricos apresentados nos gráficos. As análises da representação gráfica foram divididas tomando-se como referência o grau de agregação das redes, conforme demonstrado na Figura 4, analisando os cinco níveis de agregação das colaborações (internacional, regional, área do conhecimento, institucional e pessoal) para a subdivisão temporal estipulada para a pesquisa. Desta forma, não só a mensuração de quanto a rede aumenta por ano, em matéria de produção bibliográfica e em interação com diferentes pares, mas também destaques sobre aspectos que possam ser motivadores para a colaboração científica podem ser observados incorporando às redes atributos como quantidade de citações recebidas, número de artigos publicados e índice H para os principais autores.

Em redes cuja complexidade inviabiliza uma análise completa das relações, optou-se por uma representação completa das redes para delinear a quantidade de interações possíveis em Nanotecnologia, identificando nesta rede os autores com melhor centralização (grau de centralidade) e os autores com extensa publicação, formando a partir destes autores redes egocêntricas limitadas somente aos relacionamentos diretos.

O procedimento descrito para produção e análise dos dados permitiu, além da visualização das redes de colaboração, a reprodução de alguns indicadores de colaboração descritos principalmente nos trabalhos de Chaimoichv e Leta (2002), Vanz (2009), Okubo (1997), FAPESP (2001 e 2004), Rossoni, (2006) NSB (2010) Sciece-Metrix(2008) e Dal Poz (2006), sendo eles:

- Quantidade de publicações em colaboração e sem colaboração
- Quantidade de publicações de colaboração externa e colaboração interna
- Quantidade de autores por publicação e participação no total de publicações
- Quantidade de colaboração por país
- Quantidade de países por publicação

Por fim, foi conduzida uma entrevista (roteiro disponível no Apêndice A) com o Professor Dr. Élson Longo, participante da rede analisada, para obter detalhes acerca do tema de redes de colaboração científica, relatos de experiência quanto à participação na rede de

pesquisa em Nanotecnologia e pontos relacionados aos resultados da pesquisa que vieram facilitar a análise e alcançar considerações mais próximas da realidade da pesquisa em Nanotecnologia.

A seguir, seção 4, são apresentados e comentados como resultados os indicadores bibliométricos e as redes de colaboração em Nanotecnologia.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização das publicações brasileiras em Nanotecnologia

Como mencionado na seção anterior, foram recuperados um total de 4.945 registros bibliográficos brasileiros para a área de Nanotecnologia nas bases de dados da *Web of Science* no período de 1998 a 2009, o que representa um universo onde 9.344 pesquisadores atuaram (em conjunto ou isoladamente) divulgando o conhecimento acumulado, estando estes pesquisadores ligados a 1.573 instituições. Como o foco do estudo incide sobre as publicações brasileiras, deste total de artigos recuperados, o Brasil publicou colaborativamente com 69 países em 706 periódicos diferentes. E refletem uma intensa publicação, com média de 358,36 artigos por ano durante o período.

O início das publicações brasileiras sobre Nanotecnologia está registrado na *Web of Science*, em 1976. Em 1998 o total de publicações na base era de 55 e esse número vem aumentando ano a ano, conforme Figura 5:

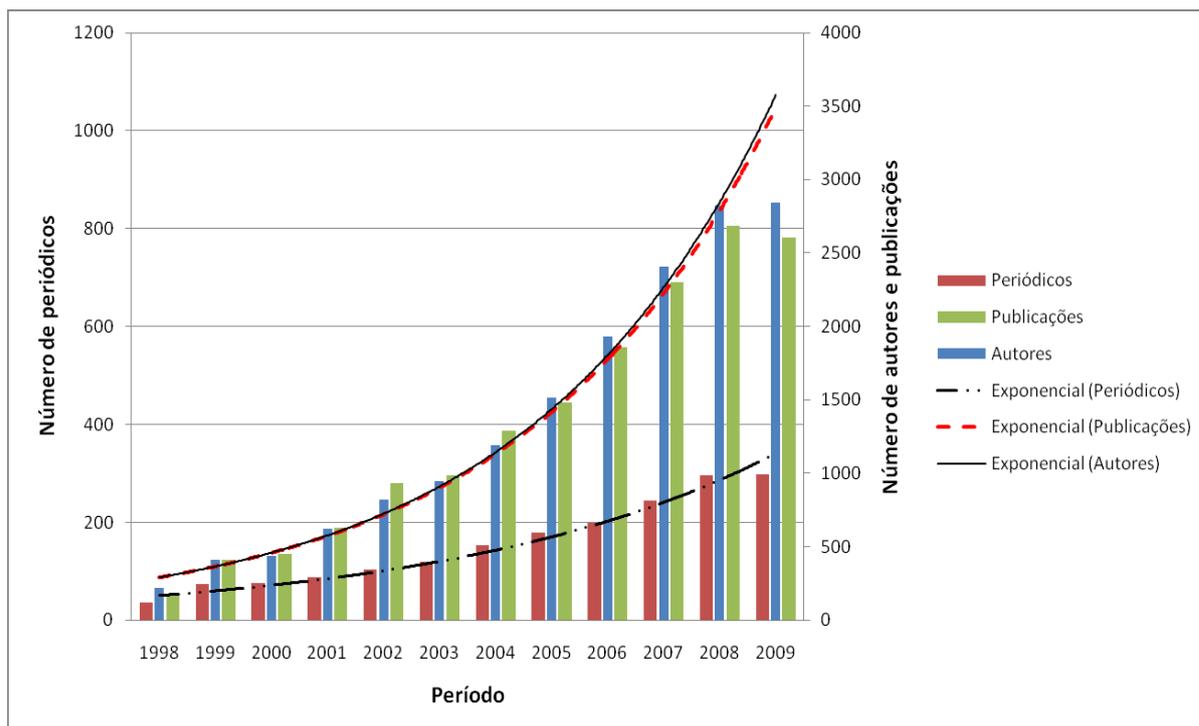


Figura 5 – Comparação entre Autores, Publicações e Periódicos em Nanotecnologia, Web of Science, 1998 – 2009.
Fonte: *WoS (2010)*.

Há de se considerar nesta figura que o crescimento das publicações se apresenta com um início muito intenso e no decorrer do período apresenta um crescimento constante, até o ano de 2009 onde houve um pequeno recuo no crescimento das publicações (reflexo da inclusão contínua de artigos, que em 2010 ainda não havia terminado). Outro dado que pode ser observado também na Figura 5 é o aumento no número de periódicos em que foram publicados os artigos recuperados.

A leitura da Figura 5 fornece a quantidade de periódicos em que foram publicados os artigos e o crescimento deste meio de divulgação, onde é visível o aumento no número de periódicos em que os artigos são publicados. O crescimento dos periódicos acompanha o número de artigos produzidos. Ainda no que tange ao número de artigos e de periódicos, se observa que o número, em menos de 15 anos de publicação, aumenta em torno de 8 vezes para o número de periódicos, e em 15 vezes para o número de artigos. Estes números superam as considerações de Meadows (1999, p.20) sobre o período de 10-15 anos para dobrar a produção científica. No mesmo ritmo, o número de autores participantes das publicações brasileiras em Nanotecnologia cresceu quase 13 vezes mais conforme ainda mostra a Figura 5. No entanto, é preciso destacar que nem todos os autores são brasileiros.

Os três parâmetros possuem semelhanças entre si e caracterizam a produção científica na área de Nanotecnologia. Se comparados o número absoluto de artigos, periódicos e autores, todos possuem a mesma linearidade caracterizado por pequenos índices no primeiro ano avaliado, seguido de forte aumento em 1999 onde em todas as figuras há um aumento de mais de 47% e em 2000 com aumento simbólico, mantendo o crescimento até 2009 por atraso da indexação na base de dados, conforme dito anteriormente.

As linhas de tendência exponencial da Figura 5 mostram que tanto o número de autores quanto o número de artigos publicados acompanham o mesmo ritmo de crescimento, representando que o aumento do número de autores está tendo como resposta um número de publicações compatível.

A linha de tendência exponencial para os periódicos apresenta uma leve curvatura, o que caracteriza a indexação de novos periódicos na base de dados e/ou a publicação de artigos brasileiros de Nanotecnologia em outras áreas correlatas. A Tabela 1 a seguir mostra a relação dos 15 descritores que mais aparecem nos artigos recuperados:

Tabela 1 – Relação dos descritores

Descritores	Quantidade de artigos em que o termo aparece	Termos com mais Relações	Quantidade de relações
nanoparticles	191	ionic liquids	11
nanostructures	115	semiconductors	18
nanocomposites	108	polyaniline	10
x-ray diffraction	88	mechanical alloying	14
carbon nanotubes	66	raman spectroscopy	11
raman spectroscopy	61	carbon nanotubes	11
sol-gel	55	nanoparticles	7
mechanical alloying	49	x-ray diffraction	14
mossbauer spectroscopy	49	nanoparticles	6
polyaniline	49	nanocomposites	10
chemical synthesis	48	nanostructures	12
atomic force microscopy	47	nanostructures	5
nanostructured materials	45	silicon	5
photoluminescence	44	silicon nanocrystal	6
nanocrystals	43	x-ray diffraction	11

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software VantagePoint*.

Nas 15 primeiras palavras relacionadas se observa que os termos que aparecem em maior quantidade de publicações são termos de designação da área como nanoparticulas, nanoestruturas e nanocompósitos. Os outros termos estão relacionados a técnicas ou processos

da Nanotecnologia ou instrumentos e equipamentos utilizados durante as pesquisas. A Tabela 1 permite analisar com quais outros termos da lista, os que mais ocorrem estão relacionados. Desta forma é possível analisar, por exemplo, que o termo *nanoparticles*, que aparece em 191 trabalhos, aparece diretamente relacionado em 11 trabalho que também possuem o termo *ionic liquids*, e com outros dois termos *sol-gel* e *mössbauer spectroscopy*, com 7 e 6 trabalhos, respectivamente. A lista de descritores é feita com as palavras-chaves que integram os trabalhos, desta forma, a análise das relações entre as palavras tende a demonstrar quais são os termos técnicos mais utilizados na área e de acordo com os termos, quais técnicas ou tecnologias estão sendo pesquisadas.

4.2 Indicadores da colaboração científica brasileira em Nanotecnologia

Outro fator de destaque é a relação do Brasil com outros países. Dos 4.769 registros bibliográficos brasileiros nota-se que houve uma grande colaboração com países europeus e principalmente com os Estados Unidos (EUA) e Japão, conforme ilustra a Figura 6:

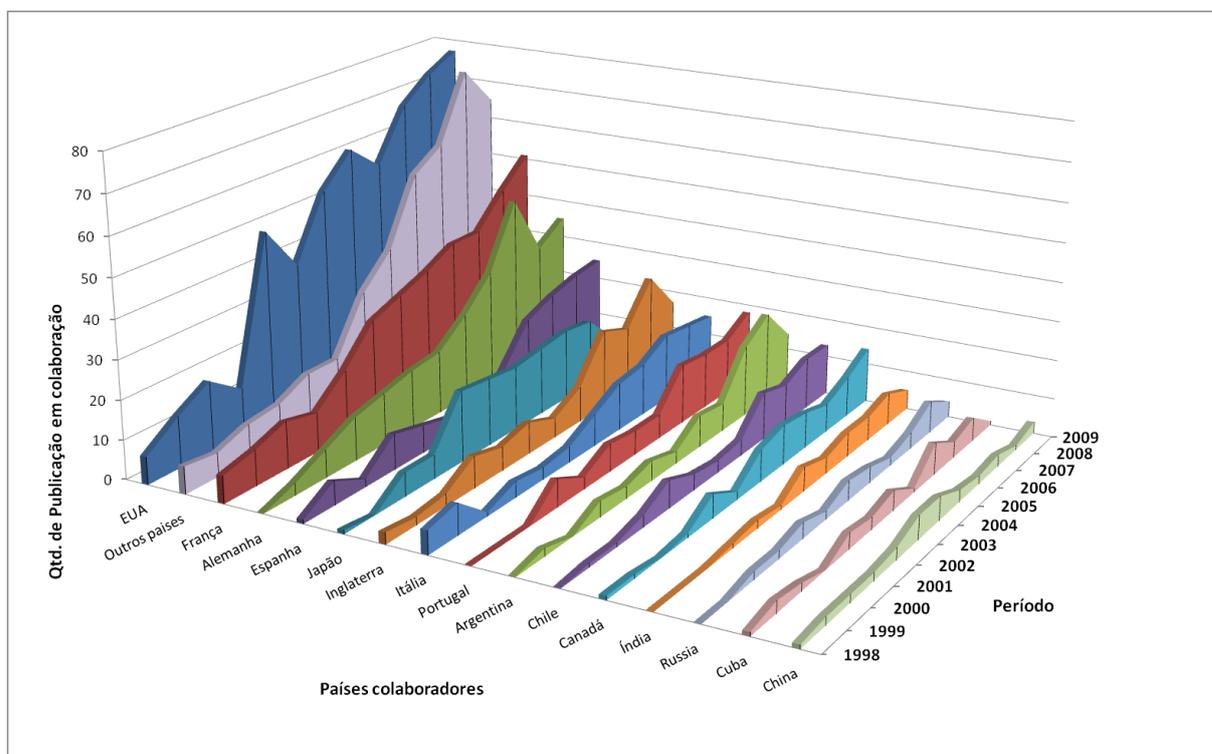


Figura 6 – Colaboração com outros países em Nanotecnologia, *Web of Science*, 1998 a 2009. Fonte: *WoS (2010)*.

A participação dos países geograficamente próximos ainda se mostra pequena. Argentina e Chile são os países com os quais o Brasil mais possui participação, 88 e 71 artigos respectivamente, refletindo o que é observado em outros estudos bibliométricos sobre a colaboração brasileira com outros países (KRIEGER, 2006). A aproximação destes dois países, em especial a Argentina, pode refletir o impacto de ações do Programa Nacional de Nanotecnologia e da criação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia no fim de 2005 (MCT, 2005), que previa o estreitamento das relações e o aumento da colaboração brasileira com este país. Outros países como Colômbia, Peru, Uruguai, Venezuela, Paraguai e Bolívia compõem o item de “*outros países*” representados na Figura 6, com pequena participação entre 18 e 1 artigos. A colaboração científica com países da América do Sul foi destacada na entrevista com o professor Élson Longo como um relacionamento amplo envolvendo principalmente alunos de pós-graduação que desenvolvem pesquisa juntamente com os pesquisadores brasileiros.

A observação sobre as colaborações científicas focada nas publicações científicas com múltiplos autores (ou coautoria) representa as interações entre os autores no intuito de contribuir para o aumento do conhecimento científico na área de pesquisa envolvendo mais de um pesquisador. Isto caracteriza a área de Nanotecnologia como uma área altamente colaborativa (MEYER; PERSSON, 1998) e corrobora com outros autores ao mencionarem que uma área com alto investimento tecnológico tende a apresentar maior porcentagem de produção científica com múltiplos autores (MARTIN e KATZ, 1997). A Figura 7 ilustra o crescimento da produção bibliográfica com colaboração e sem colaboração.

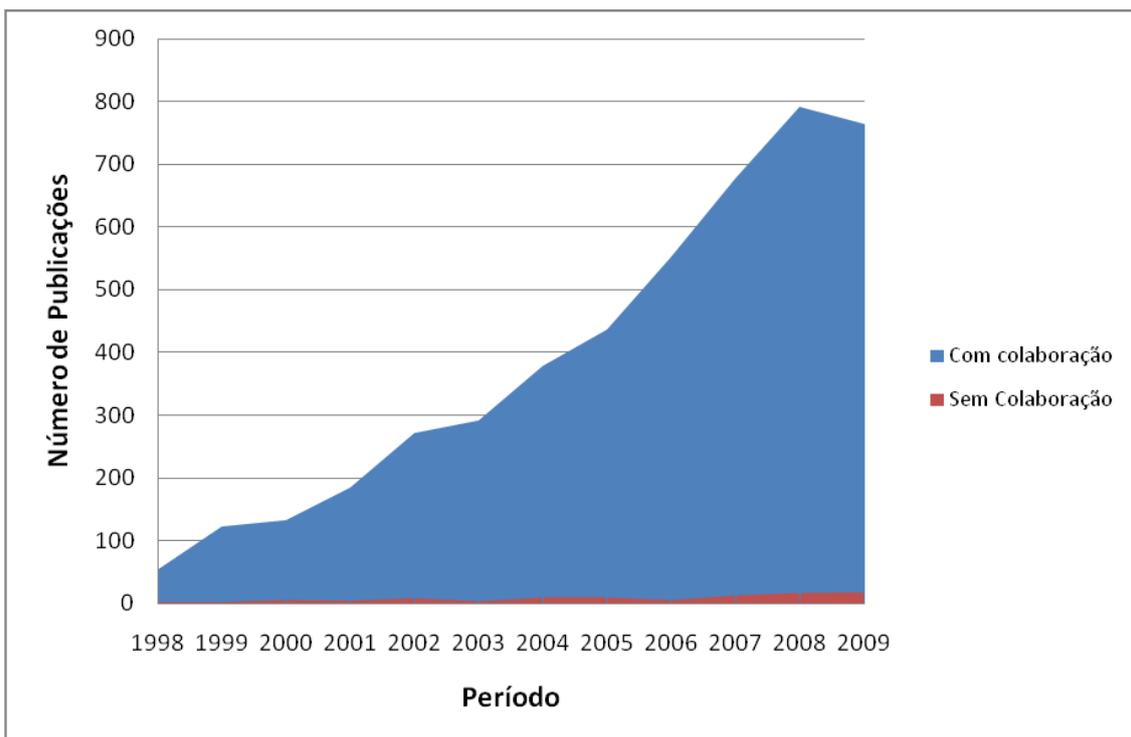


Figura 7 – Publicações brasileiras com e sem colaboração em Nanotecnologia, *Web of Science*, 1998 a 2009.

Fonte: *WoS (2010)*.

Analisando a Figura 7 a área em azul mostra o constante crescimento das publicações com colaboração para o período e a área em vermelho representa os artigos publicados sem colaboração, que, mesmo não sendo tão expressiva, acompanha o aumento das publicações no período.

A comparação com outras representações de colaboração científica (FAPESP, 2001 e 2004, NSB, 2010 e EUROPEAN COMISSION, 2003), mesmo que não comparando no período exato, nem no tema deste estudo, comprovam que as pesquisas em coautoria são efetivamente maiores do que as pesquisas sem coautoria na área de Nanotecnologia.

Uma das análises das múltiplas autorias é a notação quanto ao número de autores que estão relacionados na produção científica. Em estudos recentes de Martins, Csillag e Pereira (2009) e Russells (2009) as notações revelam que há uma intensa colaboração com até 4 autores. Em Nanotecnologia a maior intensidade de colaborações está presente em trabalhos com mais de 7 autores, possivelmente uma característica natural de estudos nesta área. Principalmente por conta do *benchmarking* científico em busca do aprendizado de novas técnicas e da aplicação de mais de uma técnica em trabalhos quem envolvem mais especialistas (segundo entrevista no Apêndice A).

Foram também analisadas as variações de crescimento de colaborações com 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou mais autores de modo a verificar qual destas modalidades de colaboração vem aumentando durante o período que engloba esta pesquisa. A Figura 8 demonstra esta variação.

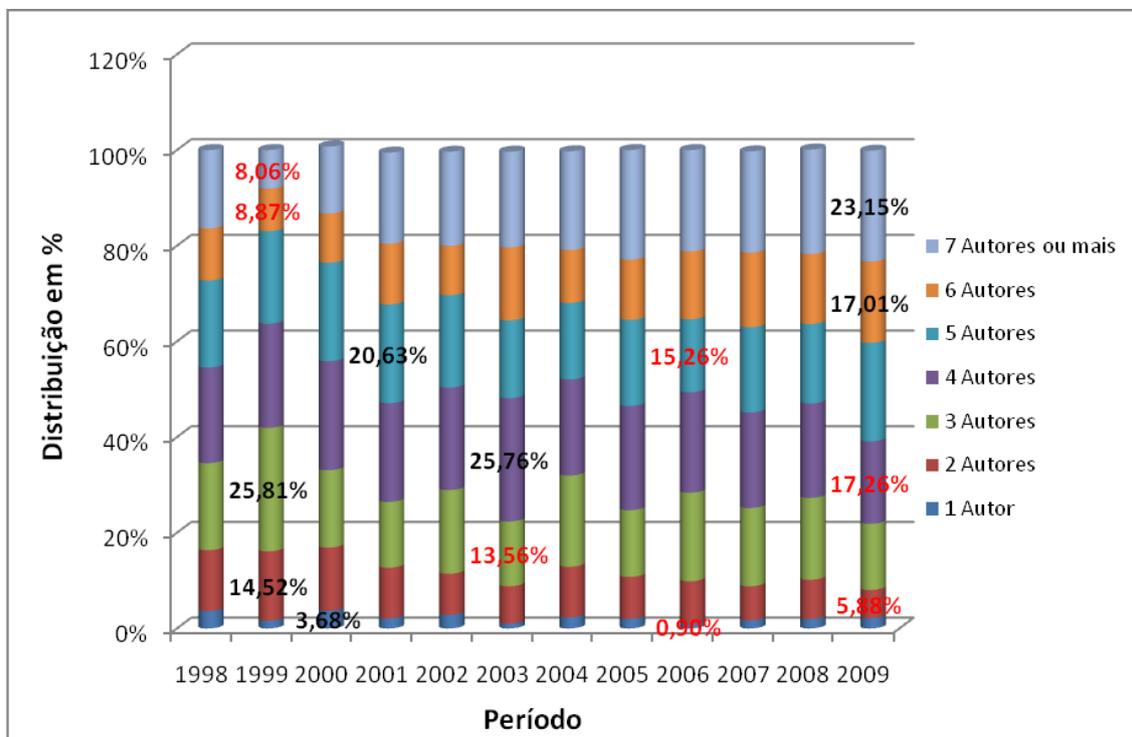


Figura 8 – Distribuição das publicações brasileiras em Nanotecnologia por número de autores, *Web of Science*, 1998 a 2009.
Fonte: *WoS (2010)*.

Nesta Figura (8) também foram incluídas as pesquisas que não são colaborativas, confirmando novamente a dimensão da parcela de estudos colaborativos em Nanotecnologia. Dentre as formas de colaboração, pode se observar na Figura 8 que as colaborações entre 2 e 3 autores tiveram sua maior porcentagem de participação nas publicações nos anos de 1999. Em contrapartida, no mesmo ano as participações de trabalhos envolvendo 6 e 7 ou mais autores tiveram seu menor valor. Apesar da baixa participação em 1999 as colaborações envolvendo mais de 5, 6, 7 ou mais colaboradores vêm ocupando os primeiros lugares nos tipos de colaborações. Esta alta que tem início em 2001 perdura até os anos mais recentes onde os trabalhos com 6, 7 ou mais colaboradores atingem as maiores participações (17,01% e 23,15% respectivamente). Em 2000, a participação de artigos escritos por um único autor apresentaram seu maior valor chegando a 3,68%.

Outro indicador, utilizado também por Vanz e Stumpf (2009), é a medida do número

de países por artigos, conforme ilustra a Figura 9:

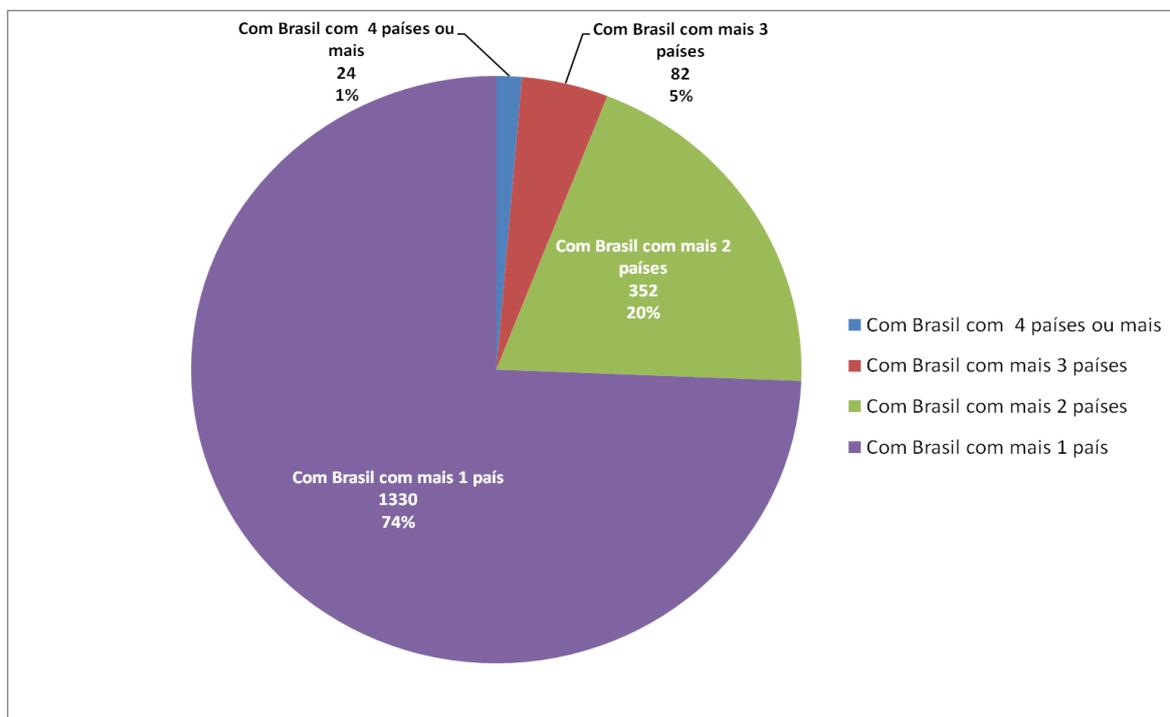


Figura 9 – Quantidade de países por artigo em publicações brasileiras em Nanotecnologia, *Web of Science*, 1998 a 2009.

Fonte: *WoS (2010)*.

Do total de artigos recuperados, 1.330 são em colaboração com um único país, desse número os Estados Unidos representa um total de 299 publicações, confirmando como maior colaborador com o Brasil, estando presente também nas outras frações da Figura 9. A Colaboração com mais 2 países é realizada com Japão e Estados Unidos em 81 das 352 colaborações deste tipo. Com mais 3 países, o Brasil possui dois grupos (Austria, Alemanha e Espanha e o grupo de Japão, China e EUA) com 4 publicações dentro das 82 realizadas. A formação de um grupo mais equilibrado somente com países europeus, permite inferir que o mantenha grandes projetos envolvendo os grandes centros de pesquisa em Nanotecnologia, de modo a garantir estar sempre envolvido no *core* das pesquisas da área, contribuindo e aprendendo novas técnicas em nanoescala. Este indicador reforça a identificação dos principais parceiros internacionais e comprova o aumento da colaboração internacional. Nota-se que entre os artigos com mais de 4 países houve registro de até 9 países assinando o mesmo trabalho.

A Figura 10 mostra o percentual de colaboração interna e colaboração externa na produção científica da área. Em todo o período analisado vemos que a colaboração interna

prevalece sobre a colaboração externa, que supera a interna somente em 1998, momento inicial das pesquisas em Nanotecnologia no Brasil que demonstra uma certa dependência científica junto a outros países que iniciaram anteriormente suas pesquisas sobre Nanotecnologia.

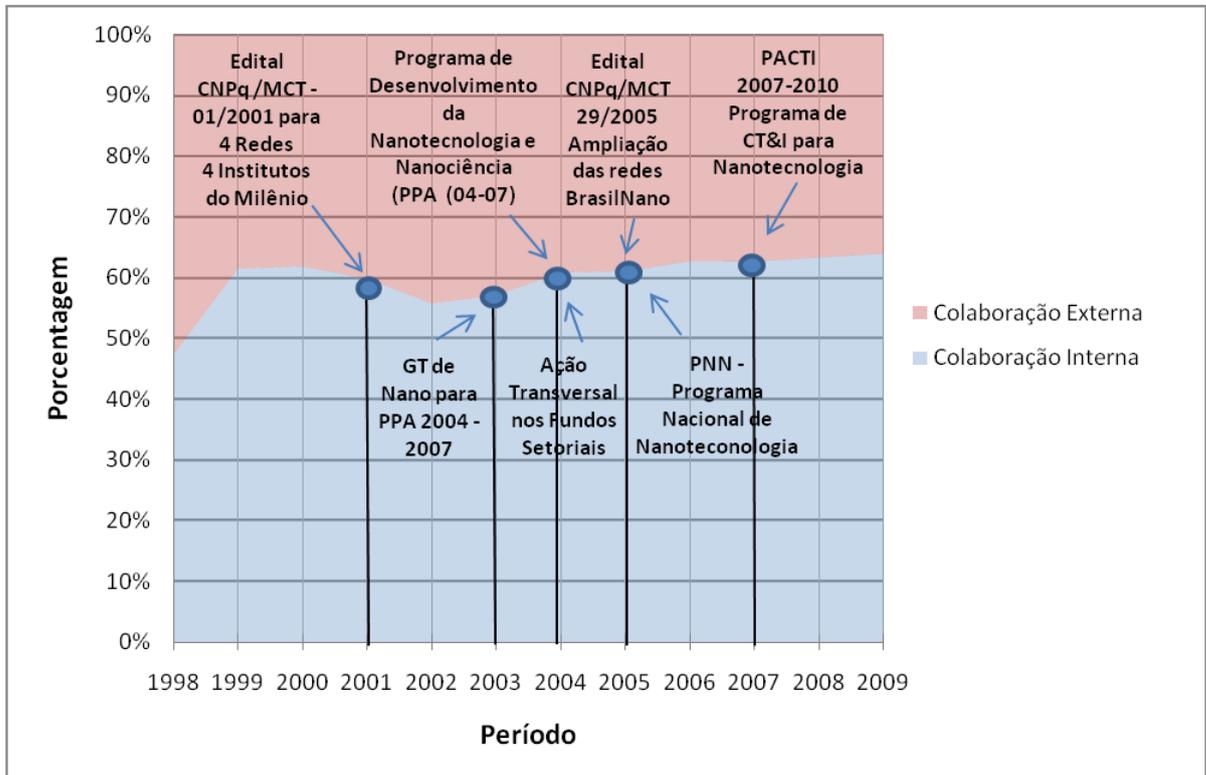


Figura 10 – Colaboração externa e colaboração interna em Nanotecnologia e Ações do Governo em Nanotecnologia, *Web of Science*, 1998 a 2009.

Fonte: *WoS* (2010).

Outra análise acerca do primeiro triênio refere-se a não organização das pesquisas em países como EUA e Japão, que só em 2000 e 2001, respectivamente deram início as políticas de incentivo a pesquisa em Nanotecnologia, até estas datas é possível que estes países também buscassem novos métodos em parceria com outros países e buscassem parcerias com o Brasil, caracterizando assim prevalência de uma colaboração internacional mais alta neste período nos artigos brasileiros. O aumento real da colaboração interna, a partir de 2002, reflete o fortalecimento da pesquisa em Nanotecnologia no Brasil e uma melhor articulação entre os autores nacionais para a formação de grupos e conseqüentemente redes de colaboração impelentadas em 2001 pelo CNPq e ampliadas em 2005. A colaboração interna, além da formação das redes contou com o financiamento do Fundo Setorial para implementação de equipamentos, laboratórios e recursos, e que segundo a entrevista com professor Élson Longo, contribuiu significativamente para garantir a autonomia das pesquisas brasileiras sem ter a

necessidade de buscar em outro país contato para realização de um simples experimento ou teste de uma nova técnica.

4.3 Rede de Colaboração em publicações brasileiras em Nanotecnologia

As matrizes de colaboração, resultado do cruzamento dos dados bibliográficos, serviram de base para obter as medidas da rede de colaboração científica obtidas como o apoio do *software* UCINET e representadas gráficamente com ajuda do NetDraw. Como ressaltado na seção anterior, foram privilegiadas as visualizações da rede de colaboração nesta área em cinco níveis de agregação (Pessoal, Institucional, Regional, Área temática e Internacional). A sequência de apresentação das redes obedece à ordem seguindo as redes mais complexas (com maior número de participantes/nós) e com menor visualização dos relacionamentos, para as redes mais simples e com melhor visualização. Em conjunto com a visualização gráfica das redes, são apresentados em alguns níveis os valores das medições destas redes (Grau de Centralidade, Intermediação e Proximidade) para os nós que as compõem (as medidas completas compõe o Apêndice B). Na apresentação pessoal foram utilizados todos os dados, tanto de autores brasileiros, quanto de autores de outros países, de maneira a montar um panorama do universo de autores que publicam sobre Nanotecnologia juntamente com os pesquisadores brasileiros. Essa mesma lógica foi utilizada nas redes em nível de país para visualizar os países parceiros do Brasil. Já nas visualizações da rede em nível Institucional e Regional um foco nos participantes nacionais foi realizado de modo a demonstrar a dinâmica da colaboração interna.

A seguir (Figuras de 11 a 14) apresentamos a rede de colaboração em Nanotecnologia em nível pessoal:

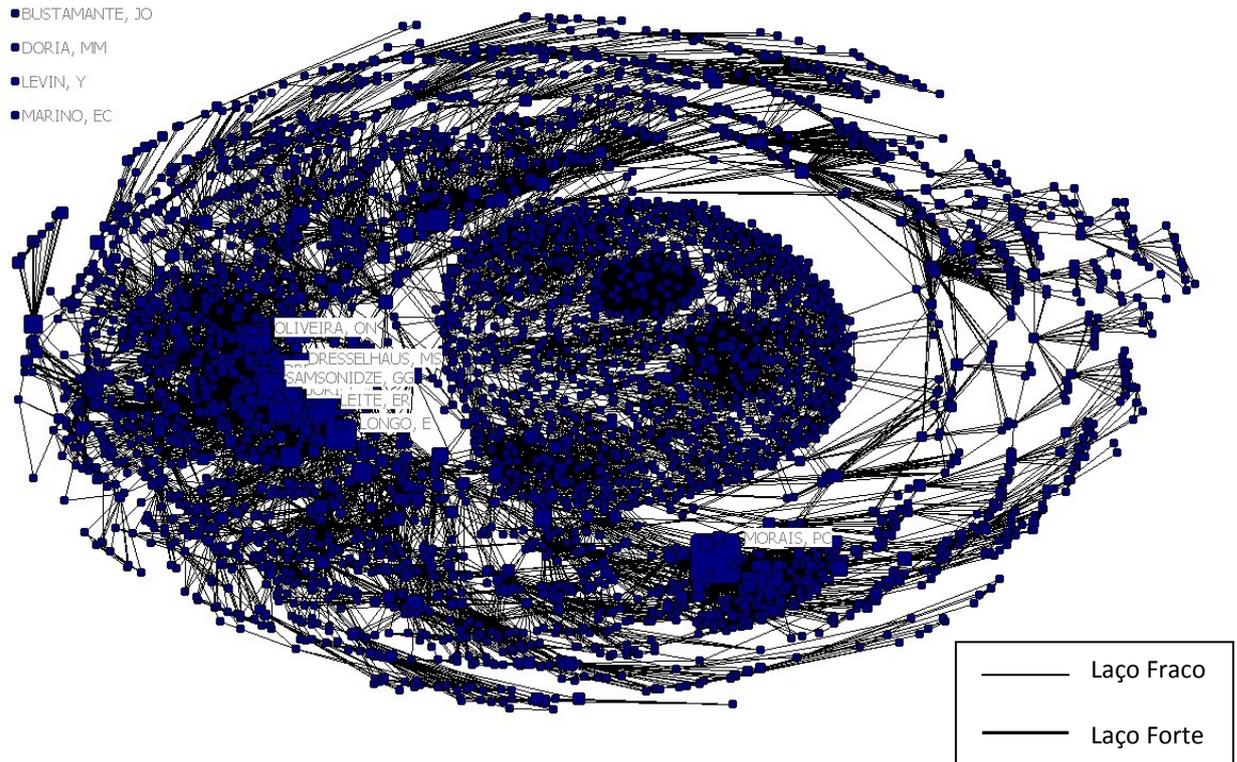


Figura 13 – N. Rede de colaboração em nível de agregação por Autores de 2004 a 2006.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

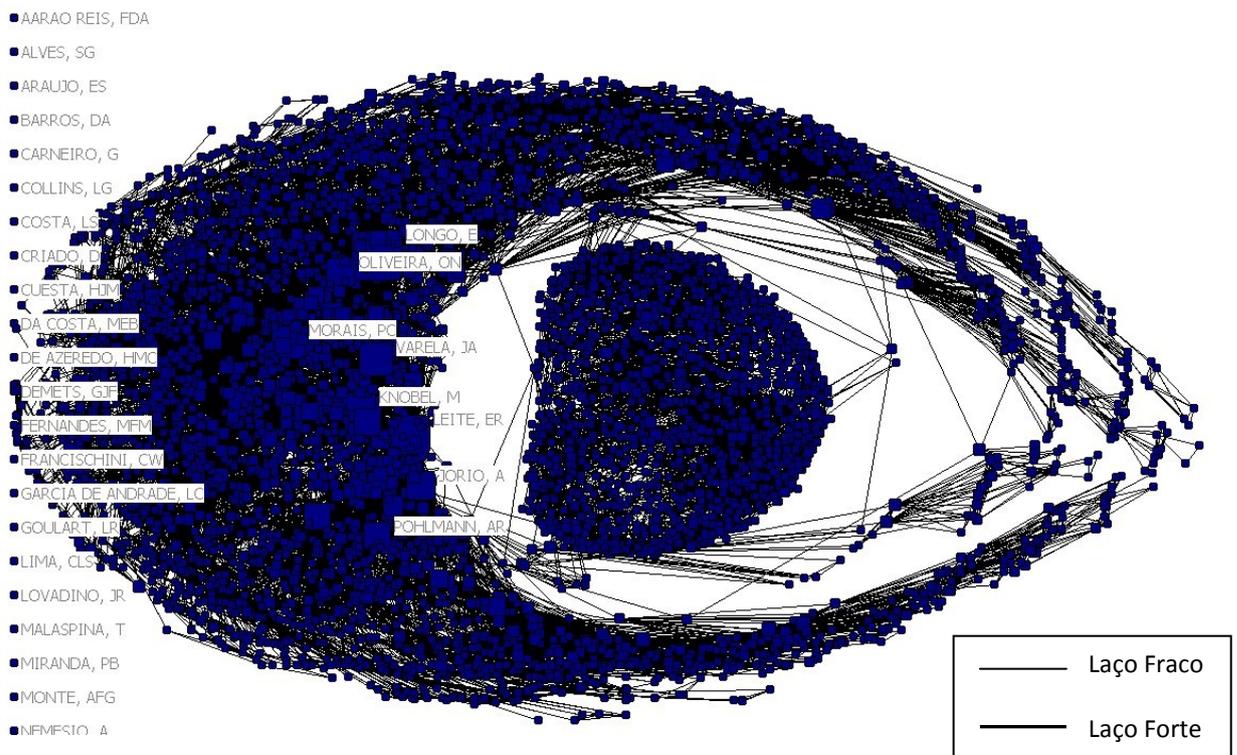


Figura 14 – Rede de colaboração em nível de agregação por Autores de 2007 a 2009.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

As Figuras de 11 a 14 apresentam a evolução da rede de colaboração entre autores em Nanotecnologia durante os 12 anos analisados e divididos em quatro grupos de três anos. A rede de autores pode ser representada numericamente de acordo com o Quadro 2:

Anos	Nº Autores	Medida de Densidade	Nº Cliques	Média de Centralidade
1998-2000	866	1,2476	232	0.085
2001-2003	1808	1,5067	588	0.017
2004-2006	3949	1,3091	1157	0.010
2007-2009	5312	1,6395	1855	0.006

Quadro 2 – Dados numéricos da rede de colaboração de autores de 1998-2009.

Fonte: *WoS* (2010)

No Quadro 2 são apresentados o número de autores, a medida de densidade, quantidade de cliques e a média dos graus de centralidade dos autores. Esses números traduzem a visualização gráfica da rede de autores. O número de cliques, quantidade máxima de relações entre três autores

Para a melhor representação desta rede, que apresenta uma grande quantidade de autores, fez-se uso dos atributos de quantidade de artigos para destacar os autores com maior número de publicações, ficando estes com os símbolos que se apresentam na rede com tamanhos diferentes. A observação direta das quatro Figuras (11-14) revela o aumento na quantidade de colaboradores nesta rede e a intensificação das interações entre eles, marcados pelo número de linhas entre os nós. Outro ponto a ser destacado é a numerosa relação dos autores com grande produção bibliográfica com autores periféricos e o aumento também de autores isolados que não fazem parte da rede. De acordo com Robert Merton (1970), o “Efeito Matheus” se caracteriza pelos benefícios que um autor teria ao utilizar o prestígio de suas pesquisas para publicar mais. Apesar de não se ter meios para comprovar efetivamente a questão do prestígio de cada autor, utilizou-se das medidas de centralidade (Grau de Centralidade, Centralidade de intermediação e Centralidade de Proximidade) da metodologia de Análise de Redes Sociais para verificar este efeito. Os dados das medidas de centralidade estão dispostos nas tabelas de 1 a 6, onde são apresentadas as 10 primeiras medidas comparadas com os 10 primeiros resultados do *Ranking* de número de artigos, quantidade de citações e índice H de cada autor.

As Tabelas 2 e 3 apresentam o grau de centralidade da rede de autores para o período

de 1998 a 2009. Nestas tabelas, o primeiro lugar em grau de centralidade é ocupado por um autor durante 9 anos. A pesquisadora Mildred S. Dresselhaus (DRESSELHAUS,MS) de nacionalidade norte-americana, é o autor da rede que tem maior centralidade entre 1998 e 2006; entretanto, apesar de não ser o autor com maior número de publicações, esta pesquisadora é referência mundial em Nanotubos de carbono¹⁶ pelo seu vasto currículo de pesquisas na área de física e partículas nanométricas.

Tabela 2 – Grau de Centralidade de Autores, *Web Of Science*, 1998 – 2003.

Pos.	1998- 2000					2001-2003				
	Ind H	Citações	Rank	Autor	Grau	Ind H	Citações	Rank	Autor	Grau
1	91	110	6	DRESSELHAUS, MS	0.822	91	110	2	DRESSELHAUS, MS	0.472
2	39	81	7	PIMENTA, MA	0.796	76	84	3	DRESSELHAUS, G	0.438
3	76	84	8	DRESSELHAUS, G	0.758	42	108	4	JORIO, A	0.417
4	28	88	1	KNOBEL, M	0.745	33	86	5	SOUZA, AG	0.415
5	22	160	2	MORAIS, PC	0.694	61	79	6	SAITO, R	0.405
6	16	38	10	TOURINHO, FA	0.591	39	81	7	PIMENTA, MA	0.374
7	11	22	13	SOUSA, MH	0.552	22	160	1	MORAIS, PC	0.342
8	12	2	22	MARUCCI, A	0.527	52	136	9	LONGO, E	0.265
9	55	9	26	RAO, AM	0.488	34	113	8	LEITE, ER	0.247
10	50	7	29	BROWN, SDM	0.411	18	49	12	AZEVEDO, RB	0.210

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade, Citações= Quantidade de artigos citados; Ind H = Índice H.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Tabela 3 – Grau de Centralidade de Autores, *Web Of Science*, 2004 – 2009.

Pos.	2004-2006					2007-2009				
	Ind H	Citações	Rank	Autor	Grau	Ind H	Citações	Rank	Autor	Grau
1	91	110	2	DRESSELHAUS, MS	0.320	52	136	1	LONGO, E	0.215
2	22	160	1	MORAIS, PC	0.301	34	113	2	LEITE, ER	0.141
3	42	108	3	JORIO, A	0.265	34	73	4	VARELA, JA	0.136
4	61	79	7	SAITO, R	0.246	22	160	3	MORAIS, PC	0.123
5	76	84	8	DRESSELHAUS, G	0.228	28	88	5	KNOBEL, M	0.120
6	29	49	9	SAMSONIDZE, GG	0.222	42	108	6	JORIO, A	0.118
7	39	81	13	PIMENTA, MA	0.173	33	86	10	SOUZA, AG	0.109
8	52	136	4	LONGO, E	0.163	30	77	7	OLIVEIRA, ON	0.092
9	30	77	5	OLIVEIRA, ON	0.150	17	49	8	POHLMANN, AR	0.081
10	65	23	21	JIANG, J	0.140	17	49	9	GUTERRES, SS	0.080

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade, Citações= Quantidade de artigos citados; Ind H = Índice H.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

A análise direta das tabelas e em análise realizada na Figura 15 a seguir, permite inferir que no início das redes de colaboração os autores mais centrais são os autores de países onde o tema já é mais desenvolvido e que colaboram com o Brasil, tendo dessa forma os autores nacionais se conectando a estes autores e dividindo outras posições de centralidade nos primeiros anos. Nota-se também que os atores mais centrais ocupam as primeiras 30

¹⁶ Dado extraído da Wikipédia - http://en.wikipedia.org/wiki/Mildred_Dresselhaus. Acesso em 10 de Julho de 2010.

posições no ranking de publicações e em comparação com o Índice H e quantidade de artigos citados não foi possível encontrar qualquer relação que interferisse na centralidade. Os três últimos anos desta rede já demonstram maior amadurecimento tendo os atores brasileiros mais centrais em sua maioria e ocupando os primeiros lugares, é o caso do pesquisador Élson Longo (LONGO, E), Edson Roberto Leite (LEITE, ER) e do pesquisador José Arana Varela (VARELA, JA), que juntos fazem parte de grupos de pesquisa da UFSCar, de acordo com dados do diretório de grupos de pesquisa do CNPq.¹⁷

Pos.	1996-2000				2001-2003				2004-2006				2007-2009	
	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau		
1	6	DRESSELHAUS, MS	0.822	2	DRESSELHAUS, MS	0.472	2	DRESSELHAUS, MS	0.320	1	LONGO, E	0.215		
2	7	PIMENTA, MA	0.796	3	DRESSELHAUS, G	0.438	1	MORAIS, PC	0.301	2	LEITE, ER	0.141		
3	8	DRESSELHAUS, G	0.758	4	JORIO, A	0.417	3	JORIO, A	0.265	4	VARELA, JA	0.136		
4	1	KNOBEL, M	0.745	5	SOUZA, AG	0.415	7	SAITO, R	0.246	3	MORAIS, PC	0.123		
5	2	MORAIS, PC	0.694	6	SAITO, R	0.405	8	DRESSELHAUS, G	0.228	5	KNOBEL, M	0.120		
6	10	TOURINHO, FA	0.591	7	PIMENTA, MA	0.374	9	SAMSONIDZE, GG	0.222	6	JORIO, A	0.118		
7	13	SOUZA, MH	0.552	1	MORAIS, PC	0.342	13	PIMENTA, MA	0.173	10	SOUZA, AG	0.109		
8	22	MARUCCI, A	0.527	9	LONGO, E	0.265	4	LONGO, E	0.163	7	OLIVEIRA, ON	0.092		
9	26	RAO, AM	0.488	8	LEITE, ER	0.247	5	OLIVEIRA, ON	0.150	8	POHLMANN, AR	0.081		
10	29	BROWN, SDM	0.411	12	AZEVEDO, RB	0.210	21	JIANG, J	0.140	9	GUTERRES, SS	0.080		

Pos = Posição; Rank = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau = Grau de Centralidade.
 Fonte: WoS, (2010), elaboração própria com software UCINET.

 Autores estrangeiros
  Autores nacionais com destaque
  Autor nacional perdendo referência

Figura 15 – Análise da Centralidade Autores de 2007 a 2009.
 Fonte: WoS (2010), elaborado com software UCINET.

A posição dos autores brasileiros nos três primeiros anos nas medidas de grau de centralidade podem ser comparadas às posições de outra medida, e a medida de grau de intermediação (Tabelas 4 e 5).

¹⁷<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/detalhepesq.jsp?pesq=1025598529469393> – 10/07/2010.

Tabela 4 – Grau de Intermediação de Autores, *Web Of Science*, 1998 – 2003.

Pos.	1998- 2000					2001-2003				
	Ind H	Citações	Rank	Autor	Inter.	Ind H	Citações	Rank	Autor	Inter.
1	12	16	20	ALVES, MCM	1.618	1	12	23	FILHO, WJB	7.850
2	28	88	1	KNOBEL, M	1.170	28	88	13	KNOBEL, M	7.742
3	21	29	19	TEIXEIRA, SR	1.028	32	40	27	UGARTE, D	6.203
4	18	1	21	ALVES, OL	0.870	11	45	18	LEPIENSKI, CM	5.110
5	11	45	14	LEPIENSKI, CM	0.842	18	27	20	SCHREINER, WH	4.678
6	7	5	24	FERRARI, EF	0.543	52	136	9	LONGO, E	4.257
7	37	31	23	NOVAK, MA	0.475	17	39	31	GOYA, GF	4.128
8	32	40	11	UGARTE, D	0.474	22	160	1	MORAIS, PC	3.385
9	11	12	131	GESHEV, J	0.469	19	35	327	ZANCHET, D	3.329
10	6	5	27	DA SILVA, FCS	0.387	37	31	82	NOVAK, MA	3.322

Pos = Posição; Rank. = Quantidade de Publicações; Autor = Nome do Autor; Inter. = Grau de Intermediação. Citações= Quantidade de artigos citados; Ind H = Índice H.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Tabela 5 – Grau de Intermediação de Autores, *Web Of Science*, 2004 – 2009.

Pos.	2004-2006					2007-2009				
	Ind H	Citações	Rank	Autor	Inter.	Ind H	Citações	Rank	Autor	Inter.
1	19	35	69	ZANCHET, D	6.352	33	86	10	SOUZA, AG	8.158
2	24	9	77	NUNES, WC	5.849	52	136	1	LONGO, E	6.955
3	34	113	6	LEITE, ER	5.107	34	113	2	LEITE, ER	4.577
4	33	86	12	SOUZA, AG	4.656	28	88	5	KNOBEL, M	4.450
5	22	160	1	MORAIS, PC	4.145	30	77	7	OLIVEIRA, ON	3.716
6	18	31	87	DE ARAUJO, CB	4.005	37	31	67	NOVAK, MA	3.695
7	19	28	38	FICHTNER, PFP	3.971	25	37	12	MATTOSO, LHC	3.679
8	10	14	182	BRITO, GES	3.895	17	15	69	PEREIRA, EC	2.618
9	53	24	45	ALVAREZ, F	3.752	13	17	176	GONCALVES, RR	2.293
10	17	39	33	GOYA, GF	3.570	15	16	116	PAIVA-SANTOS, CO	2.277

Pos = Posição; Rank. = Quantidade de Publicações; Autor = Nome do Autor; Inter. = Grau de Intermediação. Citações= Quantidade de artigos citados; Ind H = Índice H.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Por estas Tabelas (4 e 5) pode se destacar a presença maior de autores brasileiros e cuja posição em quantidade de artigos chega a passar da 100ª posição; isso pode se dar ao fato destes autores estarem em posição mais afastada do centro da rede, porém agindo como agente de ligação com outros atores periféricos. Os autores com alto grau de intermediação são importantes para dar coesão à rede, por exemplo, na primeira rede (1998-2000) a participação destes atores é fundamental para ligar pequenos grupos a grandes e atores centrais a atores periféricos. Apesar da teoria de Análise de Redes Sociais induzir os pesquisadores a utilizarem esta medida de intermediação como uma projeção de aproximação dos nós, quando os dados se limitam à análise de publicações bibliográficas, esta projeção pode não refletir a intenção, uma vez que a aproximação de dois outros nós interligados a um autor intermediador se dará caso haja interesses comuns de assunto ou de publicação.

Há de se destacar que a medida de grau de intermediação com o decorrer do tempo e amadurecimento da rede (nos últimos 3 anos) passa a ter os autores com mais publicação se tornando também os autores com maior grau de intermediação.

As Tabelas 6 e 7 apresentam a proximidade e distância geodésica entre os atores.

Tabela 6 – Grau de Proximidade e Distância Geodésica de Autores, *Web Of Science*, 1998 – 2003.

Pos.	1998- 2000					2001-2003				
	Ind H	Rank.	Autor	Dist.	Prox.	Ind H	Rank.	Autor	Dist.	Prox.
1	12	20	ALVES, MCM	612636.000	0.141	17	31	GOYA, GF	1370936.000	0.132
2	28	1	KNOBEL, M	612683.000	0.141	28	13	KNOBEL, M	1370967.000	0.132
3	21	19	TEIXEIRA, SR	612693.000	0.141	1	23	FILHO, WJB	1371011.000	0.132
4	32	11	UGARTE, D	612698.000	0.141	52	9	LONGO, E	1371047.000	0.132
5	6	27	DA SILVA, FCS	612704.000	0.141	34	8	LEITE, ER	1371137.000	0.132
6	19	30	ZANCHET, D	612706.000	0.141	19	327	ZANCHET, D	1371196.000	0.132
7	19	83	TOLENTINO, H	612707.000	0.141	18	20	SCHREINER, WH	1371225.000	0.132
8	11	131	GESHEV, J	612728.000	0.141	11	30	CARRENO, NLV	1371276.000	0.132
9	6	63	FLORES, WH	612729.000	0.141	32	27	UGARTE, D	1371337.000	0.132
10	24	49	SCHMIDT, JE	612730.000	0.141	25	239	OLIVEIRA, MM	1371415.000	0.132

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Prox. = Grau de Proximidade; Dist. Distância geodésica; Ind H = Índice H.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Tabela 7 – Grau de Proximidade e Distância Geodésica de Autores, *Web Of Science*, 2004 – 2009.

Pos.	2004-2006					2007-2009				
	Ind H	Rank.	Autor	Dist.	Prox.	Ind H	Rank.	Autor	Dist.	Prox.
1	19	69	ZANCHET, D	3804724.000	0.092	33	10	SOUZA, AG	7270696.000	0.071
2	34	6	LEITE, ER	3804856.000	0.092	52	1	LONGO, E	7270752.000	0.071
3	17	33	GOYA, GF	3804957.000	0.092	34	2	LEITE, ER	7271130.000	0.071
4	52	4	LONGO, E	3805095.000	0.092	34	4	VARELA, JA	7271572.000	0.071
5	11	220	FONSECA, FC	3805163.000	0.092	28	5	KNOBEL, M	7271592.000	0.071
6	53	45	ALVAREZ, F	3805185.000	0.092	24	22	PIZANI, PS	7271932.000	0.071
7	10	81	BETTINI, J	3805191.000	0.092	25	12	MATTOSO, LHC	7272079.000	0.071
8	32	34	UGARTE, D	3805274.000	0.092	25	233	OLIVEIRA, MM	7272098.000	0.071
9	9	246	BRANDL, AL	3805304.000	0.092	18	119	ALVES, OL	7272150.000	0.071
10	17	376	LIMA, E	3805365.000	0.092	15	116	PAIVA-SANTOS, CO	7272165.000	0.071

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Prox. = Grau de Proximidade; Dist. Distância geodésica; Ind H = Índice H.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Apesar do grau de proximidade ser o mesmo para todos os atores da rede, em cada ano analisado a distância geodésica varia. Nota-se que na distância geodésica, quanto maior a rede, maior é o número e a distância entre os atores. O autor com menor distância é o autor com o maior grau de proximidade. De acordo com Norman e Alejandro (2006) “valores altos de proximidade indicam uma melhor capacidade dos nós se ligarem com os restantes atores da Rede” e “um grau de proximidade baixo indica que o autor não se encontra bem

posicionado dentro da sua rede”. Pelo observado nas Tabelas 6 e 7, os 10 primeiros autores de cada ano assumem posicionamento parecido com as medidas de intermediação, tendo algumas pequenas modificações de posição nos anos de 2001 a 2004.

Da observação da rede formada, destacam-se os três últimos anos onde os atores com maior número de publicações assumem as primeiras colocações em medidas de grau de centralidade, grau de intermediação e grau de proximidade. Autores estrangeiros apresentaram maior grau de centralidade nos primeiros nove anos do período analisado. Subentende-se que a participação central de autores estrangeiros auxiliaram a formação das redes de colaboração científica brasileira conforme pode ser observado na Figura 11 que demonstra a porcentagem de colaboração interna e externa. Os graus de intermediação e proximidade no início do período analisado caracterizam o papel de autores nacionais de ligar grupos que ficaram isolados, contribuindo desta forma para a coesão da rede.

Nas próximas análises da rede de colaboração científica em Nanotecnologia foi privilegiada a visão das conexões das instituições e estados brasileiros, ocultando as conexões com instituições estrangeiras e estados de outros países. Esta opção além de facilitar a visualização das conexões tem como objetivo exaltar as ligações das colaborações internas.

A visualização da rede para as instituições pode ser observada nas Figuras de 16 a 19:

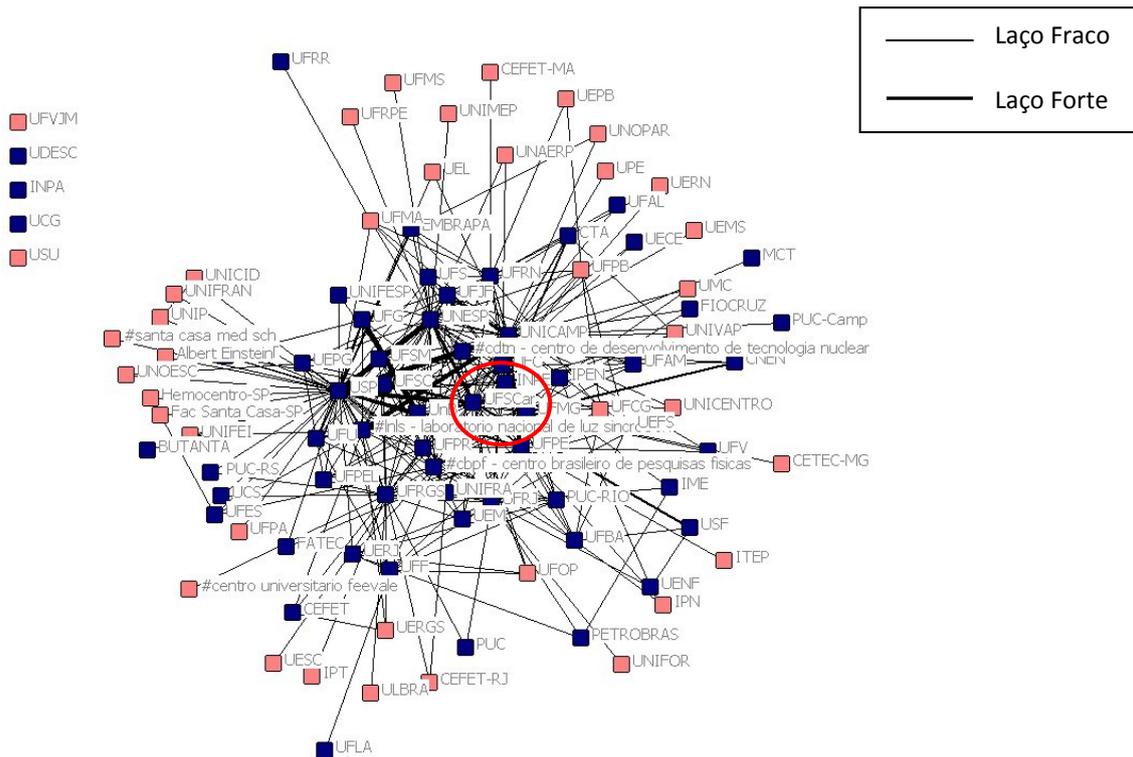


Figura 18 – Rede de colaboração em nível de agregação por Instituições de 2004 a 2006.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software* UCINET e NetDraw.

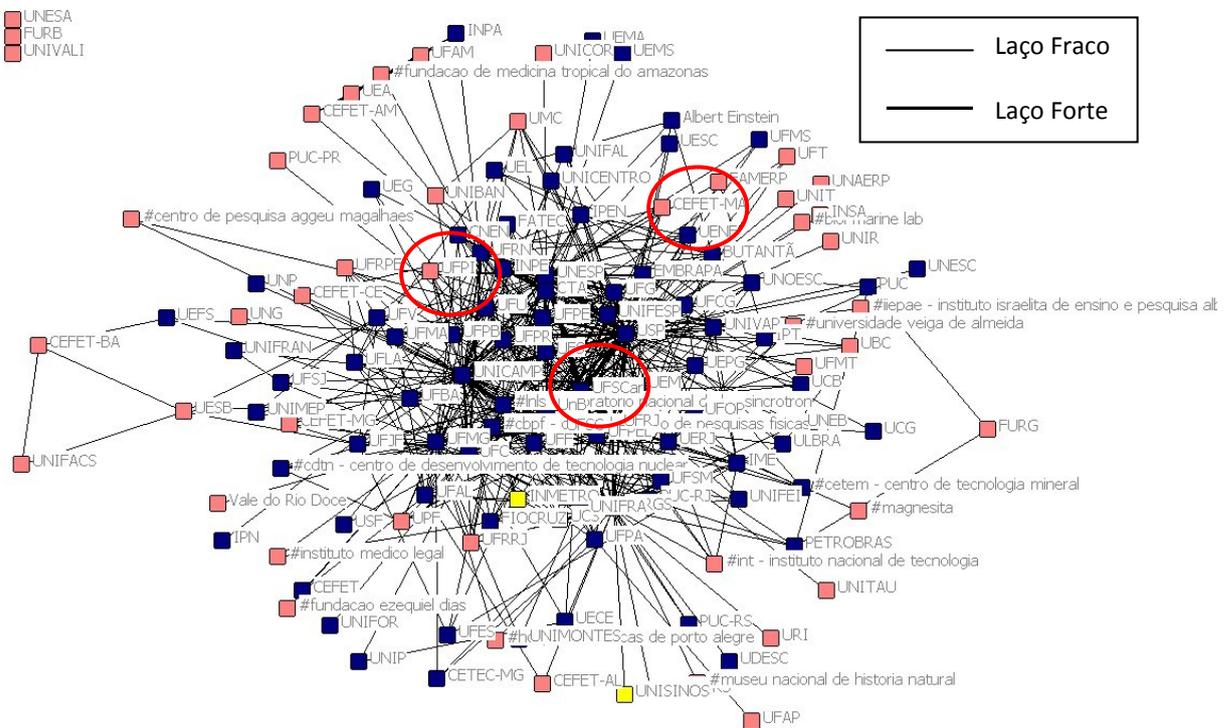


Figura 19 – Rede de colaboração em nível de agregação por Instituições de 2007 a 2009.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software* UCINET e NetDraw.

Nas figuras acima, os nós que aparecem pela primeira vez na rede ao longo do período foram destacados com cor diferente (vermelho) dos nós que se apresentam na primeira rede de 1998-2000 (cor azul). Os nós que se ausentam e depois retornam também recebem cor diferente (amarelo) – caso observado no anos de 2007 a 2009 com as instituições UNISINOS e INMETRO.

Nas Figuras de 16 a 19, que trazem a representação das redes de instituições que pesquisam Nanotecnologia em colaboração, observa-se que assim como na rede de autores a rede inicia-se de maneira mais esparsa e com poucas instituições em 1998 e evolui para uma rede mais densa com um número maior de instituições em 2009. A interação entre os atores da rede é também aumentada, entretando a quantidade de laços fortes entre as instituições mais centrais é o fator que mais se destaca. Os laços fortes, representados pelas linhas mais espessas, são gerados pela inclusão de atributos valorados sobre a relação entre dois atores, a espessura do laço varia com peso de 1 para laço fraco e 4 para laço forte de pendendo da quantidade de publicações.

Tabela 8 – Grau de Centralidade das Instituições, *Web Of Science*, 1998 -2003.

Pos.	1998-2000			2001-2003		
	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau
1	2	unicamp - universidade estadual de campinas	2.553	1	usp - universidade de sao paulo	1.789
2	1	usp - universidade de sao paulo	2.500	4	ufmg - universidade federal de minas gerais	1.503
3	3	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	1.915	7	ufc - universidade federal do ceara	1.209
4	4	ufmg - universidade federal de minas gerais	1.862	11	MIT	1.144
5	9	unesp - universidade estadual paulista	1.649	5	unesp - universidade estadual paulista	0.989
6	7	ufscar - universidade federal de sao carlos	1.383	2	unicamp - universidade estadual de campinas	0.964
7	10	Inls - laboratorio nacional de luz sincrotron	1.330	3	ufscar - universidade federal de sao carlos	0.940
8	5	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	1.223	13	Univ Electrocommun	0.809
9	12	MIT	1.223	6	unb - universidade de brasilia	0.588
10	6	ufpr - universidade federal do parana	1.170	8	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	0.515

Pos = Posição; Rank. = Quantidade de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade.

Fonte: *WoS* (2010), elaborado com *software* UCINET.

Tabela 9 – Grau de Centralidade das Instituições, *Web Of Science*, 2004 -2009.

Pos.	2004-2006			2007-2009		
	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau
1	1	usp - universidade de sao paulo	1.964	1	usp - universidade de sao paulo	1.221
2	2	unicamp - universidade estadual de campinas	1.156	2	unicamp - universidade estadual de campinas	0.860
3	3	unesp - universidade estadual paulista	0.811	4	ufscar - universidade federal de sao carlos	0.552
4	7	ufmg - universidade federal de minas gerais	0.755	3	unesp - universidade estadual paulista	0.546
5	4	ufscar - universidade federal de sao carlos	0.706	6	ufmg - universidade federal de minas gerais	0.446
6	14	MIT	0.653	5	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	0.380
7	8	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	0.580	7	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	0.358
8	10	ufc - universidade federal do ceara	0.552	9	ufc - universidade federal do ceara	0.305
9	18	Tohoku Univ	0.523	8	unb - universidade de brasilia	0.237
10	5	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	0.479	12	Inls - laboratorio nacional de luz sincrotron	0.237

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade.

Fonte: *WoS* (2010), elaborado com *software* UCINET.

Na demonstração gráfica não são contempladas as instituições estrangeiras, entretanto, nas Tabelas de grau de centralidade, grau de intermediação e grau de proximidade, foram preservadas estas instituições para verificar a influência dentro da rede nacional. De acordo com a Tabela 8 e Tabela 9, Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), ao longo de todo período, além de serem as universidades com maior número de publicações, foram as instituições com maior grau de centralidade na maioria dos anos analisados. Outras instituições que merecem destaque são a Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Universidade Federal do Ceará (UFC). Estas universidades tiveram grande aumento na participação das redes, formando relações de laços fortes com universidades e institutos de outras regiões, contribuindo para coesão da rede, fato observável com o aumento do congestionamento de relações no centro das redes apresentadas nas Figuras 17, 18 e 19.

A UFSCar, um dos focos deste trabalho, demonstra grande evolução dentro das redes partindo de um posicionamento periférico nos primeiros anos, para assumir posicionamento central nos últimos anos com grande número de publicações. Além de ampliar o número de publicações e fortalecer as relações com os atores mais centrais da rede, a UFSCar se conectou a outras instituições de pesquisa e ensino que foram incluídas na rede, como por exemplo, no intervalo entre 2007 e 2009, Figura 19, a UFSCar se conectou e trouxe para a rede a Universidade Federal do Piauí (UFPI), o Instituto Nacional de Tecnologia, o CEFET-MA e a empresa privada Magnesita, especializada em refratários de Minas Gerais. Entretanto, neste mesmo período a Instituição que se destaca em agregar outras instituições para a rede é a USP, que contem 16 novas instituições colaborando com ela e retoma as colaborações com o INMETRO. A capacidade de um ator se conectar a novos nós pode ser considerado como um indicador de extensão do processo científico, se não considerarmos os interesses financeiros atrelados às pesquisas.

A Tabela 10 mostra as medidas gerais do grau de centralidade e grau de intermediação das instituições. As tabelas completas com grau de intermediação e grau de proximidade de cada instituição encontra-se disponível no Apêndice B.

Tabela 10 – Grau de Centralidade e Grau de Intermediação e Coesão das redes, *Web Of Science*, 1998-2009.

	1998-2000	2001-2003	2004-2006	2007-2009
Grau de centralidade	2.317	1.723	1.925	1.205
Grau de intermediação	28.17	29.72	32.37	27.23
Coesão/densidade da rede	1.3000	1.8816	1.5917	1.5335

Fonte: *WoS* (2010), elaborado com *software* UCINET.

A Tabela 10 mostra os valores de grau de centralidade diminuindo, o que demonstra a uma maior relação entre os atores centrais. Quanto mais próximo o grau de centralidade estiver de 1, mais a rede estará agrupada com intensas relações. O Grau de Intermediação oscila entre os valores de 27.23 e 32.37. Já a coesão/densidade da rede que depende do número de atores e o número de relações que estes atores têm entre si.

O período de 2001 a 2003, por ser o período que represente o aumento no número de participantes da rede, o grande o valor 1.723

A seguir são apresentadas a redes em nível de agregação regional (Figura 20, 21, 22 e 23). Nestas redes foram contemplados apenas os Estados Brasileiros e suas relações, buscando novamente analisar a colaboração interna brasileira.

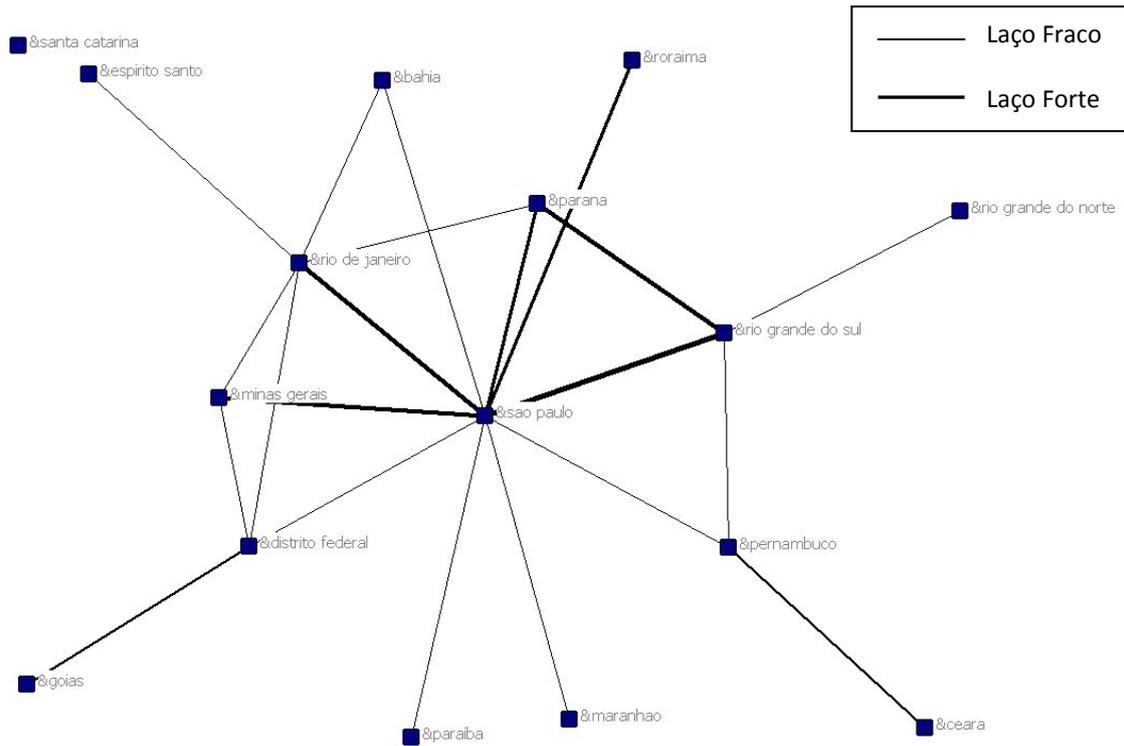


Figura 20 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 1998 a 2000.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

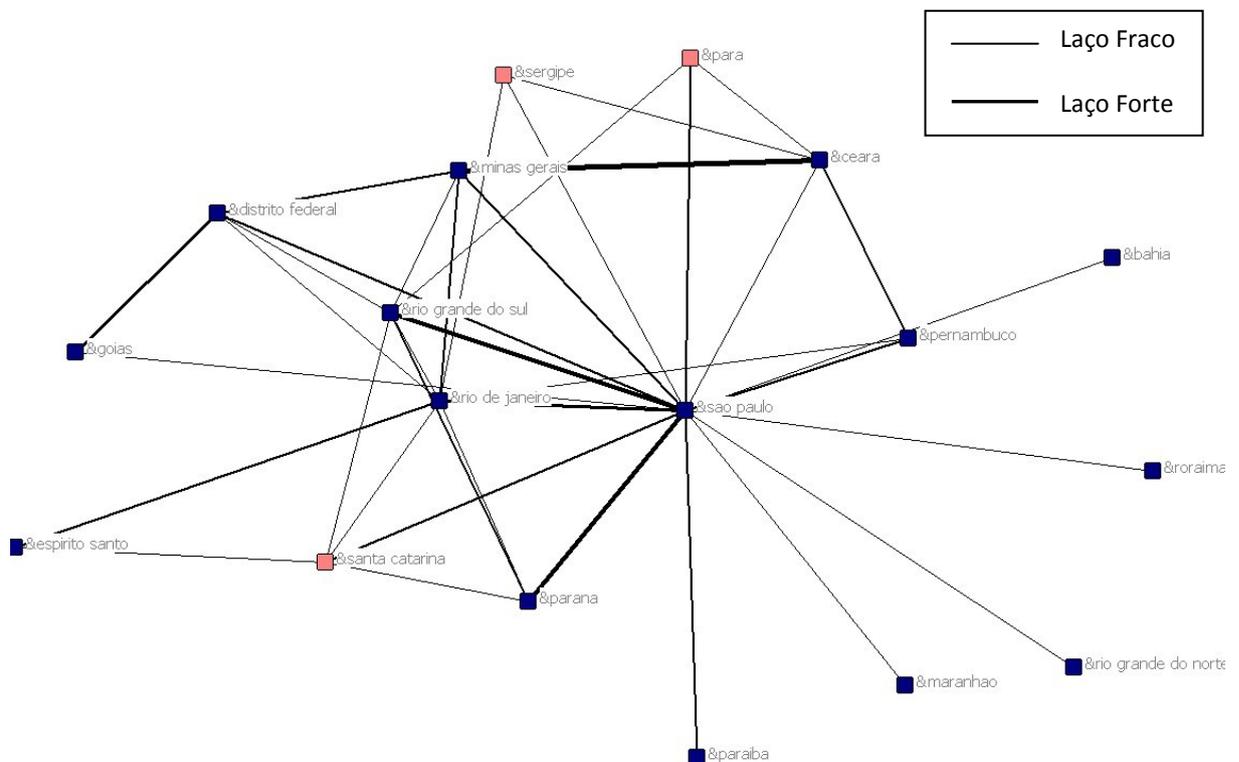


Figura 21 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 2001 a 2003.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

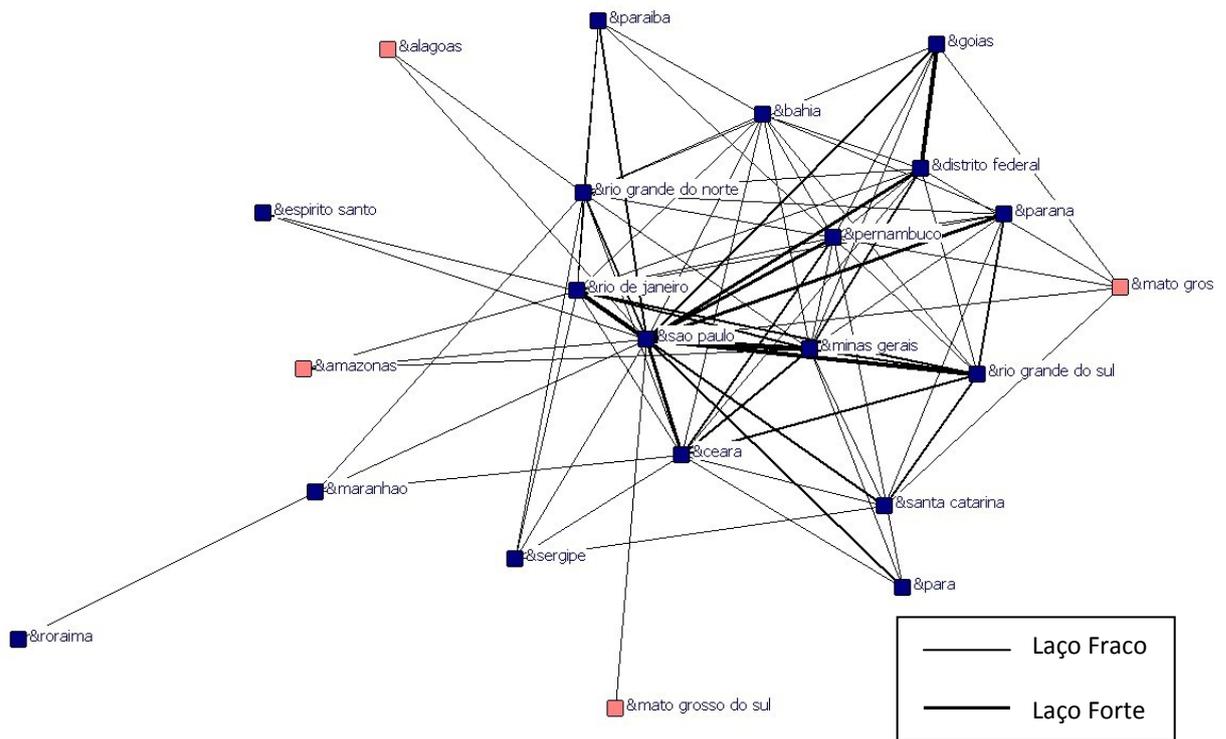


Figura 22 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 2004 a 2006.
 Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software* UCINET e NetDraw.

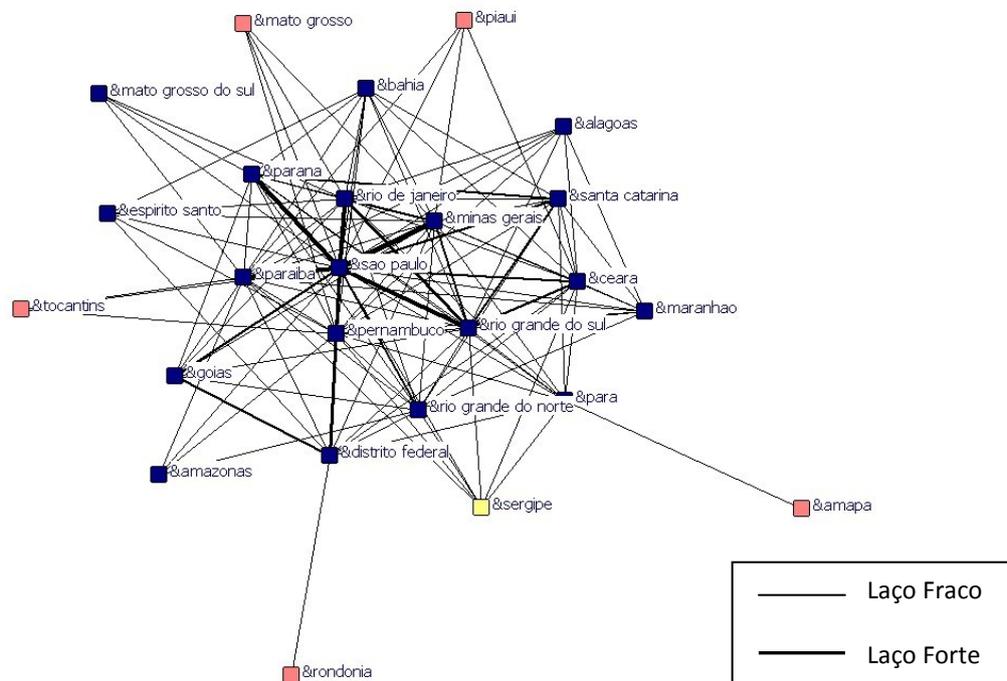


Figura 23 – Rede de colaboração em nível de agregação por Estados de 2007 a 2009.
 Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software* UCINET e NetDraw.

Assim como nas outras redes, a observação direta mostra que a rede por Estados com a evolução passa a ser mais numerosa, apresentando um número maior de ligações e se agrupando ao centro, isto é, passa a ter um maior número de instituições, com mais relações entre si e com menores distâncias entre elas. O Estado de São Paulo, assim como em outras pesquisas (FAPESP, 2001 e FAPESP, 2004), se mostra como centro de referência em pesquisa do país também na área de Nanotecnologia. O Estado apresenta maior grau de centralidade conforme Tabelas 10 e 11, intermediação e proximidade em todos os doze anos analisados (ver Apêndice B).

Tabela 11 – Grau de Centralidade de Estados, *Web Of Science*, 1998 – 2009.

Pos.	1998-2000			2001-2003		
	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau
1	1	sao paulo	1.358	1	sao paulo	0.831
2	2	rio de janeiro	0.413	2	minas gerais	0.277
3	3	minas gerais	0.394	3	rio de janeiro	0.192
4	4	rio grande do sul	0.315	7	ceara	0.186
5	5	parana	0.207	4	rio grande do sul	0.158
6	6	distrito federal	0.153	5	distrito federal	0.125
7	8	pernambuco	0.054	6	parana	0.109
8	22	bahia	0.054	9	pernambuco	0.057
9	10	ceara	0.044	13	goias	0.053
10	11	santa catarina	0.044	11	santa catarina	0.049

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Tabela 12 – Grau de Centralidade de Estados, *Web Of Science*, 1998 – 2009.

Pos.	2004-2006			2007-2009		
	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau
1	1	sao paulo	0.520	1	sao paulo	0.408
2	2	minas gerais	0.153	2	minas gerais	0.122
3	3	rio de janeiro	0.142	3	rio de janeiro	0.117
4	4	rio grande do sul	0.112	4	rio grande do sul	0.106
5	5	distrito federal	0.073	5	parana	0.051
6	8	ceara	0.071	6	pernambuco	0.046
7	6	pernambuco	0.060	9	ceara	0.041
8	7	parana	0.051	8	distrito federal	0.039
9	11	goias	0.039	7	santa catarina	0.034
10	9	santa catarina	0.038	10	paraiba	0.034

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

O Estado de São Paulo é responsável pela maior parte das agregações de outros Estados na rede, não colaborando apenas com dois Estados que entram para a rede de 2007 a 2009, Amapá e Rondônia, que colaboram diretamente com Pará e Distrito Federal respectivamente. Cabe ressaltar que as conexões entre Estados das mesmas regiões, principalmente as regiões onde a pesquisa possui maior amparo por instituições de pesquisa ou incentivo do governo federal, demonstram maior conexão entre si; é o caso da região

Sudeste, Sul e Nordeste. Um olhar sobre todas as relações durante os 12 anos revela que as regiões Norte e Centro-oeste não possuem todos os Estados conectados conforme Figura 24, que mostram as redes das regiões brasileiras e as relações entre os Estados.

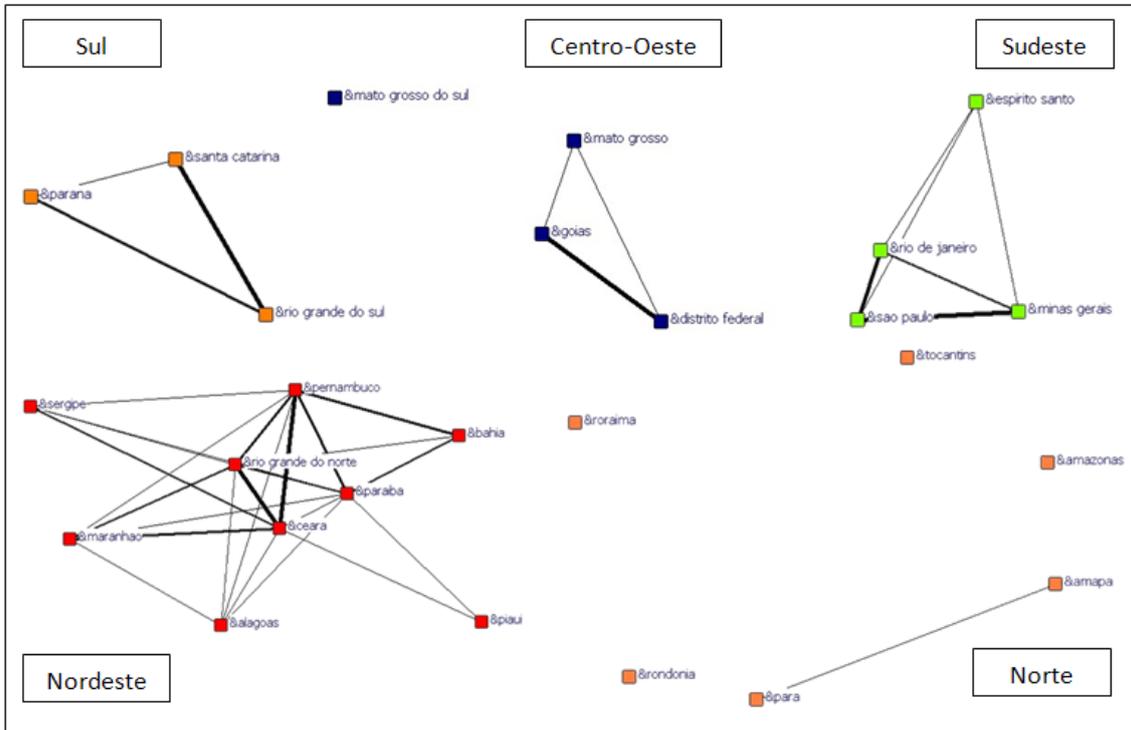


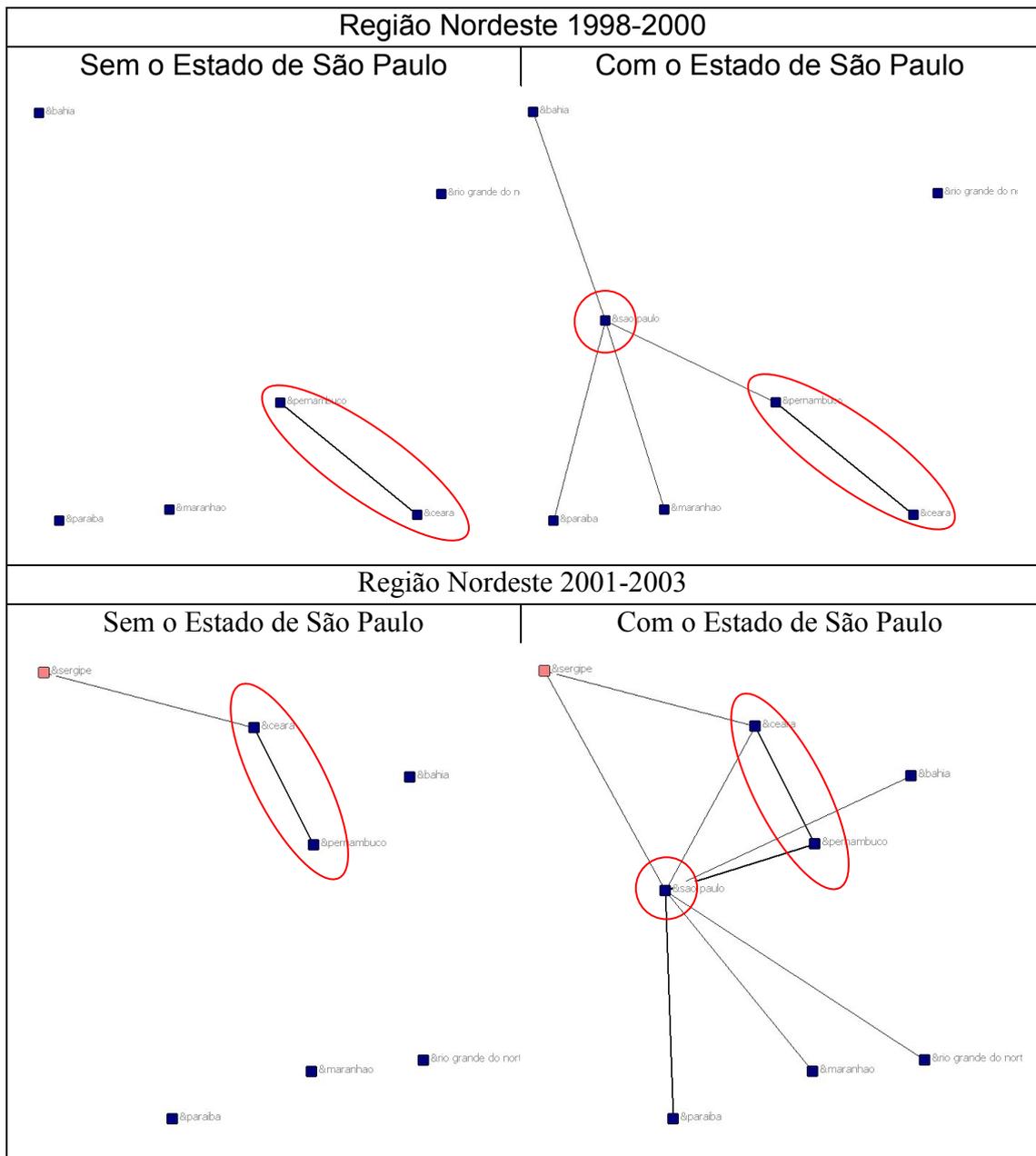
Figura 24 – Rede de colaboração de Estados agupados por Região, 1998-2009.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

Nota-se que a Região Norte é a região onde os Estados estão menos conectados e conta com a não participação do Acre, que neste trabalho não publicou nenhuma pesquisa em Nanotecnologia. Na região Centro-oeste o Estado do Mato Grosso do Sul é o único Estado que não se conecta aos outros, enquanto o Distrito Federal e Goiás estabelecem forte relação de pesquisa. Nestas áreas nota-se que o fator geográfico ainda é uma barreira para o desenvolvimento das pesquisas colaborativas entre os Estados.

Encarando a colaboração científica como uma maneira de disseminar o conhecimento e promover a construção de base de pesquisa, alguns Estados exercem a função de ligação entre Estados da mesma região. Infere-se que a colaboração com Estados isolados na rede, possa estimular ações colaborativas entre Estados da mesma região. Em análise gráfica feita com a participação do Estado de São Paulo na região Nordeste é possível observar ação catalisadora para o desenvolvimento de pesquisas em parceria com outros Estados. Na visualização da rede apresentada nas imagens do Quadro 3 os círculos em vermelho destacam

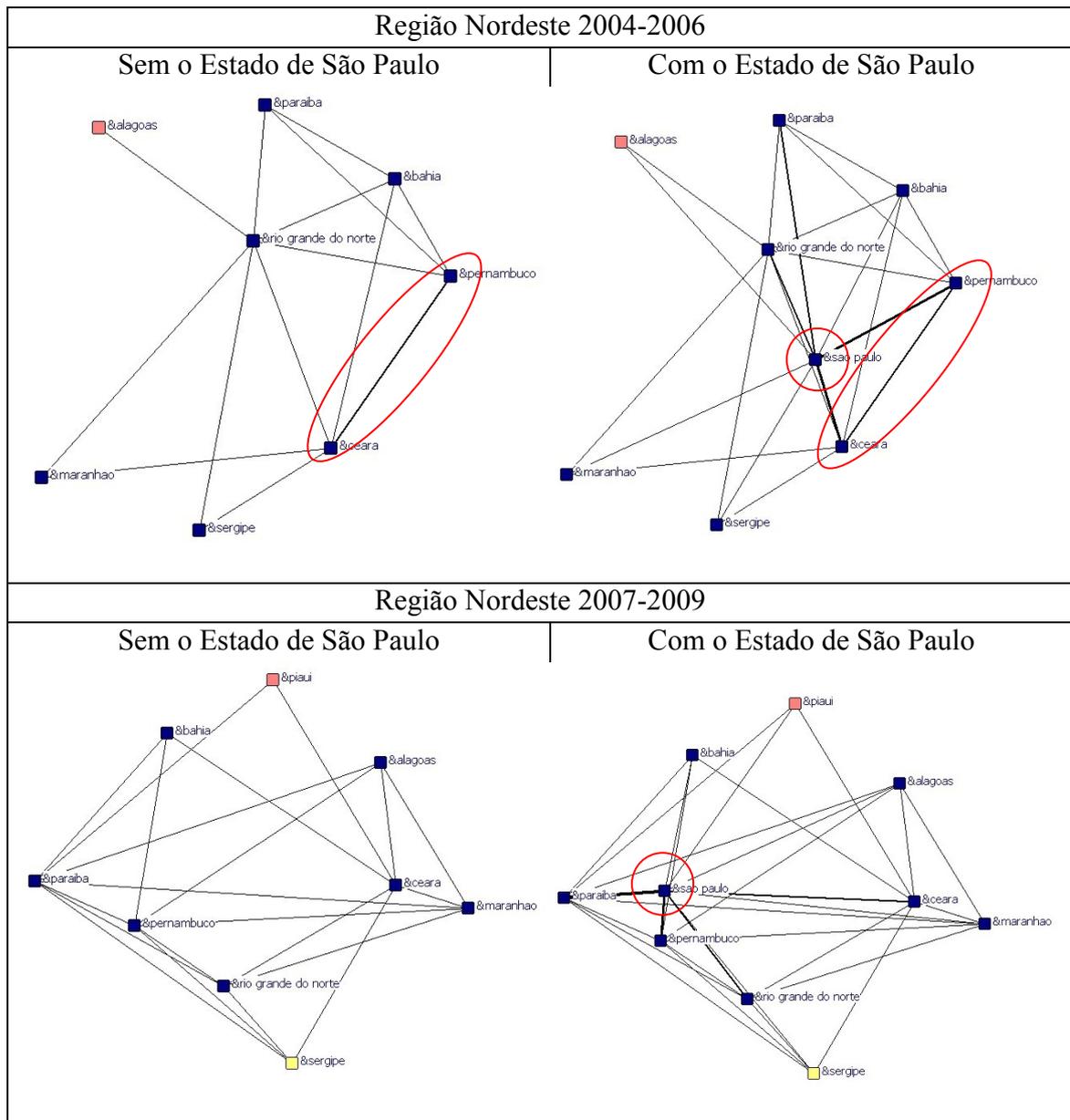
a posição do Estado de São Paulo e as ligações fortes entre os Estados. A análise da influência do Estado de São Paulo na região Nordeste foi escolhida por conta de São Paulo ser o Estado com maior grau de centralidade e número de publicações. A região Nordeste serve de base para análise por, na Figura 24, apresentar maior número de Estados e intensa relação entre eles.



Quadro 3 – Análise da influência do Estado de São Paulo na Região Nordeste, *Web of Science*, 1998-2009.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

Continuação do quadro – 3.



Quadro 4 – Análise da influência do Estado de São Paulo na Região Nordeste, *Web of Science*, 1998-2009.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

A quantidade de relações existentes na região Nordeste está condicionada à participação do Estado de São Paulo, uma vez que a maioria das relações passam por este nó da rede, com exceção da relação entre Pernambuco e Ceará entre 1998 e 2000, onde a colaboração ocorre independente da intermediação do Estado de São Paulo. Os dois Estados são os que mais mantêm laços fortes nas redes. A análise deste quadro mostra que a colaboração entre estados de outras regiões é um dos meios para o desenvolvimento de pesquisas locais e inter-relações.

A visualização por nível de agregação em área temática de pesquisa permite visualizar por quais eixos temáticos a Nanotecnologia se desenvolve; a seguir seguem-se as Figuras de 25 a 29, que mostram a evolução desta rede:

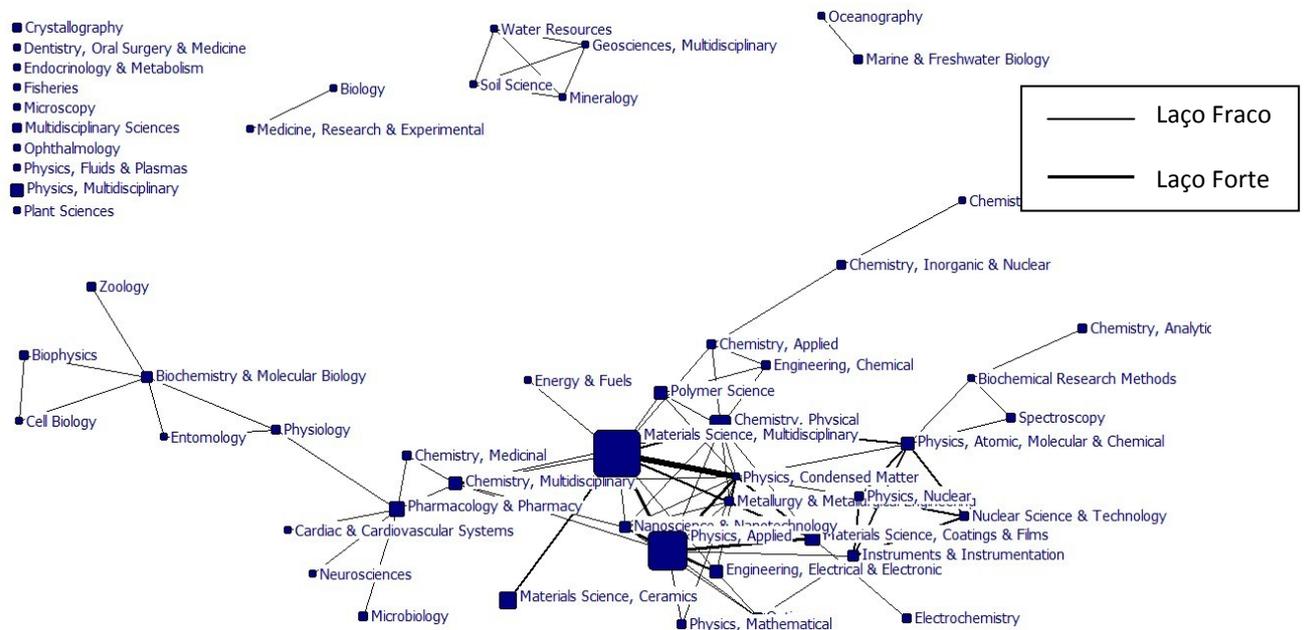


Figura 25 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 1998 a 2000.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

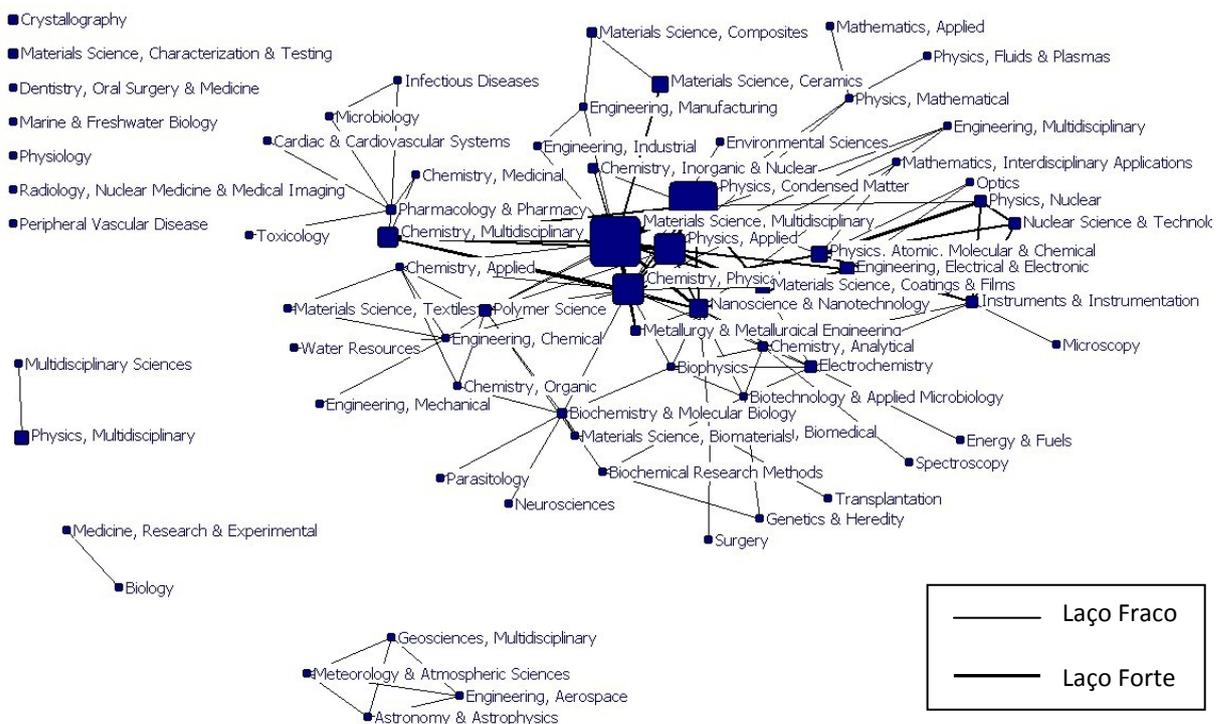


Figura 26 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 2001 a 2003.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

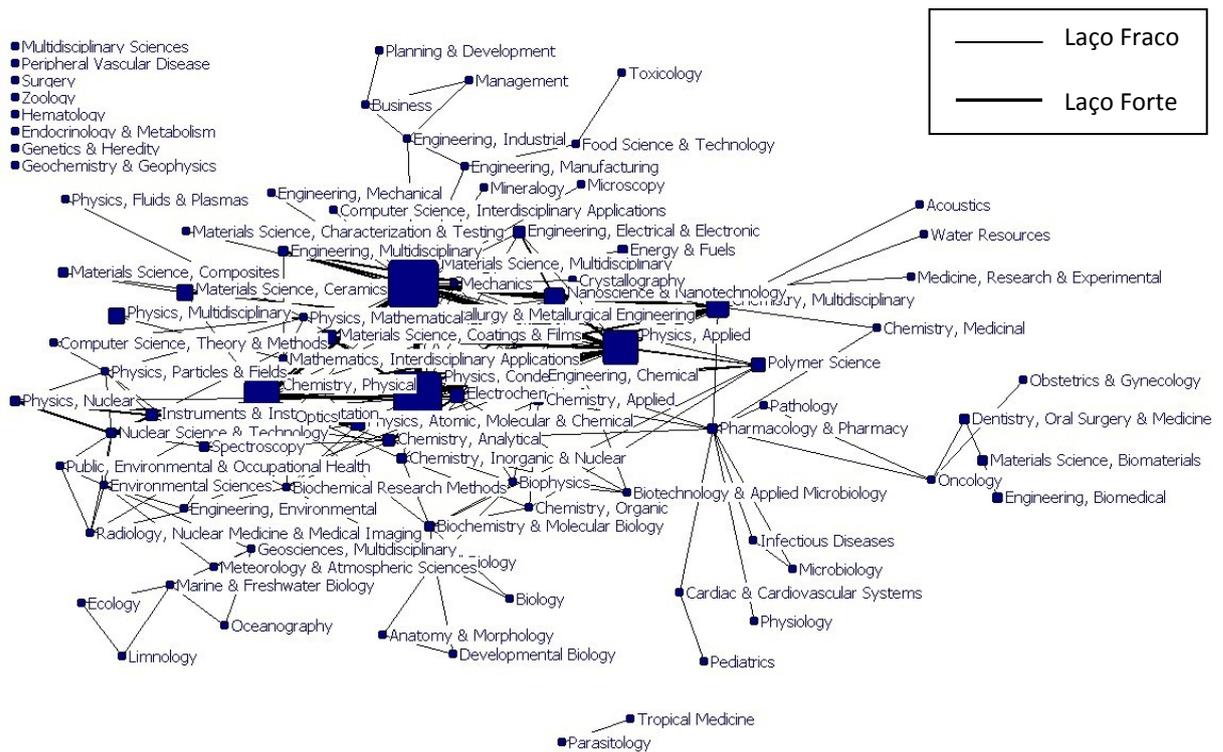


Figura 27 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 2004 a 2006.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

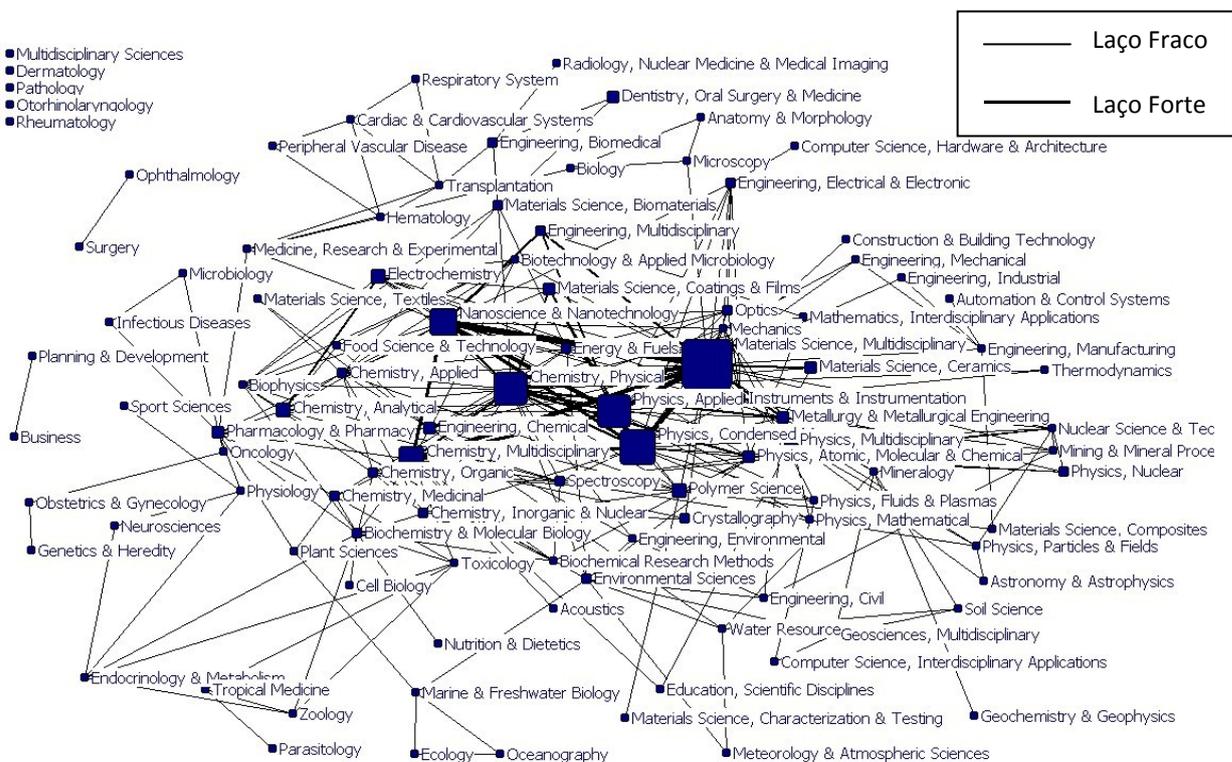


Figura 28 – Rede de colaboração em nível de agregação por área temática de 2007 a 2009.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

Antes de mais nada é necessário deixar claro que a rede das áreas temáticas é formada

a partir da classificação que cada artigo recebe na base de dados WoS e em alguns casos recebe mais de uma área temática. Para visualização da rede e as relações entre as áreas temáticas foi mantido o nome de cada nó da rede para melhor identificar, mesmo prejudicando a visualização das relações. As Figuras de 25 a 28 revelam o intenso desenvolvimento da rede de Nanotecnologia e suas áreas de pesquisa ou de aplicação. As áreas de maior concentração encontram-se nas Ciências de Materiais, Física e Física da Matéria Condensada e Química; destas áreas outros assuntos correlatos são ramificados como Química Inorgânica, Ciência e Tecnologia Nuclear e se estende para sub-áreas da Saúde e Biologia (Figura 25). Ao longo dos anos é possível observar que a rede se expande para diversas áreas, muitas vezes guiados pela rápida e diversificada aplicação da Nanotecnologia voltada para o comércio e para a indústria. Nos dois primeiros triênios (Figura 25 e 26) nota-se uma grande quantidade de áreas isoladas da rede principal e que nas figuras seguintes aparecem se relacionando com as áreas já existentes nas redes, com a tendência a se relacionar com a área mais próxima da sua natureza, ou ainda não aparecendo no triênio seguinte, mas aparecendo em outro ainda mais para frente. A formação de grupos isolados desligados do centro da rede aparece nos quatro triênios.

Um dos pontos de destaque da análise da rede por áreas temáticas é a possibilidade de visualização da integração de áreas/temas dos trabalhos, assim, observando a Figura 25, vemos, além dos agrupamentos das ciências de manipulação e construção de materiais em nanoescala (Física, Química e Materiais), sub-áreas ou temas relacionados à saúde, que vão aumentando, tanto em relações quanto em outros sub-áreas, ao longo do tempo. Este tipo de visualização mostra as diferentes formas e caminhos que a pesquisa em Nanotecnologia brasileira está se guiando.

Indica também como os assuntos vão se relacionando, e mostram por exemplo, que existem pesquisas que envolvem a área de Toxicologia com a de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, como mostra a Figura 27, ou ainda na relação de Geociência com Ciência da Computação, da Figura 28. Os resultados da visualização desta rede demonstram que as pesquisas têm cunho estritamente de avanço tecnológico e alguns relacionados ao meio ambiente (sem maiores detalhes sobre quais abordagens são dadas nestes trabalhos), uma vez que não foram indexados nenhum trabalho que correlacione a Nanotecnologia com reflexões quanto ao seu impacto na sociedade ou a percepção da sociedade para o tema, isto é, não houveram publicações na área de Ciências Humanas, fator observado nos trabalhos de Martins (2004 e 2007).

As medidas de Centralidade, Proximidade e Intermediação das Áreas temáticas estão dispostas no Apêndice B. A próxima visualização da rede (Figura 29, 30,31 e 32) apresenta a relação do Brasil com outros países no período.

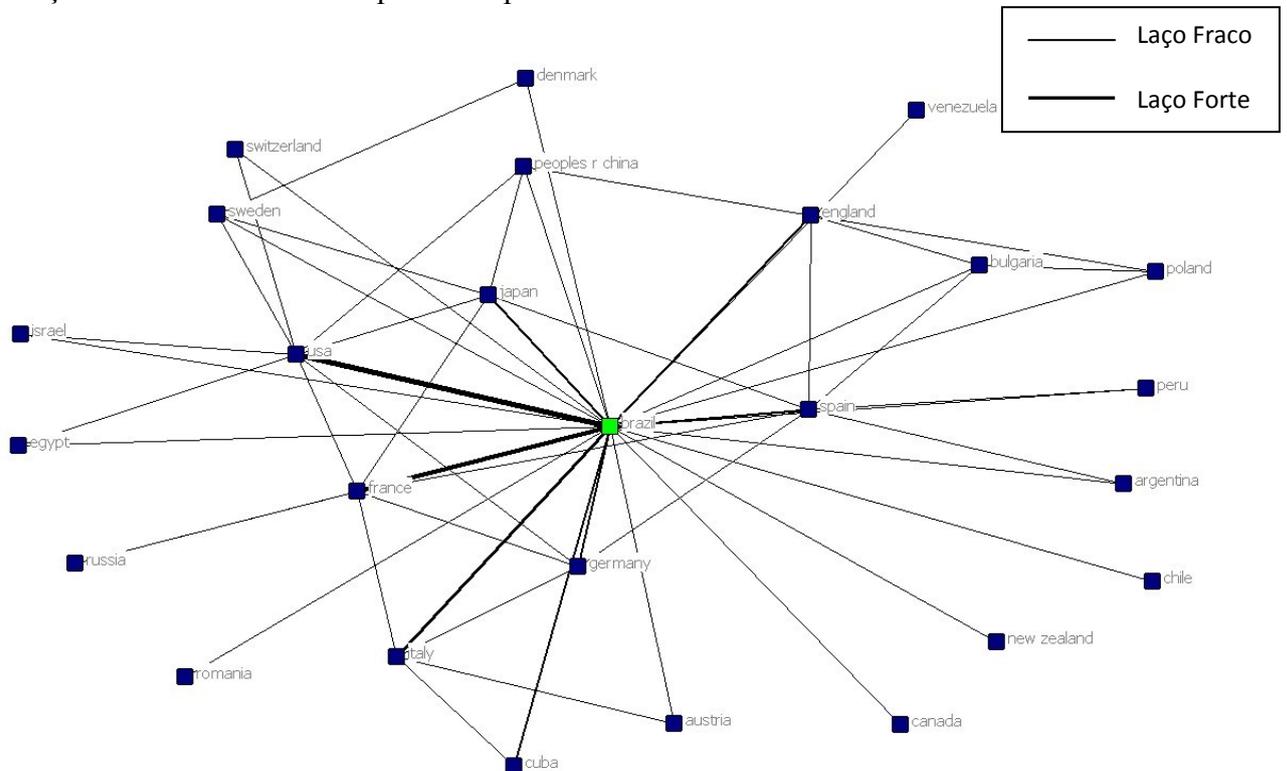


Figura 29 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 1998 a 2000.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

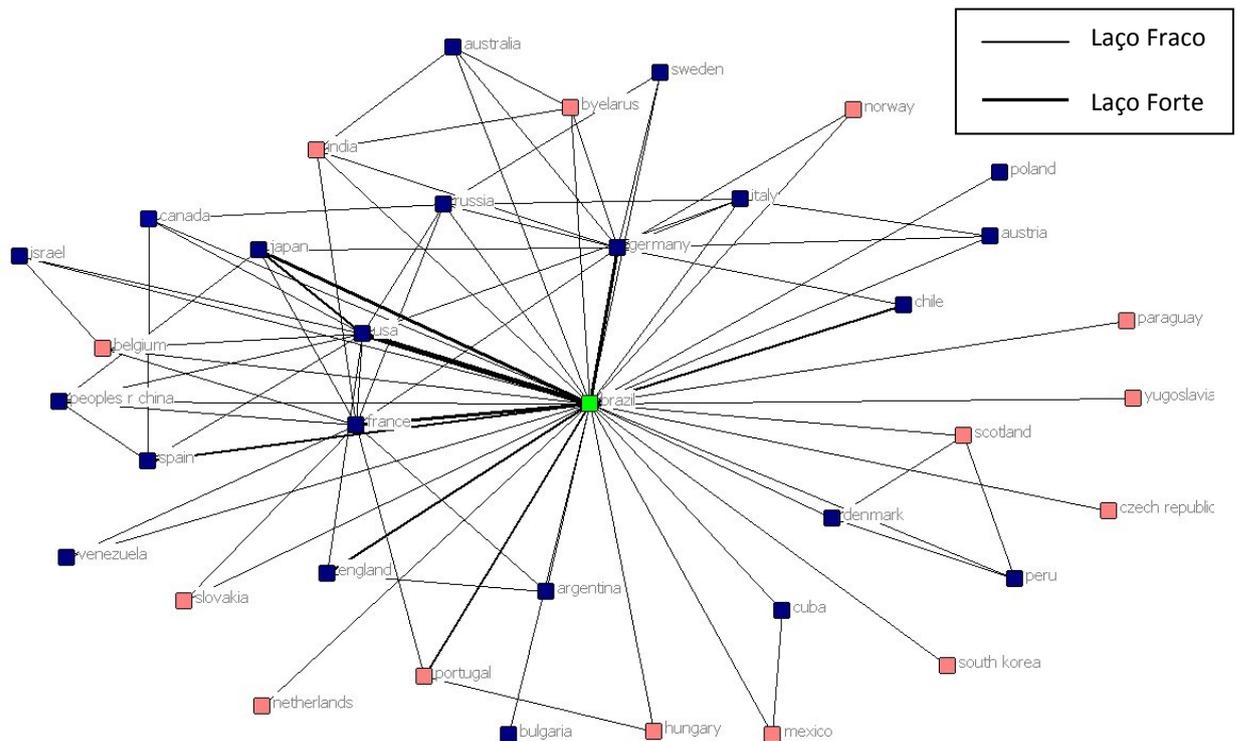


Figura 30 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 2001 a 2003.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

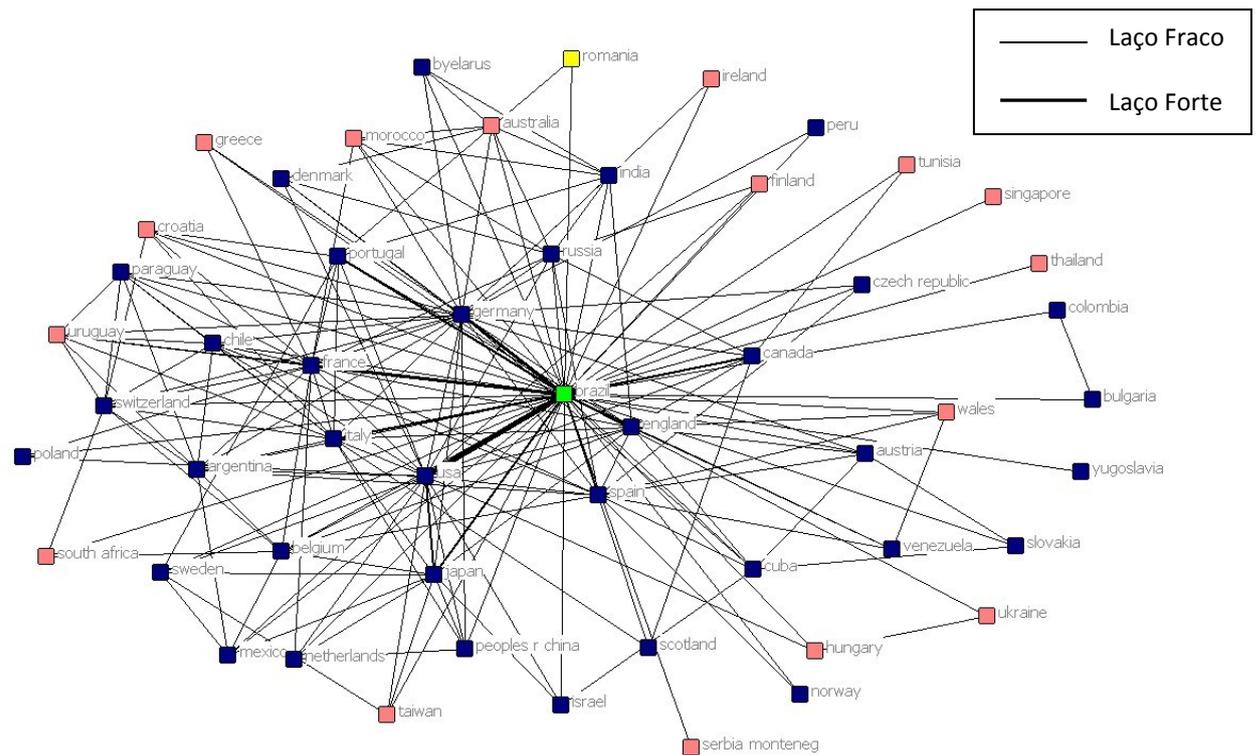


Figura 31 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 2004 a 2006.
 Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

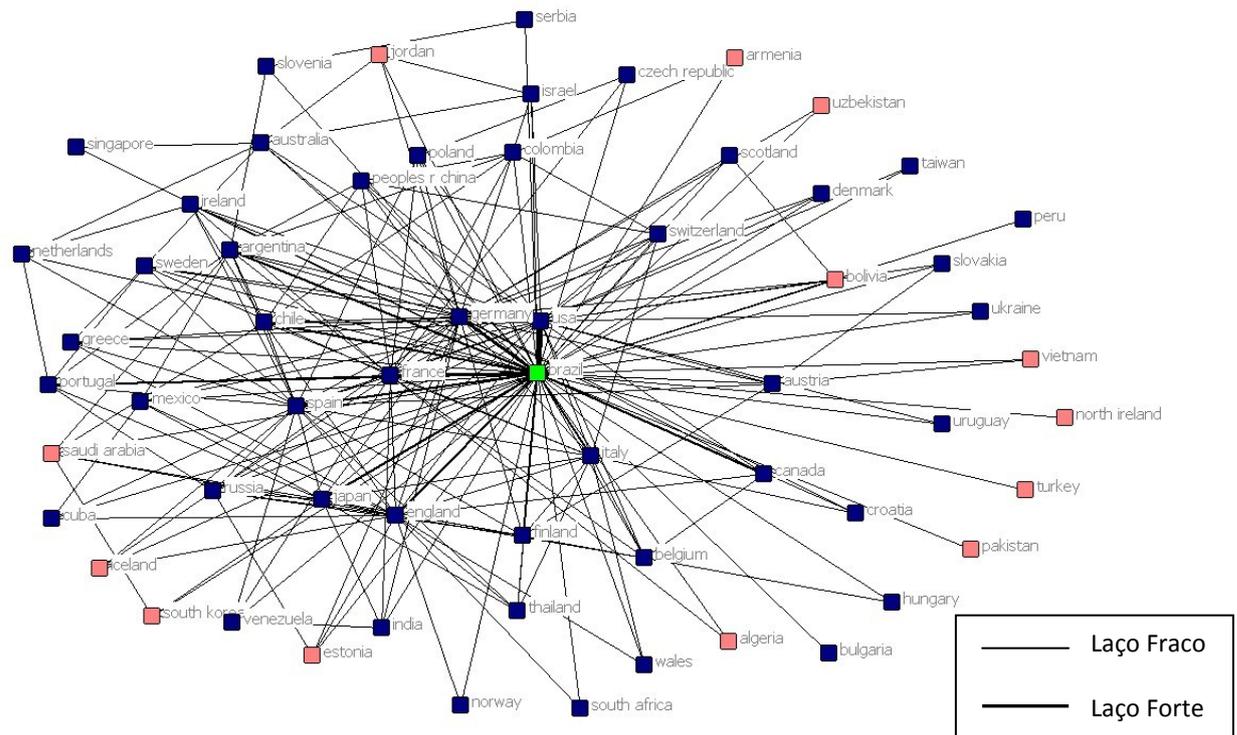


Figura 32 – Rede de colaboração em nível de agregação Internacional de 2007 a 2009.
 Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

O menor nível de agregação de uma rede de colaboração científica, apresentado neste estudo, mostra os países que colaboram com o Brasil. A observação das Figuras 29, 30, 31, e 32 apresenta o Brasil destacado de verde; uma vez que todos os nós se ligam a ele não seria possível a formação de grupos isolados. A rede brasileira de 1998 a 2000 possui 25 nós e aumenta ao longo do período chegando a 60 países no final de 2007 a 2009. O aumento de parceiros na rede brasileira se dá por conta da busca por países colaboradores diversificados; fato parecido é apresentado no trabalho de Chaimovic e Leta (2002). Os principais parceiros se posicionam como os países mais próximos da rede e com ligações mais fortes. Como mostrado na Figura 8, os países que mais possuem artigos em colaboração (EUA, França, Alemanha, Inglaterra, Itália, Espanha e Japão) são o países mais próximos na rede e, conforme Duran (2006) ressalta, são países que tem investido altos recursos na corrida por avanços em Nanotecnologia.

As participações dos países Sul-americanos nas colaborações brasileiras são observadas com grande destaque por alguns autores (CHAIMOVIC; LETA, 2002, MENEGHINI;PACKER, 2006, RUSSELL, 2009). O destaque das redes de colaboração em Nanotecnologia da América do Sul recai sobre países como Argentina e Chile. Os dois países apresentam, entre as medições da rede de colaboração, resultados de centralidade com evolução e se posicionam na rede de 2007 a 2009 entre os 10 países mais centralizados (Tabela 12 e 13) e entre os 20 em grau de intermediação (Tabela 14 e 15). De 1998 a 2003, em medidas de grau de proximidade, o Chile fica atrás de Peru e Venezuela, mas volta a acompanhar a Argentina ficando entre 20 países com maior grau de centralidade nos últimos seis anos, com destaque entre os 10 nos últimos 3 – a tabela com dados do grau de proximidade constam no Apêndice B.

Tabela 13 – Grau de Centralidade de Países, *Web Of Science*, 1998 – 2003.

Pos.	1998-2000			2001-2003		
	Rank	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau
1	1	Brasil	16.649	1	Brasil	11.541
2	2	EUA	5.405	2	EUA	4.238
3	3	França	3.676	4	Japão	2.205
4	4	Itália	2.054	3	França	1.976
5	6	Espanha	1.838	5	Alemanha	1.546
6	8	Japão	1.730	7	Espanha	0.745
7	5	Alemanha	1.514	6	Inglaterra	0.716
8	7	Inglaterra	1.405	8	Portugal	0.573
9	10	China	0.973	14	Rússia	0.515
10	9	Cuba	0.757	12	China	0.515
11	12	Bulgária	0.757	11	Itália	0.487
12	11	Dinamarca	0.541	10	Argentina	0.458
13	20	Suécia	0.541	9	Chile	0.430
14	13	Áustria	0.432	13	Canadá	0.372
15	16	Polónia	0.432	15	Bélgica	0.286
16	14	Rússia	0.324	16	Cuba	0.229
17	19	Argentina	0.324	17	Índia	0.229
18	15	Nova Zelândia	0.216	18	sweden	0.172
19	18	Canadá	0.216	23	Dinamarca	0.143
20	17	Chile	0.216	21	Escócia	0.143

Pos = Posição; Rank. = Quantidade de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade.
 Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software* UCINET.

Tabela 14 – Grau de Centralidade de Países, *Web Of Science*, 2004 – 2009.

Pos.	2004-2006			2007-2009		
	Rank.	Autor	Grau	Rank	Autor	Grau
1	1	Brasil	8.526	1	Brasil	8.395
2	2	EUA	3.174	2	EUA	2.605
3	4	Alemanha	1.599	4	Alemanha	1.488
4	3	França	1.552	3	França	1.357
5	5	Japão	1.286	5	Espanha	0.961
6	7	Itália	0.753	6	Inglaterra	0.767
7	6	Inglaterra	0.730	8	Itália	0.643
8	8	Espanha	0.707	7	Argentina	0.636
9	9	Canadá	0.475	12	Japão	0.543
10	10	Portugal	0.429	10	Chile	0.473
11	12	Argentina	0.348	9	Portugal	0.426
12	16	China	0.348	11	Canadá	0.302
13	15	Rússia	0.336	13	Australia	0.264
14	11	Chile	0.324	15	Rússia	0.264
15	13	Índia	0.290	19	México	0.240
16	14	Cuba	0.266	14	Índia	0.209
17	21	Áustria	0.243	16	Irlanda	0.209
18	17	Suécia	0.232	17	Bélgica	0.186
19	18	Bélgica	0.232	20	Suíça	0.171
20	19	Suíça	0.220	23	Suécia	0.171

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Grau. = Grau de Centralidade.
 Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software* UCINET..

Tabela 15 – Grau de Intermediação de Países, *Web Of Science*, 1998 – 2009.

Pos.	1998-2000			2001-2003		
	Rank	Autor	Inter	Rank	Autor	Inter
1	1	Brasil	79.222	1	Brasil	82.069
2	2	EUA	3.750	3	França	3.431
3	6	Espanha	2.861	5	Alemanha	3.360
4	3	França	1.389	2	EUA	2.354
5	4	Itália	0.833	14	Rússia	0.521
6	8	Japão	0.694	11	Itália	0.164
7	7	Inglaterra	0.556	17	Índia	0.106
8	20	Suécia	0.333	12	China	0.106
9	5	Alemanha	0.306	4	Japão	0.085
10	10	China	0.278	8	Portugal	0.079
11	12	Bulgária	0.111	7	Espanha	0.053
12	9	Cuba	0.000	6	Inglaterra	0.053
13	13	Austria	0.000	13	Canadá	0.053
14	11	Dinamarca	0.000	10	Argentina	0.053
15	15	Nova Zelândia	0.000	15	Bélgica	0.053
16	16	Polónia	0.000	16	Cuba	0.000
17	17	Chile	0.000	9	Chile	0.000
18	18	Canadá	0.000	18	Suécia	0.000
19	19	Argentina	0.000	19	Peru	0.000
20	14	Rússia	0.000	20	Iugoslávia	0.000

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Inter. = Grau de Intermediação.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Tabela 16 – Grau de Intermediação de Países, *Web Of Science*, 1998 – 2009.

Pos.	2004-2006			2007-2009		
	Rank	Autor	Inter	Rank	Autor	Inter
1	1	Brasil	65.355	1	Brasil	65.023
2	4	Alemanha	7.467	2	EUA	7.023
3	2	EUA	4.847	4	Alemanha	6.326
4	3	França	2.296	6	Inglaterra	2.844
5	8	Espanha	1.710	5	Espanha	2.479
6	6	Inglaterra	1.425	3	França	2.369
7	7	Itália	1.321	12	Japão	0.937
8	5	Japão	0.750	8	Itália	0.684
9	15	Rússia	0.577	7	Argentina	0.618
10	10	Portugal	0.504	13	Australia	0.315
11	19	Suíça	0.432	10	Chile	0.285
12	18	Bélgica	0.427	15	Rússia	0.281
13	9	Canadá	0.365	17	Bélgica	0.209
14	12	Argentina	0.361	28	Austria	0.198
15	13	Índia	0.248	18	Colômbia	0.166
16	14	Cuba	0.214	9	Portugal	0.138
17	23	Australia	0.101	23	Suécia	0.103
18	11	Chile	0.089	32	Arábia Saudita	0.099
19	17	Suécia	0.084	19	México	0.076
20	21	Austria	0.075	16	Irlanda	0.067

Pos = Posição; Rank. = Ranking de Publicações; Autor = Nome do Autor; Inter. = Grau de Intermediação.

Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET*.

Além das observações acerca das medidas, outro detalhe quanto à dinâmica das redes pode ser ressaltado. As colaborações brasileiras com países sul-americanos no início da rede são ligações fracas em comparação com outras ligações da rede. As ligações com Chile e Venezuela são relações diretas, sem envolver outros países. Já as ligações com Argentina e Peru fazem parte de parceria que inclui a também Espanha. O fator linguístico pode ter facilitado a formação das parcerias, entretanto, a análise da evolução destas conexões mostra que os países deixam de colaborar com a Espanha e passam a colaborar com França e Alemanha, conforme ilustra a Figura 33.

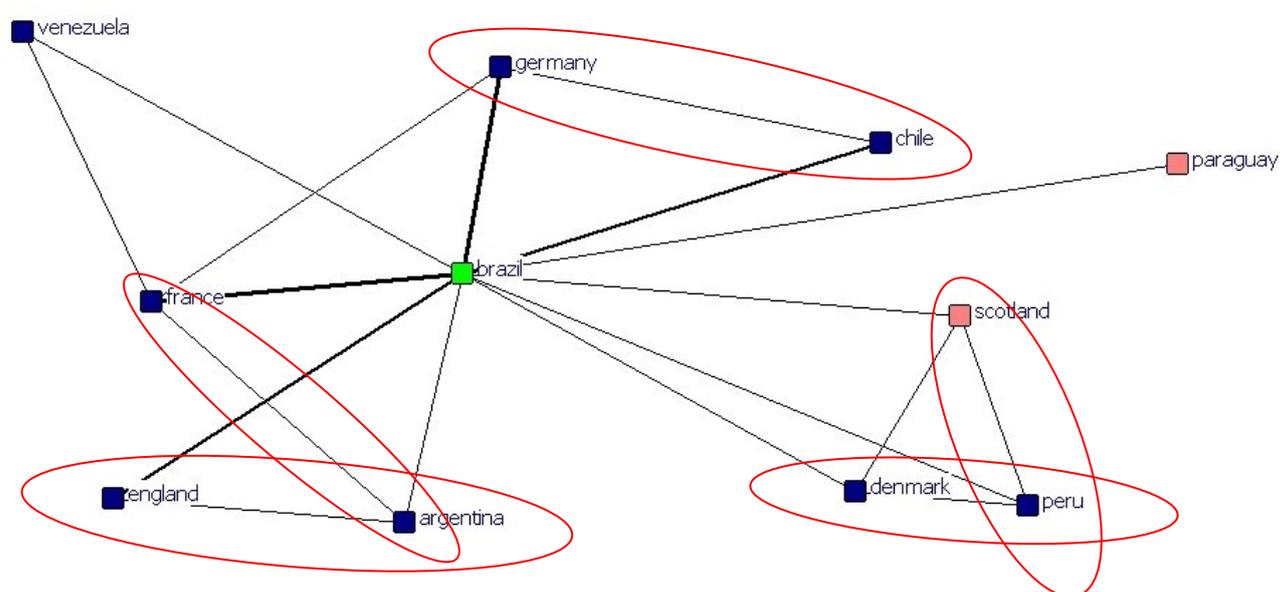


Figura 33 – Análise das relações de países sul-americanos países de 1998 a 2009.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software* UCINET e NetDraw.

Na Figura 33 observa-se que outros dois países, Argentina e Peru, também estabelecem conexões com outros países europeus. O papel de intermediador nestas conexões sugere que o Brasil, a partir de 2001 passou, além de aumentar as conexões com os países sul-americanos, a buscar que as conexões se estabeleçam com os países europeus e com os Estados Unidos, conforme mostra as Figuras 34 e 35.

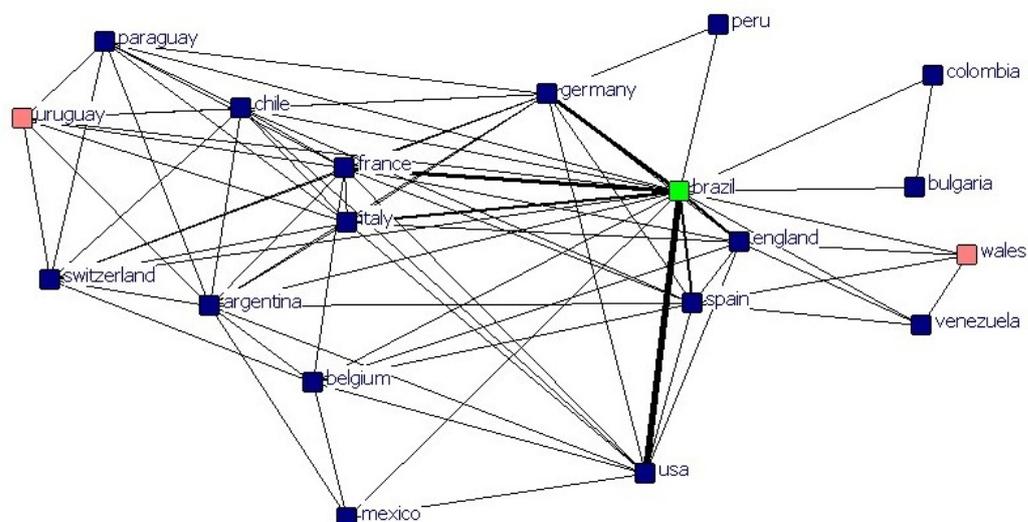


Figura 34 – Rede de Países foco nas relações sul-americanas de 2004 a 2006.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

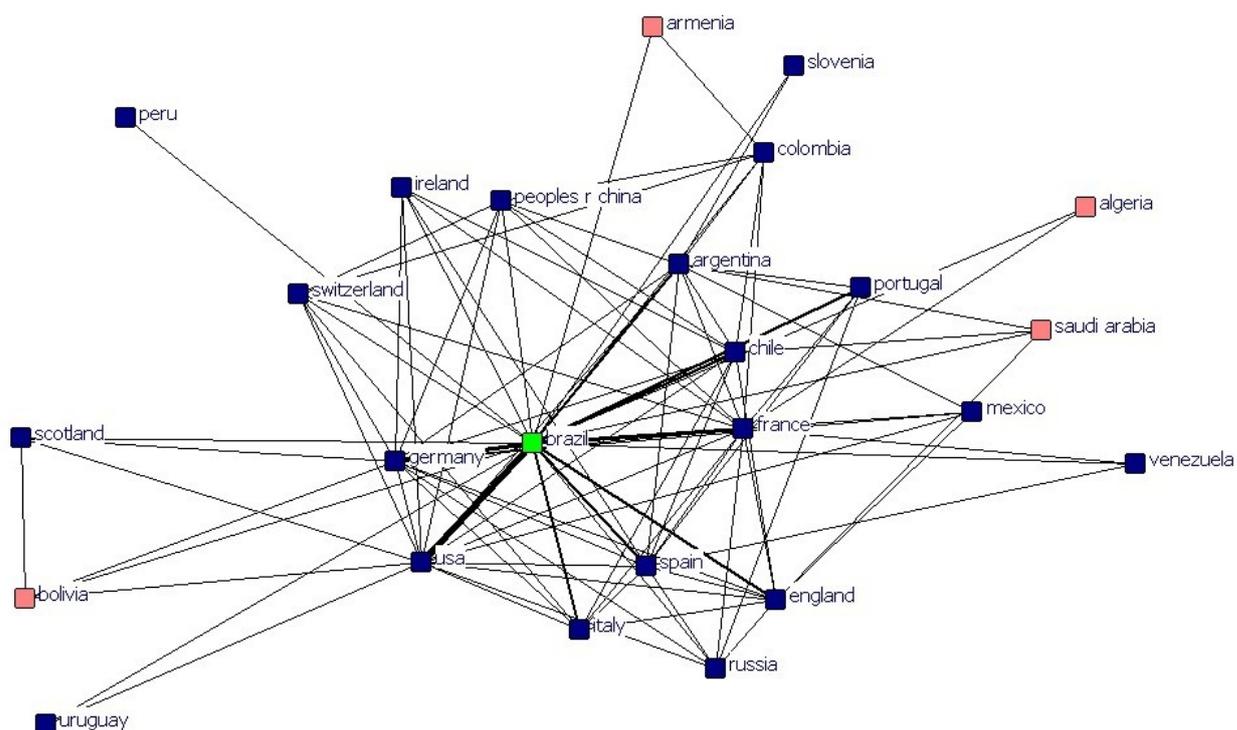


Figura 35 – Rede de Países com foco nas relações sul-americanas de 2007 a 2009.
Fonte: *WoS (2010)*, elaborado com *software UCINET e NetDraw*.

Em todas as visualizações da rede apresentada há a inclusão de pelo menos um novo país sul-americano e a inclusão de outros países, em princípio da Europa e posteriormente de outros países como Arábia Saudita, Armênia, Argélia e País de Gales.

A busca por colaborações com países fora do eixo de pesquisa em Nanotecnologia e o envolvimento de países sul-americanos nestas pesquisas, demonstra a preocupação de fortalecer a pesquisa no continente, estimulando a pesquisa colaborativa em países vizinhos, e ampliação da própria rede de pesquisa como uma estratégia de aumentar as publicações no assunto, facilitando o aceite em periódicos com maior fator de impacto, seguindo a lógica que descreve Martin e Katz (1997). Outro fator que pode estar atrelado à diversidade de pesquisas com outros países é a formação das sub-redes temáticas de pesquisa em que se fortaleceram a colaboração interna e ampliaram a visibilidade das pesquisas nacionais, posicionando o país como referência para outros países que buscam o aprimoramento de suas pesquisas. Para Élson Longo (Apêndice A) certa autossuficiência em relação a equipamentos e maquinários, fez com o Brasil recebesse de outros países propostas interessadas no desenvolvimento de novas metodologias de pesquisa ou interessadas na própria metodologia brasileira. O que de certa forma inverte a situação e torna o Brasil, que já era referência na América do Sul, ainda mais favorável ao desenvolvimento de pesquisa conjunta, principalmente com os países do mesmo continente. Ainda é possível relacionar a colaboração internacional na América do Sul ao intercâmbio de alunos de pós-graduação em universidades brasileiras, que também é destacado na entrevista com o pesquisador.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise por nível de complexidade das redes possibilitou a avaliação da colaboração interna e externa de modo a focar nos níveis de interesse. Dessa maneira, as observações das redes em nível pessoal e de país favoreceram a análise da colaboração externa. As medidas de grau de centralidade, intermediação e proximidade para autores (redes de nível pessoal) mostraram que a rede formada no período de 1998 a 2000 apresentava autores estrangeiros com maior grau de centralidade e pouco grau de intermediação e proximidade. Estes resultados comprovavam a referência de autores de outros países para exposição de suas pesquisas, muitas vezes em função do compartilhamento e do uso de equipamentos e pouca articulação da rede brasileira, uma vez que os autores brasileiros com maior publicação se apresentavam apenas como intermediadores, ligando os autores com menor publicação a autores estrangeiros. Tal fato se confirma com a análise das redes que a partir de 2001, tende a apresentar os autores brasileiros com maior publicação como atores mais centralizados e com melhor posicionamento das redes, transparecendo a organização e articulação das redes, o que resulta num maior aumento das pesquisas e reconhecimento; estes resultados são comprovados com os dados extraídos da conversa com o pesquisador e participante da rede, Dr. Élson Longo, que caracteriza a rede de pesquisa brasileira antes de 2001, sem recursos próprios para compra de equipamentos e a integração e direcionamento das pesquisas e instituições fazedoras de pesquisa. Ainda em análise da colaboração externa, as redes em nível de países mostram as fortes relações com os países referências em pesquisas em Nanotecnologia, porém o destaque maior se dá com as relações envolvendo os países continentais vizinhos, com destaque para Argentina e Chile, e países que não aparecem no eixo de pesquisa, mas que possuem acordos de cooperação internacional com o Brasil (BRASIL, 2006). Os dados revelam que, dos países Sul-Americanos que colaboram com o Brasil, Argentina e Chile são os que estão melhor posicionados na rede. O destaque para estes dois países confirma outra pesquisa desenvolvida por Chaimovich e Leta (2002), que ressalta que as publicações entre Brasil e Argentina estão acima das expectativas. As colaborações brasileiras buscaram juntar os países sul-americanos a pesquisas com países Europeus e com os Estados Unidos.

Estes dois pontos de análise visam contribuir para a questão que pode auxiliar a guiar a estratégia das pesquisas brasileiras: Na formação de redes, quais são as características ideais

que uma rede colaborativa deve ter para ser eficiente? Observamos com os dados deste estudo que uma alta colaboração externa pode representar uma dependência de equipamentos ou metodológica, por outro lado, uma intensa colaboração externa capacita a aquisição de novos temas para pesquisa. Talvez as perguntas feitas sobre a colaboração externa, não estejam sendo feitas da maneira correta, atualmente baseadas no quanto há de colaboração, deveriam ser questionadas como são feitas e com quais países, para verificar em qual sentido a colaboração está sendo benéfica, se fornecendo, ou construindo novos conhecimentos. Quanto aos indicadores da rede, as medidas de centralidade (grau de centralidade, intermediação e proximidade) já foram utilizadas por Perianes-Rodríguez *et al* (2009) para destacar o grau de proximidade em formação de grupos e merecem melhor atenção dos pesquisadores.

Os outros níveis de complexidade da rede analisados foram direcionados para uma análise focada das relações internas, já que se dedicaram a avaliar a participação das instituições e Estados brasileiros. A observação das instituições revelou preponderância da Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em número de artigos e em medidas de centralidade, nas pesquisas do assunto. Foi ressaltada também a participação da Universidade Federal de São Carlos, um dos objetivos deste trabalho, que mostrou evolução no seu posicionamento na rede e iniciativa na inclusão de novas instituições. Apesar de estabelecer forte relação com as instituições nacionais principais, o destaque desta universidade está nas relações que estabelece com Centros de pesquisa em Tecnologia e empresas privadas, como CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), Embrapa e Laboratório Nacional de Luz Síncrotron.

A função da região Sudeste recebe destaque nas redes em nível regional. A participação dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro na propagação das pesquisas em Nanotecnologia é clara na apresentação das redes. O Estado de São Paulo além de impulsionador da maioria das pesquisas é responsável por ligar Estados isolados dentro de uma mesma região. Esta observação constatou que em algumas regiões o fator geográfico ainda se apresenta como uma barreira para o estabelecimento de pesquisas colaborativas. Durante a entrevista com o pesquisador foi enaltecida as colaborações com outros Estados destacando as relações em nível de igualdade, inclusive com a iniciativa de algumas instituições que buscam financiamento e são mais facilmente contempladas por estarem promovendo o desenvolvimento de pesquisas em áreas externas ao eixo tradicional de pesquisas do país (Sudeste e Sul).

A caracterização das redes colaborativas em Nanotecnologia no Brasil contribui para o entendimento do comportamento das pesquisas neste assunto. Alguns comportamentos podem ser observados como a não formação de grupos isolados entre os atores nas redes em nível pessoal, apesar de a rede ser relativamente nova. Padrões no perfil colaborativo, mostram que as pesquisas em Nanotecnologia possuem um alto índice de colaborações com mais de 4 autores e laços fortes com autores de maior número de publicação.

Desta forma, o presente trabalho contribuiu para expor o cenário da pesquisa em Nanotecnologia no Brasil até o período mais recente, fornecendo uma análise da rede de colaboração, o que permite às futuras avaliações a comparação com outros períodos e a formulação de políticas para o aprimoramento da Nanotecnologia. No tocante ao nível pessoal, permite a identificação e contato com profissionais preocupados com o alargamento do *front* do conhecimento em Nanotecnologia (busca por novas metodologias, aplicações e mercados); em nível institucional, a busca por novos parceiros e análise das relações do setor público-privado; em nível regional, permite a revisão da política interna de desenvolvimento de pesquisa de alto valor agregado em áreas isoladas do país e a observação dos *clusters* de pesquisa e suas interações; em nível de áreas do conhecimento e países, serve de insumo para análise da multidisciplinaridade das pesquisas em Nanotecnologia e indica áreas de aplicação em novos campos do saber e permite, no campo estratégico, uma busca na ampliação dos relacionamentos entre países.

O presente estudo apoiado de pesquisa envolvendo dados bibliográficos de patentes tende a demonstrar o desenvolvimento em Ciência e Tecnologia da área de Nanotecnologia. Outro aspecto a ser destacado nesta pesquisa é além da quantificação das coautorias é o aspecto interpretativo dos dados ao utilizar a entrevista com o especialista como suporte ao entendimento dos dados. O uso da análise bibliométrica, análise de redes sociais para visualização e medidas da rede em conjunto com a entrevista com especialista aproxima a noção da representação da realização dos fatos e diminui a possibilidade de interpretação errada dos dados.

Como sugestões à futuros trabalhos, como já observado, cabe ainda a análise mais aprofundada das relações das medições de do grau de centralidade como indicador para verificação de maturidade e representação das redes de pesquisa (contexto geral de redes aplicado a outras áreas). Além da busca do entendimento de outras variáveis que podem

auxiliar na aproximação do cenário idealizado para redes colaborativas.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo prospectivo nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010. Disponível em <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>> Acesso em: 23/04/2010.

AHMED, A., *et al.* Visualization and analysis of large and complex scale-free networks. In *Proceedings of EuroVis*. p. 239-246, 2005

ALVARADO, R.U. A bibliometria no Brasil. *Ci. Inf*, Brasília, v.13, n. 2, p. 91-105, jul./dez. 1984.

BALANCIERI, R., *et al.* A análise de redes de colaboração científica sob as novas tecnologias de informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. *Ci. Inf*, Brasília, v.34, n.1, p.64-77. jan./abr. 2005.

BARABASI, A.; *et al.* Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A*, v.311, p.590-614, 2002.

BASTOS, R.M.P. **Nanotecnologia**: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos. (Monografia). CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2006.

BRAGA, G. M. Informação, ciência, política científica: o pensamento de Derek de Solla Price. *Ci. Inf*, Brasília, v.3, n.2, p. 155-177, 1974.

BRANDÃO, W. C.; SILVA, A. B. de O; PARREIRAS, F. S. Redes em ciência da informação: evidências comportamentais dos pesquisadores e tendências evolutivas das redes de coautoria. *Informação & Informação*, Marília, v.12, n. esp., dez 2007.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Edital CNPq Nano nº 01/2001**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.memoria.cnpq.br/servicos/editais/ct/nanociencia.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias/Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. **Relatório nanotecnologia, investimento, resultados e demandas**. Brasília, jun. 2006d. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/8075.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2007.

BUFREM, L.; PRATES, .Y. O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. *Ci. Inf.*, v. 34, n. 2, 9-25, maio/ago. 2005.

BUNGE, M. **Epistemologia**: curso de atualização. São Paulo: T. A. Queiroz: EDUSP, 1980.

CABRAL, R.S; *et al.* Nanotecnologia, arte de montar matéria. **In:** I Encontro Científico e I Simpósio de Educação - Ensino Pesquisa e Extensão: Novas soluções para novos desafios. Lins/SP de 17 a 20 de Outubro de 2007.

CALLON, M. **La science et ses reseaux:** genese et circulations des faits scientifiques. Paris: La Découverte, 1989.

CAPRA, F. **Das partes para o todo:** pensamento sistêmico em ecologia e educação. [seminário ministrado na escola de Mill Valley em agosto de 1994]. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disciplinas/fialho/consciencia/congresso/CAPRA.html>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede.** São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CASTRO, R. C. F. Impacto da internet no fluxo da comunicação científica em saúde. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. spe, ago. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102006000400009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 jul. 2010.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

CHAIMOVICH, H.; LETA, J. Recognition and international collaboration: the brazilian case. **Scientometrics**, Hungria, v. 53, p. 325-335, 2002.

COSTA, M. Colaboração em termos práticos. **Revista Melhor - Gestão de Pessoas**, fev. 2005. p. 23-25.

COSTAS, R; BORDONS, M. The h-index: advantages, limitations and its relation with other bibliometric indicators at the micro level. **Journal of Informetrics.** Amsterdam. v. 1, n. 3. jul. 2007, p. 193-203.

CUPANI, A. Acerca do *ethos* da ciência. **Episteme**, São Paulo, v. 3, n. 6, p. 16-38, 1998.

DAL POZ, M. E. S. **Redes de inovação em biotecnologia:** genômica e direitos de propriedade intelectual. Campinas, SP: UNICAMP, 2006. Universidade Estadual de Campinas (Tese de doutorado)

DI CHIARA, I. G.; *et al.* As citações como base da rede social egocêntrica: o artigo citado e suas conexões. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - ENANCIB, 7., 2006, Marília. **Anais...** Marília: FFC/UNESP, 2006. p. 441-452. Disponível em: <<http://www.portalppgci.marilia.unesp.br/enancib/viewpaper.php?id=134>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C. e MORAIS, P. C. de. **Nanotecnologia:** introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

EUROPEAN COMMISSION. **Third european report on science & technology indicators**

2003, Towards a knowledge-based economy, Directorate-General for Research, Knowledge-based economy and society; K3 - Competitiveness, economic analysis and indicators, Brussels. 2003. Disponível em:<

ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/indicators/docs/3rd_report.pdf> Acesso em: 15 dez. 2009.

FAPESP. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2001. Disponível em: < <http://www.fapesp.br/indct/> >. Acesso em: 25 maio. 2010.

FAPESP. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2004. Disponível em: < <http://www.fapesp.br/materia/2060/indicadores/indicadores-2004.htm>> Acesso em: 25 maio. 2010.

FARIA, L. I L. **Prospecção tecnológica em materiais: aumento da eficiência do tratamento bibliométrico: Aplicação na análise de tratamentos de superfície resistentes ao desgaste**. 2001, p.183. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais)- Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, São Carlos: UFSCAR, 2001.

FREEMAN, L. C. Some antecedents of social network analysis. *Connections*, v. 19, n. 1, p. 39-42, 1996.

FREITAS, M. C.; PEREIRA, H. B. de B. **Contribuição de análise de redes sociais para o estudo sobre fluxo de informações e conhecimento**. [S.l.]. [2004]

FUNARO, V. B. de O; *et al.* Redes colaborativas entre autores de revistas científicas em odontologia e medicina. In: MUGNAINI, R.; POBLACION, D. A.; RAMOS, L. M. S. V. (org.). **Redes sociais e colaborativas em informação científica**. São Paulo: Angellara, 2009.

GLÄNZEL, W. **Bibliometrics as a reserarch Field: a course on theory and application of bibliometric indicators**. Course Handouts. 2003.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1989.

GOLDENBERG, Saul. Em que somos bons ?. *Acta Cir. Bras.*, São Paulo, v. 22, n. 3, June 2007 . disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-86502007000300001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 16 Jul. 2010.

GÓMES, D; *et al.* Centrality and power in social networks: a game theoretic approach. *Mathematical Social Sciences*, v.46, p.27-54, 2003.

GONZALES DE GOMEZ, M. N. As relações entre ciência, Estado e sociedade: um domínio de visibilidade para as questões da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 32, n. 1, Abril, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652003000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 maio 2010.

HANNEMAN, Robert A. **Introduction to social network methods**. [S.l.] 2001. Disponível em: <<http://www.researchmethods.org/NETTEXT.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2010.

HAYASHI, M. C. P. ; *et al.* Indicadores de CT&I no pólo tecnológico de São Carlos: primeiras aproximações. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciencia da Informação*, Brasília, v.3 n.2, mar. 2006. p. 17-30. Disponível em:

<<http://www.sbu.unicamp.br/seer/ojs/viewarticle.php?id=46>>. Acesso em: 19 jul. 2010.

HULLMANN, A.; MEYER, M. Publications and Patents in nanotechnology: An overview of previous studies and the state of art. *Scientometrics*, Hungria. v. 58 n. 3. 2003. p. 507-527.

JOLIVET, R. **Curso de filosofia**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Agir. 1979.

KNOBEL, M. Nanoredes. *Comciencia*. [s.l.] 2002. Disponível em: <<http://comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano11.htm>>. Acesso em: 04 jul.2010.

KRETSCHMER, H. A new model of collaboration: part 1. theoretical approach. *Scientometrics*, Hungria, v.46 n.3, 1999. p. 501-518.

KRIEGER, E. **Perspectivas da ciência e tecnologia no Brasil**. [palestra ministrada no Instituto de Estudos Estratégicos da Universidade de São Paulo em 8 de março de 2006]. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/online/midiateca/videokrieger060308.html>> Acesso em 28 mar. 2009.

KROPF, S. P.; LIMA, N. T. Os valores e a prática institucional da ciência: as concepções de Robert Merton e Thomas Kuhn. *Hist. cienc. saude-Manguinhos* [online]. 1999, v.5, n.3, p. 565-581. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59701999000100002&lng=pt&nrm=iso Acesso em: 26 jun 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 312 p.

LIMA, M. Y. **Redes de co-autoria científica no programa de pós-graduação em geociências da UFRGS**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Sociologia. Porto Alegre. 2009.

LIMA, M.Y.; HAYASHI, C.R.M.; HAYASHI, M. C. P. I. Análise de redes de co-autoria na produção científica em educação especial. *Liinc em Revista*, v.4, n.1, mar. 2008, Rio de Janeiro, p.84-103 Disponível em: <<http://revista.ibict.br/liinc/index.php/liinc/article/view/274/179>> Acesso em: 18 abr. 2010.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 27, n. 2, 1998. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651998000200005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 20 Ago. 2010.

MAIA, M. F.; CAREGNATO, S. E. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 18-21, maio / ago. 2008.

MARINHO-DA-SILVA, M. C. **Redes sociais intraorganizacionais informais e gestão**: Um estudo nas áreas de manutenção e operação da planta HyCO-Camaçari, BA. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal da Bahia. Escola de Administração. NPGA. Salvador-BA, 2003.

MARTINHO, C. **Redes**: uma introdução às dinâmicas da conectividade e da auto-organização. WWF – Brasil, 2003.

MARTELETO, R. M. Análise de redes sociais - aplicação nos estudos de transferência da informação. *Ci. Inf.*, jan./abr. 2001, v.30, n.1, p.71-81.

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

MARTINS, P.R.. Nanotecnologia, sociedade e médio ambiente no Brasil: perspectivas e desafios. *II Encontro da ANPPAS*. 26 a 29 de maio de 2004. Indaiatuba - São-Paulo – Brasil, 2004. Disponível em < http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/index.html#9 > Acesso em: 16 abril 2010.

MARTINS, P. R. **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente em São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal**. São Paulo: Xamã, 2007.

MARTINS, M. E; CSILLAG, J. M.; PEREIRA, S. C. A Produção e colaboração científica em operações de serviço: uma análise da rede internacional de pesquisadores e instituições. *Anais Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais SIMPOI 2009*. FGV – EAESP, São Paulo 2009. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00408_PCN72961.pdf> Acesso em: 26 fev. 2010.

MATHEUS, R. F.; SILVA, A. B. de O. Análise de redes sociais como método para a ciência da informação. *Ci. Inf.*, vol.7 n.2 , Jan/abr. 2006.

MATHEUS, R. F.; SILVA, A. B. de O. Fundamentação teórica para a análise de redes com ênfase na análise de redes sociais: ARS, Belo Horizonte, *Redeci*, 2005. Disponível em: <<http://www.netic.com.br/redec/i/images/stories/docs/ars.pdf>> Acesso em 18 jun.2009.

MEADOWS, A. J. **A comunicação científica**. Brasília: Briquet de Lemos, 1999.

MEDEIROS, E. S. de; MATTOSO, L. H. C.; PATERNO, L. G. Nanotecnologia. In: DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C. e MORAIS, P. C. de. **Nanotecnologia**: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

MELO, P. T. N. B. de ; RÉGIS, H. P. Uma perspectiva do campo de pesquisa em redes sociais no Brasil: uma análise da produção científica na área de organizações. Florianopolis. *Anais do III CBPOT*, 2008.

MEYER; M.; PERSSON, O. Nanotechnology: interdisciplinarity, patterns of collaboration and differences in application. *Scientometrics*, v.42, p.195-205. 1998.

MENEGHINI R, PACKER AL. 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. *An Acad Bras Ciênc.*, [periódico na Internet] 2006. Dec; 78(4):841-53.

MERTON, R. K. **Sociologia: teoria e estrutura**. [Social theory and social structure]. Miguel Maillat (Trad.). São Paulo: Mestre Jou, 1970. 758 p.

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – SETEC. Coordenação Geral Micro e Nanotecnologias CGNT. Relatório referente à gestão do programa Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia no exercício de 2005.

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Histórico do PPA 2004-2007**, 2008. Disponível em .< <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27136.html>> Acesso em 18 maio. 2010.

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento nacional: plano de ação 2007-2010**, 2008a. Disponível em .< http://www.mct.gov.br/upd_blob/0021/21439.pdf> Acesso em 18 maio. 2010.

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Programa nacional de nanotecnologia**, 2006. Disponível em .< <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27137.html>> Acesso em 18 maio. 2010.

MOLINA, J. L. MUÑOZ, J. M. Redes de publicaciones científicas: un análisis de la estructura de coautorías. *In*: Sunbelt XXI. Budapest 25-28 de Abril de 2001.

MOLINA, J. L. La ciência de las redes. *Apuntes de Ciencia e Technology*, v. 11 . p. 36-40. Junho, 2004

MUGNAINI, R. **Caminhos para adequação da avaliação da produção científica brasileira: impacto nacional versus internacional**. São Paulo, 2006. 253 p. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Escola de Comunicações e Artes. Universidade de São Paulo.

MUGNAINI, R.; JANNUZZI, P. M.; QUONIAM, L. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 33, n. 2, ago. 2004 .Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652004000200013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 20 Ago. 2010.

NATIONAL SCIENCE BOARD – NSB. **Science and engineering indicators 2010**. Arlington, VA: National Science Foundation, 2010. Disponível em: < <http://www.nsf.gov/statistics/seind10/pdf/seind10.pdf>> Acesso em: 23 jun. 2010.

NORMAN, A. G.; ALEJANDRO, V. A. O. **Manual introdutório à análise de redes sociais: Medidas de Centralidade**. [s.l.]. 2006.

OKUBO, Y. **Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples**. Paris, OECD, 1997 69 p. (STI Working Papers, 1997/1).

OLIVEIRA, E. F. T. de, SANTAREM, L. G da S., SANTAREM SEGUNDO, J. E. **Análise das redes de colaboração científica através do estudo das co-autorias, nos cursos de pós-graduação do Brasil no tema tratamento temático da informação**. Disponível em: < http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2925198...0>. Acesso em: 13 dez. 2009.

OLIVEIRA, S. C. **Análise de redes sociais em grupos de pesquisa de gestão do conhecimento da plataforma lattes**. 2006. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biblioteconomia e Ciência da Informação)–Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

OLIVEIRA, S. M. M.; LUZ, G. M. S.; ORNELAS, R. V.. **A Visibilidade dos institutos de tecnologia na WEB brasileira: uma proposta metodológica**. São Paulo: SBC, 2002.

PERÍANES-RODRÍGUEZ, A.; *et al.* Synthetic hybrid indicators based on scientific collaboration to quantify and evaluate individual research results. *Journal of Informetrics*, v.3, n. 2, p. 91-101, 2009.

PESSOA JÚNIOR, O. **Filosofia & sociologia da ciência**. [Aula ministrada na disciplina de HG-022 Epistemologia das Ciências Sociais do curso de Ciências Sociais da Unicamp em 29/11/1993]. Disponível em: <www.fflch.usp.br/df/opessoa/Soc1.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2010.

PIZZANI, L. ; SILVA, R. C. da ; HAYASHI, M. C. P. I. . Bases de dados e bibliometria: a presença da educação especial na base Medline. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, v. 4, p. 68-85, 2008.

PORTER, A.; YOUTIE, J.; SHAPIHA, P.; SCHOENECK, D. Refining search terms of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle research*, v.10. n.5. p.715-728, 2008.

REIS, J. Ciência da ciência. *Ciência e cultura*, Vol.36 n.9, p. 1530-42. Set. 1984.

ROCO, M.C. International strategy for nanotechnology research and development. *Journal of Nanoparticle Research* v.3 p.353-360, 2001.

ROSSONI, L.A dinâmica de relações no campo da pesquisa em organizações e estratégia no Brasil: uma análise institucional. 2006 136 f. Universidade Federal do Paraná. (Dissertação de Mestrado).

RUSSELL, J; JARAMILLO, J. M.; AINSWORTH, S. El análisis de redes en el estudio de la colaboración científica. *REDES- Revista hispana para el análisis de redes sociales*. v.17, n.2, dez. 2009. Disponível em: <http://revista-redes.rediris.es/html-vol17/vol17_2.htm>. Acesso em: 28 mai. 2010.

SÁENZ, T. W.;SOUZA-PAULA, M. C.**Convergência tecnológica**: 2008. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2008.

SCIENCE-METRIX. **World R&D Nanotechnology**: RNCOS . Nanotechnology market Forecast till 2011(2008).

SILVA, J. A.; BIANCHI, M. L. P. Cientometria: a métrica da ciência. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, Ribeirão Preto, v. 11, n. 21, 2001. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-863X2001000200002&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 20 ago. 2010.

SILVA, A.B. O., *et al.* Redes de co-autoria dos professores da Ciência da Informação: um

retrato da colaboração científica dessa disciplina no Brasil, 2007. *In* VII ENANCIB - Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação, Marília, São Paulo, Brasil, 19 a 22 de Novembro de 2006

SILVA JUNIOR, E. F. Rede para pesquisa em nanodispositivos semicondutores e materiais nanoestruturados. *ComCiência*. [S.l.] 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano13.htm>>. Acesso em: 04 jul.2010.

SOLLA PRICE, D. **Little science, big science**. New York: Columbia University Press., 1963.

SOUSA, R. S. C. Das tecnologias da informação à comunicação científica: críticas à nova cultura da educação. *Em Questão* (UFRGS), v. 14, p. 301-315, 2008.

TOMAÉL, M. I; MARTELETO, R. M. Redes sociais: posições dos atores no fluxo da informação. *Enc bibli. R. eltr. Boblioteocn*, Florianópolis n. esp., 2006. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/viewFile/342/387>>. Acesso em 16 jun. 2009.

VANTI, N.. Os links e os estudos webométricos. *Ci. Inf*, Brasília, 34 v., n 2.out. 2005. Disponível em:<http://revista.ibict.br/index.php/ciinf/article/view/614/547>. Acesso em: 25 out. 2010.

VANZ, S. A.de S. **As redes de colaboração científica no Brasil : (2004-2006)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação. Porto Alegre, UFRGS, 2009. (tese de doutorado).

VELHO, L. Resenha de: LEYDESDORFF, L. The challenge of scientometrics: the development, measurement and self-organization of scientific communications. *RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde*. Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.169-171, jan.-jun., 2007. Disponível em:<<http://www.reciis.cict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/34/24>>. Acesso em 24/06/2010.

DAVYT, A.; VELHO, L. A avaliação da ciência e a revisão por pares: passado e presente. como será o futuro? *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 7, n. 1, p. 93-116, 2000.

WAGNER, C. S.; LEYDESDORFF, L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research Policy*, Amsterdam, v. 34, p. 1608-1618, 2005.

WAGNER, C. S. Six case studies of international collaboration in science. *Scientometrics*, v.62 n.1. p.3-26. 2005.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis**: methods and applications. In: Structural analysis in social the social sciences series. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

ZANETTI-RAMO, G.; CRECZYNSKI-PASA, T. B. O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos. *Rev. Bras. Farm.*, v. 89 no.2: 95-101, 2008.

APÊNDICE A

Tópicos abordados na entrevista com o pesquisador Prof. Dr. Élson Longo

Entrevistado: Professor Élson Longo

Entrevistadores: Douglas Henrique Milanez, Leandro Innocentini Lopes de Faria e Saulo Campos Oliveira.

Local: Sala de Reunião do Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)

Data: 11/01/2011.

Tema base: Redes de Colaboração Científica

O uso das redes de colaboração científica

Apesar de ter um projeto vinculado ao primeiro edital do CNPq, não houve recursos para a formação da rede e que utiliza rede de pesquisa particular para a distribuição de artigos publicados e informações acerca das pesquisas realizadas. Desta o uso do facebook como elemento articulador.

Todos os pesquisadores da rede (professores e alunos) recebem uma cópia de todos os artigos publicados pelos integrantes de sua rede.

Rede de Brasileira de pesquisa em Nanotecnologia

Concorda a inferência de uma evolução na rede e atribui esse desempenho, a política de C&T do ministro Sergio Resende que disponibilizou fundos da União para investimento em Nanotecnologia. Fato que garantiu independência dos pesquisadores e laboratórios nacionais e permitiram a compra de equipamentos de ponta, por exemplo, o Microscópio de Transmissão, e antes disso revela que havia uma constante dependência para realizar testes nesses países.

Ressalta que houve outras contribuições como a criação dos Institutos nacionais de pesquisa em nanotecnologia e os centros de excelência da FAPESP.

Colaboração Internacional

Há uma preocupação e preferência de trabalhar com países da América latina, reconhecendo o desenvolvimento brasileiro em pesquisas em nanotecnologia e maiores números de equipamentos e sua responsabilidade de desenvolver pesquisas junto a estes países. Diz que busca bons alunos em países como Peru, Colômbia, Argentina para estudar e trabalhar nos laboratórios do LIEC. E conseqüentemente trazem alguns professores e que quando surge à oportunidade também realizam publicações em conjunto.

Informou ainda que há convenio com o Japão e que as tentativas de parcerias com países de alto desempenho em Nanotecnologia não são feitas apenas para contagem de publicações com artigos, mas sim de melhoramento de técnicas. Aproveitando o assunto emenda ressaltando um e-mail para um contato formal de um Americano para a formação de parceria (Ramesh?) que está interessada na metodologia que o grupo utiliza.

Lembra que é comum o grupo receber visitas de países interessados em absorver as metodologias, e cita exemplo de Israel que mantém visitas frequentes (em torno de 4 ou 5 alunos) para aprender as técnicas e que há raramente publicações com professores em visita, mas há.

Os parceiros são escolhidos pelos assuntos em comum.

Colaboração entre Estados

Afirma que 90% dos artigos publicados pelo grupo são colaborações internas e há uma preocupação em publicar com outros estados e destaca parceria com (SP, PB, MA, GO, DF, RS, SE e MG). Ressalta a igualdade nas parcerias, caracterizando uma via de mão dupla, tanto do grupo buscando novos parceiros como iniciativas dos estados em buscar parcerias com o grupo, muitas vezes já com financiamento aprovado. Uma forma de buscar acesso mais fácil a financiamentos uma vez que boa parte dos editais de pesquisa do governo federal reserva 30% dos recursos para projetos vindos do norte, centro-oeste e nordeste. Mas no fim, o resultado é positivo, pois além de fomentar projetos dessas regiões, os projetos acabam levando a colaboração entre grupos mais avançados (como o cmdmc) e outros emergentes.

O bom é ter bastante publicação em colaboração internacional (mostra inserção do grupo na comunidade científica internacional) e bastante publicação sem colaboração internacional (mostra que o grupo não é apêndice de estrangeiros e tem competência própria).

Centralidade da rede

Hoje o Brasil tem os recursos para a pesquisa, por isso os brasileiros são centrais.

No começo os pesquisadores precisavam utilizar equipamentos (muitas vezes pagamento) em países do exterior e conseqüentemente incluíam os pesquisadores estrangeiros nas colaborações. Os tornando mais centrais pelo número de pesquisadores que utilizavam seus equipamentos.

Quantidade de autores por artigo

A quantidade de autores por artigo publicado sofre, em partes, pressão do órgão financiador, que exige uma multidisciplinaridade, conseqüentemente ampliando o número de autores.

Explica que há 20 anos, as publicações seguiam uma ordem natural de utilizar uma técnica e isso facilitava as publicações por um autor, no máximo 2 ou 3.

Hoje, com a complexidade dos temas, utiliza-se mais de uma técnica e muitas vezes técnicas de outras competências que fogem ao pesquisador Sênior.

Não vê problema no aumento de publicações com muitos autores desde que o número total de publicações também esteja aumentando.

Relação de Colaboração entre Orientador/Orientando

Repassar informações dos pesquisadores Seniores, para os professores e estes para os alunos de mestrado e doutorado. Ressaltou ainda que são feitas reuniões presenciais com os alunos para ressaltar a importância da cooperação de informações para a realização de grandes pesquisas inclusive fomentando a evolução da mentalidade para transformação das riquezas, agregando valor ao produto pesquisado.

Qualidade *versus* Quantidade

Fala sobre a importância das publicações para o pesquisador e diferencia situações sobre publicar num periódico de alto impacto e não receber ligações e publicar em um periódico de baixo impacto e receber muitas citações. E destaca as publicações com originalidade sendo que “o índice de citação só ocorre quando o artigo melhora o conteúdo do autor, só assim ele é citado”.

Quanto ao índice H exalta a necessidade de manter a qualidade e explica a dificuldade de evoluir no indicador mostrando a diferença de índice h 6 para 7. $H = 6$ representa no mínimo 36 citações. $H = 7$ representa no mínimo 49 citações.

APÊNDICE B

Tabelas de Grau de Intermediação (Autores, Instituições, Regiões e Países) Ranking dos 10 primeiros.

Intermediação de Autores

1998 -2000			
		Betweenness	nBetweenness
20	ALVES, MCM	6046.800	1.618
1	KNOBEL, M	4371.981	1.170
19	TEIXEIRA, SR	3841.133	1.028
21	ALVES, OL	3250.000	0.870
14	LEPIENSKI, CM	3145.000	0.842
24	FERRARI, EF	2028.600	0.543
23	NOVAK, MA	1773.750	0.475
11	UGARTE, D	1770.833	0.474
131	GESHEV, J	1752.000	0.469
27	DA SILVA, FCS	1448.000	0.387
49	SCHMIDT, JE	1318.167	0.353

2001-2003			
		Betweenness	nBetweenness
23	FILHO, WJB	128083.906	7.850
13	KNOBEL, M	126327.000	7.742
27	UGARTE, D	101212.461	6.203
18	LEPIENSKI, CM	83389.086	5.110
20	SCHREINER, WH	76325.977	4.678
9	LONGO, E	69462.484	4.257
31	GOYA, GF	67362.516	4.128
1	MORAIS, PC	55237.152	3.385
327	ZANCHET, D	54317.387	3.329
82	NOVAK, MA	54205.387	3.322

2004-2006			
		Betweenness	nBetweenness
69	ZANCHET, D	387389.531	6.352
77	NUNES, WC	356711.906	5.849
6	LEITE, ER	311458.906	5.107
12	SOUZA, AG	283931.219	4.656
1	MORAIS, PC	252804.250	4.145
87	DE ARAUJO, CB	244250.047	4.005
38	FICHTNER, PFP	242169.266	3.971
182	BRITO, GES	237560.563	3.895
45	ALVAREZ, F	228844.797	3.752
33	GOYA, GF	217724.063	3.570

2007-2009			
		Betweenness	nBetweenness
10	SOUZA, AG	1073667.000	8.158
1	LONGO, E	915306.438	6.955
2	LEITE, ER	602392.313	4.577
5	KNOBEL, M	585690.000	4.450
7	OLIVEIRA, ON	489112.938	3.716
67	NOVAK, MA	486359.094	3.695
12	MATTOSO, LHC	484193.219	3.679
69	PEREIRA, EC	344551.250	2.618
176	GONCALVES, RR	301721.188	2.293
116	PAIVA-SANTOS, CO	299614.844	2.277

Intermediação de Instituições

1998-2000			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	usp - universidade de sao paulo	5116.012	29.105
2	unicamp - universidade estadual de campinas	3864.031	21.982
7	ufscar - universidade federal de sao carlos	3457.654	19.670
5	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	2466.464	14.032
9	unesp - universidade estadual paulista	2465.952	14.029
3	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	2349.504	13.366
4	ufmg - universidade federal de minas gerais	1740.252	9.900
8	unb - universidade de brasilia	1604.034	9.125
6	ufpr - universidade federal do parana	1495.683	8.509
14	cbpf - centro brasileiro de pesquisas fisicas	1184.170	6.737

2001-2003			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	usp - universidade de sao paulo	19487.701	30.157
2	unicamp - universidade estadual de campinas	14249.317	22.051
8	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	11386.922	17.621
4	ufmg - universidade federal de minas gerais	9935.617	15.375
10	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	9201.996	14.240
3	ufscar - universidade federal de sao carlos	8744.920	13.533
5	unesp - universidade estadual paulista	3959.650	6.128
6	unb - universidade de brasilia	3507.293	5.428
12	Inls - laboratorio nacional de luz sincrotron	3250.760	5.031
16	ufsc - universidade federal de santa catarina	2743.627	4.246

2004-2006			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	usp - universidade de sao paulo	65012.590	32.605
2	unicamp - universidade estadual de campinas	43038.383	21.584
5	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	30365.158	15.229
8	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	25663.115	12.870
3	unesp - universidade estadual paulista	18513.295	9.285
9	ufpe - universidade federal de pernambuco	14168.388	7.106
7	ufmg - universidade federal de minas gerais	11059.369	5.546
4	ufscar - universidade federal de sao carlos	10936.060	5.485
13	ufpr - universidade federal do parana	9010.690	4.519
10	ufc - universidade federal do ceara	7732.154	3.878

2007-2009			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	usp - universidade de sao paulo	155953.516	27.371
2	unicamp - universidade estadual de campinas	143916.375	25.258
6	ufmg - universidade federal de minas gerais	74644.430	13.101
7	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	60655.652	10.645
4	ufscar - universidade federal de sao carlos	48440.977	8.502
5	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	46311.809	8.128
3	unesp - universidade estadual paulista	45394.598	7.967
11	ufpe - universidade federal de pernambuco	23984.303	4.209
9	ufc - universidade federal do ceara	23638.379	4.149

Intermediação de Regiões

1998-200			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	sao paulo	5697.981	72.355
2	rio de janeiro	1829.013	23.226
3	minas gerais	1022.392	12.983
6	distrito federal	793.035	10.070
4	rio grande do sul	716.283	9.096
5	parana	656.955	8.342
22	bahia	596.725	7.577
15	goias	483.000	6.133
42	geesthacht	363.000	4.610
8	pernambuco	244.000	3.098

2001-2003			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	sao paulo	16774.459	72.241
3	rio de janeiro	3604.048	15.521
2	minas gerais	3218.975	13.863
4	rio grande do sul	2899.914	12.489
9	pernambuco	675.951	2.911
7	ceara	612.688	2.639
5	distrito federal	599.612	2.582
6	parana	594.301	2.559
11	santa catarina	590.801	2.544
32	dresden	414.477	1.785

2004-2006			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	sao paulo	41947.531	65.277
3	rio de janeiro	14633.716	22.772
4	rio grande do sul	5389.847	8.387
2	minas gerais	5342.854	8.314
6	pernambuco	2329.656	3.625
8	ceara	2053.356	3.195
7	parana	2018.336	3.141
9	santa catarina	1332.035	2.073
5	distrito federal	1234.479	1.921
17	paris	992.061	1.544

2007-2009			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	sao paulo	73651.844	63.801
3	rio de janeiro	17311.740	14.996
2	minas gerais	16342.365	14.157
4	rio grande do sul	10822.123	9.375
6	pernambuco	6609.128	5.725
8	distrito federal	4734.202	4.101
5	parana	4199.271	3.638
11	rio grande do norte	2172.557	1.882
7	santa catarina	1902.696	1.648
10	paraiba	1842.344	1.596

Intermediação de Países

1998-2000			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	brazil	237.667	79.222
2	usa	11.250	3.750
6	spain	8.583	2.861
3	france	4.167	1.389
4	italy	2.500	0.833
8	japan	2.083	0.694
7	england	1.667	0.556
20	sweden	1.000	0.333
5	germany	0.917	0.306
10	peoples r china	0.833	0.278

2001-2003			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	brazil	517.033	82.069
3	france	21.617	3.431
5	germany	21.167	3.360
2	usa	14.833	2.354
14	russia	3.283	0.521
11	italy	1.033	0.164
17	india	0.667	0.106
12	peoples r china	0.667	0.106
4	japan	0.533	0.085
8	portugal	0.500	0.079

2004-2006			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	brazil	866.608	65.355
4	germany	99.014	7.467
2	usa	64.265	4.847
3	france	30.449	2.296
8	spain	22.677	1.710
6	england	18.896	1.425
7	italy	17.521	1.321
5	japan	9.951	0.750
15	russia	7.650	0.577
10	portugal	6.683	0.504

2007-2009			
		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	brazil	1150.900	65.023
2	usa	124.314	7.023
4	germany	111.971	6.326
6	england	50.337	2.844
5	spain	43.881	2.479
3	france	41.929	2.369
12	japan	16.589	0.937
8	italy	12.112	0.684
7	argentina	10.945	0.618
13	australia	5.583	0.315

Tabelas de Grau de Proximidade (Autores, Instituições, Regiões e Países) Ranking dos 10 primeiros

Grau de Proximidade de Autores

1998-2000			
		1	2
		Farness	nCloseness
20	ALVES, MCM	612636.000	0.141
1	KNOBEL, M	612683.000	0.141
19	TEIXEIRA, SR	612693.000	0.141
11	UGARTE, D	612698.000	0.141
27	DA SILVA, FCS	612704.000	0.141
30	ZANCHET, D	612706.000	0.141
83	TOLENTINO, H	612707.000	0.141
131	GESHEV, J	612728.000	0.141
63	FLORES, WH	612729.000	0.141
49	SCHMIDT, JE	612730.000	0.141

2001-2003			
		1	2
		Farness	nCloseness
31	GOYA, GF	1370936.000	0.132
13	KNOBEL, M	1370967.000	0.132
23	FILHO, WJB	1371011.000	0.132
9	LONGO, E	1371047.000	0.132
8	LEITE, ER	1371137.000	0.132
327	ZANCHET, D	1371196.000	0.132
20	SCHREINER, WH	1371225.000	0.132
30	CARRENO, NLV	1371276.000	0.132
27	UGARTE, D	1371337.000	0.132
239	OLIVEIRA, MM	1371415.000	0.132

2004-2006			
		1	2
		Farness	nCloseness
69	ZANCHET, D	3804724.000	0.092
6	LEITE, ER	3804856.000	0.092
33	GOYA, GF	3804957.000	0.092
4	LONGO, E	3805095.000	0.092
220	FONSECA, FC	3805163.000	0.092
45	ALVAREZ, F	3805185.000	0.092
81	BETTINI, J	3805191.000	0.092
34	UGARTE, D	3805274.000	0.092
246	BRANDL, AL	3805304.000	0.092

2007-2009			
		1	2
		Farness	nCloseness
10	SOUZA, AG	7270696.000	0.071
1	LONGO, E	7270752.000	0.071
2	LEITE, ER	7271130.000	0.071
4	VARELA, JA	7271572.000	0.071
5	KNOBEL, M	7271592.000	0.071
22	PIZANI, PS	7271932.000	0.071
12	MATTOSO, LHC	7272079.000	0.071
233	OLIVEIRA, MM	7272098.000	0.071
119	ALVES, OL	7272150.000	0.071
116	PAIVA-SANTOS, CO	7272165.000	0.071

Grau de Proximidade de Instituições

1998-2000			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	usp - universidade de sao paulo	3589.000	5.238
2	unicamp - universidade estadual de campinas	3608.000	5.211
9	unesp - universidade estadual paulista	3624.000	5.188
5	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	3628.000	5.182
6	ufpr - universidade federal do parana	3637.000	5.169
3	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	3646.000	5.156
10	Inls - laboratorio nacional de luz sincrotron	3646.000	5.156
19	Univ Paris Sud	3651.000	5.149
7	ufscar - universidade federal de sao carlos	3652.000	5.148
32	Univ Paris 11	3669.000	5.124
8	unb - universidade de brasilia	3671.000	5.121

2001-2003			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	usp - universidade de sao paulo	7506.000	4.796
2	unicamp - universidade estadual de campinas	7532.000	4.780
4	ufmg - universidade federal de minas gerais	7552.000	4.767
8	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	7566.000	4.758
3	ufscar - universidade federal de sao carlos	7571.000	4.755
10	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	7591.000	4.742
9	ufpr - universidade federal do parana	7614.000	4.728
6	unb - universidade de brasilia	7645.000	4.709
12	Inls - laboratorio nacional de luz sincrotron	7647.000	4.708
7	ufc - universidade federal do ceara	7662.000	4.699

2004-2006			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	usp - universidade de sao paulo	16272.000	3.884
2	unicamp - universidade estadual de campinas	16333.000	3.869
5	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	16398.000	3.854
8	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	16410.000	3.851
3	unesp - universidade estadual paulista	16450.000	3.842
4	ufscar - universidade federal de sao carlos	16451.000	3.842
9	ufpe - universidade federal de pernambuco	16455.000	3.841
13	ufpr - universidade federal do parana	16483.000	3.834
7	ufmg - universidade federal de minas gerais	16485.000	3.834
10	ufc - universidade federal do ceara	16514.000	3.827

2007-2009			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	usp - universidade de sao paulo	38172.000	2.798
2	unicamp - universidade estadual de campinas	38211.000	2.795
4	ufscar - universidade federal de sao carlos	38399.000	2.781
6	ufmg - universidade federal de minas gerais	38401.000	2.781
7	ufrj - universidade federal do rio de janeiro	38440.000	2.778
5	ufrgs - universidade federal do rio grande do sul	38482.000	2.775
9	ufc - universidade federal do ceara	38521.000	2.773
11	ufpe - universidade federal de pernambuco	38529.000	2.772
3	unesp - universidade estadual paulista	38533.000	2.772
13	ufpr - universidade federal do parana	38549.000	2.770

Grau de Proximidade de Regiões

1998-2000			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	sao paulo	444.000	28.378
2	rio de janeiro	498.000	25.301
3	minas gerais	513.000	24.561
6	distrito federal	519.000	24.277
5	parana	524.000	24.046
4	rio grande do sul	528.000	23.864
13	tokyo	532.000	23.684
14	madrid	538.000	23.420
22	bahia	538.000	23.420
9	orsay	539.000	23.377

2001-2003			
		Farness	nCloseness
1	sao paulo	1153.000	18.734
3	rio de janeiro	1250.000	17.280
2	minas gerais	1262.000	17.116
4	rio grande do sul	1268.000	17.035
5	distrito federal	1293.000	16.705
6	parana	1305.000	16.552
8	cambridge	1309.000	16.501
11	santa catarina	1309.000	16.501
32	dresden	1311.000	16.476
9	pernambuco	1316.000	16.413

2004-2006			
		Farness	nCloseness
1	sao paulo	1210.000	29.669
3	rio de janeiro	1326.000	27.074
2	minas gerais	1363.000	26.339
4	rio grande do sul	1386.000	25.902
8	ceara	1402.000	25.606
6	pernambuco	1407.000	25.515
7	parana	1415.000	25.371
14	bahia	1423.000	25.228
17	paris	1425.000	25.193
5	distrito federal	1428.000	25.140

2007-2009			
		Farness	nCloseness
1	sao paulo	2084.000	23.081
2	minas gerais	2275.000	21.143
3	rio de janeiro	2278.000	21.115
4	rio grande do sul	2310.000	20.823
6	pernambuco	2346.000	20.503
11	rio grande do norte	2369.000	20.304
5	parana	2371.000	20.287
10	paraiba	2379.000	20.219
8	distrito federal	2379.000	20.219
9	ceara	2380.000	20.210

Grau de Proximidade de Países

1998-2000			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	brazil	25.000	100.000
2	usa	41.000	60.976
6	spain	42.000	59.524
3	france	43.000	58.140
8	japan	44.000	56.818
4	italy	45.000	55.556
7	england	45.000	55.556
5	germany	45.000	55.556
12	bulgaria	46.000	54.348
10	peoples r china	46.000	54.348

2001-2003			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	brazil	36.000	100.000
3	france	60.000	60.000
5	germany	60.000	60.000
2	usa	61.000	59.016
14	russia	65.000	55.385
4	japan	67.000	53.731
11	italy	67.000	53.731
17	india	67.000	53.731
12	peoples r china	67.000	53.731

2004-2006			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	brazil	52.000	100.000
4	germany	77.000	67.532
2	usa	81.000	64.198
3	france	85.000	61.176
7	italy	88.000	59.091
8	spain	89.000	58.427
6	england	89.000	58.427
5	japan	92.000	56.522

2007-2009			
		1	2
		Farness	nCloseness
1	brazil	60.000	100.000
2	usa	89.000	67.416
4	germany	90.000	66.667
5	spain	98.000	61.224
6	england	99.000	60.606
3	france	100.000	60.000
12	japan	105.000	57.143
8	italy	106.000	56.604
7	argentina	108.000	55.556
10	chile	109.000	55.046