

Universidade Federal do Rio de Janeiro

COLABORAÇÃO COMO ESTRATÉGIA PARA INSTITUIÇÕES DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA EM SAÚDE: UMA PROPOSTA DE INDICADORES PARA ANÁLISE
ORGANIZACIONAL

Bruna de Paula Fonseca e Fonseca

2015



COLABORAÇÃO COMO ESTRATÉGIA PARA INSTITUIÇÕES DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA EM SAÚDE: UMA PROPOSTA DE INDICADORES PARA ANÁLISE
ORGANIZACIONAL

Bruna de Paula Fonseca e Fonseca

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Elton Fernandes

Rio de Janeiro
Julho de 2015

COLABORAÇÃO COMO ESTRATÉGIA PARA INSTITUIÇÕES DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA EM SAÚDE: UMA PROPOSTA DE INDICADORES PARA ANÁLISE
ORGANIZACIONAL

Bruna de Paula Fonseca e Fonseca

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Elton Fernandes, Ph.D.

Prof. Marcus Vinícius de Araújo Fonseca, D.Sc.

Prof. Carlos Medicis Morel, D.Sc.

Prof^a. Claude Pirmez, D.Sc.

Prof. Thiago Borges Renault, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
JULHO DE 2015

Fonseca, Bruna de Paula Fonseca e

Colaboração como estratégia para instituições de ciência e tecnologia em saúde: uma proposta de indicadores para análise organizacional/ Bruna de Paula Fonseca e Fonseca. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2015.

XVIII, 219 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Elton Fernandes

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Produção, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 191-215.

1. Redes de colaboração. 2. Instituições de Ciência e Tecnologia. 3. Indicadores. I. Fernandes, Elton II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Marcus e Kátia, meus maiores incentivadores ao longo dessa jornada. Pai, se o vento não sopra para o lado de quem não sabe para onde está indo, eu tive o privilégio e a honra de ter você como guia. Mãe, você me ensinou a ter coragem e determinação para enfrentar qualquer desafio, e esse foi dos grandes! A você, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Elton Fernandes, pela oportunidade de poder enfrentar o desafio de tornar uma Bióloga um pouco Engenheira. Obrigada pelo apoio e pela parceria ao longo desses quatro anos.

Ao Prof. Marcus Vinicius Fonseca, pelas valiosas discussões, pelo incentivo constante e pelos conselhos preciosos ao longo dessa minha trajetória acadêmica na COPPE. Aprendi muito com você e, por isso, serei eternamente grata.

À Dra. Claude Pirmez, por ter confiado no meu trabalho e, indiretamente, provocado uma mudança incrível na minha trajetória profissional na Fiocruz. Qualquer agradecimento será pouco para expressar minha gratidão.

Ao Dr. Carlos Morel, por ter aberto as portas do Centro para Desenvolvimento Tecnológico em Saúde (CDTS) para que eu finalizasse as análises da tese, me possibilitando conhecer e ampliar horizontes e perspectivas nunca antes imaginados por mim. Obrigada pelo seu apoio!

Ao Dr. Thiago Renault, por ter aceitado compor esta banca de tese e se dispor a oferecer seus comentários que certamente serão muito valiosos.

Aos amigos de Bio-Manguinhos que fazem o trabalho e a vida ficar no mínimo mais divertida! Leila, Bernardo, Marcelle, Roberto, Keila, Nara e Lílian, obrigada pela amizade, paciência e apoio. Aguentar a doutoranda estressada não deve ter sido fácil... Vocês são amigos para a vida toda!

À Marta por ter me ensinado a perceber a felicidade nas pequenas coisas, tornando a minha vida mais alegre, mesmo antes das 9hs da manhã. Amigaaaaaa, você irradia amor por onde passa! Obrigada por estar por perto sempre que precisei, pelos seus conselhos e, acima de tudo, pela sua amizade.

À Christiane por ter me acolhido tão carinhosamente quando cheguei em Bio-Manguinhos e por ter me ensinado tanto ao longo da minha trajetória por lá. Eu não seria metade da profissional que sou hoje sem a sua ajuda! Ter você como amiga é um privilégio e uma baita sorte.

À Tereza Raquel, que acompanhou esse processo desde o início, compartilhando todas as minhas dúvidas, angústias e conquistas. Amiga querida, não tenho palavras para agradecer todo o seu apoio, sua preciosa amizade e os lembretes para que eu

não perdesse o prazo das inscrições em disciplina! Esse doutorado não seria o mesmo sem você.

As minhas Amiguetes queridas, Elisa, Maria Clara, Daniela e Verônica. O tempo foi passando e nós fomos ficando... virando esposas, mães, profissionais e cada vez mais amigas! Obrigada pela compreensão de vocês nas mil vezes que não pude comparecer aos nossos encontros.

À minha querida amiga/fisioterapeuta Cintia, que está sempre disposta a me ouvir tagarelar e a oferecer conselhos que acalmam meu coração. Minha coluna (e minha cabeça também!) não teria aguentado esse doutorado sem você!.

Aos amigos do CDTS, pela atenção e carinho com que me receberam e pela ajuda valiosa nos momentos finais de elaboração da tese.

Aos meus pais, por me fazerem acreditar que eu poderia ser tudo aquilo que quisesse. O amor de vocês é a base de tudo que consegui construir na vida. Eu não poderia desejar pais melhores! Obrigada por tudo!

Ao meu irmão, Diego, por ser meu exemplo de determinação e de vontade de fazer acontecer. Nossa convivência de 31 anos com certeza me tornou uma pessoa melhor e meu amor por você é incondicional!

A minha família amada que, de perto ou de longe, recheia a minha existência com muito amor. Não podemos escolher a família que temos, mas eu definitivamente tive muita sorte!

Ao Ramon, meu companheiro para a vida toda, pela paciência sem medida, pelo aconchego carinhoso e, sobretudo, pelo amor e pela confiança. Com você do meu lado tudo parece dar certo!

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

COLABORAÇÃO COMO ESTRATÉGIA PARA INSTITUIÇÕES DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE: UMA PROPOSTA DE INDICADORES PARA ANÁLISE ORGANIZACIONAL

Bruna de Paula Fonseca e Fonseca

Julho/2015

Orientador: Elton Fernandes

Programa: Engenharia de Produção

Em meio às crescentes mudanças, avanços tecnológicos e científicos, a atuação em rede tem adquirido papel de extrema importância. Especialmente na área da saúde, a participação de instituições de ciência e tecnologia (C&T) em redes colaborativas permite combinar diferentes tipos de conhecimentos e competências para resolver problemas complexos, impulsionando não só a criação do conhecimento, mas também o processo de inovação. Assim, entende-se que para as instituições públicas de C&T que atuam nessa área, o mapeamento de suas redes de colaboração e a consequente organização de informações relevantes, que auxiliem na disponibilização de informações estratégicas, é de extrema importância na construção de um futuro alinhado a demandas sociais. Este estudo propõe um método de produção de informações estratégicas baseado em um conjunto de indicadores de redes de colaboração, com o intuito de subsidiar processos de planejamento estratégico e tomada de decisão em instituições de C&T em saúde. O conjunto de indicadores foi testado em duas instituições correlatas, Bio-Manguinhos e o Instituto Butantan, e foi capaz de fornecer informações que permitiram a avaliação das várias redes existentes nas organizações e a identificação de suas sobreposições e diferenças. Foi possível fornecer dados tanto no nível micro, gerando informações sobre cada indivíduo membro da rede, quanto no nível macro, de forma a adquirir conhecimento sobre a estrutura de cooperação institucional. Assim, na busca pela avaliação do comportamento colaborativo de instituições de C&T, esta tese contribui de maneira inovadora ao se utilizar da análise de redes como método de escolha para a produção de informações estratégicas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

COLLABORATION AS A STRATEGY FOR INSTITUTIONS OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY IN HEALTH:AN INDICATORS' PROPOSAL FOR ORGANIZATIONAL
ANALYSIS

Bruna de Paula Fonseca e Fonseca

Julho/2015

Advisor: Elton Fernandes

Department: Production Engineering

In face of the growing changes, technological and scientific advances, working through networks have acquired an extremely important role. Especially in the health area, the participation of science and technology (S&T) institutions in collaborative networks allows the combination of different types of knowledge and skills in order to solve complex problems, boosting not only the creation of knowledge, but also the innovation process. Thus, it is understood that for public S&T institutions working in this area, mapping their collaborative networks and the consequent organization of relevant information, to assist in the provision of strategic information is of utmost importance in building a future aligned to social demands. This study proposes a method of producing strategic information based on a set of indicators of collaboration networks, in order to support strategic planning processes and decision making in health S&T institutions. The set of indicators was tested in two related institutions, Bio-Manguinhos and the Butantan Institute, and was able to provide information that allowed the evaluation of several existing networks in these organizations and the identification of their overlaps and differences. It was possible to provide data both at the micro level, collecting information about each individual member of the network, and at the macro level, in order to gain knowledge about the institutional cooperation structure. Thus, in the search for the evaluation of the collaborative behavior of S&T institutions, this thesis contributes in innovative ways when using network analysis as a method of choice for the production of strategic information.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	4
1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO	6
2 A ECONOMIA DO CONHECIMENTO	8
2.1 DADOS, INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO	10
2.2 O USO ESTRATÉGICO DA INFORMAÇÃO	13
2.3 GESTÃO DA INFORMAÇÃO, GESTÃO DO CONHECIMENTO E INTELIGÊNCIA ORGANIZACIONAL.....	16
2.3.1 Gestão da informação e gestão do conhecimento no setor público	21
2.4 COMPARTILHAMENTO DE CONHECIMENTO E COLABORAÇÃO EM REDE PARA INOVAÇÃO.....	26
3 A CIÊNCIA DAS REDES	32
3.1 A ANÁLISE DE REDES SOCIAIS (ARS).....	35
3.1.1 Conceitos importantes utilizados na ARS	37
3.1.2 Medidas quantitativas utilizadas na ARS	38
3.2 REDES DE COAUTORIA E REDES DE COINVENÇÃO	45
3.2.1 Panorama brasileiro de estudos de coautoria e coinvenção na área da saúde	46
4 INDICADORES	49
4.1 A ARS COMO INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA	50
4.1.1 Publicações científicas	51
4.1.2 Observatórios, sistemas de indicadores e iniciativas institucionais	55

5 PROPOSTA E MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE COLABORAÇÃO	67
5.1 COEFICIENTE DE COLABORAÇÃO	67
5.2 COLABORAÇÃO ESTRUTURADA PARA O AVANÇO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.....	68
5.3 SISTEMA DE CONHECIMENTOS	74
5.4 COLABORAÇÃO ESTRUTURADA PARA INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.....	76
5.5 SISTEMA DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS	78
5.6 ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE COLABORAÇÃO	80
5.7 PROSPECÇÃO DE PARCEIROS - REDES TEMÁTICAS.....	81
5.8 FICHA RESUMIDA.....	84
6 APLICAÇÃO DOS INDICADORES PROPOSTOS: ESTUDO DE CASO	87
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	87
6.2 AMOSTRAGEM	88
7 CARACTERIZAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES PESQUISADAS	89
7.1 ANÁLISE ESTRATÉGICA DOS LABORATÓRIOS PÚBLICOS PRODUTORES DE IMUNOBIOLOGICOS.....	89
7.2 BIO-MANGUINHOS	93
7.2.1 Caracterização geral da organização	93
7.2.2 Estrutura de governança	95
7.2.3 Missão, visão e valores	96
7.2.4 Portfólio de produtos	97
7.2.5 Papel da pesquisa e desenvolvimento tecnológico	98
7.3 INSTITUTO BUTANTAN	100
7.3.1 Caracterização geral da organização	100
7.3.2 Estrutura de governança	100
7.3.3 Missão, visão e valores	102
7.3.4 Portfólio de produtos	103
7.3.5 Papel da pesquisa e desenvolvimento tecnológico	103

8 RESULTADOS	106
8.1 BIO-MANGUINHOS	106
8.1.1 Coleta de dados – Panorama geral	106
8.1.2 Coeficiente de colaboração	107
8.1.3 Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico....	107
8.1.4 Sistema de conhecimentos	119
8.1.5 Colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação	122
8.1.6 Sistema de competências tecnológicas	128
8.1.7 Índice de diversidade de colaboração (IDC).....	132
8.1.8 Redes temáticas	132
8.2 INSTITUTO BUTANTAN	138
8.2.1 Coleta de dados – Panorama geral	138
8.2.2 Coeficiente de colaboração	139
8.2.3 Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico....	139
8.2.4 Sistema de conhecimentos	151
8.2.5 Colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação	154
8.2.6 Sistema de competências tecnológicas	159
8.2.7 Índice de diversidade de colaboração (IDC).....	164
8.2.8 Redes temáticas	164
9 DISCUSSÃO	168
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	188
11 REFERÊNCIAS	192
12 APÊNDICE A - SOFTWARES UTILIZADOS	217
12.1 <i>SOFTWARES</i>	217
12.1.1 VantagePoint	217
12.1.2 Gephi	218
12.1.3 R e RStudio	219

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa conceitual que ilustra a relação entre dados, informação e conhecimento	12
Figura 2: A organização do conhecimento	15
Figura 3: Mapa conceitual que ilustra as relações entre os conceitos de Gestão da Informação, Gestão do Conhecimento e Inteligência Organizacional	20
Figura 4: Representação esquemática de uma rede.....	32
Figura 5: Esquema representativo das pontes de Königsberg	33
Figura 6: Rede de meninas fugitivas desenhada por Moreno na década de 1930	36
Figura 7: Rede representativa com cinco nós e cinco ligações	39
Figura 8: Representação esquemática de uma rede altamente centralizada	43
Figura 9: Exemplo de rede demonstrando uma estrutura de comunidades.....	44
Figura 10: Número de publicações em análise de redes sociais e indicadores no período de 2000 a 2013.....	50
Figura 11: Rede de representação do índice de afinidade entre países segundo o OST	57
Figura 12: Proposta de avaliação de programas de desenvolvimento de clusters baseada na ARS.....	63
Figura 13: Esquema representativo do método de produção do indicador de redes estruturadas para avanço do conhecimento científico.....	68
Figura 14: Representação esquemática de uma matriz de adjacência usada na construção de um grafo para ARS.....	72
Figura 15: Representação esquemática de uma lista de adjacência usada na construção de um grafo para ARS.....	77
Figura 16: Linha do tempo de políticas públicas relevantes para o desenvolvimento tecnológico e industrial do setor saúde	90
Figura 17: Matriz SWOT dos laboratórios públicos produtores de imunobiológicos	92
Figura 18: Organograma de Bio-Manguinhos	96
Figura 19: Organograma do Instituto Butantan	101

Figura 20: Evolução anual do número de artigos científicos e do coeficiente de colaboração de autores de Bio-Manguinhos	107
Figura 21: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados à Bio-Manguinhos - Quinquênios	108
Figura 22: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados à Bio-Manguinhos - Cumulativa	110
Figura 23: Distribuição da centralidade de grau entre os autores de Bio-Manguinhos	111
Figura 24: Rede de colaboração interna dos pesquisadores de Bio-Manguinhos	113
Figura 25: Rede de colaboração interna dos pesquisadores de Bio-Manguinhos – Estrutura de comunidades	116
Figura 26: Rede de colaboração em artigos científicos de instituições parceiras de Bio-Manguinhos	118
Figura 27: Sistema de conhecimentos de Bio-Manguinhos.....	120
Figura 28: Sistema de conhecimentos de Bio-Manguinhos - Grupos	122
Figura 29: Evolução temporal do número de patentes de inventores de Bio-Manguinhos e número médio de colaboradores	123
Figura 30: Evolução da rede de coinvenção em patentes de inventores afiliados à Bio-Manguinhos	124
Figura 31: Rede cumulativa de coinvenção em patentes de Bio-Manguinhos – período 1999-2013	126
Figura 32: Rede institucional de coinvenção em patentes de Bio-Manguinhos	127
Figura 33: Sistema de competências tecnológicas de Bio-Manguinhos - Subgrupos	130
Figura 34: Sistema de competências tecnológicas de Bio-manguinhos – Grupos principais	131
Figura 35: Rede de países que realizam pesquisa sobre anticorpos monoclonais para câncer de próstata	134
Figura 36: Rede de instituições que realizam pesquisa sobre anticorpos monoclonais para câncer de próstata	136
Figura 37: Rede de colaboração direta das instituições brasileiras participantes da rede de pesquisa sobre anticorpos monoclonais para câncer de próstata	137

Figura 38: Evolução anual do número de artigos científicos e do coeficiente de colaboração de autores do Instituto Butantan	139
Figura 39: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados ao Instituto Butantan - Quinquênios	141
Figura 40: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados ao Instituto Butantan - Cumulativa	143
Figura 41: Distribuição da centralidade de grau entre os autores de Bio-Manguinhos	144
Figura 42: Rede de colaboração interna dos pesquisadores do Instituto Butantan ...	146
Figura 43: Rede de colaboração interna dos pesquisadores do Instituto Butantan – Estrutura de comunidades	148
Figura 44: Rede de colaboração em artigos científicos de instituições parceiras do Instituto Butantan.....	149
Figura 45: Rede de colaboração em artigos científicos de instituições parceiras do Instituto Butantan com mais de cinco cooperações no período.....	150
Figura 46: Sistema de Conhecimentos do Instituto Butantan	152
Figura 47: Sistema de Conhecimentos do Instituto Butantan - Grupos	153
Figura 48: Evolução temporal do número de patentes de inventores do Instituto Butantan e número médio de colaboradores	154
Figura 49: Evolução da rede de coinvenção em patentes de inventores afiliados ao Instituto Butantan.....	155
Figura 50: Rede cumulativa de coinvenção em patentes do Instituto Butantan – período 1999-2013	157
Figura 51: Rede institucional de coinvenção em patentes do Instituto Butantan	158
Figura 52: Sistema de competências tecnológicas do Instituto Butantan - Subgrupos	162
Figura 53: Sistema de competências tecnológicas do Instituto Butantan – Grupos principais	163
Figura 54: Rede de países que realizam pesquisa sobre vacinas contra a febre Chikungunya.....	166

Figura 55: Rede de instituições que realizam pesquisa sobre vacinas contra a febre Chikungunya.....	167
Figura 56: Interface do software VantagePoint	217
Figura 57: Interface do software Gephi	218
Figura 58: Interface do software R.....	219

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferenças entre a administração pública e o setor privado	25
Quadro 2: Novos produtos introduzidos por Bio-Manguinhos no SUS no período de 2006 a 2011.....	95
Quadro 3: Missão, visão e valores de Bio-Manguinhos.....	97
Quadro 4: Portfólio de produtos oferecidos por Bio-Manguinhos	98
Quadro 5: Missão, visão e valores do Instituto Butantan.....	102
Quadro 6: Portfólio de produtos oferecidos pelo Instituto Butantan.....	103
Quadro 7: Distribuição dos tipos de publicação de Bio-Manguinhos, período 1999-2013	106
Quadro 8: Periódicos que publicaram cinco ou mais artigos de autores de Bio-Manguinhos, 1999 - 2013	106
Quadro 9: Principais métricas das redes de publicação científica de Bio-Manguinhos	109
Quadro 10: Principais métricas da rede interna de publicação científica de Bio-Manguinhos.....	114
Quadro 11: Métricas básicas das redes de coautoria em patentes de Bio-Manguinhos	125
Quadro 12: Classificação das diferentes patentes de Bio-Manguinhos de acordo com os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP).....	129
Quadro 13: Classes de patentes de Bio-Manguinhos em ordem de importância de acordo com sua centralidade de grau.	131
Quadro 14: Distribuição dos tipos de publicação do Instituto Butantan, período 1999-2013	138
Quadro 15: Periódicos que publicaram cinco ou mais artigos de autores do Instituto Butantan, 1999 - 2013.	138
Quadro 16: Principais métricas das redes de publicação científica do Instituto Butantan	142
Quadro 17: Principais métricas da rede interna de publicação científica do Instituto Butantan.....	147

Quadro 18: Métricas básicas das redes de coinvenção em patentes do Instituto Butantan.	156
Quadro 19: Classificação das diferentes patentes do Instituto Butantan de acordo com os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP).....	161
Quadro 20: Classes de patentes do Instituto Butantan em ordem de importância de acordo com sua centralidade de grau.	163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ranking dos três autores mais importantes de Bio-Manguinhos, baseado em medidas de centralidade da rede.....	112
Tabela 2: Ranking dos três autores mais importantes da rede de colaboração interna de Bio-Manguinhos, baseado em medidas de centralidade da rede.	114
Tabela 3: Percentual de participação de diferentes tipos de instituição na rede de coautoria em publicações científicas de Bio-Manguinhos	119
Tabela 4: Ranking dos três inventores mais importantes de Bio-Manguinhos baseado em medidas de centralidade da rede.....	127
Tabela 5: Participação dos diferentes tipos de instituições envolvidas nas redes coinvenção em patentes de Bio-Manguinhos.....	128
Tabela 6: Ranking dos três autores mais importantes do Instituto Butantan, baseado em medidas de centralidade da rede.....	145
Tabela 7: Ranking dos três autores mais importantes da rede de colaboração interna do Instituto Butantan, baseado em medidas de centralidade da rede.	147
Tabela 8: Participação dos diferentes tipos de instituições envolvidas nas redes coinvenção em patentes do Instituto Butantan.....	151
Tabela 9: Ranking dos três inventores mais importantes do Instituto Butantan baseado em medidas de centralidade da rede.....	158
Tabela 10: Participação dos diferentes tipos de instituições envolvidas nas redes coinvenção em patentes do Instituto Butantan.....	159

1 INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Nos últimos anos, a informação e o conhecimento assumiram papel estratégico em meio às crescentes mudanças econômicas mundiais, avanços tecnológicos e científicos – tanto no meio acadêmico como empresarial, seja ele público ou privado. Sua relevância para a competitividade das organizações é inegável, especialmente em resposta a essas transformações contínuas, que demandam inovação constante. É cada vez mais necessário alavancar todos os tipos de informações e conhecimento disponíveis para tornar a inovação uma missão permanente das organizações.

Nesse contexto, as redes colaborativas têm adquirido papel de extrema importância. Como o conhecimento é distribuído entre as organizações e as novas descobertas criam descontinuidades tecnológicas ou rupturas radicais de métodos anteriormente dominantes, essas instituições começaram a reconhecer uma exigência cada vez maior de colaborar com outros parceiros (POWELL; KOPUT; SMITH-DOERR, 1996). A constituição em redes tornou-se a inovação organizacional mais importante, associada à difusão da Economia do Conhecimento. Desse modo, a competitividade das organizações passa a estar relacionada à abrangência das redes em que estão inseridas, assim como à intensidade de seu uso (LASTRES; ALBAGLI; PASSOS, 1999).

As redes de colaboração científica também são uma característica marcante da pesquisa acadêmica contemporânea. Ao colaborarem, os pesquisadores podem estabelecer redes de comunicação acadêmica, compartilhar ideias, recursos e informações, gerar e disponibilizar novos conhecimentos, e, em última instância, criar inovações, reduzindo o custo e aumentando a produtividade da pesquisa (THE ROYAL SOCIETY, 2011). Na era de pesquisa em rede, os cientistas não são mais componentes independentes, mas, sim, integrantes de redes de cooperação científica destinadas à solução de problemas sociais, políticos, econômicos e tecnológicos, os quais exigem a utilização de abordagens multidisciplinares e a união de pesquisadores com competências complementares (SONNENWALD, 2007).

A atuação em rede também é vista como significativamente importante para a melhora da saúde e da capacidade de pesquisa de países em desenvolvimento (DAAR et al., 2007). Essas redes podem criar o elo que vai ligar o conhecimento gerado pela pesquisa acadêmica às unidades produtivas, com grande potencial para combater doenças que afetam, desproporcionalmente, essas nações (MOREL et al., 2005).

Especialmente nestes países, onde a maior parte da infraestrutura de pesquisa em saúde e a capacitação tecnológica local concentra-se nas instituições públicas (GADELHA; QUENTAL; FIALHO, 2003), a inovação tecnológica por meio de parcerias pode ser vista como uma maneira de estimular e estabelecer redes regionais e internacionais (MOREL et al., 2005; DAAR et al., 2007).

Na área da saúde pública, o papel das redes colaborativas reflete-se de uma maneira muito particular. A saúde constitui uma das áreas econômicas mais dinâmicas da acumulação de capital e inovação, aliando uma grande possibilidade e necessidade de inovação com uma forte dimensão social (GELIJNS; ROSENBERG, 1995; GADELHA, 2012). Por causa do caráter sistêmico que permeia a geração de inovações na área da saúde, as redes de colaboração são vistas como meios para resolver problemas complexos, que, normalmente, requerem equipes transdisciplinares e multidisciplinares para compreender e enfrentar essa complexidade (LEISCHOW et al., 2008; UTZINGER; BRATTIG; KRISTENSEN, 2013). Uma série de evidências sugere que as parcerias multiorganizacionais são mecanismos promissores para a melhoria da saúde pública (MAYS; SCUTCHFIELD, 2010). Vários autores têm enfatizado a importância da colaboração para a promoção de inovações em saúde, seja para o desenvolvimento de produtos voltados para as necessidades dos países menos desenvolvidos (MOREL et al., 2005) seja para fornecer produtos e terapias de qualidade para os sistemas de saúde (MELESE et al., 2009).

Entende-se que, para as instituições de ciência e tecnologia (C&T) em saúde do país, o mapeamento de suas redes de colaboração e a consequente organização de informações relevantes, que auxiliem na disponibilização de informações estratégicas, é de extrema importância na construção de um futuro alinhado às demandas sociais. A análise aprofundada das redes em que estas organizações estão inseridas tem o potencial de mapear o caminho científico-tecnológico que elas vêm trilhando no que diz respeito à pesquisa e desenvolvimento em saúde e, também, identificar suas competências. Adicionalmente, o estudo das redes de cooperação dessas instituições pode fornecer dados sobre as parcerias mais adequadas para melhorar a competitividade das organizações públicas de C&T em âmbito nacional. Uma vez que a identificação e busca de colaboradores não é aleatória, mas um processo estratégico, a seleção de parceiros deve ser baseada em atributos e competências que são relevantes para as inovações pretendidas.

Estudos recentes têm sugerido o uso da análise de redes sociais (ARS) como ferramenta poderosa para avaliar programas governamentais (YANG; HEO, 2014),

apoiar o planejamento de políticas públicas e promover a gestão da inovação em sistemas de saúde pública (MOREL et al., 2009; VASCONCELLOS; MOREL, 2012). De maneira complementar, mostrou-se que a análise de redes sociais pode ser utilizada como instrumento estratégico para a inteligência competitiva em organizações (ALCARÁ et al., 2006) e, também, como apoio para a gestão comunicativa de redes para o sistema de inovação em saúde (MARTINS; ARTMANN; RIVERA, 2012).

É nessa perspectiva que se insere este trabalho, cuja premissa é de que a atuação em rede é uma vantagem importante no desempenho de instituições de C&T em saúde. Este estudo propõe-se a ampliar e avançar o conhecimento sobre redes de colaboração, criando um conjunto de indicadores que atue como ferramenta de obtenção de informações estratégicas para instituições de C&T em saúde e, também, dê suporte à formulação de políticas públicas para desenvolvimento de insumos estratégicos para saúde.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral o desenvolvimento de um método de produção de informações estratégicas para instituições de ciência e tecnologia em saúde, baseado em um conjunto de indicadores de redes de colaboração, com o intuito de subsidiar processos de planejamento estratégico e tomada de decisão nessas instituições.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral da pesquisa seja atingido, outros, mais específicos, devem ser alcançados, a saber:

- Identificar e analisar observatórios, sistemas de indicadores e experiências que utilizem redes de colaboração como forma de avaliação de ciência e tecnologia;
- Elaborar lista de indicadores que permitam medir e avaliar, de modo sistemático e atualizado, as redes de cooperação de instituições de ciência e tecnologia em saúde;
- Aplicar o método construído.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O segmento de produtos biotecnológicos voltados para a saúde humana (vacinas, biofármacos, reagentes para diagnóstico laboratorial, hemoderivados, biomateriais etc.) é extremamente dinâmico, caracterizado por um ritmo rápido de inovação (THAYER, 1999). Quando o perfil das atividades produtivas realizadas no Brasil é analisado, verifica-se que, na área da saúde, o país é extremamente dependente de importações. Seu déficit na balança comercial atingiu US\$ 10 bilhões em 2011 e permanece crônico (GADELHA; COSTA; MALDONADO, 2012). Tal fato revela não só uma dependência estratégica do país nesse segmento, mas, também, aponta uma fragilidade nacional do conhecimento em saúde.

Diante desse cenário, a área de pesquisa e desenvolvimento (P&D) tem extrema importância, por ser o celeiro das inovações desenvolvidas nacionalmente, as quais serão responsáveis pela incorporação de novos paradigmas tecnológicos na saúde pública brasileira. As políticas públicas brasileiras, no campo da ciência e tecnologia em saúde, vêm sendo marcadas pelo desenvolvimento das capacidades internas no âmbito da produção científica, da inovação e do desenvolvimento tecnológico que minimizem a dependência externa do país. Essa dinâmica aplica-se, integralmente, ao setor público, no qual as necessidades da política de saúde, ao invés de se tornarem fatores restritivos de uma política inovadora no que tange às indústrias de saúde, servem como fonte de competitividade. Permitem, desse modo, a articulação de projetos de P&D com as exigências de saúde da população (GADELHA et al., 2003).

No Brasil, a sociedade e o Estado empreenderam esforços consideráveis, nos últimos cinquenta anos, para a construção de um sistema nacional de ciência e tecnologia que se destaca entre os países em desenvolvimento. Um robusto sistema universitário e de pós-graduação e um conjunto respeitável de instituições de pesquisa, algumas de prestígio internacional, constituem os elos fortes desse sistema. Graças aos investimentos na infraestrutura institucional de pós-graduação e pesquisa, a produção científica brasileira ampliou, significativamente, sua presença no cenário internacional. O resultado desses investimentos levou o Brasil da 27ª posição em produção de artigos científicos, em 1981, que equivale a 0,4% da produção mundial, para a 14ª posição em 2012, com 2,2% de tudo o que foi publicado no mundo (GUIMARÃES, 2004; CRUZ, 2013).

Entretanto, a prioridade atual é traduzir o desenvolvimento científico e tecnológico em progresso material e bem-estar social para o conjunto da população brasileira. Assim, no Plano Brasil Maior, o Complexo Saúde integra um dos blocos de Sistemas

Produtivos que são alvo de diretrizes estratégicas que visam, entre outros objetivos, não só ao fortalecimento do parque produtivo de produtos biotecnológicos, mas, também, da produção pública, mediante a qualificação da gestão e ampliação de investimentos para atender às demandas do Sistema Único de Saúde (SUS). Nesse contexto, o desenvolvimento de novos insumos para a saúde – produtos considerados de segurança nacional e de importância econômica e, portanto, estratégicos para o país – torna-se prioritário. Tal iniciativa constitui oportunidade para resgatar a competitividade da indústria nacional, além de atuar como ferramenta para a diminuição da dependência externa por tecnologia e para a redução das importações no setor (BRASIL, 2012).

Especialmente em áreas estratégicas e portadoras de futuro, como a biotecnologia, a estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação, o governo prevê a ampliação de competências para adquirir vantagens expressivas tanto em termos de potencial produtivo quanto de domínio tecnológico (BRASIL, 2012). A biotecnologia é um dos alicerces da economia baseada no conhecimento e é uma das tecnologias-chave do século XXI, com vasto campo de aplicações no desenvolvimento de produtos e processos de interesse para o setor saúde.

Além do desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços, a geração e o uso estratégico de informações, inteligência e pesquisa em saúde, são amplamente reconhecidos como parte integral das funções de liderança e governança dos sistemas nacionais de saúde (WHO, 2007). A recente disseminação de formas colaborativas de desenvolvimento da pesquisa e o estímulo crescente à formação de redes para tratar de temas estratégicos para o país demonstra a importância deste tipo de organização para o atendimento às demandas sociais (BRASIL, 2012). Contudo, salvo alguns estudos específicos, ainda são poucos os que buscam avaliar a contribuição da análise de redes de colaboração como abordagem estratégica para instituições de C&T no Brasil.

Estudos realizados por Carlos Morel e colaboradores em 2005, 2009 e 2012 vêm reforçando a ideia de que a pesquisa e a análise de redes de coautoria em artigos científicos podem complementar os processos e critérios usuais utilizados para a avaliação, seleção e acompanhamento de projetos em várias etapas e estágios de programas de P&D em saúde. O autor afirma que a aplicação desse tipo de análise pode ser, particularmente, interessante e necessária no campo das doenças negligenciadas por permitir não só a caracterização/visualização dos nós das redes

(instituições, países, indivíduos) como a identificação de instituições e autores em pontos críticos ou altamente conectados com grupos nacionais e/ou internacionais.

Alinhado a essa tendência, este estudo expande o conhecimento revelado pela análise de redes de coautoria em publicações científicas, avaliando outras redes que permeiam as instituições de C&T em saúde. A hipótese deste trabalho é de que o desenvolvimento de indicadores de redes de colaboração pode ser utilizado como ferramenta de gestão da informação e do conhecimento para apoiar processos de planejamento estratégico e tomada de decisão.

Os diferentes indicadores propostos abrangem duas perspectivas complementares: uma macro, que aborda a organização como um todo, suas competências e suas relações com outras instituições; e uma micro, que trata dos indivíduos que são membros da organização. A perspectiva macro permite não só a geração de um mapa das competências instaladas na organização, mas a identificação de seu padrão de colaboração e de suas alianças estratégicas com outras instituições, fornecendo informações sobre as oportunidades e os obstáculos que podem ter importantes implicações em seu desempenho. A perspectiva micro possibilita a identificação dos relacionamentos, da estrutura de poder, dos atores centrais e periféricos da organização e suas características que podem desempenhar um papel importante em sua rede interna, além das necessidades de intervenções diante de riscos de fragmentação.

É importante salientar que o conjunto de indicadores elaborado neste estudo não tem caráter comparativo. Sua finalidade é obter informações estratégicas para as organizações-alvo e, por esse motivo, podem ser utilizados em instituições que atuam em diferentes contextos na área da saúde.

1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO

A Introdução orientou o leitor para a natureza geral do principal tema referente ao trabalho a ser desenvolvido. O problema de pesquisa foi apresentado, bem como os objetivos do estudo e as razões que o justificam e o tornam relevante.

O presente estudo está estruturado em oito capítulos, além desta Introdução. O Capítulo 2, o Capítulo 3 e o Capítulo 4 dividem a revisão de literatura em três partes distintas, nas quais são apresentados o embasamento teórico e os conceitos mais relevantes para o tema proposto. O Capítulo 2 aborda a importância do conhecimento

na economia e sociedade atuais, com ênfase na gestão da informação, gestão do conhecimento e inteligência organizacional e sua utilização como ferramenta estratégica para organizações. Também são destacadas as redes de colaboração para inovação, com enfoque nas inovações em saúde. No Capítulo 3, a ciência das redes é apresentada, bem como o método de análise de redes sociais (ARS) e seus principais conceitos e métricas de avaliação. O Capítulo 4 mostra o papel da ARS como indicador para avaliação de C&T e as principais iniciativas científicas e organizacionais que utilizam esse método.

O Capítulo 5 apresenta os indicadores de redes de colaboração propostos como ferramenta estratégica para instituições de C&T em saúde. Cada indicador é descrito de forma individual, juntamente com o embasamento teórico que o originou. Ao final do Capítulo, uma ficha com as informações resumidas de cada indicador é apresentada.

O Capítulo 6 caracteriza e descreve o universo amostral da pesquisa que foi utilizado para determinar a aplicabilidade dos indicadores propostos.

No Capítulo 7, são feitas uma breve análise estratégica e uma apresentação das organizações pesquisadas.

O Capítulo 8 expõe e descreve os resultados obtidos e o Capítulo 9 discute e apresenta a análise dos indicadores para as organizações pesquisadas.

Finalmente, no Capítulo 10, são feitas as considerações finais sobre o estudo e suas conclusões são apresentadas. Adicionalmente, são abordadas as limitações do estudo.

2 A ECONOMIA DO CONHECIMENTO

O conhecimento tem sido o cerne do crescimento da sociedade desde os tempos antigos. A capacidade de inventar, criar novos conhecimentos e ideias que são, então, incorporadas em produtos¹, processos, serviços e organizações tem funcionado como combustível para o desenvolvimento da sociedade ao longo dos séculos (DAVID; FORAY, 2002). Da mesma forma, a economia mundial sempre se baseou no conhecimento, de uma maneira ou de outra, para promover seu crescimento. Quer pela interpretação dos últimos acontecimentos que determinam as tendências do mercado, quer pelas informações obtidas dos clientes que geram ideias para novos produtos – ou, até mesmo, pelos conceitos inovadores advindos de membros de uma equipe de profissionais –, a economia muda continuamente no ritmo do conhecimento. Embora seja um fator importante para o crescimento econômico, só recentemente as organizações passaram a explorar maneiras de incorporá-lo mais diretamente, juntamente à tecnologia, na condução de suas produtividade e capacidade de inovação.

De fato, as sociedades industriais passaram por uma onda de transformações, nas últimas décadas, que as fizeram mudar a perspectiva sobre a produtividade e a agregação de valor. Se antes, a única maneira de produzir mais era trabalhar mais, hoje se sabe que, para produzir mais, é necessário trabalhar melhor. No livro *The Age of Discontinuities*, Peter Drucker ressalta que essa mudança ocorreu não por um avanço intelectual da sociedade, mas por um desenvolvimento tecnológico que resultou da aplicação intelectual, diretamente, na realização de atividades (DRUCKER, 1969). O conhecimento que impulsiona a nova economia é dinâmico e o que realmente importa é como ele, seja novo ou antigo, é aplicado. A habilidade da organização de aplicar (manipular, armazenar, disseminar), efetivamente, o conhecimento existente e de criar outros, novos, é que constitui a base para que ela adquira vantagem competitiva. Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2005), o termo “Economia baseada no Conhecimento” ou “Economia do Conhecimento” foi cunhado para descrever essa tendência da economia atual de tornar-se cada vez mais dependente do conhecimento, da informação e de altos níveis de habilidade dos trabalhadores. Junte-se a isso a crescente necessidade de acesso imediato a todos esses elementos pelos setores empresariais e públicos (OCDE, 2005). A Economia do Conhecimento reflete o

¹ A partir deste momento e ao longo de todo este estudo a palavra “produto” deve ser entendida como sinônimo de “produto, processo e serviço”.

estágio atual da evolução econômica mundial, no qual o conhecimento é o fator-chave de progresso e competitividade (BRASIL, 2003).

Para Wiig (1997), a ênfase atual no conhecimento ocorreu, naturalmente, a partir do histórico do desenvolvimento econômico, industrial e cultural surgidos nos últimos anos. As próprias atividades econômicas dominantes nas diferentes épocas podem estabelecer um quadro da evolução para a Economia do Conhecimento. A sociedade passou da economia agrária, na qual se cultivavam produtos para consumo próprio e troca, para uma economia de exploração dos recursos naturais e, em seguida, para a revolução industrial, cuja excelência operacional manifestava-se por meio da eficiência nos processos. Ao longo do tempo, os produtos fabricados adquiriram mais variabilidade e sofisticação, mas o foco ainda era a excelência operacional dos processos e não o cliente em si. Com o passar dos anos, os clientes passaram a ser mais exigentes, demandando produtos e serviços que atendessem a suas necessidades específicas. Nesse momento, a evolução das ferramentas usadas para a criação e disseminação do conhecimento e da informação teve papel de suma importância. O desenvolvimento que ocorreu na área da tecnologia da informação proporcionou a criação e armazenamento de grandes quantidades de conhecimento e, mais importante, propiciou sua disseminação com maior precisão e muito mais velocidade (DAVID; FORAY, 2002). O acesso à informação (internet) deu um poder ao cliente nunca antes testemunhado na sociedade anterior aos anos 90. Não era mais suficiente oferecer produtos genéricos ou mercadoria comum, mesmo que sofisticada. Os clientes – consumidores individuais e empresas industriais – começaram a requerer produtos e serviços que os tornassem mais bem-sucedidos em suas próprias atividades e que os proporcionassem as maiores vantagens possíveis (WIIG, 1997). O valor dos produtos depende cada vez mais do percentual de inovação, tecnologia e inteligência a eles incorporados.

Assim, o desafio de produzir mais e melhor foi sendo superado pela necessidade de criar novos produtos, serviços e sistemas. A criatividade e a inovação passaram a ser os principais direcionadores da criação de valor nas organizações e nessa nova era, riqueza é produto do conhecimento. O conhecimento e a informação são as matérias-primas básicas e os produtos de elevado valor na economia, tornando-se fatores decisivos de vantagem competitiva para qualquer indústria que deseje ampliar sua capacidade de inovar, criar novos produtos e explorar novos mercados (STEWART, 1998). Dessa forma, não só o conhecimento explícito – aquele que pode ser expresso em palavras e números e pode ser facilmente comunicado e compartilhado –, mas, principalmente, o conhecimento tácito – aquele que é altamente pessoal e difícil de

formalizar, que está profundamente enraizado nas ações e experiências de um indivíduo – adquirem papel de extrema importância para o aprendizado contínuo por indivíduos e organizações (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). A competição é cada vez mais baseada na capacidade de uma organização de aprender, transformando informação em conhecimento e conhecimento em decisões e ações de negócio – os bens e serviços a serem ofertados à sociedade.

2.1 DADOS, INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO

No contexto deste estudo, é oportuno desenvolver um entendimento de três concepções importantes inseridas no contexto da Economia do Conhecimento: dados, informação e conhecimento. Alguns autores acrescentam mais conceitos a essa discussão, tais como sinais, sabedoria, *insight* etc., mas, neste trabalho, será abordada apenas a definição de dados, informação e conhecimento por acreditar-se que esses são os principais conceitos relacionados ao ambiente analisado.

Davenport e Prusak (1998) ressaltam que, apesar de o conhecimento não ser dado nem informação, ele está relacionado com ambos. Para os autores, dados são um conjunto de fatos distintos e objetivos, relativos a eventos. Dados não têm significado inerente por descreverem apenas parte daquilo que aconteceu. Não fornecem julgamento nem interpretação ou qualquer base sustentável para a tomada de ação, mas têm grande importância para as organizações porque são a matéria-prima essencial para a criação de informações (DAVENPORT; PRUSAK, 1998).

A informação pode ser considerada, basicamente, uma mensagem. Ela tem como finalidade mudar o modo como a pessoa que a recebe vê algo, impactando seu comportamento ou julgamento. Também modela seu destinatário, de modo a fazer algum sentido sob a sua perspectiva e, por isso, é ele próprio quem decide se a mensagem recebida constitui informação, ou seja, se ela, verdadeiramente, o informa. Dados são transformados em informação quando são acrescidos de significado, quando são interpretados ativamente e adaptados a situações e perspectivas (NONAKA; TAKEUCHI, 1997; DAVENPORT; PRUSAK, 1998). No contexto organizacional, a coleta de informações relaciona-se à estratégia, incluindo recursos que se originam a partir da produção de dados (tais como de registros e arquivos), que vêm da gestão de pessoal, pesquisa de mercado, da observação e análise utilizando os princípios da inteligência competitiva, oriundos de uma vasta gama de fontes, tanto de origem interna quanto externa à organização (TARAPANOFF, 2006).

Já o conhecimento é a informação repleta de experiências, valores e contextualização; é criado por um fluxo de informações, ancorado nas crenças e compromissos de seu detentor e, por isso, está, essencialmente, relacionado com a ação humana (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). Na definição de Davenport e Prusak (1998, p. 6):

Conhecimento é uma mistura fluida de experiência condensada, valores, informação contextual e insight experimentado, a qual proporciona uma estrutura para a avaliação e incorporação de novas experiências e informações. Ele tem origem e é aplicado na mente dos conhecedores.

Para os autores, o conhecimento está, intimamente, relacionado à ação e pode ser avaliado pelas decisões ou ações a que conduz. O conhecimento pode levar, por exemplo, a uma maior eficiência no desenvolvimento de produtos ou a um melhor e mais sábio processo de tomada de decisão (DAVENPORT; PRUSAK, 1998). Nessa visão, a informação pode ser encarada como elemento indispensável na área do planejamento e uma importante ferramenta de apoio aos processos de tomada de decisão. A Figura 1 ilustra a relação entre esses três elementos no ambiente organizacional.

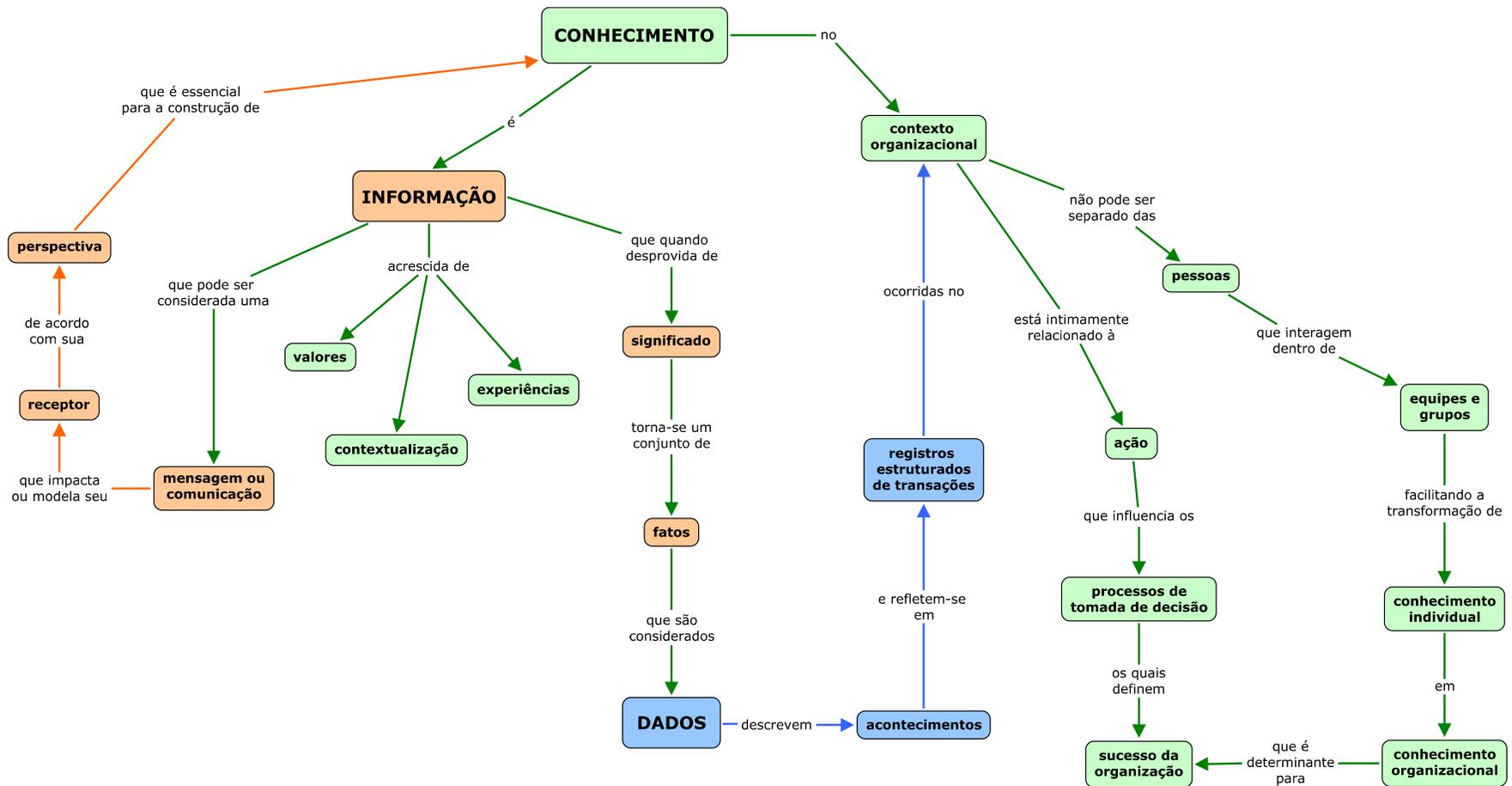


Figura 1: Mapa conceitual que ilustra a relação entre dados, informação e conhecimento. Fonte: Elaboração própria.

2.2 O USO ESTRATÉGICO DA INFORMAÇÃO

O termo estratégia deriva da expressão grega *stratègós* (de *stratos*, "exército" e *ago*, "liderança" ou "comando", tendo significado, inicialmente, "a arte do general"). Segundo Henry Mintzberg (1987), a estratégia organizacional não é um conceito único e acabado, mas uma inter-relação entre diferentes conceitos. Para o autor, a estratégia pode ser um plano, um conjunto de normas conscientemente empreendidas para lidar com determinada situação, mas, ao mesmo tempo, pode ser vista como um pretexto, uma manobra ou tática específica para despistar os concorrentes ou competidores. Outra forma de vê-la é como um padrão em um determinado fluxo de ações, mas é possível considerá-la como uma posição, uma forma de localizar a organização em seu ambiente. Adicionalmente, a estratégia também tem um caráter interno à organização, de perspectiva, que varia de acordo com a maneira como a organização percebe o mundo (MINTZBERG, 1987).

Miranda (1999, p. 287) define a informação estratégica como a "informação obtida do monitoramento estratégico, que subsidia a formulação de estratégias pelos tomadores de decisão nos níveis gerenciais da organização". De fato, a informação é um fator determinante para o acompanhamento eficiente de processos, o apoio à tomada de decisões e à obtenção de vantagem competitiva, tendo valor estratégico para as organizações (TARAPANOFF, 2006). A partir da informação e da base de conhecimentos, os líderes de uma organização definem sua estratégia, avaliando as oportunidades ou ameaças existentes e a sua capacidade de acionar seus ativos para responder a novos desafios.

Uma série de pesquisadores tem sugerido o papel crítico da coleta de informações na construção da base de conhecimento de uma organização (FLEURY; OLIVEIRA, 2001; CHOO, 2003; TARAPANOFF, 2006). Segundo Choo (2003), há três arenas distintas nas quais a criação e o uso da informação desempenham um papel estratégico no crescimento e na capacidade de adaptação da organização, a saber:

- Criação de significado: interpretação das informações coletadas a partir do ambiente externo, de modo a dar sentido às mudanças que ocorrem nesse ambiente. A criação de significado constrói um consenso sobre o que é a organização e o que ela está fazendo, visando garantir que ela se adapte e continue prosperando num ambiente dinâmico.
- Criação de novos conhecimentos: criação, organização e processamento da informação de modo a gerar novos conhecimentos, por meio do aprendizado organizacional. Nesse processo, o conhecimento tácito e pessoal dos membros

da organização deve ser transformado em conhecimento explícito para que este possa ser usado no desenvolvimento de novos produtos.

- Tomada de decisão: busca, processamento e análise da informação de modo a subsidiar processos de tomada de decisão para empreender cursos de ação capazes de levar a um comportamento racional e orientado para os objetivos da organização.

O autor argumenta que essas três maneiras de utilizar a informação estrategicamente não são independentes, mas complementares. Ao identificar e dar significado aos sinais do ambiente, a organização é capaz de se adaptar e ter sucesso. Mobilizando o conhecimento e a experiência de seus membros, a organização está constantemente aprendendo e inovando. Elaborando rotinas para a tomada de ações e decisões baseadas naquilo que seus membros conhecem e em que acreditam, a organização pode escolher e se comprometer com cursos de ação determinados (CHOO, 2003).

Em um nível geral, a criação de significado, a construção do conhecimento e a tomada de decisões podem ser visualizadas como três camadas concêntricas, de forma que cada camada externa produza os fluxos de informação para a camada externa adjacente (Figura 2). A informação flui do ambiente exterior e é, progressivamente, assimilada para permitir a ação da organização. Primeiro, a informação sobre o ambiente em que a organização está inserida é percebida para que seu significado seja construído. Este processo fornece o contexto para a atividade da organização, orientando seus processos de construção do conhecimento. O conhecimento que reside na mente de seus membros precisa ser convertido em um outro passível de ser utilizado pela organização para que ela possa se preparar para a ação e escolher seu curso racionalmente, de acordo com seus objetivos. A ação organizacional, por sua vez, produz mudanças em seu ambiente de atuação, às quais a organização terá de se adaptar, gerando, assim, um novo ciclo (Figura 2) (CHOO, 2003).

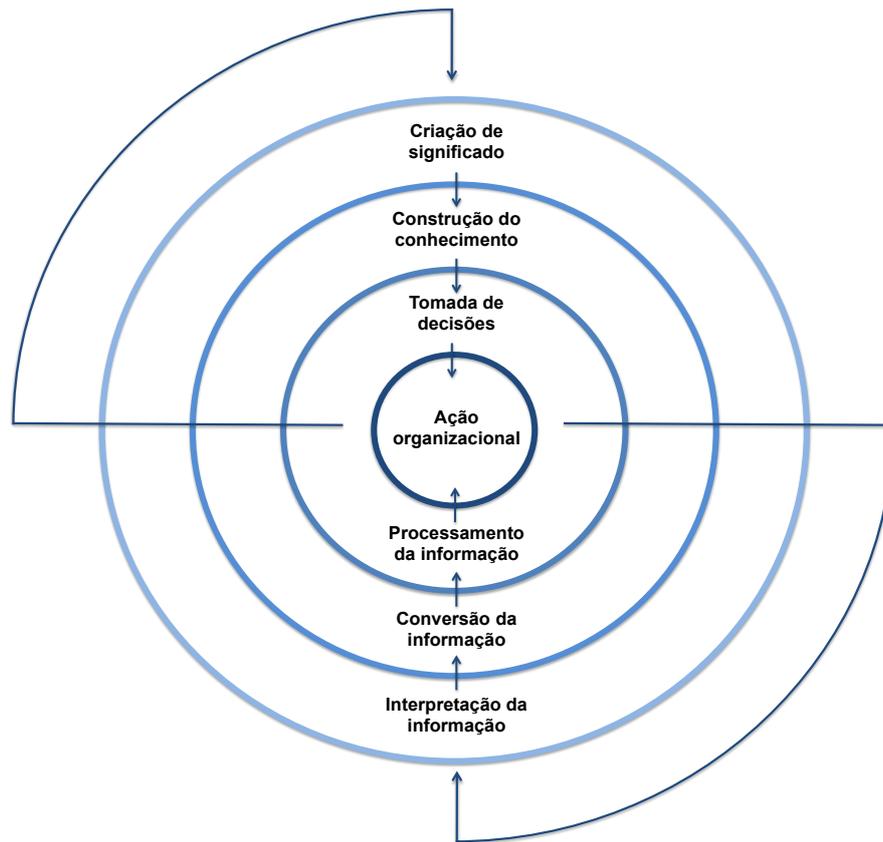


Figura 2: A organização do conhecimento. Fonte: Choo, 2003.

Além disso, o monitoramento de informações especializadas, o monitoramento científico e tecnológico, o de informações concorrenciais e, ainda, de produtos novos, de patentes, de mercados, de nomes e especializações, de marcas e de direitos autorais etc., pode fornecer apoio importante às organizações de C&T em geral. A obtenção de informações sobre o estado-da-arte das pesquisas em determinados temas, a existência ou não de possíveis parceiros, a identificação de grupos de especialistas etc. pode impulsionar e/ou proteger o destino dessas organizações (PASSOS, 1999).

McGee e Prusak (1994) acrescentam que a informação desempenha papel essencial na definição estratégica de uma organização, criando as condições para uma resposta mais eficaz às exigências do ambiente. A definição de uma estratégia é feita com base na identificação e criação de uma convergência entre as oportunidades existentes no mercado e as capacidades organizacionais. Além disso, quando é o momento de definir um curso de ação, os responsáveis pelas decisões precisam saber quais informações são mais importantes para a organização, quais as opções e capacidades

disponíveis e como desembaraçar uma complexa rede de fatores e contingências para fazer uma escolha aceitável (CHOO, 2003).

Nesse contexto, a informação estratégica torna-se indispensável para a criação de uma base sólida de conhecimento organizacional que, agregada a um processo de inteligência organizacional, pode representar um elemento-chave para o aumento da competitividade.

2.3 GESTÃO DA INFORMAÇÃO, GESTÃO DO CONHECIMENTO E INTELIGÊNCIA ORGANIZACIONAL

Após abordar a importância da informação estratégica na construção de uma base sólida de conhecimento organizacional, é oportuno desenvolver um entendimento das inter-relações entre a Gestão da Informação, a Gestão do Conhecimento e a Inteligência Competitiva.

A Gestão da Informação pode ser definida como a aplicação de princípios de gestão para a aquisição, organização, controle, disseminação e uso de informação relevante para a operacionalização efetiva de organizações de todos os tipos (WILSON, 2003). A Gestão da Informação lida com o valor, qualidade, propriedade, uso e segurança da informação no contexto do desempenho organizacional. Seu principal objetivo é identificar e potencializar recursos informacionais de uma organização e sua capacidade de informação, ensinando-a a aprender e adaptar-se a mudanças ambientais (TARAPANOFF, 2006).

Gerir a informação consiste nas atividades de planejar, elaborar normas e modelos, selecionar, organizar, coordenar, controlar, processar, comunicar, disseminar e avaliar informações formais e informais – conhecimento explícito. Envolve o monitoramento de informações em todo o seu ciclo e a sistematização e coordenação de esforços para regular e facilitar a aquisição, o processamento, o armazenamento, a disseminação e o acesso à informação, visando fazer com que as informações apoiem com efetividade as operações da organização, racionalizando os fluxos (PEREIRA; CIANCONI, 2008).

Para Tarapanoff (2006), o foco da Gestão da Informação é voltado para o gerenciamento do conhecimento explícito, enquanto a Gestão do Conhecimento se preocupa com o gerenciamento do conhecimento tácito, objetivando o

desenvolvimento da capacidade das pessoas em “explicitar” e compartilhar o seu conhecimento.

A Gestão do Conhecimento vem ao encontro do reconhecimento, pelas corporações, do conhecimento como um importante ativo organizacional. A literatura possui uma série de definições do termo Gestão do Conhecimento, que podem ser reunidas em dois grupos principais (GASIK, 2011). O primeiro trata do conhecimento como um elemento isolado e da Gestão do Conhecimento, como um método ou processo que sistematiza o conhecimento e seus diferentes ciclos de vida:

- Gestão do Conhecimento é o processo de identificar, replicar, armazenar e transferir conhecimento sistemática e ativamente (PROBST; RAUB; ROMHARDT, 2000);
- Gestão do Conhecimento é o método que simplifica e melhora o processo de criar, compartilhar, distribuir, capturar e entender o conhecimento em uma organização (KARLSEN; GOTTSCHALK, 2004);
- O processo de Gestão do Conhecimento inclui identificação, criação, aquisição, transferência, compartilhamento e exploração do conhecimento (ABDUL-RAHMAN et al., 2008);
- Gestão do Conhecimento é entender, focalizar e gerenciar sistemática, explícita e deliberadamente a construção, renovação e aplicação do conhecimento (WIIG, 1997);
- Gestão do Conhecimento é a fundamentação, observação, instrumentação e otimização sistemática das bases de conhecimento da empresa (DEMAREST, 1997).

O segundo grupo aborda o conhecimento como uma propriedade de indivíduos e organizações e trata a Gestão do Conhecimento como uma maneira da organização beneficiar-se das aplicações desse conhecimento:

- Gestão do Conhecimento é o processo de gerenciar continuamente conhecimentos de todos os tipos para necessidades existentes e emergentes, visando identificar e explorar os repositórios de conhecimento preexistentes e adquiridos da organização para desenvolver novas oportunidades (QUINTAS; LEFRERE; JONES, 1997);
- O desafio da Gestão do Conhecimento é como gerar e alavancar o conhecimento coletivo na organização para criar valor que leva à vantagem competitiva (ZHANG, 2007);

- A Gestão do Conhecimento visa capturar o capital intelectual e social dos indivíduos, de maneira a melhorar a capacidade de aprendizado da organização (SWAN et al., 1999);

- A Gestão do Conhecimento é o gerenciamento de atividades e processos do ciclo vital do conhecimento, de modo a alcançar níveis crescentes de competitividade, propiciar o melhor uso do conhecimento disponível e fomentar a geração de novos conhecimentos e a criatividade individual e coletiva (BRASIL, 2003);

- A Gestão do Conhecimento refere-se ao desenvolvimento de métodos, ferramentas, técnicas e valores por meio dos quais as organizações podem adquirir, desenvolver, mensurar, distribuir e fornecer um retorno de seus ativos intelectuais (VAN DONK; RIEZEBOS, 2005).

A Inteligência Organizacional é o processo que analisa o ambiente no qual a organização está inserida, com o propósito de identificar oportunidades e reduzir os riscos, bem como diagnostica o ambiente organizacional interno, visando ao estabelecimento de estratégias de ação a curto, médio e longo prazo (VALENTIM, 2003). Ela busca identificar e conhecer aspectos que podem causar impacto nos pontos fortes e fracos da organização, levantar o perfil dos concorrentes e, essencialmente, monitorar o ambiente (interno e externo), objetivando captar sinais de mudança (TARAPANOFF, 2006).

A Inteligência Organizacional pode ser vista como sinônimo da capacidade de antecipar as ameaças e novas oportunidades por meio da informação validada para tomada de decisão (BATTAGLIA, 1999). Refere-se ao monitoramento e análise de dados do ambiente, com o objetivo de gerar informações úteis para o processo decisório e para o planejamento estratégico organizacional, levando a organização a obter visão estratégica e vantagem competitiva (PEREIRA; CIANCONI, 2008).

É importante ressaltar que, segundo Vidigal e Nassif (2012), não há um acordo terminológico para a utilização do termo “Inteligência Competitiva”. Outros termos usados intercambiavelmente são “Inteligência Empresarial”, “Inteligência de Negócios”, “Vigilância Tecnológica” ou “Monitoramento Ambiental”. Adotou-se o termo “Inteligência Organizacional” ao longo deste trabalho, embora a expressão “Inteligência Competitiva” seja a mais frequentemente utilizada na literatura, por acreditar-se que a palavra “competitiva” possui um viés mercadológico que, muitas vezes, não reflete a postura de algumas organizações, especialmente as pertencentes ao setor público. De fato, a atividade de Inteligência Organizacional permite às

organizações, tanto públicas como privadas, uma postura antecipativa e diferenciada, por carregar um elemento intrínseco de estratégia e competitividade. Entretanto, a expressão Inteligência Organizacional é mais abrangente, incluindo “tanto a inteligência usada com fins lucrativos, como a realizada com fins de sobrevivência organizacional ou de melhoria e manutenção da qualidade de produtos e serviços em qualquer área” (CIANCONI apud PEREIRA; CIANCONI, 2008, p. 84).

A Gestão da Informação, a Gestão do Conhecimento e a Inteligência Organizacional estão muito próximas e relacionadas, porquanto a ação de uma incide na ação da outra. Para Valentim (2002), a relação entre os três conceitos é natural, uma vez que dados, informação e conhecimento são insumos básicos para os três modelos. A Gestão da Informação trabalha no âmbito do conhecimento explícito, ou seja, são dados e informações que já estão consolidados em algum tipo de veículo de comunicação. A Gestão do Conhecimento insere o conhecimento tácito nesse universo quando um ou mais indivíduos da organização inclui suas experiências, crenças, sentimentos, vivências, valores etc. Já a Inteligência Organizacional está ligada ao conceito de processo contínuo, estabelecendo relações e conexões de forma a gerar inteligência para a organização, na medida em que cria estratégias para cenários futuros e possibilita tomadas de decisão de maneira mais segura e assertiva (VALENTIM, 2002). A Gestão do Conhecimento, a Gestão da Informação e as tecnologias da informação constituem um conjunto de meios a serem utilizados no processo da Inteligência Organizacional. A Figura 3 ilustra essas relações.

Em uma organização, informação, conhecimento e inteligência estão presentes nos seus processos de gestão, que alimentam o processo de tomada de decisão e o planejamento estratégico (TARAPANOFF, 2006). Gestão da Informação, do Conhecimento e Inteligência Organizacional subsidiam a decisão estratégica.

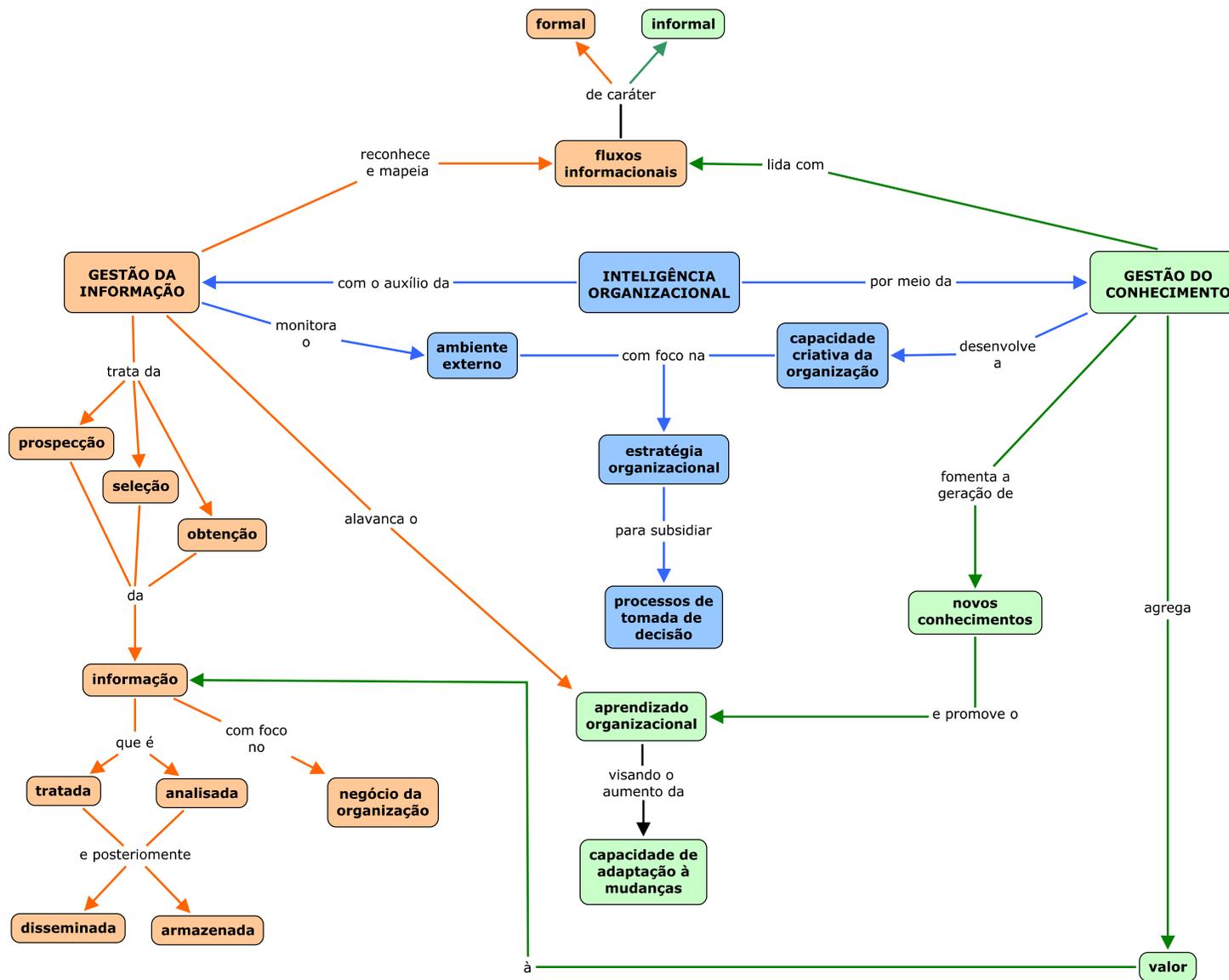


Figura 3: Mapa conceitual que ilustra as relações entre os conceitos de Gestão da Informação, Gestão do Conhecimento e Inteligência Organizacional. Fonte: Elaboração própria.

2.3.1 Gestão da informação e gestão do conhecimento no setor público

Uma vez que o Governo brasileiro detém um padrão de atuação expressivo na área da saúde e possui papel significativo no direcionamento do setor, grande parte da capacitação tecnológica em saúde está concentrada em instituições públicas (GADELHA et al., 2003). Por esse motivo, entende-se que os temas da gestão da informação e da gestão do conhecimento devam também ser abordados com a perspectiva da administração pública.

Antes de abordar os referidos temas no setor público, é importante definir o conceito de administração pública. Neste trabalho, entende-se administração pública como:

(...) conjunto de órgãos instituídos para consecução dos objetivos do Governo; em sentido material, é o conjunto das funções necessárias aos serviços públicos em geral; em acepção operacional, é o desempenho perene e sistemático, legal e técnico, dos serviços do próprio Estado ou por ele assumidos em benefício da coletividade. Numa visão global, a Administração Pública é, pois, todo o aparelhamento do Estado preordenado à realização de seus serviços, visando à satisfação das necessidades coletivas (BRASIL, 2010, p. 12-13).

Para as organizações da administração pública, a Economia do Conhecimento culminou com o surgimento da discussão ampla sobre a reforma do Estado, envolvendo aspectos políticos, econômicos e administrativos. Participação democrática, horizontalização das relações, transparência, agilidade, eficiência e eficácia são parâmetros que impõem a evolução de sua estrutura organizacional na dinâmica contemporânea de globalização, descentralização e de inovações tecnológicas (MOREIRA; MAIA, 2013). A ação governamental torna-se diretamente ligada à capacidade de criar estratégias de curto, médio e longo prazo e planejamento em tempo real para o acompanhamento e consecução dos principais objetivos, que precisam atender às demandas da sociedade.

As organizações do setor público são responsáveis pela gestão de grandes quantidades de informação, que abrangem políticas, relatórios, registros orçamentários etc. Mas além do papel de manter as informações de acordo com os requisitos legais e burocráticos e disponibilizá-las para o público, atualmente há uma ênfase na acessibilidade, precisão, armazenamento e recuperação eficiente de informações para garantir melhorias sustentáveis na agilidade e eficácia de organizações públicas. A Economia do Conhecimento exige investimento em

monitoramento sistemático das informações e incentivo à geração de novos conhecimentos, de modo a possibilitar que os governos se antecipem às ameaças do mercado, identificando novas oportunidades e subsidiando decisões estratégicas

Em 1994, Andersen e colaboradores já argumentavam que a Gestão da Informação poderia ser um poderoso instrumento para assistir agências governamentais no alinhamento de sua postura estratégica em relação ao ambiente externo. Ela permite que os gestores públicos mapeiem todo o espectro de forças externas para buscar por inovações em políticas públicas que possam trazer mais recursos para sua área de atuação ou por novos parceiros ou clientes (ANDERSEN; BELARDO; DAWES, 1994). No processo de formulação de políticas públicas, a análise crítica de informações geradas por parte das organizações, agentes e público-alvo envolvidos pode subsidiar a tomada de decisão com relação aos esforços necessários para a melhoria da ação pública.

Ao longo do tempo, a Gestão do Conhecimento começou a se tornar um tema importante para os órgãos da administração pública, mesmo com o frequente atraso dessas organizações quando se trata de mudanças de gestão. E há razões para esse descompasso, como a continuidade política, a necessidade de assegurar a prestação de contas e controle dos gastos governamentais e preocupações com a equidade. Analogamente, pela maneira como as instituições, processos e regras do serviço público são concebidos, as mudanças de gestão são realmente mais difíceis de implementar do que no setor privado (OCDE, 2003). Em geral, os órgãos públicos estão muito mais orientados à estabilidade e à rotina do que à inovação e à flexibilidade.

De fato, uma pesquisa realizada em 2003 pela OCDE, junto a 20 países e 132 instituições governamentais, revelou que as organizações públicas avançaram menos no que diz respeito à implementação da Gestão do Conhecimento quando comparadas às empresas privadas. A mesma situação foi encontrada na administração pública brasileira, com algumas exceções, conforme demonstrado em um trabalho realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em 28 órgãos da Administração Direta e em seis empresas estatais do Executivo Federal brasileiro (BATISTA et al., 2005).

Apesar disso, o interesse do setor público na Gestão do Conhecimento existe e está cada vez mais respaldado por diferentes pesquisadores da área que acreditam em sua importante contribuição na administração pública, apesar de possuir um apelo diferente daquele utilizado no setor privado. Karl Wiig ressalta que:

O vasto campo da gestão do conhecimento fornece novas opções, capacidades e práticas que podem trazer grandes benefícios à administração pública. Gerenciar o conhecimento tornou-se uma nova responsabilidade da administração pública para que ela possa reforçar a eficácia do serviço público e melhorar a sociedade a qual ela serve (WIIG, 2002, p. 224).

Adicionalmente, Fábio Batista destaca:

Na administração pública, a efetiva gestão do conhecimento ajuda as organizações a enfrentar novos desafios, implementar práticas inovadoras de gestão e melhorar a qualidade dos processos, produtos e serviços públicos em benefício do cidadão-usuário e da sociedade em geral (BATISTA, 2012, p. 40).

Além disso, é possível citar algumas razões para o interesse do setor público na Gestão do Conhecimento, a saber:

- Em uma economia intensiva em conhecimento, bens e serviços são cada vez mais investidos de capital intangível, tornando o conhecimento um elemento importante de competitividade entre órgãos públicos (OCDE, 2003);
- As empresas privadas produzem bens e serviços que são cada vez mais intensivos em capital intangível, competindo com os bens e serviços produzidos tradicionalmente pelo setor público (OCDE, 2003);
- A saída de servidores públicos para aposentadoria e a rotatividade de pessoal criam novos desafios para a preservação da memória institucional e formação dos profissionais recém-chegados (OCDE, 2003);
- O servidor público que participa das iniciativas de Gestão do Conhecimento amplia seus conhecimentos e habilidades em função do aprendizado e da inovação que ocorrem em seus processos (BATISTA, 2012);
- Os cidadãos, cada vez mais conhecedores, exigem que os governos estejam no topo do conhecimento recém-criado, na medida em que ele é produzido cada vez mais rapidamente por diferentes atores (OCDE, 2003);
- De acordo com o Canadian Centre for Management Development (CCMD), os cidadãos e a mídia demandam garantias mais concretas de que o serviço público está prestando serviços de alto valor, cobrando do governo uma atuação mais aberta, transparente e responsável. Isso quer dizer que as informações do governo precisam

ser postas ao alcance dos cidadãos – por meio de novas tecnologias eletrônicas (governo eletrônico) e de um diálogo entre os servidores públicos e os cidadãos (CCMD, 2001);

- A implementação da Gestão do Conhecimento aumenta a capacidade de realização de indivíduos, de equipes de trabalho, da organização pública e da sociedade em geral porque gera impacto na melhoria de processos, produtos e serviços públicos prestados à população (BATISTA, 2012);
- O setor público tem papel primordial na formação e orientação da sociedade do conhecimento. No entanto, é na sociedade que novas tecnologias de comunicação são menos difundidas e cujos obstáculos organizacionais à inovação e à rede são mais pronunciados. É preciso desconstruir o modelo burocrático racional do Estado para atender às demandas e processos da sociedade em rede (CASTELLS, 2005).
- As políticas públicas, cada vez mais, perpassam transversalmente estruturas governamentais tradicionais, as jurisdições governamentais e as fronteiras nacionais. Questões ambientais têm relação com a política industrial, com a política de rejeitos industriais, com o turismo, com a proteção ambiental, com o desenvolvimento urbano, etc. As organizações públicas precisam encontrar melhores maneiras para trabalhar horizontalmente em uma base contínua, trocando informação e empenhando-se em colaborações significativas (CCMD, 2001).

Os setores público e privado possuem sistemas de valores e contextos organizacionais distintos, que justificam objetivos diferentes para adoção de práticas de Gestão do Conhecimento. Para as empresas privadas, o empenho para a mudança é ampliar sua rentabilidade e desempenho em relação à concorrência, adquirindo vantagem competitiva sobre o mercado. Já para as organizações públicas, tal motivação transcende a finalidade de melhorar o desempenho organizacional e apoia-se na sua capacidade de cumprir sua missão de atender com qualidade aos interesses da sociedade (SANTOS et al., 2001; BATISTA, 2004). O Quadro 1 exemplifica algumas dessas diferenças.

Característica	Administração Pública	Setor privado
Princípio condutor	Regida pela supremacia do interesse público e pela obrigação da continuidade da prestação do serviço público.	Conduzido pela autonomia da vontade privada.
Orientação	Submetidas ao controle social, o que implica garantia de transparência de suas ações e atos e na institucionalização de canais de participação social.	Fortemente orientadas para a preservação e proteção dos interesses corporativos (dirigentes e acionistas).
Relacionamento com clientes	Não pode fazer acepção de pessoas, deve tratar a todos igualmente e com qualidade.	Utilizam estratégias de segmentação de mercado, estabelecendo tratamento diferencial para clientes preferenciais.
Finalidade	Gerar valor para a sociedade e formas de garantir o desenvolvimento sustentável, sem perder de vista a obrigação de utilizar os recursos de forma eficiente.	Buscar o lucro financeiro e formas de garantir a sustentabilidade do negócio.
Fonte de financiamento	Financiada com recursos públicos, oriundos de contribuições compulsórias de cidadãos e empresas.	Financiada com recursos particulares que têm legítimos interesses capitalistas.
Destinatários de suas ações	Cidadãos e a sociedade	Clientes atuais e potenciais
Partes interessadas	Consideram não apenas os interesses dos grupos mais diretamente afetados, mas, também, o valor final agregado para a sociedade.	Consideram, principalmente, os interesses dos grupos mais diretamente afetados.
Poder de regulação	Tem o poder de regular e gerar obrigações e deveres para a sociedade. O Estado é a única organização que, de forma legítima, pode constituir, unilateralmente, obrigações em relação a terceiros.	Não possuem.
Legislação	Só pode fazer o que a lei permite. Os parâmetros de controle da administração e do administrador são fixados por lei.	Pode fazer tudo que não estiver proibido por lei.

Quadro 1: Diferenças entre a administração pública e o setor privado. Fonte: Instrumento para a avaliação da Gestão Pública (BRASIL, 2010)

Após a análise das características apresentadas no Quadro 1, percebe-se que a Gestão do Conhecimento tem uma relevância ainda maior no setor público, pois seus atos detêm um maior poder de alcance do que nas empresas privadas. Dessa forma, a Gestão do Conhecimento, no âmbito da administração pública, pode ser considerada:

um conjunto de processos sistematizados, articulados e intencionais, capazes de incrementar a habilidade dos gestores públicos em criar, coletar, organizar, transferir e compartilhar informações e conhecimentos estratégicos que podem servir para a tomada de decisões, para a gestão de políticas públicas e para inclusão do cidadão como produtor de conhecimento coletivo (BRASIL, 2004, p. 17).

A Gestão do Conhecimento, portanto, envolve o compartilhamento de informações e conhecimentos o qual, por meio de atividades colaborativas, é umas das grandes tendências da área de P&D neste século (ADAMS, 2012) e será abordado em mais detalhes a seguir.

2.4 COMPARTILHAMENTO DE CONHECIMENTO E COLABORAÇÃO EM REDE PARA INOVAÇÃO

A colaboração científica é uma característica marcante das instituições de ciência e tecnologia. Ela pode ser definida como a interação que ocorre dentro de um contexto social entre dois ou mais cientistas, facilitando o compartilhamento de significado e realização de tarefas com relação a um objetivo mutuamente compartilhado (SONNENWALD, 2007). A oportunidade de descobrir novos conhecimentos, a crescente especialização dentro da ciência, a maior complexidade dos equipamentos científicos, bem como a necessidade de combinar diferentes tipos de conhecimentos e competências para resolver problemas complexos acaba por motivar cientistas e fornecer uma base para a colaboração (KATZ; MARTIN, 1997; SONNENWALD, 2007). Ao publicar trabalhos em conjunto, os pesquisadores compartilham conhecimentos existentes para, em última instância, criar novos conhecimentos (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005). A colaboração científica também pode ajudar a ampliar o escopo de um projeto de pesquisa e a fomentar a inovação porque disponibiliza o acesso a diferentes especialidades (BEAVER, 2001).

Nos últimos anos, tem sido visto um aumento acentuado no número de colaborações entre cientistas, especialmente na área de biotecnologia (GLÄNZEL; ZHOU, 2011). De

fato, a biotecnologia pode ser caracterizada como a área em que os processos de pesquisa científica e desenvolvimento de produtos são intensamente colaborativos. Uma série de estudos sobre a indústria biotecnológica tem mostrado como as colaborações (de qualquer tipo e forma) são cruciais para a manutenção, desenvolvimento e sobrevivência da indústria como um todo. São apontadas como essenciais para a competitividade de organizações e, também, para o sucesso de cientistas que trabalham tanto na indústria quanto em universidades (POWELL et al., 1996; DEMIRKAN; DEMIRKAN, 2012; COSTA; PEDRO; MACEDO, 2013; GARCÍA-CARPINTERO et al., 2014). Uma vez que a biotecnologia é caracterizada como uma ciência em desenvolvimento², cujo conhecimento científico está apenas parcialmente codificado e disponível, essas colaborações permitem codificar e internalizar conhecimentos complementares para transformá-los em novos conhecimentos (CARDINAL; ALESSANDRI; TURNER, 2001; OLIVER, 2004). Portanto, as redes de colaboração aumentam a capacidade científica da área, não só por promoverem oportunidades de aprendizagem, mas também por permitirem uma estrutura interdisciplinar de colaboração (OLIVER, 2004).

O próprio modelo de inovação aberta, descrito inicialmente por Henry Chesbrough em 2003, tem encontrado aplicação na área biotecnológica. A inovação aberta baseia-se no reconhecimento de que as ideias e inovações mais valiosas podem ter origem interna ou externa à organização e podem ser lançadas para o mercado tanto a partir da própria empresa como por meio de parceiros externos (CHESBROUGH, 2003). O novo imperativo para as empresas inovadoras, portanto, é procurar identificar e explorar fontes de conhecimento externo como questão crucial no processo de inovação. Com relação à indústria biotecnológica e farmacêutica, o aumento da complexidade, as novas tecnologias, a disponibilidade de especialistas altamente qualificados fora das empresas farmacêuticas tradicionais e o aumento da pressão sobre o tempo e o custo da P&D avançaram o desenvolvimento da inovação aberta (SCHUHMACHER et al., 2013). Assim, novos modelos organizacionais baseados nessa perspectiva têm sido cada vez mais frequentes na área (BIANCHI et al., 2011; SCHUHMACHER et al., 2013; SEGERS, 2013).

² Cardinal e colaboradores (2001) fazem uma distinção entre as indústrias que têm seus processos de inovação baseados em ciência, separando-as de acordo com o tipo de ciência que norteia suas atividades de P&D. As organizações baseadas em ciências bem desenvolvidas, como a química, contam com o conhecimento científico já codificado ao longo do tempo, fazendo com que a natureza do aprendizado e da inovação seja caracterizada, majoritariamente, por um processo de “aprender antes de fazer”. Já as empresas baseadas em ciências em desenvolvimento, como a biotecnologia, têm o conhecimento científico parcialmente codificado e disponível e, por esse motivo, o combinam com outros recursos, como equipes multifuncionais e processos de “aprender fazendo”, para inovar.

O compartilhamento de conhecimento por meio de redes impulsiona não só a criação do conhecimento, mas também o processo de inovação na indústria biotecnológica (BAUM; CALABRESE; SILVERMAN, 2000). A base de conhecimento que sustenta a indústria da biotecnologia é extremamente complexa e de evolução rápida, fazendo com que as competências e capacidades necessárias para transformar uma descoberta científica em um produto para o mercado estejam distribuídas por diferentes organizações (POWELL, 1998). Ramesh e Tiwana (1999) identificaram algumas características particulares do desenvolvimento de novos produtos, que serão comentadas a seguir, à luz da indústria de base química e biotecnológica. São elas: produtos com ciclos de vida curtos, demanda por colaboração interfuncional e necessidade de colaboração interinstitucional.

- Produtos com ciclos de vida curtos

A indústria da saúde é um setor extremamente dinâmico, caracterizado por estratégias de alta intensidade de P&D e incorporação de novos paradigmas tecnológicos, cuja necessidade de inovar é fonte de vantagem competitiva e, mesmo, de sobrevivência. À medida que o surgimento de novas tecnologias exerce pressão permanente para a geração de inovações, os ciclos de vida dos produtos encurtam significativamente, comprimindo a janela de tempo disponível para recuperar os gastos com seu desenvolvimento. Um exemplo pode ser encontrado em um biofármaco amplamente utilizado no tratamento do Diabetes: a insulina.

No início de sua produção, a insulina era purificada a partir de extratos de pâncreas de suínos e bovinos. Ao longo dos anos, a insulina de origem animal foi sendo progressivamente mais purificada, sempre à procura de uma composição de aminoácidos semelhante à da humana. Com o advento da tecnologia do DNA recombinante, a insulina de origem animal foi totalmente abandonada: a produção da molécula passou a ser feita por meio de bactérias geneticamente modificadas para expressar o gene da insulina humana. Entretanto, apesar de apresentar absorção mais rápida e intervalo de ação mais curto que as de origem animal, as formulações de insulina convencionais não mimetizavam a secreção endógena de insulina. Os avanços biotecnológicos permitiram a criação de análogos, que são insulinas humanas modificadas na estrutura molecular, de modo a alterar seu perfil de ação, tornando-o mais lento ou mais rápido (ZINMAN, 2013). Além de inovações na síntese da insulina, as técnicas de administração do biofármaco também evoluíram com o advento de novas tecnologias. Atualmente, ao invés da infusão manual com o auxílio de uma seringa, os pacientes já podem utilizar bombas subcutâneas de infusão contínua ou

sistemas do tipo caneta, que permitem a aplicação de doses múltiplas e mais precisas (ZINMAN, 2013).

- Demanda por colaboração interfuncional

Para responder aos desafios impostos pelo mercado cada vez mais competitivo, as organizações têm aproximado pessoas de diferentes funções para acelerar os processos de desenvolvimento de novos produtos. Muitas vezes, esses processos envolvem não só a área de P&D, mas também requerem a participação de profissionais das áreas de produção (facilitar a transferência e o escalonamento do processo de produção do novo produto), controle e garantia da qualidade (desenvolver os pontos de controle de qualidade da produção), propriedade intelectual (identificar patentes já existentes relacionadas ao novo produto e/ou à sua tecnologia e verificar potenciais depósitos), tecnologia da informação (desenvolver *softwares* que acompanhem o novo produto), embalagem (definir a apresentação do novo produto) etc.;

- Necessidade de colaboração interinstitucional

Além de abranger várias áreas funcionais dentro de uma organização, o desenvolvimento de novos produtos também exige que participantes de múltiplas instituições interajam e colaborem entre si. Especialmente em áreas intensivas em tecnologia, como a área da saúde, elas dependem do relacionamento com outras para acessar, pesquisar e explorar tecnologias emergentes. Cada vez mais, as empresas públicas e privadas têm procurado a inovação fora de seus muros. Nesse contexto, as organizações são vistas como redes de colaboração e seu sucesso está intimamente relacionado à produção, síntese e distribuição de conhecimento entre os participantes dessas redes (POWELL, 1998).

Um dos exemplos dessa colaboração interinstitucional envolve Bio-Manguinhos (Rio de Janeiro, Brasil) e o Instituto Finlay (Havana, Cuba). Em 2007, as duas instituições exploraram suas *expertises*, com o intuito de desenvolver e fabricar uma vacina contra a meningite AC para combater um surto na África. O Instituto Finlay possui larga experiência na pesquisa de meningite e já havia conseguido controlar um surto ocorrido em Cuba, em meados da década de 1980, ao desenvolver uma vacina purificada contra o meningococo, que foi a primeira de seu tipo no mundo. Bio-Manguinhos também possui vasta experiência em pesquisa e fabricação de vacinas e havia desenvolvido um processo de *scale-up* eficiente usando liofilização. Colaborando e confiando em seus respectivos pontos fortes, estas duas organizações

foram capazes de fornecer, em tempo hábil, a vacina contra meningite adequada ao combate do surto africano (THORSTEINSDÓTTIR et al., 2010).

Além disso, o ambiente de rede permite que micro e pequenas empresas de base biotecnológica superem dificuldades de empreendimento oriundas de sua falta de experiência em lidar com os processos regulatórios inerentes à indústria da saúde (JUDICE; BAËTA, 2005). Schilling e Phelps (2007) demonstraram, em um estudo realizado com 1.106 empresas de 11 setores da indústria intensiva em tecnologia, que as organizações que estavam envolvidas em redes de colaboração depositavam um maior número de patentes por ano do que aquelas nas quais não havia esse tipo de participação.

No âmbito da indústria farmacêutica, Guler e Nerkar (2012) avaliaram a configuração das redes intraorganizacionais e sua influência na capacidade de inovação da organização, por meio do depósito de patentes. Os autores estudaram 30 indústrias farmacêuticas no período de 1981 a 1990 e mediram o desempenho inovador de cada uma delas usando, como indicador, o lançamento de um novo produto que tenha sido resultado do depósito de uma patente. Os resultados mostraram que as redes intraorganizacionais permitiam aos cientistas se beneficiarem da interação estreita que fornece a exequibilidade, confiança e compartilhamento de conhecimentos, melhorando sua criatividade e promovendo resultados inovadores. Isso significa que além dos benefícios individuais da colaboração, as redes internas resultaram em produtos que foram efetivamente lançados no mercado (GULER; NERKAR, 2012).

A atuação em rede também favorece o desenvolvimento de centros de competência que passam a ter uma atuação geográfica muito mais ampla e sinérgica com outros centros de excelência espalhados pela rede (TERRA, 2009). Uma pesquisa recente da OCDE mostra que a colaboração entre instituições de pesquisa é um recurso cada vez mais difundido e importante para a pesquisa científica. Os indicadores mostram que as colaborações científicas internacionais resultam em maiores impactos da pesquisa (medido pelo número de citações) e que quanto mais ampla a colaboração, maior é esse impacto (OCDE, 2011).

A pesquisa acadêmica, apesar de gerar conhecimento, não se transforma em inovação tecnológica naturalmente. Azevedo e colaboradores (2002) ressaltam que não basta construir uma base científica adequada sem promover o elo que a ligará às unidades produtivas do país. Na opinião dos autores, a formação de redes de P&D poderia suprir dois dos grandes entraves do desenvolvimento de inovações biotecnológicas no país: a ausência de capital de risco disposto a apostar em ciência e

tecnologia e o comportamento predominante dos agentes econômicos, que tendem a importar tecnologia, ao invés de gerá-la internamente (AZEVEDO et al., 2002).

Considerando esses fatores, pode-se perceber o quanto as redes de colaboração, tanto internas à organização, quanto externas, são essenciais para o processo rápido de inovação. Tanto que a noção de rede se tornou um importante componente dos complexos científico-tecnológicos e adquiriu caráter de instrumento de políticas científicas e tecnológicas. Segundo Conde e Araújo-Jorge (2003, p. 732), “uma das funções importantes dessas políticas seria fortalecer as redes relacionadas com a inovação e auxiliar sua construção nas áreas em que elas não existam”.

Adicionalmente, os novos modelos de inovação têm exigido indicadores que possam dar conta não só da multiplicidade de recursos necessários para a inovação, mas também da não linearidade do processo inovativo e da conexão dos inovadores com o ambiente externo e interno à organização (GAMAL, 2011). Gamal (2011) enfatiza que a quarta geração de indicadores de inovação deve incluir métricas para avaliar o conhecimento que permeia o processo de criação da inovação e seus meios de desenvolvimento e difusão; as redes de colaboração pelas quais a organização inova, sejam elas formais ou informais; e as condições para inovação, tanto as econômicas, quanto as de infraestrutura, sociais, culturais e de políticas públicas.

3 A CIÊNCIA DAS REDES

O termo “rede” pode ser definido como qualquer sistema que permita sua representação (abstrata ou matemática) na forma de um grafo – um conjunto de vértices conectados por arestas (BÖRNER; SANYAL; VESPIGNANI, 2007). Um exemplo de uma rede pode ser observado na Figura 4.

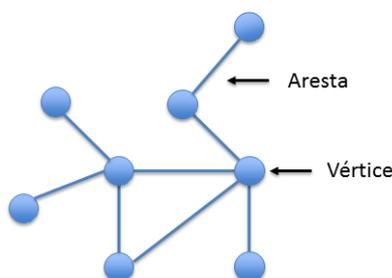


Figura 4: Representação esquemática de uma rede. Fonte: Elaboração própria

O conceito de redes permeia diversas áreas da ciência e apresenta um vocabulário particular em cada uma delas. O que é chamado de vértice na Matemática, também é conhecido como ator – ou nó – na Sociologia. O que é denominado de aresta na Matemática, também é conhecido como *link* na Ciência da Computação, laço relacional – ou ligação – na Sociologia.

Essa multiplicidade de áreas na qual o estudo das redes tem sido realizado faz com que o próprio conceito de rede tenha múltiplas definições. Algumas das mais pertinentes a este estudo estão apresentadas a seguir:

- As redes são mecanismos estratégicos para promover o intercâmbio de informações, experiências e conhecimentos, assim como contribuir para a cooperação técnica no plano nacional e internacional em diferentes áreas temáticas (ALBORNOZ; ALFARAZ, 2006).
- Redes são estruturas abertas que podem ser expandidas de maneira ilimitada, integrando novos nós desde que seja possível haver comunicação dentro da rede, ou, dito de outra forma, desde que haja compartilhamento dos mesmos códigos de comunicação, como valores ou objetivos de desempenho. “Uma estrutura social com base em redes é um sistema aberto altamente dinâmico suscetível de inovação sem ameaças ao seu equilíbrio” (CASTELLS; MAJER; GERHARDT, 2000, p. 498).

- As redes são sistemas organizacionais capazes de reunir indivíduos e instituições de uma forma democrática e participativa em torno de objetivos e/ou temáticas comuns, segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS/OMS, 2008).

A Ciência das Redes teve sua base na teoria dos grafos, iniciada pelo matemático Leonhard Euler em meados dos anos 1730. Ao propor uma demonstração matemática para solucionar o problema das sete pontes de Königsberg, Euler publicou o primeiro artigo que trata dessa teoria na história. Considerando o desenho das pontes como um grafo, Euler demonstrou que era impossível encontrar um caminho para cruzar as sete pontes da cidade sem jamais passar pela mesma ponte duas vezes (Figura 5) (EULER, 1736 apud BARABÁSI, 2009).

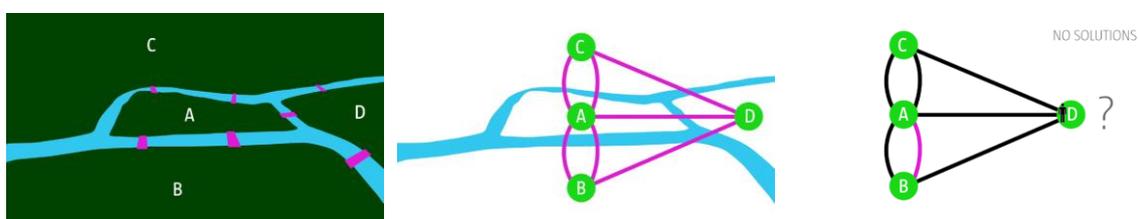


Figura 5: Esquema representativo das pontes de Königsberg. Fonte: BARABÁSI, 2012

A teoria dos grafos desenvolveu-se bastante após Euler, mas, até meados do século XX, seu objetivo era descobrir e catalogar as propriedades dos vários grafos. Dois séculos depois da obra de Euler, a atenção dos matemáticos deslocou-se do estudo da propriedade dos grafos para a formulação de uma importante questão: como se formam os grafos? A partir dos estudos dos matemáticos húngaros Paul Erdős e Alfréd Rényi surgiu a teoria randômica dos grafos, que entendia sua formação como um processo fundamentalmente aleatório, propondo que as ligações entre os vértices desses grafos fossem, também, aleatórias (BARABÁSI, 2009).

Com o passar dos anos, a visão aleatória da formação dos grafos tornou-se aparentemente distante das redes “reais” estudadas por pesquisadores. Um experimento realizado por Stanley Milgram, na década de 1960, sugeriu que qualquer pessoa do mundo pode ser ligada a uma outra fazendo, no máximo, seis conexões pelo caminho. Milgram pediu que as pessoas da área de Boston enviassem uma carta para uma determinada pessoa, que não conheciam. Elas deviam encaminhar a carta para alguém que conhecessem pessoalmente e que acreditavam que tinha maior probabilidade de conhecer a pessoa-alvo (MILGRAM, 1967). Descobriu-se que um número médio de intermediários foi perto de 6 “graus de separação”. A principal contribuição de Milgram foi chamar a atenção para o quanto se está conectado e o

fenômeno revelado pela pesquisa passou a ser conhecido pelo conceito de “mundo pequeno”³.

Adicionalmente, ao executar um estudo sobre a natureza das redes de relações entre pessoas que procuram emprego, Mark Granovetter demonstrou que a maioria das pessoas que consegue um emprego, o faz por meio de seus “laços fracos” (*weak ties*). Foram as pessoas com quem esses indivíduos interagiram raramente em seu dia a dia, e não os “laços fortes” ou pessoas que elas conheciam bem, que passaram novas informações sobre o trabalho de outros grupos. Esses “laços fracos” constituem uma ponte com o mundo exterior, pois, ao frequentarem locais diferentes, essas pessoas obtêm informações de fontes diferentes daquelas de seus amigos mais próximos (GRANOVETTER, 1973)⁴.

Posteriormente, em 1998, Duncan Watts e Steve Strogatz sugeriram que a densidade de conexões de alguns nós de muitas redes reais é tipicamente maior do que num grafo aleatório com o mesmo número de nós e ligações. Os autores avaliaram três redes distintas (a rede de colaboração entre atores de Hollywood, a rede elétrica do Oeste americano e a rede neural do verme *Caenorhabditis elegans*) e observaram que em todas elas existe um alto grau de “clusterização” ou agrupamento. Além disso, os autores constataram que poucas conexões extras são suficientes para reduzir drasticamente a separação média entre os nós. Essa tendência ao agrupamento dos nós tornou-se um forte indicativo de que as redes reais possuíam propriedades que iam além dos grafos aleatórios (WATTS; STROGATZ, 1998).

Naquele mesmo ano, Barabási e Albert iniciaram uma série de estudos que culminariam com a constatação de que existem dois aspectos genéricos das redes reais que não estão incorporadas nos modelos anteriores de Erdős-Rényi e Watts-Strogatz. O primeiro deles é o próprio crescimento das redes e do número de nós; o segundo, a probabilidade de que um novo nó se conecte a outro existente na rede, que não é aleatória e exibe a propriedade de ligação preferencial (BARABÁSI, 2009). Isso significa que as redes reais não são estáticas, o número de nós e ligações aumentam com o tempo. Já a ligação preferencial indica que quando um novo nó é adicionado à rede, a probabilidade de que este se conecte a um segundo nó já

³ Essa hipótese foi revisitada em um estudo feito em 2011 com dados do Facebook, que mostrou que o nosso mundo se torna ainda menor à medida que as pessoas ficam mais conectadas: hoje estamos a apenas 4 graus de separação (BACKSTROM et al., 2012).

⁴ Mark Newman (2001) corroborou essa hipótese ao demonstrar que a atividade cotidiana da ciência também se processa por meio de grupos de cientistas densamente conectados, ligados por ocasionais “laços fracos”.

existente é proporcional ao número de ligações que o segundo nó possui. Para Barabási:

Nas redes reais, a conexão nunca é aleatória. Pelo contrário, a popularidade é atrativa. As páginas da Web com mais conexões têm maior probabilidade de ser conectadas de novo, atores altamente conectados são mais frequentemente cogitados para novos papéis, trabalhos altamente citados têm maior probabilidade de ser citados novamente, conectores fazem mais novos amigos. A evolução das redes é governada pela lei sutil, embora inexorável, da conexão preferencial (BARABÁSI, 2009, p. 78).

O modelo livre de escala proposto pelos autores incorpora, assim, esses dois aspectos, o crescimento e as ligações preferenciais, que caracterizam o tipo de redes a que, na literatura científica, se convencionou chamar de redes complexas.

Assim, ao longo da primeira década do século 21, houve uma explosão científica sobre a Ciência das Redes, fundamentalmente embasada na descoberta de que, apesar das diferenças aparentes, o surgimento e a evolução das diferentes redes é impulsionado por um conjunto comum de leis e mecanismos. Por esse motivo, apesar da incrível diversidade de forma, dimensão e natureza que caracterizam as redes reais, a maioria daquelas observadas na natureza, na sociedade e na tecnologia são movidas por princípios de organização comuns. É essa característica que dá à Ciência das Redes uma perspectiva multidisciplinar, que oferece novas ferramentas para uma ampla gama de áreas da pesquisa científica, que vão desde as redes sociais ao desenvolvimento de novas drogas, por exemplo.

3.1 A ANÁLISE DE REDES SOCIAIS (ARS)

As redes sociais podem ser definidas como um conjunto finito de atores, que podem ser pessoas, organizações, entidades políticas (estados ou nações), e/ou outras unidades, e das relações existentes entre eles. É a presença dessa informação relacional que caracteriza uma rede social, sendo um recurso crítico e um pré-requisito para sua definição (WASSERMAN; FAUST, 1994; VALENTE, 2010).

A análise de redes sociais (ARS) é uma perspectiva teórica e um conjunto de técnicas utilizadas para entender e mensurar quantitativamente essas relações (VALENTE, 2010). Ao quantificar tais estruturas sociais, é possível identificar os atores mais importantes, a formação de grupos dentro de determinada rede etc. Sua principal

característica é a ênfase não nos atributos (características) dos atores, mas nas ligações entre eles; ou seja, a unidade de observação é composta pelo conjunto de atores e suas conexões (WASSERMAN; FAUST, 1994).

A ARS é uma abordagem oriunda de três campos teóricos: a Sociologia, a Antropologia e a Psicologia. Autores que abordam a história e origem da ARS dão destaque, principalmente, à Jacob Moreno, por seu papel pioneiro em correlacionar explicitamente os mecanismos psicológicos de uma pessoa às propriedades de sua rede social (WASSERMAN; FAUST, 1994; SCOTT, 2001; BORGATTI et al., 2009). Suas ideias surgiram quando, no outono de 1932, houve uma epidemia de fugitivas na Escola Hudson para meninas no estado de Nova York. Em um período de apenas duas semanas, 14 meninas tinham fugido, uma taxa 30 vezes maior do que a normal. Moreno sugeriu que a razão para a onda de fugitivas tinha menos a ver com fatores individuais referentes às personalidades e motivações das meninas e mais a ver com as posições das fugitivas em uma rede social subjacente. Moreno e sua colaboradora, Helen Jennings, mapearam a rede social em Hudson usando "sociometria", uma técnica para induzir e representar graficamente os sentimentos subjetivos das pessoas para com as outras (Figura 6). Ao desenhar atores como pontos e as relações entre eles como linhas, Moreno apropriou-se das metáforas existentes sobre redes e, usando seus conhecimentos sobre psicologia e psiquiatria, desenvolveu uma ferramenta analítica prática e útil (BORGATTI et al., 2009).

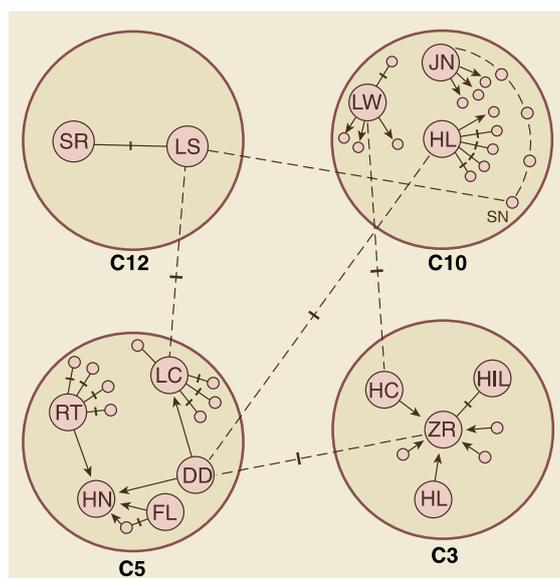


Figura 6: Rede de meninas fugitivas desenhada por Moreno na década de 1930. Os quatro círculos maiores (C12, C10, C5, C3) representam as casas em que as meninas viviam. Cada um dos círculos dentro das casas representa uma menina. As 14 fugitivas são identificadas por suas iniciais (por exemplo, SR). Todas as linhas cortadas por uma barra entre um par de indivíduos representam sentimentos de amizade mútua. As linhas que têm uma cabeça de seta representam sentimentos de amizade unidirecionais. Fonte: Borgatti et al., 2009

Scott (2001) enfatiza que outros dois grupos também foram importantes no processo de desenvolvimento da ARS. Um deles foi o de antropólogos de Manchester (John Barnes, Elizabeth Bott e Clyde Mitchell), que conduziram uma série de estudos sobre a estrutura das redes de comunidades existentes em pequenos povoados africanos. O outro, o de sociólogos de Harvard (liderados por Harrison White), que exploraram padrões de relacionamentos interpessoais e desenvolveram uma abordagem estrutural acerca dessas redes, desvendando subgrupos existentes dentro delas.

Mesmo considerando o interesse das ciências sociais pelo tema, as aplicações da ARS não estão restritas a essa área do conhecimento. O desenvolvimento de abordagens matemáticas e estatísticas de apoio facilitou a criação de uma linguagem comum que aproxima pesquisadores de várias áreas, com métodos de coleta e análise de dados que podem ser utilizados em diferentes disciplinas (WASSERMAN, FAUST, 1994; SCOTT, 2001). Atualmente, os conceitos e técnicas da ARS têm encontrado aplicação nas áreas da saúde (HARRIS et al., 2008; VALENTE, 2010), história (BEARMAN; MOODY; FARIS, 2002), ciência da informação (OTTE; ROUSSEAU, 2002; MATHEUS; SILVA, 2006), biologia (LUSSEAU, 2003), medicina (GOH et al., 2007; BARABÁSI; GULBAHCE; LOSCALZO, 2011), economia (HIDALGO et al., 2007) e, também, em estudos organizacionais (CROSS; PARKER, 2004; BATALLAS; YASSINE, 2006).

3.1.1 Conceitos importantes utilizados na ARS

A ARS concentra-se em padrões de relações entre os atores e analisa a disponibilidade e a troca de recursos entre eles (WASSERMAN, FAUST, 1994; SCOTT, 2001). Esses recursos podem ser tangíveis, como bens, serviços ou dinheiro, ou intangíveis, como informação e conhecimento (HAYTHORNTHWAITE, 1996). A fim de compreender melhor a ARS, é importante definir alguns conceitos que serão determinantes para as análises executadas neste estudo. São eles:

Nós ou atores

São as entidades sociais que compartilham relações na rede. A escolha das unidades de análise (ou seja, dos nós) depende do contexto em que está inserido um determinado conjunto de dados. Os nós podem ser unidades individuais, corporativas e, até mesmo, coletivas. Exemplos de nós são pessoas em um grupo, departamentos em uma empresa, agências governamentais em um país ou países inteiros (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Ligações ou relações

São os laços sociais que conectam os nós. A definição característica de uma ligação é que ela estabelece uma conexão entre um par de nós. Alguns dos exemplos mais comuns de ligações são a associação ou afiliação (comparecer a um evento, trabalhar em um mesmo departamento), relações formais (relação de autoridade, hierarquia), relações biológicas (descendência, irmandade), avaliação pessoal (relações de amizade, conselhos ou respeito) (WASSERMAN; FAUST, 1994). As ligações entre os nós são representadas por meio de linhas que podem ser unidirecionais (com setas nas extremidades para indicar a direção das relações), como quando uma pessoa dá conselhos a outra, ou recíprocas, como quando duas pessoas trabalham na mesma empresa. A força ou intensidade das ligações pode ser representada pela espessura dessas linhas (BORGATTI; FOSTER, 2003). Um conjunto de ligações de um determinado tipo constitui uma relação social binária, e cada relação define um tipo de rede diferente. Na perspectiva da ARS, as relações não são propriedades dos nós, mas de sistemas de nós. São essas relações que conectam os pares de nós em grandes sistemas relacionais na forma de redes (SCOTT, 2001).

Rede

Conjunto de nós entre os quais existem vínculos (ou relações). Podem haver muitos ou poucos nós em uma rede, assim como um ou mais tipos de relações entre eles (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Componente

Grupo de nós que estão conectados uns aos outros, mas não estão conectados a outros nós na rede (VALENTE, 2010). Um componente em uma rede é um subgrafo no qual existem conexões entre todos os pares de nós presentes no subgrafo (todos os nós dentro do componente são acessíveis), mas não há qualquer ligação desses nós com outros, que estão fora do componente. Se há apenas um componente em uma rede, a rede é dita conectada. Se há mais de um componente na rede, ela é desconectada (WASSERMAN; FAUST, 1994).

3.1.2 Medidas quantitativas utilizadas na ARS

As medidas quantitativas utilizadas na ARS podem refletir as propriedades da rede como um todo ou de seus nós individualmente. Aquelas relativas à rede fornecem informações sobre suas propriedades estruturais, enquanto as individuais refletem as

características sobre cada nó presente na rede, de acordo com a relações que eles mantêm.

Antes de serem abordadas as principais métricas utilizadas na ARS, é importante ter em mente algumas noções básicas, considerando a rede ilustrada na Figura 7, que possui cinco nós e cinco ligações.

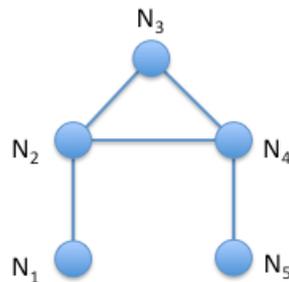


Figura 7: Rede representativa com cinco nós e cinco ligações. Fonte: Elaboração própria

Quando dois nós estão diretamente conectados por uma ligação, eles são adjacentes. O número de outros nós aos quais um determinado nó está adjacente é chamado de **grau** daquele nó. Na ilustração da Figura 7, o nó N_1 tem grau 1 e o N_2 tem grau 3. Dado um par não ordenado de nós, (N_i, N_j) , cada um só tem acesso ao outro se, e somente se, existe um caminho - uma sequência de uma ou mais ligações - que começa em N_i , e que talvez passe por nós intermediários, e termina em N_j .

Associado a cada caminho está uma distância igual ao número de ligações que existem naquele caminho. A Figura 7 mostra exatamente dois caminhos a partir do nó N_1 até o nó N_5 ; um passando pelos nós N_2, N_3 , e N_4 , e outro através dos nós N_2 e N_4 . Uma vez que o primeiro caminho tem uma distância de 4 e o segundo, uma distância de 3, o segundo caminho é considerado o mais curto. Os nós que estão incluídos no único caminho mais curto ou em todos os caminhos mais curtos que conectam outros dois nós são considerados **intermediadores**.

A partir dessas noções, será feita uma exposição das principais métricas utilizadas para caracterizar as redes como um todo e, também, seus nós individualmente.

Número de nós

O número de nós de uma rede reflete o número de indivíduos ou instituições, dependendo da unidade de análise, envolvidos na rede. Esta medida representa o tamanho da rede como um todo.

Número de ligações

É o número de conexões entre os nós, estabelecido de acordo com o atributo relacional que os une. Um nó pode estar ligado a outro porque ambos colaboraram em um artigo científico juntos, participaram da banca da mesma tese, trabalham na mesma área etc.

Centralidade

Em relação às métricas individuais dos nós da rede, pode-se dizer que os nós importantes são aqueles que estão mais frequentemente envolvidos em relações com outros nós. Estes envolvimento os tornam mais visíveis e possuidores da maioria do acesso ou controle na rede, sendo considerados mais centrais. É neste sentido que as medidas de centralidade tentam descrever as propriedades da localização de um ator em uma determinada rede. Estas medidas levam em consideração as diferentes maneiras que um nó interage e se comunica com o restante da rede, sendo mais importantes, ou centrais, aqueles localizados em posições mais estratégicas.

A noção de centralidade em redes sociais foi introduzida por Bavelas, em 1948 (BAVELAS, 1948 apud FREEMAN, 1979) quando ele afirma que, num grupo de pessoas, um indivíduo que se encontra estrategicamente localizado num caminho mais curto de comunicação entre pares de indivíduos está numa posição mais central da rede. Ele será responsável por transmitir, modificar ou reter a informação entre membros do grupo e será tão mais influente quanto mais central estiver posicionado na rede.

Ao longo de décadas, pesquisadores da área têm introduzido um grande número de medidas de centralidade com o objetivo de medir a variação da importância dos nós de acordo com critérios preestabelecidos. Essas diferentes medidas e algoritmos foram resumidas, expandidas e desenvolvidas em um artigo escrito por Freeman (1979). O autor introduz a tipologia moderna das medidas de redes ao explicitar três definições de centralidade: a **centralidade de grau** (*degree centrality*), a **centralidade de proximidade** (*closeness centrality*) e a **centralidade de intermediação** (*betweenness centrality*). O grau é uma medida da influência, acesso ou controle direto que um nó tem em relação a seus contatos. A proximidade está relacionada com o tempo que uma informação leva para ser compartilhada por todos os nós na rede. A intermediação de um nó pode ser considerada o controle da comunicação entre todos os demais pares de nós da rede. Neste estudo, apenas a centralidade de grau e a centralidade de intermediação serão abordadas.

A centralidade de grau de um nó é uma função de seu grau. O grau de um nó, N_i , é simplesmente a contagem do número de outros nós, N_j ($i \neq j$), que são adjacentes a ele e com o quais ele tem contato direto. Na Figura 7, o nó N_4 é adjacente a outros três nós; e o seu grau é três. Em uma rede composta por cinco nós, cada nó só pode ser adjacente aos outros quatro nós restantes; então, a centralidade de grau máxima de qualquer nó da rede é quatro.

Ao tomarmos como exemplo uma rede de comunicação entre pessoas, um indivíduo com alta centralidade de grau, que está em uma posição que permite o contato direto com muitos outros, pode ser visto como um grande canal de informações. Em certo sentido, ele é um ponto focal de comunicação, pelo menos em relação aos outros com os quais ele está em contato, e é provável que ele esteja no núcleo do fluxo de informações na rede. No extremo oposto está o nó que possui baixa centralidade de grau, normalmente visto como periférico à rede. Sua posição o isola do envolvimento direto com a maioria dos nós da rede e o exclui da participação ativa no processo de comunicação que flui naquela rede (FREEMAN, 1979).

A centralidade de intermediação baseia-se na frequência com que um nó está situado no caminho mais curto entre outros pares de nós, conectando-os (FREEMAN, 1979). O cálculo da centralidade de intermediação de um nó leva em consideração não só as conexões diretas do próprio nó, mas a rede inteira. O número de caminhos mais curtos entre todos os nós da rede é calculado e verifica-se quanto desses caminhos passam pelo nó de interesse. Voltando à rede mostrada na Figura 7, nela existem 10 caminhos mais curtos possíveis que conectam todos os pares de nós. São eles: $N_1 \rightarrow N_2$ | $N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_3$ | $N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_4$ | $N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_4 \rightarrow N_5$ | $N_2 \rightarrow N_3$ | $N_2 \rightarrow N_4$ | $N_2 \rightarrow N_4 \rightarrow N_5$ | $N_3 \rightarrow N_4$ | $N_3 \rightarrow N_4 \rightarrow N_5$ | $N_4 \rightarrow N_5$. Do total de 10 caminhos, os nós N_2 e N_4 atuam como intermediadores em três caminhos cada um. Assim, N_2 e N_4 estão situados em três dos dez caminhos mais curtos que conectam os outros nós desta rede e possuem centralidade de intermediação igual a três. Os demais nós da rede não estão situados entre nenhum outro par de nós e, portanto, tem centralidade de intermediação igual a zero.

Nós que estão no caminho mais curto entre outros nós com muita frequência são considerados altamente centrais, porque eles controlam o fluxo de informações na rede, conectando diversos grupos. Voltando ao exemplo das redes de comunicação, um indivíduo que está situado nos fluxos de informação entre outros indivíduos apresenta um potencial para o controle de sua comunicação. É este potencial de controle que define a importância desse indivíduo na rede (FREEMAN, 1979).

Deve ser dada uma atenção especial aos indivíduos com alta centralidade de intermediação. Estes indivíduos são comumente chamados de "pontes" (*bridges*), "intermediadores" (*brokers*), "interfaceadores" (*boundary spanners*) ou "guardiões tecnológicos" (*technological gatekeepers*) (ALLEN, 1970; BURT, 1992). Os interfaceadores podem facilitar tanto o acesso a novas informações ou recursos como a transferência de conhecimento, além de coordenar esforços em toda a rede (LONG; CUNNINGHAM; BRAITHWAITE, 2013). São considerados atores-chave, uma vez que sua perda em uma rede afetaria muito sua função e viabilidade (BORGATTI, 2006).

O conceito de centralidade pôde ser, então, formalizado e aplicado a qualquer rede. A partir do resultado de determinada medida de centralidade de cada nó da rede, é possível ordená-los em função de sua importância relativa, a qual está associada ao significado de cada medida, ou seja, como cada uma delas considera um nó mais relevante que outros.

Ressalta-se que, para permitir a comparação de medidas de centralidade em redes diferentes, essas medidas devem ser normalizadas (valor entre 0 e 1) de acordo com o tamanho da rede. Isso é feito dividindo-se o valor da centralidade do nó pelo valor máximo que ele pode ter na rede. Para a centralidade de grau, divide-se pelo número de nós na rede menos 1 (o próprio nó) e para a centralidade de intermediação deve-se dividir pelo número de pares de nós na rede que não incluem o próprio nó.

Centralização

As medidas de centralidade também podem ser utilizadas para descrever a rede como um todo, ou o quão centralizada ela é. A **centralização** é uma medida do quanto as ligações entre os nós de uma determinada rede estão concentradas em um ou poucos nós dessa rede. Uma rede centralizada, muitas vezes denominada de rede hierarquizada, concentra suas ligações em uma ou poucas pessoas, enquanto uma rede descentralizada possui ligações igualmente distribuídas entre seus nós (VALENTE, 2010).

A centralização é calculada dividindo-se a soma das diferenças de centralidade entre o nó mais central de uma rede e todos os outros nós pela maior soma possível das diferenças em uma rede do mesmo tamanho (SCOTT, 2001). A medida varia entre 0 e 1 e pode ser calculada para cada uma das medidas de centralidade mencionadas anteriormente (grau, proximidade e intermediação). A representação de uma rede altamente centralizada pode ser encontrada na Figura 8. No âmbito deste estudo, a

medida de centralização será baseada na centralidade de grau, especialmente por ela refletir os padrões de dominância local dos nós.

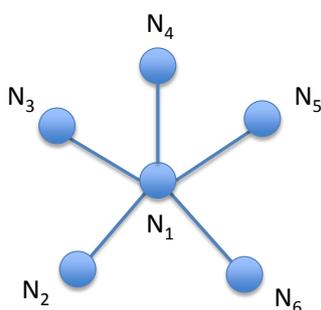


Figura 8: Representação esquemática de uma rede altamente centralizada. Nesta rede, apenas o nó N₁ apresenta centralidade de grau 5, enquanto os outros nós possuem centralidade de grau 1. A centralização desta rede é igual a 1. Fonte: Elaboração própria

Densidade

Esta métrica tem por objetivo medir a conectividade dentro da rede e é baseada no número de ligações totais possíveis dentro dela. A **densidade** é definida como o percentual entre o número de ligações existentes (reais) entre os nós em relação ao máximo número de ligações possíveis, em uma dada rede (WASSERMAN; FAUST, 1994). Deste modo, redes definidas como densas são aquelas em que há grande quantidade de conexões e redes esparsas são aquelas que possuem pequenas quantidades de ligações. A densidade de uma rede é expressa por um valor entre 0 e 1. Quanto maior a densidade, maior a coesão entre o grupo.

As medidas de densidade e centralização são complementares: enquanto a densidade descreve o nível geral de coesão em uma rede, a centralização descreve o quanto esta coesão está organizada em torno de alguns nós focais em particular (SCOTT, 2001).

Detecção de comunidades

A **estrutura de comunidades** é a divisão de uma rede em grupos ou módulos cujas conexões internas são densas e as externas são mais esparsas (NEWMAN; GIRVAN, 2004). A ideia principal da detecção de comunidades é identificar sub-redes mais densas inseridas em uma rede maior (Figura 9).

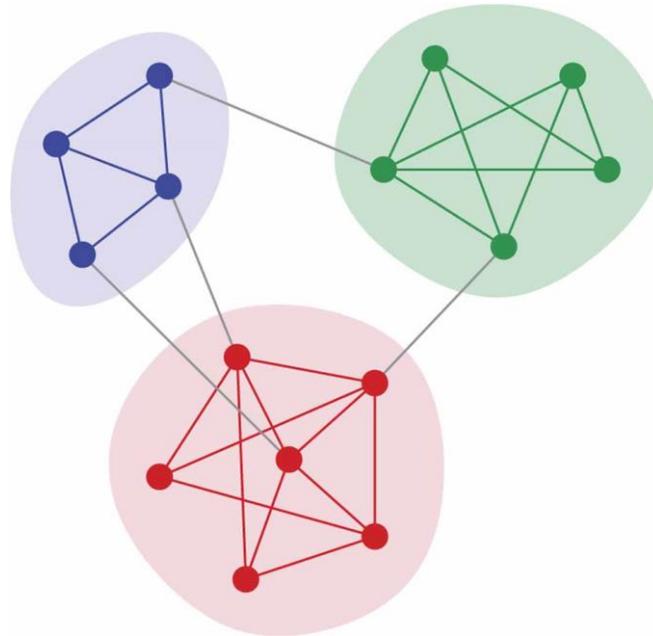


Figura 9: Exemplo de rede demonstrando uma estrutura de comunidades. Os nós da rede estão divididos em três grupos, com a maioria de suas ligações ocorrendo dentro dos grupos e apenas algumas entre os grupos. Fonte: Newman (2012)

A detecção de comunidades é uma área particularmente ativa da ciência das redes. Vários tipos de algoritmos para sua identificação foram desenvolvidos com o uso de ferramentas e técnicas de disciplinas como a física, biologia, matemática aplicada, ciência da computação e ciências sociais (FORTUNATO, 2010). Cada algoritmo é baseado na definição do que é uma comunidade e, por esse motivo, não há um consenso sobre qual o melhor a ser utilizado.

Neste estudo, utilizou-se o algoritmo desenvolvido por Blondel et al.(2008), que se baseia em uma otimização da medida de modularidade. O conceito de **modularidade** apoia-se na noção de que um determinado subconjunto de nós pode ser considerado uma comunidade se o número de conexões internas entre eles for maior que o número de conexões esperadas entre esses nós em uma rede randômica (NEWMAN, 2012). Assim, se confirmada essa suposição, entende-se que há uma estrutura organizada, que pode ser considerada uma comunidade. A modularidade é expressa por um valor entre -1 e 1 e valores positivos maiores indicam boas divisões em comunidades. O método de Blondel e colaboradores tem sido amplamente utilizado em virtude de sua eficiência computacional e da alta qualidade de seus resultados, inclusive em estudos com redes de coautoria (EVANS; LAMBIOTTE; PANZARASA, 2011; LUŽAR et al., 2014) e também em estudos comparativos entre outros algoritmos de detecção de comunidades (LANCICHINETTI; FORTUNATO, 2009).

É importante mencionar que o algoritmo identifica as comunidades mesmo que estas estejam inseridas em um mesmo componente, como o componente gigante, por exemplo. A presença de uma estrutura de comunidades inserida em um único componente indica que mesmo que os indivíduos façam parte de uma mesma estrutura de rede, totalmente conectada, alguns deles se relacionam mais entre si do que com os outros indivíduos pertencentes ao mesmo componente.

3.2 REDES DE COAUTORIA E REDES DE COINVENÇÃO

As redes de coautoria são um poderoso instrumento para a análise de colaborações e parcerias científicas e tecnológicas, proporcionando uma visão dos padrões de cooperação entre indivíduos e organizações (MELIN; PERSSON, 1996; GLANZEL; SCHUBERT, 2004; NEWMAN, 2004). A coautoria de um documento representa uma relação oficial do envolvimento de dois ou mais autores ou instituições (GLANZEL; SCHUBERT, 2004) e, apesar do debate sobre o seu significado e interpretação (KATZ; MARTIN, 1997; LAUDEL, 2002), a análise de coautoria ainda é amplamente utilizada para entender e avaliar os padrões de colaboração científica.

Melin e Persson (1996) argumentam que existem vários tipos de incertezas envolvidas na análise de dados de coautoria. Um deles é que a colaboração não conduz necessariamente a trabalhos em coautoria. Ela pode levar a outros resultados, tais como patentes, um maior contato pessoal, ou simplesmente nada. Assim, Laudel (2002) mostra que cerca de metade da prática de pesquisa colaborativa fica escondida no indicador bibliométrico clássico, que é atualmente aplicado para medir a colaboração na pesquisa. Portanto, os dados de coautoria em publicações científicas devem ser utilizados em conjunto com outros, a fim de entender melhor o padrão de cooperação.

As redes de coinvenção de patentes têm sido utilizadas para analisar a relação entre inventores acadêmicos e não acadêmicos (BALCONI; BRESCHI; LISSONI, 2004) e também para avaliar a estrutura de colaboração para P&D dentro de empresas que operavam na indústria farmacêutica e seus resultados inovadores (GULER; NERKAR, 2012). Dados de patentes são uma rica fonte de informações sobre a atividade de produção de conhecimento e inovação de uma organização. Embora possa ser facilmente argumentado que as patentes não capturam todo o espectro da atividade de inovação, os dados de patentes funcionam como um indicador intermediário da

atividade de inovação e fornecem informações sobre as capacidades inovadoras das organizações (OCDE, 2005).

Em redes de coautoria de publicações científicas e de coinvenção de patentes, a colaboração é caracterizada de tal maneira que os nós representam os autores/inventores ou instituições, e dois ou mais autores/inventores estão conectados se eles compartilham a autoria de uma publicação ou a invenção em uma patente (NEWMAN, 2004). Em uma perspectiva organizacional, a cooperação interinstitucional pode ser definida em termos da autoria compartilhada por indivíduos afiliados a instituições diferentes (NAGPAUL, 2002). Em redes de coinvenção de patentes, os indivíduos estão conectados quando trabalharam juntos em uma patente e redes interorganizacionais são baseadas na afiliação desses inventores.

Ambas as redes revelam características importantes de uma organização: enquanto a publicação de um artigo científico pode ser vista como um processo dirigido para a compreensão de determinados fenômenos, o depósito de uma patente pode ser visto como uma atividade que tem o objetivo de criar produtos. Como a indústria de biotecnologia baseia-se fortemente na ciência pública para desenvolver inovações (MCMILLAN; NARIN; DEEDS, 2000), o estudo de redes de coautoria de publicações e de coinvenção de patentes é uma importante forma de mapear o caminho científico-tecnológico que uma organização vem trilhando.

3.2.1 Panorama brasileiro de estudos de coautoria e coinvenção na área da saúde

Estudos anteriores já haviam investigado redes de coautoria em diferentes contextos em países em desenvolvimento, como a Turquia (GOSSART; ÖZMAN, 2009), Irã (YOUSEFI-NOORAIE et al., 2008), Índia (NAGPAUL, 2002; KSHITIJ; GHOSH; GUPTA, 2015) e Paquistão (BADAR; HITE; BADIR, 2013). No Brasil, esse esforço é relativamente recente e, geralmente, utiliza áreas específicas de pesquisa ou doenças que são relevantes para os programas governamentais ou para saúde pública (MOREL et al., 2009; MOURA; CAREGNATO, 2011; SANTOS, 2012; VASCONCELLOS; MOREL, 2012; COSTA et al., 2013).

Uma das primeiras iniciativas nacionais que utilizou a análise de redes de coautoria para fornecer informações científicas relevantes para o planejamento estratégico de organizações que visam à erradicação de doenças foi o estudo de Morel e colaboradores (2009). Os autores analisaram as redes de coautoria de pesquisadores brasileiros para avaliar a colaboração científica na pesquisa em seis doenças tropicais

negligenciadas (dengue, doença de Chagas, leishmaniose, hanseníase, malária e tuberculose), alvos de um Programa lançado pelo governo brasileiro para financiar a pesquisa, desenvolvimento e capacitação na área. Por meio da ARS, os autores foram capazes de identificar as instituições-chave que poderiam atuar como pontes entre a comunidade de pesquisa, as comunidades de pesquisa mais ativas e sua localização, a abordagem dada às doenças que têm causado sérios problemas para a saúde pública e outras informações importantes para a gestão do Programa (MOREL et al., 2009).

Moura e Caregnato (2011) avaliaram redes de coautoria em artigos e coinvenção em patentes de pesquisadores brasileiros que possuíam tanto pedidos de patentes como artigos publicados na área de Biotecnologia. Assumindo a premissa de que, embora apresentem diferenças significativas, artigos e patentes são expressões da pesquisa, o objetivo do trabalho foi verificar a relação entre a produção científica e a produção tecnológica desses pesquisadores. Como resultados, as autoras não só observaram um percentual de 70,7% de interação entre a produção científica e tecnológica, mostrando que o depósito de patentes e a publicação de artigos não são atividades excludentes, mas também que os autores que mais estão envolvidos em patentes são os que mais publicam artigos (MOURA; CAREGNATO, 2011).

O estudo de Vasconcellos e Morel (2012) analisou as redes de publicações e patentes na área da tuberculose no Brasil. Entre outros resultados, o trabalho identifica o papel ativo das universidades em iniciativas inovadoras no campo da tuberculose no Brasil, mas uma fraca participação da indústria nos depósitos de patentes. Outra conclusão é a falta de cooperação entre universidades e empresas, o que demonstra a falta de comunicação entre a academia e a indústria na área. Os autores ressaltam a importância das análises conjuntas entre publicações e patentes em países como o Brasil, que consolidaram a sua base científica e, no momento, contam com os mesmos atores para conduzir o avanço do conhecimento científico e os desafios da inovação tecnológica (VASCONCELLOS; MOREL, 2012).

A tese de doutorado de Santos (2012) abordou as redes de coautoria (com foco em pesquisadores brasileiros) e de coinvenção (com foco em patentes depositadas no Brasil) relacionadas a vacinas contra o papilomavírus humano (HPV) e a dengue. A autora encontra uma grande diferença quando as redes de publicações e patentes são comparadas, pois há uma rede de coautoria muito densa e interligada e uma rede de coinvenção escassa, com poucas conexões e vários componentes. Também verifica uma baixa inserção dos pesquisadores brasileiros nas redes globais de pesquisa e

desenvolvimento relativas a estes temas e sugere o aumento dos esforços de coordenação para promover a aprendizagem tecnológica desses atores (SANTOS, 2012).

O trabalho de Costa et al. (2013) investigou a colaboração científica em biotecnologia na Região Nordeste do Brasil. Nos últimos anos, a pesquisa científica e tecnológica em biotecnologia foi colocada como um dos pilares para conduzir os indicadores de ciência, tecnologia e inovação da região, como forma de descentralizar a produção de conhecimento no país (BRASIL, 2010). O estudo mostrou que a colaboração nesta área ocorre, principalmente, no nível intrainstitucional e que a dinâmica da cooperação na região apresenta baixa diversidade institucional e uma representação mínima de empresas na produção científica. Os autores sugerem que a colaboração científica entre as instituições deve ser reforçada, a fim de melhorar o fluxo intrarregional, inter-regional e internacional de informação (COSTA et al., 2013)

Em resumo, estes estudos fornecem informações relevantes sobre a capacidade de investigação e desenvolvimento tecnológico do Brasil, mas nenhuma delas analisa especificamente as instituições de ciência e tecnologia em saúde que estão ativamente engajadas no desenvolvimento tecnológico e no fornecimento de produtos e serviços para a população.

4 INDICADORES

Uma análise histórica do surgimento dos indicadores de C&T demonstra que foi a OCDE que, pela primeira vez, concebeu e desenvolveu os primeiros indicadores sobre C&T (GODIN, 2003). Esse esforço foi fruto de um estudo sobre as lacunas tecnológicas entre Estados Unidos e Europa, realizado na década de 1960, dando início às primeiras análises de C&T baseadas em indicadores (GODIN, 2003). A *National Science Foundation* (NSF), agência federal americana criada em 1950, também teve papel importante no desenvolvimento e melhoria do método utilizado na elaboração desses indicadores. A publicação intitulada *Science Indicators* (1973), primeira iniciativa para desenvolver indicadores do estado da ciência nos Estados Unidos, teve grande impacto mundial e foi amplamente aclamada e discutida, servindo como modelo para vários países e organizações (GODIN, 2003). Em 1984, a OCDE iniciou uma série intitulada *Science and Technology Indicators*, que, em 1988, foi substituída pela publicação *Main Science and Technology Indicators*. A Eurostat seguiu o mesmo caminho em 1994, com o *European Report on Science and Technology Indicators*. A França também começou sua própria série *Science et Technologie: Indicateurs* em 1992, e os países latino-americanos lançaram, em 1996, o documento *Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología* (GODIN, 2003).

Em geral, a definição de indicador varia pouco entre diferentes autores. Geisler (2000, p. 75) define indicador como “uma medida que se destina a descrever ou representar um determinado evento ou fenômeno”. O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) define indicador como uma "especificação quantitativa e qualitativa para medir o atingimento de um objetivo" (BID, 1997, p. 6). A NSF (2014) utiliza o conceito de “representações quantitativas que possam ser razoavelmente utilizadas para fornecer informações resumidas sobre o escopo, a qualidade e a vitalidade da ciência”. Martínez e Albornoz (1998) abordam indicadores como medidas agregadas e completas que permitam descrever ou avaliar um fenômeno, sua natureza, estado e evolução. Adicionalmente, Francisco (2002, p. 23) ressalta que:

(...) é importante ter em mente que indicadores são apenas **dados**. Para que possam fornecer qualquer **informação**, além de haver o interesse de alguém nos mesmos, deve existir uma **utilidade** para a qual foram ou serão utilizados. E por último, as pessoas que irão manipular, ou que têm interesse por eles, devem possuir o **conhecimento** suficiente para obter a **informação** e poder usá-la para chegar a um objetivo específico.

Da perspectiva de sua utilidade, os indicadores são importantes instrumentos de gestão, pois permitem que os gestores operem sobre as principais dimensões organizacionais, monitorando situações que devem ser modificadas, incentivadas ou potencializadas, desde o início de uma intervenção até o alcance do que foi almejado e previsto como resultado (MINAYO, 2009).

Assim, neste estudo, entende-se indicador como uma ferramenta de mensuração, utilizada, primordialmente, para abordar aspectos quantitativos e/ou qualitativos de um dado fenômeno, visando à sua avaliação e subsidiando processos de tomada de decisão.

4.1 A ARS COMO INDICADOR PARA AVALIAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Apesar do crescente número de publicações científicas que utiliza a ARS nos últimos anos, poucos são os estudos que associam este método com uma proposta de indicadores - aproximadamente 5%, como mostrado na Figura 10. Dentre eles, foram selecionados para análise aqueles mais relevantes e pertinentes ao tema aqui tratado, que mais se aproximavam da utilização da ARS como método de avaliação ou proposta de indicador para avaliação de C&T em geral. Foram escolhidos artigos mais recentes, que apresentassem diferentes abordagens do uso da ARS, a fim de caracterizar não só o estado da arte, no que tange ao tema do presente estudo, mas também as diversas possibilidades de utilização desse método.

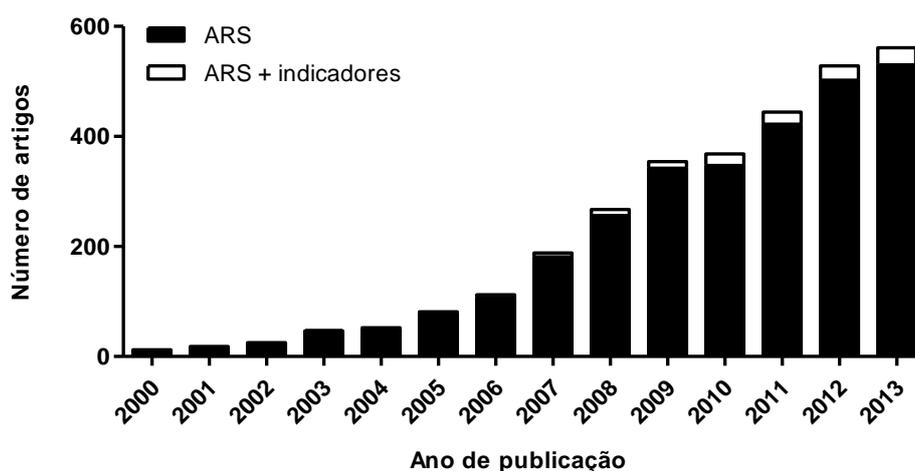


Figura 10: Número de publicações em análise de redes sociais e indicadores no período de 2000 a 2013. A pesquisa foi feita utilizando a base de dados *Web of Science*, da Thomson Reuters. A palavra-chave "social network analysis" foi inicialmente empregada, utilizando o campo de pesquisa *Topic* (colunas pretas + brancas). Posteriormente, essa pesquisa foi refinada com a palavra-chave "indicator" (colunas brancas). Não foram utilizados filtros para os tipos de publicações. Fonte: Elaboração própria.

Além da busca em bases de dados de publicações científicas, também foi feito um levantamento das principais iniciativas de instituições nacionais e internacionais e sistemas de indicadores que já fazem uso ou que propõem a utilização da ARS para avaliação de C&T, seja na forma de indicadores quantitativos ou de propostas qualitativas e menos estruturadas. Este levantamento foi executado por meio de pesquisa em *websites* e comunicações informais de pesquisadores que trabalham na área.

4.1.1 Publicações científicas

O trabalho desenvolvido por Beaudry e Schiffauerova (2011) propõe quatro indicadores para avaliar a influência das redes de colaboração sobre a criação de inovação e sobre a qualidade da inovação em nanotecnologia no Canadá. Os autores utilizam o número de reivindicações⁵ de uma patente como uma medida de sua qualidade, uma vez que um elevado número de reivindicações sugere que uma inovação é mais ampla e tem um maior potencial de rentabilidade. Um dos indicadores propostos pelos autores avalia a centralidade de grau e a centralidade de intermediação de inventores na rede como fator de influência na qualidade da patente. Por meio desse indicador de “posição de centralidade do inventor”, os autores mostram que um inventor em uma posição mais central contribui para patentes de maior qualidade (BEAUDRY; SCHIFFAUEROVA, 2011).

O estudo apresentado por González-Alcaide et al. (2013) analisa a colaboração entre pesquisadores no que diz respeito à produção científica mundial sobre leishmaniose e examina a evolução da formação de grupos de pesquisa na área. Os autores propõem a utilização de alguns indicadores para fazer essa avaliação, os quais serão comentados a seguir:

- a. Índice de colaboração: indicador bibliométrico amplamente utilizado que estabelece o número médio de autores que participaram do grupo de documentos analisados;
- b. Grau médio da rede: número médio de colaboradores por autor;
- c. Limiar de colaboração: grau de intensidade dos laços estabelecidos entre os nós. O limiar ou a intensidade de colaboração é maior quando um grande número de artigos possui coautoria de dois determinados autores;

⁵ As reivindicações de uma patente são uma série de expressões numeradas que descrevem a invenção em termos técnicos e definem a extensão da proteção conferida por uma patente, ou seja, seu alcance jurídico.

- d. Tamanho do componente gigante: número de autores interligados que compõem o maior componente, considerando todas as ligações;
- e. Densidade da rede: proporção entre o número de ligações estabelecidas na rede e o número máximo de ligações que são teoricamente possíveis;
- f. Distância média: número médio de intermediários entre os nós;
- g. Formação de grupos de pesquisa: aplicação de um limiar de colaboração alto para identificar as relações de colaboração estáveis e consolidadas, isto é, os grupos de autores que mantêm um elevado grau de interligação;
- h. Ponto de articulação: nós que permitem a ligação entre outros nós, que atuam como intermediários no sentido de garantir a conectividade e comunicação entre as diferentes partes da rede, impedindo-as de ficarem isoladas.

Por meio dos indicadores propostos e da visualização das redes, os autores puderam caracterizar o padrão de colaboração na pesquisa sobre leishmaniose, identificar os pesquisadores-chave e os países que têm maior papel na rede, como o Brasil, por exemplo, e observar a evolução da colaboração ao longo do tempo (1945-2013). Os autores ressaltam a importância da ARS como abordagem que permite uma melhor compreensão do contexto organizacional e social marcadamente cooperativo em que o conhecimento científico é gerado (GONZÁLEZ-ALCAIDE et al., 2013).

Já o trabalho desenvolvido por Li, Liao e Yen (2013) utiliza algumas medidas de centralidade (grau, intermediação e proximidade) provenientes da ARS para caracterizar o capital social de pesquisadores da área de Sistemas de Informação e a influência desses indicadores no impacto da pesquisa realizada por eles. Além disso, os autores propõem um índice de diversidade de colaboração, que mede a variedade de autores na composição das coautorias dos artigos avaliados. Ao longo do artigo, os autores demonstram, entre outros resultados, que a posição estrutural dos pesquisadores na rede tem impacto positivo no número de citações que seus artigos recebem. Quanto maior é a centralidade de intermediação de um determinado pesquisador, mais citados são os seus artigos. Os autores sugerem que, de posse dessa informação, os pesquisadores podem investir em uma mudança de seu próprio padrão de cooperação, passando a colaborar com colegas de diferentes grupos de pesquisa, a fim de aumentar a disseminação dos resultados de sua própria pesquisa (LI et al., 2013).

O estudo de Choe e colaboradores (2013) faz uso da ARS para avaliar a estrutura e as características dos fluxos de conhecimento tecnológico entre países, instituições e campos tecnológicos na área de células fotovoltaicas orgânicas. Os autores constroem

redes de citações em patentes da área, avaliando os seguintes indicadores oriundos da ARS:

- a. Número de nós e *links*: índices básicos que indicam o tamanho de uma rede;
- b. Densidade da rede;
- c. Grau médio da rede;
- d. Caminho médio da rede: valor médio do comprimento do percurso mais curto entre qualquer par de nós na rede. À medida que o caminho médio diminui, a tecnologia e a informação se difundem mais rapidamente através da rede;
- e. Diâmetro: o mais longo de todos os caminhos mais curtos presentes na rede;
- f. Número de componentes: o número de componentes indica o número de grupos independentes da rede;
- g. Coeficiente de agrupamento: a razão entre o número de ligações reais entre os vizinhos de um nó em relação ao maior número possível de ligações entre esses vizinhos. Indica o grau em que os nós da rede tendem a se agrupar;
- h. Índice de centralização: indica se a rede tem uma estrutura centralizada;
- i. Distribuição segundo lei de potência: indica que a relação entre a distribuição da centralidade de grau entre os nós da rede não é uniforme, ou seja, há poucos nós com alta centralidade de grau e muitos nós com baixa centralidade de grau;
- j. Medidas de centralidade: avaliação do papel e importância de cada nó da rede.

A partir desses indicadores, os autores apontam as principais instituições influentes na área de células fotovoltaicas orgânicas, os países mais atuantes e que mais influenciaram essa área e os campos tecnológicos mais relevantes (CHOE et al., 2013).

Robinson-García e colaboradores (2013) se utilizam da ARS para construir redes de universidades espanholas baseadas em seus temas de pesquisa, de acordo com o perfil de artigos publicados em revistas científicas no período de 2007 a 2011 para cinco grandes áreas: Ciências Sociais, Ciências Exatas, Engenharia e Tecnologia, Ciências Biológicas e Ciências da Saúde. Adicionalmente, os autores estudam o papel desempenhado por cada universidade, em cada uma das áreas analisadas, usando a centralidade de proximidade como indicador. Foram identificadas as universidades que têm um papel de liderança dentro de uma área, bem como as áreas em que o perfil disciplinar das universidades é mais heterogêneo (ROBINSON-GARCÍA et al., 2013).

Lee e colaboradores (2012) utilizam métricas da ARS para analisar o impacto dos padrões de colaboração de instituições públicas de pesquisa da Coreia do Sul em

suas atividades de P&D. Os autores construíram as redes com base em dados de coautoria em publicações científicas de 127 instituições, disponíveis na base de dados *Scopus*, da Elsevier. Eles propõem quatro tipos de colaboração, categorizados em duas dimensões: posições estruturais (densidade, eficiência e centralidade de intermediação) e características relacionais dos nós individuais (autovetor e centralidade de proximidade). Os autores afirmam que a medida de densidade indica o nível de compartilhamento de novas informações na rede. Quanto maior a densidade, maior o compartilhamento de novas tecnologias e mais rápida é a resolução de problemas. A eficiência mede a capacidade de um nó de abordar um grande número de nós por meio de um pequeno número de ligações. Nós altamente eficientes podem atingir toda a rede com um pequeno número de *links*, o que possibilita acessar fontes de novas tecnologias em diferentes campos, áreas funcionais e informação de qualidade com rapidez e eficiência. O estudo também utiliza centralidade de autovetor, que reflete o impacto de ter parceiros conectados. Uma alta centralidade de autovetor implica uma maior interdependência com os parceiros e melhor capacidade de coordenar ações. Por isso, é usada como um indicador de acesso e de influência sobre informações e recursos em determinados campos de pesquisa (LEE et al., 2012).

Já Dolfsma e Leydesdorff (2011) propõem a utilização da ARS para realizar avaliações e comparações entre sistemas nacionais de inovação (SNI) de diferentes países, bem como de áreas tecnológicas específicas. Os autores lançam mão da coclassificação de patentes em uma mesma classe para construir as redes e caracterizar e comparar o SNI da Holanda e da Índia. Neste estudo, a ARS permitiu evidenciar não só em quais campos tecnológicos esses países são mais proeminentes, mas também como esses domínios podem se inter-relacionar. Ao analisar a área da Nanotecnologia, os autores puderam explicitar com quais campos tecnológicos essa área se relaciona, fornecendo *insights* sobre futuras aplicações industriais desta tecnologia (DOLFSMA; LEYDESDORFF, 2011).

A análise dos estudos descritos mostra a variedade de aplicações da ARS como ferramenta para avaliação de C&T, seja no âmbito institucional, nacional, para uma determinada área temática de pesquisa ou campo tecnológico e até mesmo como abordagem para avaliar SNIs.

A seguir, serão apresentadas iniciativas concretas, para além da pesquisa científica, lideradas por organizações nacionais e internacionais que se utilizam da ARS para avaliação de C&T.

4.1.2 Observatórios, sistemas de indicadores e iniciativas institucionais

A avaliação dos principais sistemas de indicadores referentes à ciência e tecnologia revela a existência de um grande número de métricas. Isso decorre da maior complexidade dos processos de produção, difusão e uso da C&T da atualidade, que não podem ser compreendidos com uma análise limitada a alguns poucos aspectos. A tendência de usar indicadores simultâneos e combinados e vê-los como complementares e não como substitutos permite expandir o entendimento desses processos.

Percebe-se uma presença unânime de indicadores que procuram estabelecer uma correspondência insumo-produto (*input-output*), baseada na premissa de que há uma relação direta entre o volume de investimentos e os resultados gerados no futuro. Entretanto, atualmente, pode-se dizer que a utilização desses indicadores é limitada, sobretudo pela dificuldade de materializar um grande e heterogêneo conjunto de atividades associadas à C&T. Ainda assim, sua hegemonia e tradição como ferramentas para formulação de políticas públicas acarretam sua permanência nos principais sistemas de indicadores.

Entretanto, verifica-se também uma valorização da cooperação e transferência do conhecimento em alguns dos sistemas analisados. Esta valorização reflete o quanto as redes de colaboração são importantes para a avaliação da C&T e a presença desse tipo de indicadores em sistemas internacionais revela a necessidade atual de reconhecer a formação de redes como processo essencial para a produção de inovações. Algumas dessas iniciativas serão descritas a seguir.

França – “Observatoire des Sciences et des Techniques”

O Observatoire des Sciences et des Techniques (OST) foi criado em 1990, com a missão de projetar e produzir análises e indicadores quantitativos e comparativos sobre C&T para apoio à tomada de decisão e suporte à política de P&D. Na condição de Observatório, o OST produz, anualmente, um conjunto de indicadores de referência sobre ciência e inovação, disponíveis para o espaço nacional e, também, para o território europeu (Alemanha, Espanha, França, Itália e Reino Unido). Ele analisa as tendências em diferentes áreas para compreender melhor o cenário e a dinâmica da pesquisa francesa e internacional (OST, 2014a).

Além de indicadores de recursos financeiros e humanos, bibliométricos, de competitividade e estratégicos, o OST também adota métricas de interação que

permitem representar as comunidades de atores atuando em rede, em constante reconfiguração.

Para medir a interação, o OST utiliza dados da *Web of Science* (Thomson Reuters), que incluem artigos publicados em periódicos e em anais de eventos e artigos de revisão, a fim de estabelecer as relações de coautoria nesses documentos. O principal objetivo é medir a colaboração internacional. Documentos produzidos pelo OST, que abordam a bibliometria como ferramenta de apoio a políticas públicas, apresentam três tipos de indicadores de colaboração, a saber (OST, 2013; OST, 2014b):

- a) Porcentagem de publicações em colaboração internacional: mede a intensidade da atividade científica realizada em colaboração internacional. Para um determinado ator⁶ e ano de publicação, o indicador é definido pelo número de publicações em coautoria com instituições internacionais do ator em relação ao número total de publicações do ator no mesmo ano;
- b) Índice de internacionalização: permite verificar se um determinado país tem um nível mais elevado de publicações em coautoria com instituições internacionais do que a média mundial. Para um ator específico e ano de publicação, o índice é definido pelo número de publicações em coautoria com instituições internacionais do ator em relação à referência do número de publicações em coautoria com instituições internacionais (mundiais, por exemplo) no mesmo ano; e
- c) Índice de afinidade: usado para avaliar a intensidade de colaborações científicas de um país A com outro país B, para um determinado ano e área científica, sempre em relação ao total de colaborações internacionais daquele país. Um exemplo deste indicador pode ser visto na Figura 11.

⁶ A denominação de ator, para o OST, indica um determinado laboratório, instituição ou território/país.

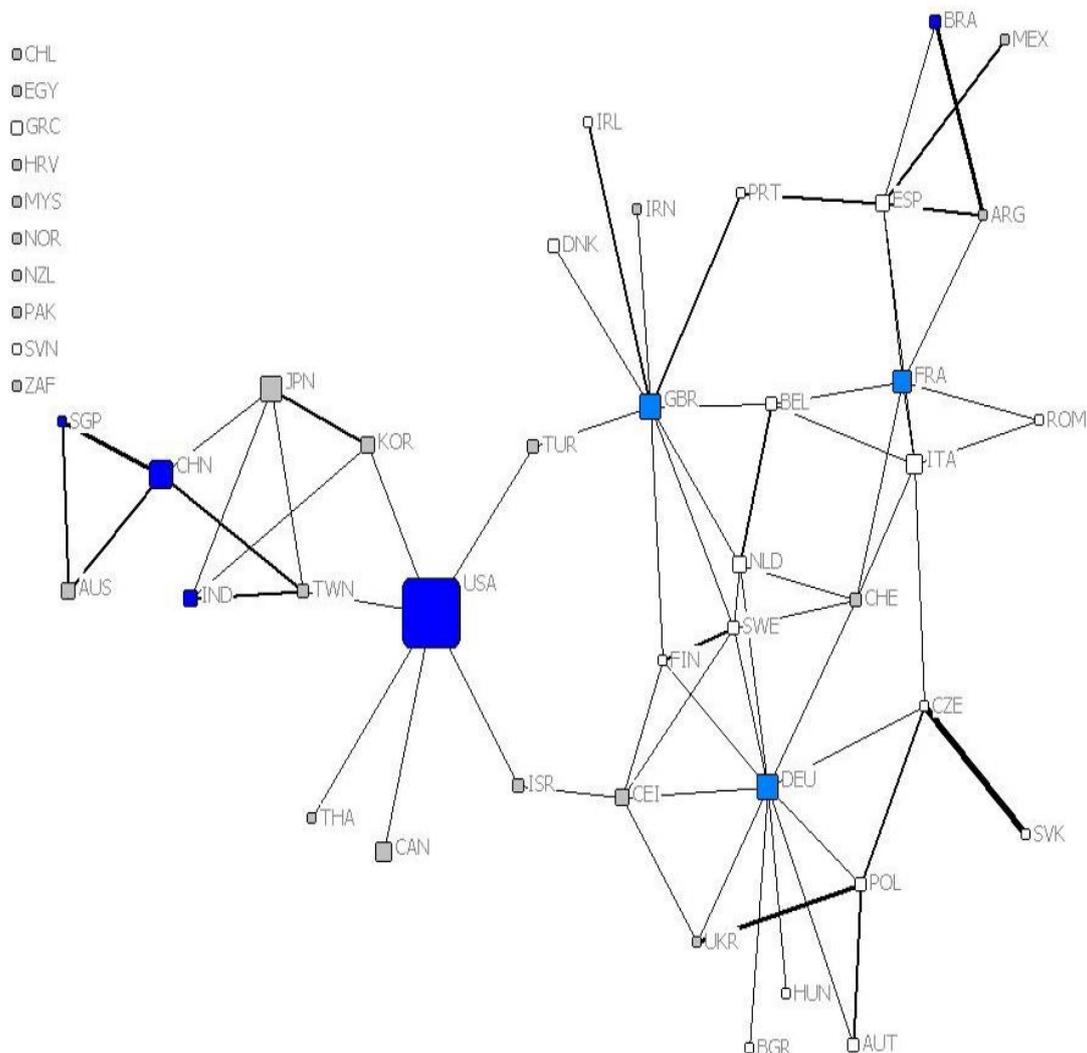


Figura 11: Rede de representação do índice de afinidade entre países segundo o OST. Cada quadrado representa um país e o tamanho dos quadrados é proporcional ao volume de publicações em coautoria com instituições internacionais do país. Os países estudados no relatório estão em azul: USA (Estados Unidos), CHN (China), GBR (Reino Unido), FRA (França), SGP (Singapura), BRA (Brasil), DEU (Alemanha) e IND (Índia). Os países sem ligações com a rede são aqueles que estão acima do limite de publicações selecionadas para análise, mas não mantêm laços fortes com outros países. A espessura da linha representa a força do índice de afinidade entre os dois países. Fonte: OST, 2013.

Holanda – “Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie”

O Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie (NOWT) é resultado de uma cooperação formal entre a Universidade de Leiden e a Universidade de Maastricht, e é financiado pelo Ministério Holandês de Educação, Cultura e Ciência. O foco do NOWT é a coleta e análise de dados sobre o sistema de pesquisa holandês em um sentido mais amplo, incluindo as interfaces com os serviços de informações públicas relacionadas com a ciência, o sistema de ensino superior e o sistema de inovação tecnológica. O desempenho da Holanda é avaliado dentro de um contexto

comparativo internacional a partir de dados empíricos e análises estatísticas. Os resultados descrevem padrões gerais, tendências recentes de nível macro e desenvolvimentos de longo prazo (NOWT, 2014).

O último relatório publicado pelo NOWT, *Science and Technology Indicators 2010*, avalia três principais grupos de indicadores: i) Despesas e Recursos Humanos em P&D; ii) Resultados e Impactos e; iii) Cooperação e Transferência de Conhecimento (NOWT, 2010).

O indicador “Cooperação e Transferência de Conhecimento” abrange as coautorias internacionais em publicações científicas, as empresas inovadoras que colaboram com universidades e com institutos de pesquisa do setor público e as coautorias entre instituições públicas e privadas (NOWT, 2010).

Comissão Europeia – “Innovation Union Scoreboard”

O Innovation Union Scoreboard (IUS) é uma publicação anual que se destina a auxiliar o monitoramento da implementação do programa Europe 2020 Innovation Union fornecendo uma avaliação comparativa do desempenho inovador dos 27 Estados-Membros da União Europeia, os pontos fortes e fraquezas de sua pesquisa e sistemas de inovação.

O IUS distingue três tipos principais de indicadores – Facilitadores, Atividades das empresas e Resultados - e oito dimensões de inovação, totalizando a avaliação de 25 indicadores diferentes (HOLLANDERS; ES-SADKI, 2014). O item “Facilitadores” captura os principais viabilizadores do desempenho inovador para a empresa e os diferencia em três dimensões de inovação: “Recursos Humanos”, “Sistemas de pesquisa abertos, de excelência e atrativos” e “Finanças e apoio”. A dimensão “Sistemas de pesquisa abertos, de excelência e atrativos” mede a competitividade internacional da base da ciência e inclui o indicador “Publicações em coautoria com instituições internacionais por milhão de habitantes”. A base desse indicador é que a publicação em coautoria internacional é pré-requisito para a qualidade da pesquisa científica, uma vez que a colaboração aumenta a produtividade científica. Ele avalia o número de publicações científicas com pelo menos um coautor afiliado a instituições que não fazem parte da União Europeia sobre o número de habitantes da população total.

Já o item “Atividades da empresa” avalia os esforços de inovação das empresas e os diferencia em três dimensões de inovação: “Investimentos da empresa”, “Parcerias e empreendedorismo” e “Capital Intelectual”. A dimensão “Parcerias e

empreendedorismo” avalia os esforços para empreender e colaborar com outras empresas inovadoras e também com o setor público e inclui o indicador “Publicações em coautoria público-privada por milhão de habitantes”. Este indicador captura as relações público-privadas em pesquisa e as atividades de colaboração ativa entre pesquisadores do setor industrial e da administração pública que resultam em publicações científicas. Ele avalia o número de publicações científicas em coautoria público-privada sobre o número de habitantes da população total. A definição do "setor privado" exclui o setor médico e de saúde privado e as publicações são atribuídas ao(s) país/países em que as empresas ou outras organizações do setor privado estão localizadas fora da União Europeia (HOLLANDERS; ES-SADKI, 2014).

Centro de Política Científica da Royal Society - “Knowledge, networks and nations”

A Royal Society é uma instituição autogovernada da qual fazem parte muitos dos cientistas mais ilustres do mundo, de todas as áreas da ciência, engenharia e medicina. Seu propósito fundamental é de reconhecer, promover e apoiar a excelência em ciência e incentivar seu desenvolvimento para o benefício da humanidade. Além de identificar e apoiar o trabalho desses pesquisadores proeminentes, a sociedade facilita a interação e comunicação entre os cientistas por meio de reuniões de discussão e divulga os avanços científicos em suas revistas. Ela também se envolve além da comunidade de pesquisa, por meio de um trabalho independente de política, da promoção da educação científica de alta qualidade e de comunicação com o público (THE ROYAL SOCIETY, 2014).

O Centro de Política Científica da Royal Society (Royal Society's Science Policy Centre) fornece pareceres científicos independentes não só para o Reino Unido, mas também para os tomadores de decisão internacionais. Em 2011, o Centro elaborou o estudo “Conhecimento, redes e nações: colaboração científica global no século 21”, que teve como objetivo mapear e analisar por que e por quem a ciência está sendo realizada em todo o mundo, buscando entender como isso está mudando e quais as implicações desses desenvolvimentos para os tomadores de decisões globais na ciência, negócios, ONGs e governo.

O relatório indica, principalmente, o crescimento da atividade científica em todo o mundo e a natureza cada vez mais interativa de pesquisa. As redes foram construídas com base em dados obtidos na base de dados Scopus (Elsevier) e demonstram a escala crescente e a importância da colaboração na pesquisa, além do papel essencial das redes e parcerias para o enfrentamento de desafios globais (THE ROYAL SOCIETY, 2011).

O relatório, apesar de ter sido uma iniciativa pontual, é um exemplo extremamente relevante, pois usa a ARS como instrumento de inteligência para apresentar recomendações para a gestão da pesquisa e formulação de políticas de incentivo à colaboração, visando à exploração de novas fontes de conhecimento e inovação. O relatório apresenta cinco recomendações principais, descritas a seguir (THE ROYAL SOCIETY, 2011).

a) O apoio à ciência internacional deve ser mantido e reforçado.

Os governos nacionais têm de manter o investimento na sua base científica para garantir a prosperidade econômica, explorar novas fontes de inovação e crescimento e sustentar conexões vitais em todo o panorama da pesquisa global. O investimento sustentado constrói a capacidade de uma nação de assimilar ciência de excelência, onde quer que tenha sido realizada, para o benefício de um país.

As atividades internacionais de colaboração devem ser incorporadas nas estratégias nacionais de ciência e inovação para que a base científica nacional esteja em melhor posição para se beneficiar do apoio intelectual e financeiro das parcerias internacionais.

Compromissos com os esforços de pesquisa multinacionais e infraestruturas não devem ser vistos como alvos fáceis para cortes orçamentários durante um período de turbulência econômica. Ao deixar de se envolver nesses esforços, os países correm o risco de isolar sua ciência nacional e perder relevância, qualidade e impacto.

b) A ciência internacional colaborativa, apoiada e facilitada deve ser encorajada.

Os financiadores da pesquisa devem proporcionar maior apoio à colaboração internacional para viabilizá-la e as agências nacionais devem minimizar as barreiras ao fluxo de cientistas. As políticas nacionais de pesquisa devem ser flexíveis e adaptáveis, a fim de garantir que a colaboração internacional entre cientistas não seja sufocada pela burocracia.

c) Estratégias nacionais e internacionais para a ciência são necessárias para enfrentar os desafios globais.

Reconhecendo a interligação de desafios globais, os financiadores dos programas que tratam desses desafios devem encontrar formas de coordenar melhor os seus esforços, compartilhar boas práticas, minimizar a duplicação e maximizar o impacto, recorrendo sempre que possível à infraestrutura existente ou à tecnologia compartilhada. O financiamento nacional de pesquisa deve ser adaptável e responder aos desafios globais, apoiando a natureza interdisciplinar e colaborativa da ciência,

que é necessária para abordar estas questões. Além disso, ao elaborar respostas aos desafios globais, os governos de todo o mundo precisam contar com a elaboração de políticas baseadas em evidências e trazerem excelentes cientistas no processo de assessoria política.

d) A construção de capacidades internacionais é crucial para assegurar que os impactos da pesquisa científica sejam compartilhados globalmente.

Pesquisadores e financiadores devem se comprometer com a construção de capacidade científica nos países menos desenvolvidos para ajudar a melhorar o seu potencial de conduzir, acessar, verificar e utilizar o melhor da ciência, e para garantir que eles possam contribuir para a ciência mundial e desenvolver soluções locais para problemas globais. A capacitação científica deve envolver o apoio financeiro para que autores de países em desenvolvimento possam publicar em revistas de acesso aberto. As academias nacionais, sociedades científicas e outras instituições similares devem promover ativamente o diálogo público e mais amplo de partes interessadas para ajudar a identificar, formular e responder aos desafios globais e suas manifestações locais.

e) Melhores indicadores são necessários para avaliar corretamente a ciência mundial.

Novas formas de identificar, quantificar e aferir as tendências da ciência global devem ser identificadas a fim de ajudar a melhorar a precisão das avaliações de qualidade, uso e impacto mais amplo da ciência, bem como para avaliar o ambiente de pesquisa. Há uma específica falta de dados sobre o fluxo e a migração de cientistas e suas redes. É preciso investigar maneiras de capturar essas informações como uma prioridade, o que permitiria aos decisores políticos entender melhor, nutrir e supervisionar a ciência global para o benefício da sociedade como um todo.

INCT para Web (InWeb) - “Portal Brasileiro de Ciência e Tecnologia”

O Portal Brasileiro de Ciência e Tecnologia é um dos seis projetos estruturantes que compõem o InWeb, um dos 126 Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) aprovados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. O projeto conta com a participação de pesquisadores, colaboradores e alunos de graduação, mestrado e doutorado das Universidades Federal de Minas Gerais, Amazonas e Rio Grande do Sul (PORTAL BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014).

O Portal fornece instrumentos que viabilizam, sob diferentes perspectivas, um melhor conhecimento da produção científica nacional. Tem-se como foco os grupos de

pesquisa participantes dos INCTs, visando avaliar seu impacto na produção científica brasileira. Visto que grande parte das informações sobre a produção científica de cada grupo se encontra dispersa em diferentes fontes da internet, foram geradas ferramentas para coleta e integração dessas fontes. Com isso, deseja-se estabelecer uma plataforma adequada para a realização de análises sobre esses dados, disponibilizando-os para a comunidade por meio da internet. Dessa forma, cria-se um ambiente experimental para a investigação de problemas relacionados à gerência de dados da Web, uma das principais linhas de pesquisa propostas pelo INCT – responsável pelo portal (PORTAL BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014).

O Portal Brasileiro de Ciência e Tecnologia tem como objetivo produzir um mapa da produção científica do país a partir de dados individuais dos pesquisadores que integram as equipes dos atuais INCTs de modo a gerar diferentes visões da produção científica de cada grupo, a partir das quais pretende-se analisar como as diversas áreas da ciência e do conhecimento se organizam no país, como ocorrem as colaborações entre pesquisadores e como surgem as interações multidisciplinares (PORTAL BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014). Entretanto, apesar da proposta discutida no *website*, não foi possível avaliar os resultados por indisponibilidade do funcionamento de algumas das opções ao longo dos últimos 12 meses.

Banco Interamericano de Desenvolvimento - “Social Network Analysis Methodologies for the Evaluation of Cluster Development Programs”

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), além de apoiar iniciativas de países da América Latina e Caribe para reduzir a pobreza e a desigualdade, também realiza atividades de pesquisa e suporte à criação e divulgação de conhecimento, bem como de discussões políticas. As Notas Técnicas publicadas pelo BID abrangem uma ampla gama de melhores práticas, avaliações de projetos, lições aprendidas, estudos de caso, notas metodológicas e outros documentos de natureza técnica (BID, 2014).

A Nota Técnica nº IDB-TN-317 aborda as limitações das avaliações dos Programas de Desenvolvimento de *Clusters* (PDCs), que têm sido amplamente adotados em muitos países do mundo com o objetivo de promover o desenvolvimento econômico por meio da formação e fortalecimento de redes interorganizacionais. Esta Nota Técnica tem o intuito de propor uma nova abordagem metodológica na avaliação dos PDCs com base na aplicação de conceitos e métodos da ARS (GIULIANI; PIETROBELLI, 2011).

A Nota Técnica argumenta que a ARS pode comparar as estruturas da rede, antes e depois da implementação da política, revelando mudanças significativas nas posições dos atores da rede que podem ter ocorrido durante este período. Adicionalmente, o estudo defende que a ARS não deve ser utilizada apenas como uma ferramenta de visualização, exploratória ou descritiva para avaliação dos PDCs. Para os autores, a ARS tem um papel muito importante a desempenhar na análise de avaliação de impacto, pois gera indicadores quantitativos de rede altamente valiosos, tanto no nível da empresa (ou outra unidade apropriada de análise) quanto no nível do *cluster*, que pode ser usado em estimativas econométricas de avaliação de impacto (GIULIANI; PIETROBELLI, 2011).

O relatório aponta duas principais aplicações da ARS para fins de avaliação de PDCs, esquematizadas na Figura 12, a saber (GIULIANI, PIETROBELLI, 2011):

- A ARS pode ser usada como um complemento para abordagens qualitativas de avaliação de resultados, que visam compreender em vez de testar o processo subjacente à política e avaliar se a política funciona sem problemas e induz alterações relevantes às atividades em rede.
- Os indicadores da ARS podem ser usados como *input* para a avaliação do impacto dos PDCs, que pode ser realizado no nível das organizações individuais e no nível de toda a comunidade de empresas e organizações que povoam um *cluster*.

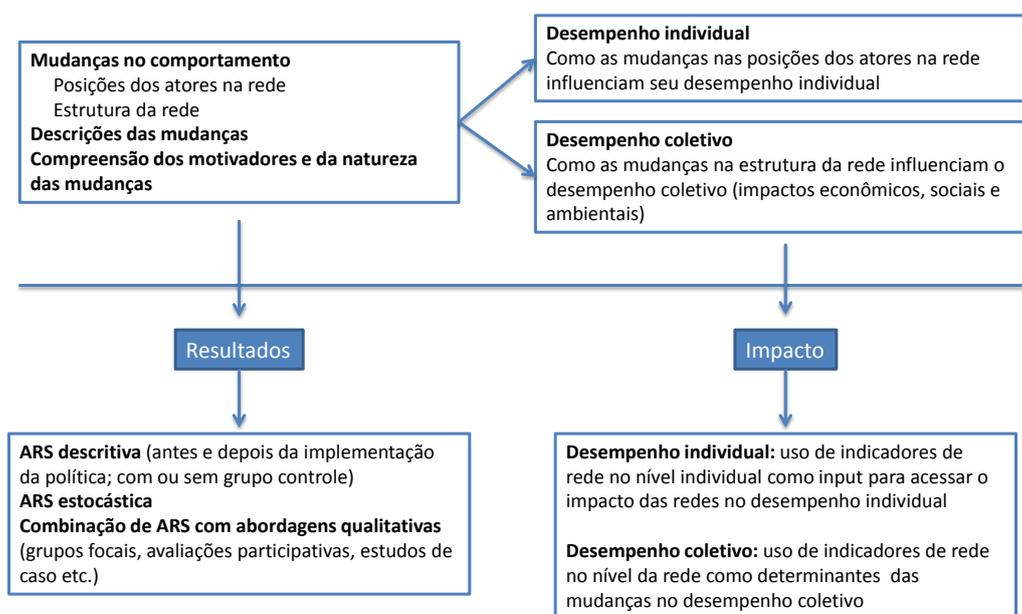


Figura 12: Proposta de avaliação de programas de desenvolvimento de *clusters* baseada na ARS. Fonte: Adaptado de GIULIANI e PIETROBELLI (2011).

A nota técnica tem grande relevância para a proposta aqui apresentada, pois aponta para a necessidade de um conjunto de ferramentas metodológicas bem desenvolvido para a avaliação de programas, baseado na formação e/ou fortalecimento de redes interorganizacionais. O documento fornece uma visão geral das vantagens da ARS e descreve como ela pode ser aplicada em combinação com estudos de avaliação qualitativa e em exercícios quantitativos de avaliação de impacto. Os autores apontam, também, algumas limitações e ressalvas inerentes a esta abordagem metodológica, como a dificuldade de obtenção da totalidade dos dados da rede e algumas considerações éticas (GIULIANI; PIETROBELLI, 2011).

CWTS B.V. - Centre for Science and Technology Studies

O CWTS B.V. é uma organização de pesquisa contratada de forma independente que fornece estudos de avaliação de desempenho em pesquisa. O núcleo da empresa está na Universidade de Leiden, na Holanda. O Centro combina as técnicas da ARS com mineração de texto e visualização para fornecer aos seus clientes análises bibliométricas personalizadas e aprimoradas, com fins altamente estratégicos (CWTS, 2014).

O Centro utiliza a ARS para a Análise do Mapeamento das Ciências e a Análise de Redes Colaborativas. A Análise do Mapeamento das Ciências inclui o mapeamento e visualização das atividades científicas (ou seja, o foco da pesquisa) de um país, organização ou periódico e, particularmente, revela seus pontos fortes e fracos. Essa análise pode ser realizada em campos científicos específicos ou subáreas de interesse. Já a Análise de Redes Colaborativas tem o objetivo de fornecer uma visão sobre a colaboração entre os diversos grupos e/ou universidades de pesquisa, permitindo que os clientes possam avaliar, com precisão, o valor de suas várias colaborações (CWTS, 2014).

OCDE – “Tell me who you patent with and I'll tell you who you are”

A OCDE é um fórum em que os governos podem trabalhar juntos para compartilhar experiências e buscar soluções para problemas comuns. Sua missão é promover políticas que irão melhorar o bem-estar econômico e social de pessoas em todo o mundo. Para tal intento, trabalha com os governos para entender o que impulsiona a mudança econômica, social e ambiental, mede a produtividade e fluxos globais de comércio e investimento, além de analisar e comparar dados para prever tendências futuras (OCDE, 2015).

No documento “Tell me who you patent with and I'll tell you who you are” – algo como “Diga-me com que patenteias e te direis quem és” –, é apresentada uma visão geral das tendências de copatenteamento em nível nacional e regional em três campos tecnológicos: biotecnologia, telecomunicações e energias renováveis. As análises foram feitas em todas as regiões da OCDE e em economias emergentes, iniciando no final dos anos 1970 até o final dos anos 2000 (MARSAN; PRIMI, 2012).

No estudo foram construídas e analisadas redes de coinvenção interregionais nas três tecnologias selecionadas, a fim de identificar comportamentos e posicionamentos nas redes ao longo do tempo e também nos diferentes campos tecnológicos. Foi observado que regiões com altos níveis de patenteamento apresentam comportamentos muito diferentes de colaboração: algumas tendem a cooperar com um grande número de parceiros extrarregionais, enquanto outras tendem a coinventar de forma menos "aberta". Em outras palavras, não foi identificada uma relação linear entre a propensão para colaborar e liderança tecnológica (MARSAN; PRIMI, 2012).

Ao longo do tempo, foi observado um aumento da densidade das redes e estas mostraram propriedades de “fixação preferencial”. Isso significa que regiões com uma posição central na fase inicial de desenvolvimento da rede tendem a manter sua posição no futuro, pois novos entrantes se conectam mais frequentemente com inventores localizados em regiões com capacidade tecnológica acumulada na área de interesse.

Adicionalmente, as evidências mostraram que a estrutura das redes evolui de forma diferente dependendo do campo tecnológico. A área de biotecnologia, por exemplo, é a que possui maior intensidade de coinvenção. Além disso, mesmo para as regiões com altos níveis de patenteamento, as fronteiras nacionais continuam a desempenhar um papel importante: a maioria delas, em cada uma das três tecnologias selecionadas, mostra uma elevada propensão para estabelecer colaborações dentro de suas fronteiras nacionais (MARSAN; PRIMI, 2012).

Com isso, os autores sugerem que vantagens tecnológicas são criadas ao longo do tempo – motivo pelo qual “estratégias de transformação” são importantes. Governos regionais e nacionais devem prestar atenção para identificar a melhor combinação de políticas que promovam a criação de novas competências em áreas emergentes. Janelas de oportunidade abrem-se, mas não é fácil nem automático tirar proveito delas: elas podem se fechar de forma relativamente rápida quando outros atores ocupam posições fortes em novas atividades (MARSAN; PRIMI, 2012).

Ao mesmo tempo, fomentar a colaboração e trabalho em rede é relevante para todos, mas é mais importante para alguns agentes, indústrias e regiões do que para outras. Agentes diferem na sua propensão para colaborar de acordo com o setor, estágio de desenvolvimento e estrutura de mercado vigente. Ao mesmo tempo, não há uma estratégia de colaboração ótima. É importante gerir a combinação de políticas com cuidado para incentivar colaborações dependendo das especificidades dos diferentes sistemas (MARSAN; PRIMI, 2012).

Ao avaliar o conjunto de dados apresentados nesta seção, pode-se perceber o quanto a ARS, utilizando-se de dados de coautoria e coinvenção, tem sido empregada como método de elaboração de indicadores de colaboração, tanto na área acadêmica como em iniciativas institucionais. Ela mostra-se uma ferramenta poderosa para uma série de aplicações como a avaliação de programas, recomendação e apoio a políticas, avaliação das relações público-privadas etc. Assim, este estudo propõe a construção de um conjunto de indicadores baseados na ARS voltados para organizações de C&T em saúde com o intuito de fornecer informações de caráter estratégico.

5 PROPOSTA E MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE COLABORAÇÃO

Sob o ponto de vista metodológico, o objetivo desta tese é propor um método que possa ser utilizado para avaliar as redes de colaboração de quaisquer instituições de C&T em saúde com características diversas e mercados de atuação distintos. Sendo assim, a partir do levantamento bibliográfico apresentado, foram propostos os indicadores descritos a seguir.

É importante mencionar que os indicadores devem ser aplicados conforme o interesse, atividades de pesquisa e perfil organizacional de C&T em saúde.

5.1 COEFICIENTE DE COLABORAÇÃO

O Coeficiente de Colaboração (CC) consiste de um índice que mostra a evolução da cooperação dos pesquisadores de uma instituição ao longo do tempo. Nos estudos sobre colaboração científica, alguns autores observam que calcular o CC é o método mais sensível de se avaliar se há crescimento do número de autores por documento e também de trabalhos com múltipla autoria (GARG; PADHI, 2001; MAIA; CAREGNATO, 2008). O CC é uma medida que foi inicialmente proposta por Ajiferuke, Burell e Tague (1988), a partir da ideia de produtividade fracionada⁷, proposta por Price e Beaver (1966). O cálculo do CC é feito usando-se a seguinte equação:

$$CC = 1 - \frac{\{ \sum_{j=1}^n (1 / j) \times F_j \}}{N}$$

Onde:

N = total de documentos publicados durante um período de tempo determinado;

j = número de autores por artigo;

F_j = número de documentos com j autores durante um período de tempo determinado.

No contexto da organização, esta equação foi aplicada, separadamente, a fim de se verificar os CCs de cada ano, assim como a tendência de todo o período. O resultado do cálculo do CC é sempre um número entre 0 e 1, no qual um valor mais próximo de 1 significa mais colaboração.

⁷ A produtividade fracionada (*fractional productivity*) reflete a contribuição total de um autor em suas publicações, ponderando-a pelo número de autores presentes nos artigos. Basicamente, a contribuição é definida como o inverso do número de coautores em cada publicação.

5.2 COLABORAÇÃO ESTRUTURADA PARA O AVANÇO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Este indicador identifica os seguintes aspectos relevantes para a instituição no que diz respeito a sua rede de pesquisa científica:

- Estrutura da rede por meio de seu tamanho, centralização, densidade, formação de comunidades e modularidade;
- Pesquisadores que mais colaboram: avaliação da centralidade de grau dos pesquisadores da instituição;
- Pesquisadores mais influentes: avaliação da centralidade de intermediação dos pesquisadores da instituição;
- Padrão institucional de colaboração: identificação e caracterização das instituições colaboradoras mais frequentes na publicação de artigos científicos.

O método para a construção deste indicador está resumido na Figura 13 e será descrito em mais detalhes a seguir.



Figura 13: Esquema representativo do método de produção do indicador de colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico. Fonte: Elaboração própria.

Para a coleta de dados, foram utilizadas informações obtidas de artigos publicados em periódicos (*articles/articles in press*) ou artigos de revisão (*reviews*), a partir da base de dados *Web of Science* (WoS), mantida pela Thomson Reuters. Esta base pode ser acessada a partir do portal Periódicos CAPES, disponível para a maioria das Instituições brasileiras de C&T.

A WoS foi escolhida, em detrimento de outras bases de dados como a *Scopus*, mantida pela Elsevier, e a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – em parceria com o Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (BIREME) –, pelos motivos dispostos a seguir.

i) Abrange um grande número de periódicos acadêmicos e tem alta representatividade de periódicos da área da saúde. O estudo de Krzyzanowski e colaboradores (2013), que analisa artigos publicados em decorrência de projetos financiados pela FAPESP, demonstra claramente que 86,8% da pesquisa em Ciências da Saúde e Biológicas, realizada por pesquisadores brasileiros, está representada na WoS. Apenas 5,5% das publicações estão exclusivamente presentes na Scopus e 7,7% delas não constam de nenhuma das duas bases de dados;

ii) Já é utilizada para geração de indicadores internacionais de produção científica, conforme observado no levantamento do estado da arte dos indicadores de redes de colaboração, descrito na seção 4.1.2;

iii) Fornece informações detalhadas sobre afiliação e/ou endereços de todos os autores. Isso permite o acompanhamento do comportamento colaborativo dos membros da população-alvo, que, geralmente, publicam em revistas de alto impacto. Ao utilizar o campo “endereço” ou “organização” como filtro de pesquisa, podem ser recuperadas todas as publicações institucionais indexadas nesta base de dados;

iv) Fornece, na maioria dos artigos, o nome completo de seus autores. Esta pode ser considerada a principal vantagem do uso da WoS para a ARS. Nos estudos de ARS, a definição correta dos nomes dos atores torna-se fator crítico para a obtenção de resultados corretos e confiáveis no que diz respeito às ligações que os unem e, conseqüentemente, à toda a rede. Wang et al. (2012) mencionam que um mesmo autor pode ter múltiplos nomes decorrentes de abreviações, omissões, mudanças de nome, pseudônimos e erros ortográficos, ao passo que diferentes autores podem se apresentar com o mesmo nome (homônimos). Casos como esses podem gerar erros de ligações falsamente agregadas e desagregadas. Em um estudo recente (BARBASTEFANO et al., 2013), foram encontradas grandes diferenças nas métricas usadas na ARS entre redes de coautoria que foram feitas considerando-se o nome completo dos autores, o nome abreviado ou o sobrenome acompanhado da primeira inicial;

v) Permite a exportação dos dados em formato texto para importação em *softwares* de análise bibliométrica, acelerando e facilitando o processo de análise dos dados.

É importante mencionar que existem limitações do uso da base dados da WoS para algumas das áreas da ciência. Vieira e Wainer (2013) ressaltam que áreas como as Engenharias e a Ciência da Computação, que têm uma alta produção científica em conferências (e não em periódicos) podem ter a produção sub-representada na WoS. Além disso, áreas das Ciências Humanas e Sociais, nas quais a produção científica é feita através de monografias, livros e capítulos de livros, na maioria das vezes escritas em português, são muito sub-representadas, não só no WoS, mas em outras bases de dados. Como alternativa para essas áreas, sugere-se que a análise seja feita de maneira direcionada para alguns pesquisadores de interesse, com dados disponíveis no Currículo Lattes destes indivíduos para uma obtenção de suas relações de coautoria.

Neste estudo, as consultas foram feitas no modo *basic search*, direcionadas ao endereço dos autores, a fim de recuperar documentos com pelo menos um membro das organizações avaliadas. Foi utilizado o caractere de truncagem (*)⁸ para compreender as variações do nome da instituição e evitar questões de homonímia e sinonímia.

Para determinar o recorte temporal da análise, foram assumidas duas abordagens. A primeira baseia-se na premissa de que ao compartilhar a autoria de um artigo científico, os indivíduos devem estar colaborando há algum tempo para a realização da pesquisa. Durante este período de colaboração, supõe-se que a troca de informações acontece entre os indivíduos mais intensamente (HE; FALLAH, 2009). Portanto, para avaliar a estrutura da cooperação existente atualmente em uma instituição, adotou-se um recorte temporal de cinco anos. De fato, a análise de períodos curtos de tempo é considerada mais aproximada da rede de colaboração recente de uma instituição e o intervalo proposto tem sido amplamente adotado em estudos anteriores (BAUM; SHIPILOV; ROWLEY, 2003; FLEMING; KING; JUDA, 2007; HE, FALLAH, 2009; ESLAMI; EBADI; SCHIFFAUEROVA, 2013).

A segunda abordagem é retrospectiva e refere-se a redes cumulativas que se estendem ao longo de um determinado período de investigação. Esta abordagem é baseada no pressuposto de que as ligações sociais entre pesquisadores podem persistir ao longo do tempo, mesmo após o final de uma colaboração formal ou a saída de um colaborador da instituição (AGRAWAL; COCKBURN; MCHALE, 2006). Estas redes cumulativas são uma indicação da estrutura social crescente da organização,

⁸ O símbolo (*) consiste em um caractere coringa utilizado com a função de truncar palavras e recuperar todas as suas variáveis. Por exemplo, a inserção do termo "butant*" recuperará tanto as palavras "butantan" quanto "butantã".

que, potencialmente, funciona como uma rede através da qual conhecimentos relevantes, relacionados com a inovação, podem permanecer (BRESCHI; LISSONI, 2005).

É importante mencionar que se optou por excluir da análise as publicações que possuíam 100 ou mais autores. Essa escolha metodológica ocorreu por entender-se que em tais artigos a coautoria se deve não à colaboração, mas sim a contribuições independentes a esforços conjuntos, geralmente na forma de dados, que envolvem apenas fracas interações intelectuais (ADAMS, 2012).

Para o tratamento e limpeza dos dados recuperados foi utilizado o *software* VantagePoint®⁹ (Search Technology Inc., <<http://www.thevantagepoint.com/>>). Após a exportação dos dados da WoS, os arquivos foram importados para o VantagePoint® utilizando filtros específicos para esta base de dados. Procedeu-se, em seguida, à harmonização e padronização dos nomes dos autores e de suas afiliações (instituições), usando a ferramenta de “List clean up”. Este processo foi extremamente importante para uniformização dos dados e para a identificação da produção científica de um mesmo autor.

Para a identificação dos autores pertencentes à instituição de interesse, foi utilizada a ferramenta “Author Affiliations (Authors-Organization)”, que mostra as afiliações de cada autor envolvido nos artigos. Outra forma utilizada para a identificação destes autores foi a consulta aos *websites* das instituições e, em caso de dúvida, também à Plataforma Lattes. Vale a pena destacar que os autores afiliados a diferentes departamentos da mesma instituição foram considerados afiliados a esta única instituição e não aos seus respectivos departamentos. Ainda, para a construção da rede cumulativa, foram utilizadas apenas as afiliações do último recorte temporal avaliado. Isso significa que se no primeiro quinquênio um autor estava afiliado a uma determinada instituição e no último quinquênio ele tornou-se parte de outra, apenas esta última afiliação foi considerada na análise.

Os dados já tratados foram traduzidos em matrizes de adjacência específicas, geradas a partir do VantagePoint®, a fim de mapear coautorias entre autores (redes autores x autores) e instituições (redes de instituições x instituições). As matrizes foram construídas conforme ilustrado na Figura 14. O nome de todos os nós existentes na rede foi inserido nas linhas e colunas da matriz de maneira simétrica. Quando um determinado par de nós compartilha a autoria de um artigo, o número 1 é colocado na intersecção entre os dois; quando esta relação é ausente, coloca-se o número 0. Se a

⁹ Mais informações sobre os *softwares* utilizados podem ser encontradas no APÊNDICE A.

colaboração ocorre mais de uma vez, o número colocado é igual ao número de vezes que os autores compartilharam a autoria de artigos. Como a colaboração de coautoria pressupõe reciprocidade entre os participantes, todas as ligações foram consideradas como não direcionais.

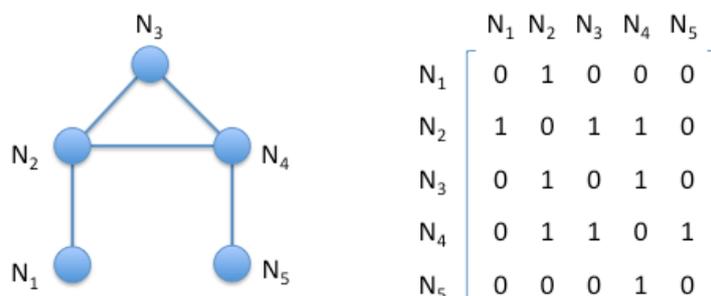


Figura 14: Representação esquemática de uma matriz de adjacência usada na construção de um grafo para ARS. Fonte: Elaboração própria.

As matrizes foram convertidas em arquivos do tipo .csv (valores separados por vírgulas) e importadas para o *software* Gephi¹⁰ para visualização das redes (BASTIAN; HEYMANN; JACOMY, 2009). As análises estatísticas do conjunto de dados foram feitas tanto com o Gephi, quanto com o *software* R¹⁰ (R CORE TEAM, 2013), utilizando o pacote *igraph* (CSARDI; NEPUSZ, 2006). Autores e instituições foram representados por nós e uma ligação entre eles indica que são coautores de um ou mais de artigos.

Para caracterizar as organizações participantes das redes, estas foram classificadas em nove tipos, de acordo com as atividades exercidas por elas, segundo informações contidas em seus *websites*, independentemente de sua nacionalidade, a saber:

- Universidades: instituições de formação de profissionais de nível superior que realizam atividades de pesquisa e extensão;
- Outras instituições de ensino: instituições dedicadas à educação e formação de pessoal, que podem ou não realizar atividades de pesquisa e extensão. Inclui faculdades, centros universitários, escolas técnicas etc.;
- Unidades médicas: instituições que prestam serviços de atenção e diagnóstico médico, que podem ou não realizar atividades de ensino e pesquisa. Inclui os

¹⁰ Mais informações sobre os *softwares* utilizados neste estudo podem ser encontradas no APÊNDICE A.

hospitais, centros de saúde e laboratórios clínicos, públicos ou privados, vinculados ou não a universidades;

- Institutos de pesquisa: centros ou instituições públicas ou privadas, dedicadas à pesquisa nas áreas de ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias, ciências da saúde ou ciências agrárias, que podem ou não realizar atividades de ensino e atenção médica;

- Instituições de preservação e conservação: instituições que conservam, investigam, difundem e expõem os testemunhos materiais do homem e de seu entorno. Inclui os museus, parques, zoológicos e organizações não governamentais destinadas à preservação e conservação da natureza;

- Órgãos governamentais: instituições diretamente vinculadas aos governos federal, estadual ou municipal, tais como ministérios e secretarias;

- Instituições de apoio à C&T: agências reguladoras, agências de fomento, organizações de metrologia, certificação, propriedade intelectual, ensaios, normalização, controle da qualidade, produção de insumos para saúde e demais atividades de apoio à C&T;

- Empresas: instituições de caráter privado, com fins lucrativos, e empresas públicas;

- Associações e alianças: acordos de cooperação entre instituições com propósitos comuns. Inclui as academias de ciências, organizações globais de promoção da saúde e também órgãos vinculados às Nações Unidas, de caráter e atuação global;

- Outros: instituições que não se enquadram em nenhuma das classificações anteriores.

Cabe ressaltar que a classificação de cada instituição foi feita com base em sua missão ou atividade principal o que, muitas vezes, pode subestimar outras atividades não relacionadas (secundárias) realizadas por elas. Isso significa que uma instituição que tenha como principal atividade a pesquisa científica, mas que também executa ações de produção de insumos para saúde e atenção médica, foi classificada como “Instituto de pesquisa” e não como “Instituição de apoio à C&T” ou “Unidade médica”, por exemplo.

5.3 SISTEMA DE CONHECIMENTOS

Este indicador fornecerá dados que permitirão mapear o sistema de conhecimentos da instituição no que diz respeito às suas publicações científicas. Ele é baseado nas áreas de pesquisa (*subject areas*) da WoS, atribuídas a cada artigo científico no momento da sua indexação na base de dados. Atualmente, há 151 áreas de pesquisa na WoS, que incluem as áreas de Ciências da Vida e Biomedicina, Ciências Físicas, Tecnologia, Artes e Humanidades e Ciências Sociais.

O objetivo do indicador, além de caracterizar o conjunto de conhecimentos que a instituição possui, é também o de fornecer dados para que ela possa se posicionar em relação a outras organizações da área e explorar complementaridades e possíveis colaborações. Ele fornece uma perspectiva da diversidade de conhecimentos que a organização possui e como esses conhecimentos interagem.

A construção deste indicador é baseada na concepção de mapas de ciência, que são representações de áreas científicas nas quais os elementos são os tópicos ou temas da área mapeada (NOYONS, 2001). Os elementos são posicionados no mapa de maneira que outros, com características correlatas ou afins, estejam localizados nas suas imediações, enquanto os que são menos similares fiquem posicionados em locais distantes. Os elementos do mapa podem ser autores, publicações, instituições, tópicos científicos etc. (NOYONS, 2001). O objetivo da representação é permitir que o utilizador possa explorar as relações entre os elementos. As relações exploradas nos mapas de ciência podem ser baseadas em uma série de unidades de análise e medidas de similaridade entre elas, tais como a cocitação entre artigos (BOYACK; BÖRNER; KLAVANS, 2009), a coclassificação de artigos (NOYONS, VAN RAAN, 1998), a cocitação entre periódicos (PARK; LEYDESDORFF, 2009) e a coocorrência de palavras em artigos (CAMBROSIO et al., 2006).

Alguns métodos de construção de mapas da ciência, apesar de utilizarem os artigos científicos como unidade de análise, os agregam no nível do periódico no qual foram publicados e usam as categorias da WoS – atribuídas aos periódicos – para caracterizar as áreas científicas às quais eles pertencem (BOYACK et al., 2009; LEYDESDORFF; RAFOLS, 2009; RAFOLS; PORTER; LEYDESDORFF, 2010). Estes métodos são bastante úteis em avaliações globais da ciência, que abrangem muitas áreas científicas. Entretanto, neste estudo, será utilizada a abordagem defendida por Noyons e Van Raan (1998), de que a unidade de análise deve ser exclusivamente o artigo científico individual e não o periódico no qual ele foi publicado. Os autores argumentam que a categorização dos artigos baseada em sua revista de publicação

vai de encontro ao problema da multidisciplinaridade de algumas delas. Apesar de serem classificadas como tal – e de fato abrangerem um amplo espectro de disciplinas –, muitas vezes os artigos têm um escopo mais limitado e sua classificação baseada no periódico resultaria em sua inclusão em mais de uma área de pesquisa. O inverso também é possível: quando um artigo possui um espectro mais amplo do que o da revista, a informação pode ser perdida quando o artigo é classificado em apenas uma área, aquela na qual o periódico está incluído (NOYONS, VAN RAAN, 1998).

Especialmente quando se analisa uma instituição, é importante que a classificação de seus artigos seja a mais específica possível, a fim de refletir fielmente os conhecimentos e competências existentes na organização. Desta forma, a construção do indicador de sistemas de conhecimento foi baseada na coocorrência das áreas de pesquisa da WoS nas quais os artigos científicos da instituição foram incluídos. Neste caso, as redes não seriam necessariamente “sociais” no sentido da relação entre indivíduos, mas suas representações permitem estudar os padrões de interação de diferentes áreas do conhecimento da organização.

A coleta dos artigos publicados pela instituição (*articles/articles in press*) foi feita na base de dados da WoS, conforme explicitado no indicador de “Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico”. Adotou-se o recorte temporal cumulativo de 15 anos para refletir os conhecimentos acumulados da organização. Após a exportação dos dados da WoS, os arquivos foram importados para o VantagePoint® utilizando filtros específicos para esta base de dados. Estes dados foram então traduzidos em matrizes de adjacência específicas, geradas a partir do VantagePoint®, a fim de mapear a coocorrência de áreas de pesquisa nos artigos (redes áreas de pesquisa x áreas de pesquisa). As matrizes foram construídas conforme ilustrado na Figura 14.

As matrizes de adjacência foram convertidas em arquivos do tipo .csv (valores separados por vírgulas) e importadas para o *software* Gephi para visualização das redes (BASTIAN et al., 2009). As análises estatísticas do conjunto de dados foram feitas com o Gephi. As áreas de pesquisa foram representadas por nós e uma ligação entre elas indica que ocorrem em um mesmo artigo.

É importante mencionar que, mesmo que as áreas de pesquisa da WoS sejam mais específicas por serem atribuídas aos artigos, existe uma certa rigidez na classificação, uma vez que ela é fixa e baseada no conhecimento estabelecido. Muitas vezes, áreas novas de alguns campos tecnológicos podem estar sub-representadas nessa classificação.

5.4 COLABORAÇÃO ESTRUTURADA PARA INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Este indicador será empregado para analisar as redes de coinvenção em patentes da organização, tanto no âmbito individual quanto institucional, a fim de identificar e avaliar:

- Estrutura da rede por meio de seu tamanho, centralização e densidade;
- Inventores mais centrais (*top inventors*): avaliação da centralidade de grau e centralidade de intermediação dos inventores da instituição;
- Padrão institucional de colaboração: identificação e caracterização das instituições colaboradoras mais frequentes no desenvolvimento de patentes.

O método de produção deste indicador é semelhante ao utilizado no indicador de “Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico”, representado na Figura 13, com a diferença da base de dados onde a informação foi coletada. Neste caso, a busca dos registros de patentes depositadas pela instituição foi realizada na base de dados Espacenet, mantida pelo Escritório Europeu de Patentes (*European Patent Office* - EPO). A Espacenet disponibiliza uma base de dados mundial com registros de mais de 80 países, inclusive do Brasil. A base reúne mais de 70 milhões de patentes e permite a pesquisa em seus dados bibliográficos, bem como o acesso ao texto completo de grande parte destes documentos. A escolha da Espacenet em detrimento de outras bases de dados de busca de patentes, ocorreu por motivos semelhantes aos da escolha da WoS para o indicador de “Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico”: i) possui alta representatividade de depósitos de patentes do Brasil; ii) possui informações de patentes de um longo período de tempo (desde 1978), permitindo análises retrospectivas; iii) contém patentes de vários campos tecnológicos, possibilitando a avaliação de diferentes tipos de organizações; iv) identifica o nome dos inventores da maneira mais completa possível, sem abreviações que dificultem a sua identificação correta; v) permite a recuperação dos dados nos formatos texto separado por vírgulas (.csv) ou em planilha Excel (.xls), o que facilita sua análise; vi) é gratuita, o que permite sua consulta por qualquer organização.

Cabe ressaltar que, alternativamente, os dados podem ser obtidos a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), mantido pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Brasil. Neste estudo, a base do INPI não foi utilizada por não possuir mecanismo de exportação de dados para

análise, o que torna o trabalho de recuperação dos dados mais lento e propenso a erros.

A consulta na Espacenet foi feita em modo "pesquisa avançada", voltada para o nome do depositante, ou seja, para o nome da instituição. Para a identificação dos inventores pertencentes à instituição de interesse foram consultados seus currículos Lattes, disponíveis na Plataforma Lattes. Para os inventores de nacionalidade estrangeira, foram pesquisados artigos de sua autoria na base de dados da WoS, referente ao período analisado, para identificação de sua instituição de origem.

Para a construção das redes, também foram utilizados os recortes temporais de períodos de cinco anos e a abordagem retrospectiva e cumulativa. Vale a pena destacar que, para a análise dos quinquênios, a afiliação dos autores na Plataforma Lattes foi verificada de acordo com a data de depósito da patente. Ainda, para a construção da rede cumulativa, foram empregadas apenas aquelas referentes ao último recorte temporal avaliado. Isso significa que se no primeiro quinquênio um autor estava afiliado a uma determinada instituição e no último quinquênio ele tornou-se parte de outra organização, apenas esta última afiliação foi considerada na análise.

Os dados obtidos foram traduzidos em listas de adjacência específicas, a fim de mapear coinvenções entre indivíduos (redes inventores x inventores) e instituições (redes instituições x instituições), conforme demonstrado na Figura 15. As listas de adjacência foram construídas da seguinte forma: para cada registro recuperado, inventores e instituições identificadas foram inseridos como nós de origem e seus respectivos colaboradores incluídos como nós-alvo. Isto foi feito para todos os autores/instituições em um determinado registro, a fim de incluir todas as relações existentes. Como a colaboração de coinvenção pressupõe reciprocidade entre os participantes, todas as ligações foram consideradas como não direcionais.

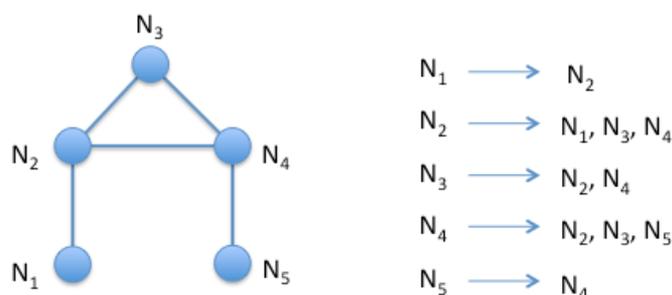


Figura 15: Representação esquemática de uma lista de adjacência usada na construção de um grafo para ARS. Fonte: Elaboração própria

As listas de adjacência foram convertidas em arquivos do tipo .csv (valores separados por vírgulas) e importadas para o *software* Gephi (BASTIAN et al., 2009) para visualização das redes. As análises estatísticas do conjunto de dados foram feitas tanto com o Gephi, quanto com o *software* R (R CORE TEAM, 2013), utilizando o pacote *igraph* (CSARDI; NEPUSZ, 2006). Inventores e instituições foram representados por nós e uma ligação entre eles indica que são coinventores de uma ou mais de patentes.

A classificação das instituições obedeceu aos mesmos critérios apresentados no indicador de “Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico”.

5.5 SISTEMA DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS

Este indicador fornece dados que permitirão identificar as competências tecnológicas da organização no que diz respeito ao desenvolvimento de patentes. Ele é baseado na classificação das patentes, atribuída de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (CIP).

A CIP é uma classificação internacional uniforme de documentos de patente e tem como objetivo inicial o estabelecimento de uma ferramenta de busca eficaz para a recuperação de documentos de patentes pelos escritórios de propriedade intelectual e demais usuários, a fim de estabelecer a novidade e avaliar a atividade inventiva ou não obviedade de divulgações técnicas em pedidos de patente. Adicionalmente, a CIP pode servir como: (a) um instrumento para o arranjo ordenado de documentos de patente a fim de facilitar o acesso às informações tecnológicas e legais neles contidas; (b) base para a disseminação seletiva de informações a todos os usuários das informações de patentes; (c) base para investigar o estado da técnica em determinados campos da tecnologia; (d) base para a elaboração de estatísticas sobre propriedade industrial que permitam a avaliação do desenvolvimento tecnológico em diversas áreas (WIPO, 2014)¹¹.

No momento da publicação do pedido da invenção, cada patente recebe uma classificação de acordo com sua função ou natureza intrínseca ou campo de aplicação. Baseando-se no entendimento do conhecimento tecnológico mais substantivo existente na patente, determina-se em qual domínio tecnológico ela se

¹¹ A Classificação Internacional de Patentes (CIP) foi estabelecida em 1975, quando entrou em vigor o Acordo de Estrasburgo, sob a administração da World Intellectual Property Organization (WIPO).

adequa e em quais conhecimentos anteriores ela foi baseada. Cada símbolo da classificação é constituído por uma letra, indicando a Seção da CIP (p.ex. B), seguida por um número (dois dígitos) indicando a Classe da CIP (p.ex. B60). Opcionalmente, o símbolo da classificação pode ser seguido por uma sequência de uma letra, indicando a Subclasse da CIP (p.ex. B60N), um número (variável, 1-3 dígitos) indicando o Grupo Principal da CIP (p.ex. B60N2), uma barra oblíqua "/" e um outro número (variável, 1-3 dígitos) indicando o Subgrupo da CIP (p.ex. B60N2/28). Atualmente, existem 129 classes, 638 subclasses e um total de 71.734 grupos e subgrupos (WIPO, 2014).

Adicionalmente, os examinadores de patentes fornecem coclassificações das patentes, quando estas se referem a produtos ou processos que abrangem mais de uma aplicação/área tecnológica. A análise de coclassificação avalia as relações tecnológicas entre patentes baseadas no fato de que sua coclassificação pode ser considerada um indicador potencial de ligações entre diferentes tecnologias (OCDE, 1994). Seu principal pressuposto é que a frequência com que dois códigos de classificação são atribuídos a uma patente pode ser interpretada como um sinal da força das relações de conhecimento entre as áreas tecnológicas às quais os códigos se referem (BRESCHI; LISSONI; MALERBA, 2003). Uma série de estudos tem se utilizado dessa abordagem para avaliar relações de conhecimento entre organizações (BRESCHI et al., 2003), inter-relações entre tecnologias (KIM et al., 2011) e sistemas nacionais de inovação (DOLFSMA; LEYDESDORFF, 2011).

Para constituição deste indicador, foi construída a rede de coclassificação em patentes da organização avaliada, ou seja, a rede dos diferentes códigos da CIP atribuídos às patentes depositadas pela instituição. O objetivo deste indicador é mapear as competências da organização, avaliando não só seus domínios tecnológicos mais presentes, mas também suas relações. Isso porque o depósito de uma patente em uma determinada área tecnológica por uma instituição significa que ela possui competência nesta área e está na, ou perto de, sua fronteira tecnológica (BRESCHI *et al.*, 2003),

Para isso, foram utilizados dados do Escritório Europeu de Patentes (Espacenet), da mesma maneira explicitada no indicador de “Colaboração estruturada para inovação e desenvolvimento tecnológico”. Adotou-se o recorte temporal cumulativo de 15 anos a fim de refletir as competências acumulados pela organização. Os dados obtidos foram traduzidos em listas de adjacência específicas, a fim de mapear as coclassificações entre patentes (redes classificações x classificações), conforme ilustrado na Figura 15. As listas de adjacência foram construídas da seguinte forma: para cada patente

recuperada, as classificações identificadas foram inseridas como nós de origem e as outras classificações presentes na mesma patente foram incluídas como nós-alvo. Isto foi feito para todas as classificações encontradas em uma determinada patente, a fim de incluir todas as relações existentes.

As listas de adjacência foram convertidas em arquivos do tipo .csv (valores separados por vírgulas) e importadas para o *software* Gephi para visualização das redes (BASTIAN et al., 2009). As análises estatísticas do conjunto de dados foram feitas com o Gephi. As classes de patentes foram representadas por nós e uma ligação entre elas indica que ocorrem em uma mesma patente.

5.6 ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE COLABORAÇÃO

O índice de diversidade de colaboração (IDC) foi proposto por Li, Liao e Yen (2013) como um indicador do capital cognitivo de pesquisadores, o qual se refere aos recursos que um indivíduo desenvolve ao longo do tempo à medida que interage com outras pessoas. Nessa interação, compartilham entendimento e *expertise* e aprendem habilidades e conhecimentos.

Na visão dos autores, uma maneira de acumular capital cognitivo é por meio da diversidade da equipe de colaboração. Enquanto a interação com pesquisadores diferentes estende o entendimento compartilhado e aplica novos conhecimentos, a cooperação com os mesmos indivíduos aprofunda a compreensão comum e o conhecimento já existente dentro do grupo. A primeira estratégia ajuda o cientista a adquirir uma perspectiva mais ampla da área e expandir o tamanho de sua rede; já a última, o limita a uma perspectiva mais estreita e um grupo menor. Assim, para ampliar as fontes de capital cognitivo, o pesquisador deve adotar uma estratégia de exploração e colaborar com novos acadêmicos (LI et al., 2013).

No estudo de Li et al. (2013), o IDC é calculado a partir de redes de coautoria de publicações científicas na área de Sistemas de Informação da seguinte forma:

$$IDC = \frac{\sum \text{coautores}_i - \sum \text{duplicatas}_i}{\sum \text{relações}_i}, \text{ onde } i = 1, 2, \dots, n \text{ artigos}$$

O denominador da equação refere-se ao total de relações colaborativas únicas e não duplicadas. Já o numerador reflete o número total de relações de colaboração de todos os artigos publicados em coautoria (LI et al., 2013).

Neste estudo, extrapolou-se a avaliação individual do IDC para uma avaliação organizacional. Para tal intento, serão considerados os conceitos sobre aprendizado organizacional introduzidos por March (1991) – e discutidos por Li et al. (2013) – de exploração (*exploration*) e exploração (*exploitation*) para caracterizar a diversidade de colaboração de instituições de C&T em saúde a partir de suas redes institucionais de coautoria em publicações científicas e coinvenção de patentes.

Segundo March (1991), a exploração está associada à necessidade das organizações em desenvolver, experimentar e aprender a partir da tentativa de coleta e aquisição de novos conhecimentos. Já a exploração vincula-se ao uso do conhecimento existente em prol da eficiência e da experiência interna e dos ganhos em competitividade (MARCH, 1991). Enquanto a exploração tem relação com a descoberta, riscos e inovação, a exploração se refere à eficiência, refinamento e produtividade. Ambas as redes são complementares e necessárias para a criação e captura de valor por uma organização. Posteriormente, Koza e Lewin (1998) aplicaram o modelo de March para as alianças estratégicas das organizações, argumentando que a decisão de uma instituição de se engajar em uma colaboração pode ser influenciada por suas motivações para explorar uma capacidade existente ou explorar novas oportunidades.

Utilizando uma perspectiva organizacional, adaptou-se a fórmula proposta por Li et al. (2013) para que as unidades de análise sejam as instituições e não os pesquisadores individuais. O valor do IDC varia de zero a um. Quando o valor é igual a um, o tipo de colaboração da organização é completamente exploratório, ou seja, o número de instituições coautoras não duplicadas é igual ao número de relações de colaboração. Isso significa que a organização colabora com diferentes instituições a cada artigo ou patente. Em contraste, um valor próximo de zero indica extrema exploração; isto é, o número total de relações de colaboração é muito maior do que o número total de instituições coautoras não duplicadas e a organização sempre colabora com as mesmas instituições.

As análises foram feitas ao longo de todo o período avaliado, de maneira a refletir a experiência acumulada da organização em seu portfólio de colaborações (ou alianças).

5.7 PROSPECÇÃO DE PARCEIROS - REDES TEMÁTICAS

Pesquisas mostram que as organizações que fazem parte de redes de inovação e da execução de projetos colaborativos tendem a investir mais em inovação, sugerindo

que a colaboração tende a ser usada como um complemento para aumentar o potencial de novidade (OCDE, 2010; CIMOLI; PRIMI; ROVIRA, 2011). A colaboração em rede com outras instituições não tem o objetivo de apenas adquirir novas competências ou de compensar fraquezas internas (somos parceiros porque preciso de você), mas sim de valorizar e aumentar o retorno que é oferecido ao parceiro (somos parceiros porque com você meu desempenho é superior) (MARSAN; PRIMI, 2012).

Para instituições de C&T em saúde, o estabelecimento de alianças estratégicas para o avanço do conhecimento científico em áreas de relevância deve ser baseado em atributos e competências que são importantes para as inovações pretendidas pela instituição. Assim, o estudo das redes de colaboração em áreas temáticas de interesse em saúde pública auxilia no mapeamento das instituições que possuem papel de destaque nestas áreas, evidenciando o estabelecimento das relações entre diferentes instituições e países, para que possíveis colaboradoras sejam identificadas. Este indicador, portanto, apresenta um olhar voltado para fora da organização, visando à prospecção de parceiros.

A escolha das áreas temáticas que teriam potencial para o estabelecimento de parcerias teve como base a junção de dois fatores: i) temas de interesse em saúde pública, que são prioridades do governo segundo informações obtidas no portal do Ministério da Saúde (www.portalsaude.saude.gov.br); ii) temas que atendam ao escopo das pesquisas realizadas na instituição ou dos produtos disponibilizados por elas à população. O objetivo desta abordagem foi o de aproveitar as atividades que já são desenvolvidas pela organização, agregando um componente inovador, objeto da aliança estratégica.

Foram realizadas duas análises distintas e complementares:

- a. Ambiente externo: produção científica mundial dentro da área temática e instituições mais centrais na rede; e
- b. Ambiente interno: produção científica brasileira dentro da área temática e papel das instituições nacionais na rede.

Para a coleta de dados, foram utilizadas informações obtidas de artigos publicados em periódicos (*articles/articles in press*), a partir da base de dados WoS. As consultas na base foram feitas no modo *basic search* direcionada ao tópico das publicações, que abrange título, resumo e palavras-chave. Foi utilizado o caractere de truncagem (*)

para compreender as variações dos nomes dos temas e recuperar um maior número de documentos relevantes.

Para determinar o recorte temporal da análise, adotou-se um período mais recente, dos últimos cinco anos (2010 a 2014). Este recorte visa refletir com mais acurácia o estado da arte da pesquisa científica no tema que, em última instância, vai refletir a capacidade atual da potencial instituição parceira. Adicionalmente, conforme mencionado no indicador de “colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico”, o recorte temporal estabelecido tem sido amplamente adotado em estudos anteriores (BAUM et al., 2003; FLEMING et al., 2007; HE; FALLAH, 2009; ESLAMI et al., 2013).

Com o objetivo de padronizar e harmonizar os vários nomes de uma instituição, foi utilizada a ferramenta “List clean up”, do *software* VantagePoint®. Os dados obtidos foram então traduzidos em matrizes de adjacência específicas, geradas a partir do VantagePoint®, a fim de mapear coautorias entre instituições (redes de instituições x instituições). As matrizes foram construídas conforme ilustrado na Figura 14, convertidas em arquivos do tipo .csv (valores separados por vírgulas) e importadas para o *software* Gephi para visualização das redes (BASTIAN et al., 2009).

As análises estatísticas do conjunto de dados também foram feitas com o Gephi. As instituições foram representadas por nós e uma ligação entre elas indica que compartilham a autoria de um ou mais artigos.

Na seção 5.8 a seguir, é apresentada uma ficha com informações resumidas sobre os indicadores propostos neste trabalho.

5.8 FICHA RESUMIDA

Nome do indicador	Descrição	Fontes de informação	Método	Periodicidade
Coeficiente de colaboração	Evolução da colaboração dos pesquisadores da organização ao longo do tempo	<i>Web of Science</i> (Thomson Reuters)	$CC = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n (1/j) \times F_j}{N}$ <p>Onde: F_j = número de documentos com j autores durante um período de tempo determinado. N = total de documentos publicados durante um período de tempo determinado</p>	Avaliação anual e/ou retrospectiva
Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico	Mapeamento das redes de coautoria em publicações científicas da organização	<i>Web of Science</i> (Thomson Reuters)	ARS para identificação e avaliação dos seguintes aspectos no nível institucional: - Tamanho, centralização, densidade e modularidade da rede - Pesquisadores que mais colaboram - Pesquisadores mais influentes - Padrão institucional de colaboração	Avaliação quinquenal e/ou retrospectiva

Nome do indicador	Descrição	Fontes de informação	Método	Periodicidade
Sistema de conhecimentos	Mapeamento das redes de coocorrência de áreas de pesquisa em artigos científicos publicados pela organização	<i>Web of Science</i> (Thomson Reuters)	ARS para caracterizar o conjunto de conhecimentos da organização, avaliando não só as áreas de pesquisa mais presentes, mas também suas relações.	Avaliação retrospectiva
Colaboração estruturada para inovação e desenvolvimento tecnológico	Mapeamento das redes de coinvenção em patentes dos inventores da organização	Escritório Europeu de Patentes (Espacenet)	ARS para identificação e avaliação dos seguintes aspectos no nível institucional: - Tamanho, centralização, densidade e modularidade da rede - Inventores mais centrais - Padrão institucional de colaboração	Avaliação quinzenal e/ou retrospectiva
Sistema de competências tecnológicas	Mapeamento das redes de coclassificação das patentes depositadas pela organização	Escritório Europeu de Patentes (Espacenet)	ARS para mapear as competências da organização, avaliando não só os domínios tecnológicos mais presentes na organização, mas também suas relações.	Avaliação retrospectiva

Nome do indicador	Descrição	Fontes de informação	Método	Periodicidade
Índice de diversidade de colaboração	Avaliação da diversidade do padrão de colaboração organizacional - Exploração ou Exploração	<i>Web of Science</i> (Thomson Reuters) e Escritório Europeu de Patentes (Espacenet)	$IDC = \frac{\sum \text{instituições coautoras}_i - \sum \text{colaborações duplicadas}_i}{\sum \text{relações de colaboração}_i}$ Onde $i = 1, 2, \dots, n$ artigos ou patentes	Avaliação retrospectiva
Prospecção de parceiros - Redes temáticas	Mapeamento das redes de coautoria em publicações científicas em temas relevantes para saúde pública	<i>Web of Science</i> (Thomson Reuters)	ARS para identificação e avaliação de instituições que seriam potenciais parceiras para o desenvolvimento de pesquisas/produtos na área temática: <u>Ambiente externo</u> - Instituições mais centrais na área temática <u>Ambiente interno</u> - Instituições nacionais participantes na área temática	Sob demanda - Período recente

6 APLICAÇÃO DOS INDICADORES PROPOSTOS: ESTUDO DE CASO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para a classificação da pesquisa, tomou-se como base o critério proposto por Vergara (2000), que a qualifica quanto aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos fins, a pesquisa é exploratória e descritiva. Exploratória porque, embora as instituições de C&T em saúde já terem sido alvo de uma série de investigações, não foi identificada a existência de estudos que abordem suas redes de colaboração específicas e temas relacionados a elas. Adicionalmente, a pesquisa também pode ser classificada como exploratória porque não busca estabelecer relações de causa e efeito em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado (VERGARA, 2000). A pesquisa é descritiva porque expõe as características de determinada população ou fenômeno, não tendo o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação (VERGARA, 2000).

Quanto aos meios, a pesquisa apresenta dois estudos de caso e é também bibliográfica. Utilizou-se este método a fim de se aprofundar o conhecimento da realidade e compreender os fenômenos relacionados às redes de colaboração de instituições de C&T em saúde (YIN, 2001). O estudo de caso tem sido amplamente utilizado na pesquisa organizacional, especialmente quando se quer compreender processos de inovação e mudanças organizacionais a partir da complexa interação entre as forças internas e o ambiente externo. Além disso, são modalidades de pesquisa especialmente indicadas quando se deseja explorar e entender a dinâmica da vida organizacional, no que diz respeito a processos e comportamentos dos quais se tem uma compreensão limitada (GODOY, 2005).

A pesquisa bibliográfica foi realizada para a fundamentação teórica dos principais temas de investigação: importância do conhecimento para a sociedade e economia atuais e seu compartilhamento por meio de redes de colaboração; a relação dessas redes com inovação; e a análise de redes sociais e sua utilização como indicador para avaliação de C&T. Além disso, a pesquisa bibliográfica foi utilizada para caracterizar o perfil das organizações estudadas.

6.2 AMOSTRAGEM

A escolha das instituições avaliadas ocorreu por meio da análise do “Quadro de Atores Selecionados no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação”, concebido no âmbito do projeto “Mapa do Sistema de CT&I do Brasil”, produto da parceria entre o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e a empresa canadense Global Advantage Consulting (CGEE, 2010). O Quadro divide os atores em seis categorias e indica suas relações entre si e entre os ministérios e instituições governamentais de C&T e inovação (CGEE, 2010). São elas: Universidades; Hospitais; Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICTIs); Setor empresarial; Parques tecnológicos e Incubadoras; Entidades, Programas e Fontes de fomento ou financiamento à pesquisa e inovação.

A partir do estudo do referido Quadro, foram selecionadas duas instituições que compunham o conjunto de ICTIs do setor saúde: o Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos) e o Instituto Butantan. Apesar do distanciamento ainda presente entre os laboratórios de pesquisa e de produção industrial, as duas organizações selecionadas representam iniciativas relevantes e ricas para o estudo em questão. Por meio da avaliação de suas redes de cooperação, é possível pensar a colaboração como forma de superar ou atenuar as barreiras existentes para as estratégias tecnológicas em saúde nos países de menor grau de desenvolvimento. Assim, considerou-se que a análise dessas instituições oferece balizamentos críticos para a reflexão sobre o desenvolvimento científico e tecnológico na área de biotecnologia no Brasil, bem como sobre o papel da cooperação como resposta ao desafio de construção de uma capacitação tecnológica local como fonte básica de competitividade e de desenvolvimento em saúde.

É importante ressaltar que este trabalho, apesar de apresentar dois estudos de caso de organizações de C&T em saúde, não é um estudo comparativo. O objetivo é revelar todas as possibilidades que podem ser exploradas pelos gestores dessas instituições com o uso dos indicadores desenvolvidos. Mesmo que Bio-Manguinhos e o Instituto Butantan realizem atividades semelhantes, ambos têm idiossincrasias e, portanto, devem ser avaliados à luz de seus contextos de atuação, hábitos, práticas e culturas organizacionais.

7 CARACTERIZAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES PESQUISADAS

7.1 ANÁLISE ESTRATÉGICA DOS LABORATÓRIOS PÚBLICOS PRODUTORES DE IMUNOBIOLOGICOS

No âmbito do Complexo Industrial da Saúde (CIS), Bio-Manguinhos e o Instituto Butantan enquadram-se na indústria de base química e biotecnológica como laboratórios públicos produtores de imunobiológicos. Seu valor está presente nas dimensões social e tecnológica. Do ponto de vista social, seus produtos repercutem diretamente sobre o bem-estar da população. Quanto à segunda, promove uma redução do hiato tecnológico para doenças negligenciadas e/ou emergentes, campo no qual o setor privado não se faz presente. Há, também, a dimensão econômica, por visarem à economia de divisas via substituição de importações e geração de empregos qualificados (ALBUQUERQUE; CASSIOLATO, 2000; FIOCRUZ, 2013). Apesar disso, esses laboratórios têm capacidade competitiva limitada, seja pela dependência de mercado, seja por práticas gerenciais pouco adequadas ao padrão de competição do setor.

Uma análise do Complexo Industrial da Saúde (CIS) brasileiro mostra uma grave desarticulação entre a dimensão industrial, vinculada ao processo de inovação e ao desenvolvimento das indústrias do setor, e a dimensão socio sanitária, no que diz respeito às políticas de saúde (GADELHA et al., 2003). Historicamente, houve um processo precoce de incorporação de tecnologias nos serviços de saúde antes de se consolidar um parque industrial robusto. O progresso técnico esteve baseado na utilização, via importação ou investimento estrangeiro direto, de equipamentos e tecnologias já disponíveis ou geradas em outros países, ao invés de ser incorporado à produção industrial (BRASIL, 2012). Embora o SUS tenha evoluído muito desde a sua criação, o parque industrial da saúde não acompanhou no mesmo ritmo a demanda de saúde pública.

Um dos principais reflexos dessa fragilidade da base produtiva em saúde foi o crescimento do déficit da balança comercial no âmbito da indústria de base química e biotecnológica. A análise desse déficit consolidado para os diferentes segmentos da indústria, em 2011, revela que mais de um terço (36%) encontra-se relacionado às importações de imunobiológicos (GADELHA, 2012). Assim, neste mesmo período, do déficit total de US\$ 7,64 bilhões, 22% ou US\$ 1,7 bilhões foram decorrentes da importação de hemoderivados, 7% ou US\$ 500 milhões da importação de vacinas e outros 7% oriundos da importação de soros e reagentes para diagnóstico (GADELHA, 2012).

Este cenário aumentou a visibilidade tanto do papel estratégico quanto da vulnerabilidade da base produtiva do CIS entre os formuladores de políticas e tomadores de decisão, fazendo com que o Brasil experimentasse a retomada de políticas de desenvolvimento tecnológico e industrial no setor saúde nos últimos anos (Figura 16).

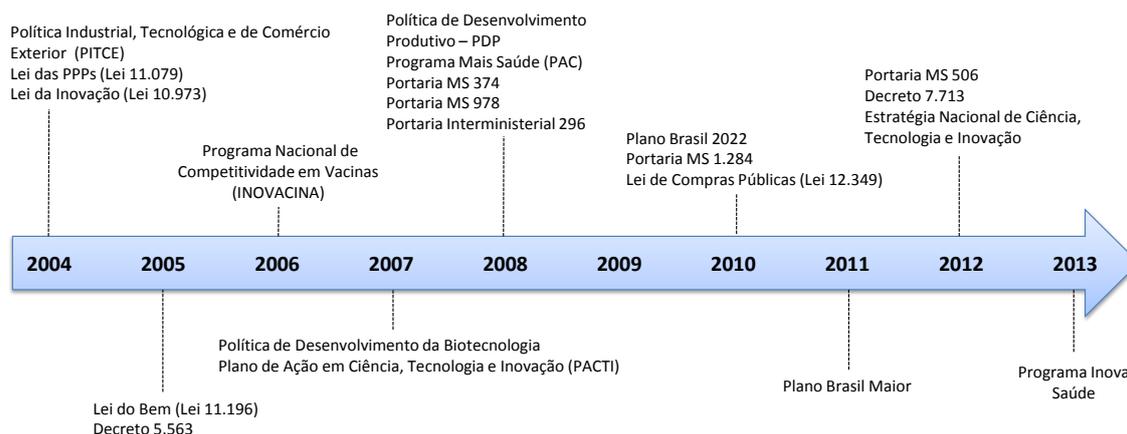


Figura 16: Linha do tempo de políticas públicas relevantes para o desenvolvimento tecnológico e industrial do setor saúde. Em 2004, foi criada a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior e a Lei das PPPs, que institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. A Lei da Inovação, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, foi promulgada no mesmo ano. Em 2005, a Lei do Bem consolidou os incentivos fiscais que as pessoas jurídicas podiam usufruir desde que realizassem pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação. Neste mesmo ano, o Decreto nº 5.563 regulamentou a Lei da Inovação. No ano de 2006, foi criado o Programa Nacional de Competitividade em Vacinas e em 2007 criou-se a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia e o Plano de Ação Ciência, Tecnologia e Inovação. No ano seguinte, foi criada a Política de Desenvolvimento Produtivo e o Programa Mais Saúde, este último no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento. Ainda em 2008, a Portaria MS 374 instituiu o Programa Nacional de Fomento à Produção Pública e Inovação no CIS e a Portaria MS 978, com a finalidade de colaborar com o desenvolvimento do CIS, dispôs sobre a lista de produtos estratégicos para o SUS. Neste mesmo ano, a Portaria Interministerial 296 priorizou os temas para o desenvolvimento de produtos ou processos para concessão de recursos financeiros sob a forma de subvenção econômica a empresas nacionais. Em 2010, o Plano Brasil 2022 foi posto em prática e a Portaria MS 1.284 (segunda versão da Portaria MS 978) e a Lei de Compras Públicas, que prevê utilização de margem de preferência para licitação de produtos manufaturados e serviços nacionais resultantes de inovações tecnológicas realizadas no país, foram criadas. No ano seguinte, houve a criação do Plano Brasil Maior e em 2012, a Portaria MS 506 instituiu o Programa para o Desenvolvimento do Complexo Industrial da Saúde. Ainda em 2012, o Decreto nº 7.713 tratou da aplicação de margem de preferência para aquisição de fármacos e medicamentos nas licitações realizadas no âmbito da administração pública federal, com vistas à promoção do desenvolvimento nacional sustentável. Finalmente, em 2013, foi criado o Programa Inova Saúde para apoiar atividades de P,D&I em projetos de instituições públicas e privadas que atuam no âmbito do CEIS. Fonte: Elaboração própria.

O governo brasileiro reconheceu que o avanço da industrialização tem que se apoiar, fundamentalmente, no desenvolvimento científico e tecnológico endógeno e em sua incorporação crescente ao processo produtivo (BRASIL, 2012). Isto introduziu uma nova dinâmica em relação às diretrizes de política no setor e em relação aos programas das agências de fomento governamentais. Além de estabelecer instrumentos de financiamento do setor produtivo, tanto público quanto privado, e definir prioridades governamentais na área de saúde, o foco principal destas políticas tem sido o fortalecimento da capacitação tecnológica e industrial na área de biotecnologia, visando também à formação de parcerias público-privadas (GADELHA, 2012; FIOCRUZ, 2013). A agenda governamental atual visa, por um lado, reduzir o déficit existente na balança comercial no setor e, por outro, buscar a autossuficiência da produção de insumos estratégicos para a saúde, como é o caso dos imunobiológicos.

É importante ressaltar que se por um lado a aprovação de leis e portarias cria um arcabouço jurídico e institucional mais favorável à implantação das estratégias de desenvolvimento industrial, por outro, elas sozinhas não garantem necessariamente o alcance dos objetivos desejados. Alguns estudos se propuseram a avaliar os desafios gerenciais existentes nos laboratórios públicos produtores de imunobiológicos. Eles ressaltam que a falta de flexibilidade administrativa e gerencial no que diz respeito a recursos humanos, recursos orçamentários e financeiros, e suprimentos (insumos e equipamentos) afeta gravemente a sustentabilidade econômica de produção, competitividade e capacidade de atendimento a novas demandas (CASTANHAR; BARONE; MOTTA, 2005; SOARES, 2012). Para exemplificar alguns dos entraves gerenciais enfrentados, pode-se citar a rigidez de execução orçamentária e financeira e o atrelamento à lei orçamentária federal (LOA); a limitação de gastos governamentais em determinados elementos de despesa, a exigência de certificação de qualidade e capacidade de fornecedores; a necessidade de parceria com fundação de apoio para ampliar a eficiência/competitividade da produção; a carência da autonomia para contratação de pessoal e definição da política salarial e as modalidades de licitação e prazos legais incompatíveis com as necessidades da atividade de produção industrial (FIOCRUZ, 2012).

Além disso, as organizações que atuam especificamente na área da biotecnologia demandam infraestrutura cara e complexa, fazendo com que as necessidades financeiras para a execução de projetos de desenvolvimento tecnológico sejam cada vez maiores. Frequentemente, os financiamentos públicos não têm o vulto necessário

para o desenvolvimento de produtos e têm curso muito lento até o efetivo desembolso, o que é problemático quando se trata de uma área tão competitiva.

Uma análise estratégica dos laboratórios públicos produtores, à luz de uma matriz SWOT, nos mostra as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças características dos laboratórios públicos produtores e do ambiente em que estão inseridos (Figura 17).



Figura 17: Matriz SWOT dos laboratórios públicos produtores de imunobiológicos. Fonte: Elaboração própria.

Essa necessidade clara de soluções que incluam modificações de práticas gerenciais internas coloca os laboratórios públicos produtores de imunobiológicos em um estágio de transição entre tecnologias, práticas gerenciais e institucionais e em uma situação híbrida, entre o passado artesanal e burocrático e iniciativas de modernização no espaço das tecnologias de desenvolvimento, de produção e de gestão.

Considerando esse cenário, serão apresentados a seguir os dois laboratórios públicos produtores de imunobiológicos avaliados neste estudo.

7.2 BIO-MANGUINHOS

7.2.1 Caracterização geral da organização

A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), como órgão de ciência e tecnologia do Ministério da Saúde, integra em sua missão a articulação entre a geração de conhecimento científico e o desenvolvimento de tecnologias, a produção de insumos estratégicos em saúde e a oferta de serviços de diagnóstico, contribuindo, assim, para que o Estado Brasileiro assumira um papel protagonista na produção de bens e serviços de caráter público, que impactam na saúde da população (FIOCRUZ, 2009).

Dentro da Fiocruz, o Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos) é a unidade técnico-científica que produz e desenvolve imunobiológicos para atender às demandas da saúde pública brasileira. Bio-Manguinhos ocupa posição de destaque no país, por sua participação nas políticas públicas de prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças, mediante fornecimento de vacinas, reagentes para diagnóstico e biofármacos e da prestação de serviços para programas do Ministério da Saúde. Sua trajetória de crescimento nos últimos anos tem sido marcada pelo fortalecimento das atividades de desenvolvimento tecnológico e inovação, tais como: incorporação de novas tecnologias de produção, modernização contínua do parque tecnológico e industrial instalado no *campus* da Fiocruz e introdução de novos produtos de grande e significativo impacto em saúde pública (BIO-MANGUINHOS, 2008).

Bio-Manguinhos foi fundado em 1976, com o objetivo inicial de reduzir a dependência do país de produtos fabricados no exterior. Na ocasião do início de suas atividades, o Instituto possuía como atividade principal a produção de duas vacinas, ambas oriundas de transferência de tecnologia: a contra a febre amarela, proveniente da Fundação Rockefeller, e a meningocócica, desenvolvida pelo Instituto Mérieux de Paris (AZEVEDO et al., 2002). Ao longo dos seus 36 anos de funcionamento, Bio-Manguinhos introduziu 32 produtos no SUS, que, em sua maioria, foram derivados de projetos de transferência de tecnologia.

Bio-Manguinhos integra o sistema brasileiro de ciência, tecnologia e inovação em saúde, investindo na introdução de novos imunobiológicos para ampliar o acesso a esses produtos, contribuir para redução dos gastos governamentais e estimular o desenvolvimento nacional. Atualmente, o portfólio de produtos do Instituto conta com nove *kits* de reagentes para diagnóstico, dois biofármacos e 10 vacinas¹², as quais integram seis dos 13 imunizantes do calendário de vacinação do Ministério da Saúde.

¹² Fonte: Departamento de Relações com o Mercado – DREM

Os investimentos em iniciativas voltadas para inovação (infraestrutura, recursos humanos, capacitação e insumos) vêm aumentando a cada ano, o que reflete a importância dessas atividades no Instituto. A estratégia de inovação de Bio-Manguinhos está fundamentada no desenvolvimento interno e conjunto, assim como no fortalecimento de alianças para aquisição de tecnologias e troca de conhecimentos (BIO-MANGUINHOS, 2010). As atividades de desenvolvimento tecnológico, de transferência de tecnologia, assim como alianças com parceiros nacionais e internacionais fazem parte dessa estratégia e foram responsáveis pela introdução de 18 novos produtos (incluindo cinco novas apresentações¹³) no SUS no período de 2006 a 2011 (Quadro 2).

Produto	Apresentação	Aplicação	Ano de início do fornecimento	Tipo de estratégia
Imunofluorescência indireta para HIV-1*	10 lâminas	<i>Kit</i> para diagnóstico	2006	DT
Ensaio imunoenzimático para Dengue*	96 reações	<i>Kit</i> para diagnóstico	2006	DT
Alfa interferona 2b humana recombinante	3 MUI, 5 MUI e 10 MUI	Biofármaco	2006	TT
Alfaopoeitina humana recombinante	2.000 UI e 4.000 UI	Biofármaco	2006	TT
Meningocócica AC*	10 doses	Vacina	2007	TT
Rotavírus humano	1 dose	Vacina	2007	TT
Ensaio imunoenzimático para leptospirose*	96 reações	<i>Kit</i> para diagnóstico	2007	P
Febre amarela*	10 doses	Vacina	2008	TT
Helm teste	100 reações	<i>Kit</i> para diagnóstico	2008	DT
Imunofluorescência indireta para HIV-1*	100 lâminas	<i>Kit</i> para diagnóstico	2008	DT
Pneumocócica 10-valente	1 dose	Vacina	2009	TT
NAT HIV/HCV	96 reações	<i>Kit</i> para diagnóstico	2011	P, DT e TT
Teste rápido DPP® HIV 1/2	10 e 20 reações	<i>Kit</i> para diagnóstico	2011	TT

¹³ Novas apresentações são alterações de produtos já comercializados. Essas modificações podem ser a mudança no número de doses disponíveis em uma ampola de vacina, ou no número de reações incluídas em um *kit* para diagnóstico ou da quantidade de unidades farmacotécnicas em um biofármaco.

Produto	Apresentação	Aplicação	Ano de início do fornecimento	Tipo de estratégia
Immunoblot rápido DPP® HIV 1/2	20 reações	Kit para diagnóstico	2011	TT
Teste rápido DPP® Leishmaniose	20 reações	Kit para diagnóstico	2011	TT
Teste rápido DPP® Sífilis	10 e 20 reações	Kit para diagnóstico	2011	TT

Quadro 2: Novos produtos introduzidos por Bio-Manguinhos no SUS no período de 2006 a 2011. Fonte: Elaboração própria a partir de BIO-MANGUINHOS (2006; 2010) e COUTO (2011). *Novas apresentações de produtos já existentes. MUI: Milhões de Unidades Internacionais; UI: Unidades Internacionais; P: Parcerias; DT: Desenvolvimento Tecnológico Interno; TT: Transferência de Tecnologia; DPP®: Imunocromatografia de duplo percurso (*Dual Path Platform*).

7.2.2 Estrutura de governança

Bio-Manguinhos está diretamente vinculado ao Ministério da Saúde. O organograma da instituição é composto pela Diretoria, que, por sua vez, é subdividida em quatro Vice-diretorias, a saber: de Produção, de Qualidade, de Gestão e Mercado e, por fim, de Desenvolvimento Tecnológico. Compõem ainda o organograma de Bio-Manguinhos as Assessorias da Diretoria que eventualmente podem exercer atividades de caráter executivo, mas que, em geral, constituem subunidades de assessoramento da Diretoria. Algumas instâncias colegiadas também figuram no organograma de Bio-Manguinhos. São elas: a Assembleia Geral, o Colegiado Interno de Gestores, o Conselho Deliberativo de Bio-Manguinhos e o Conselho de Assessoramento Político e Estratégico. Somente o Conselho Deliberativo e a Assembleia Geral constituem instâncias deliberativas, sendo as demais instâncias de caráter consultivo (Figura 18).

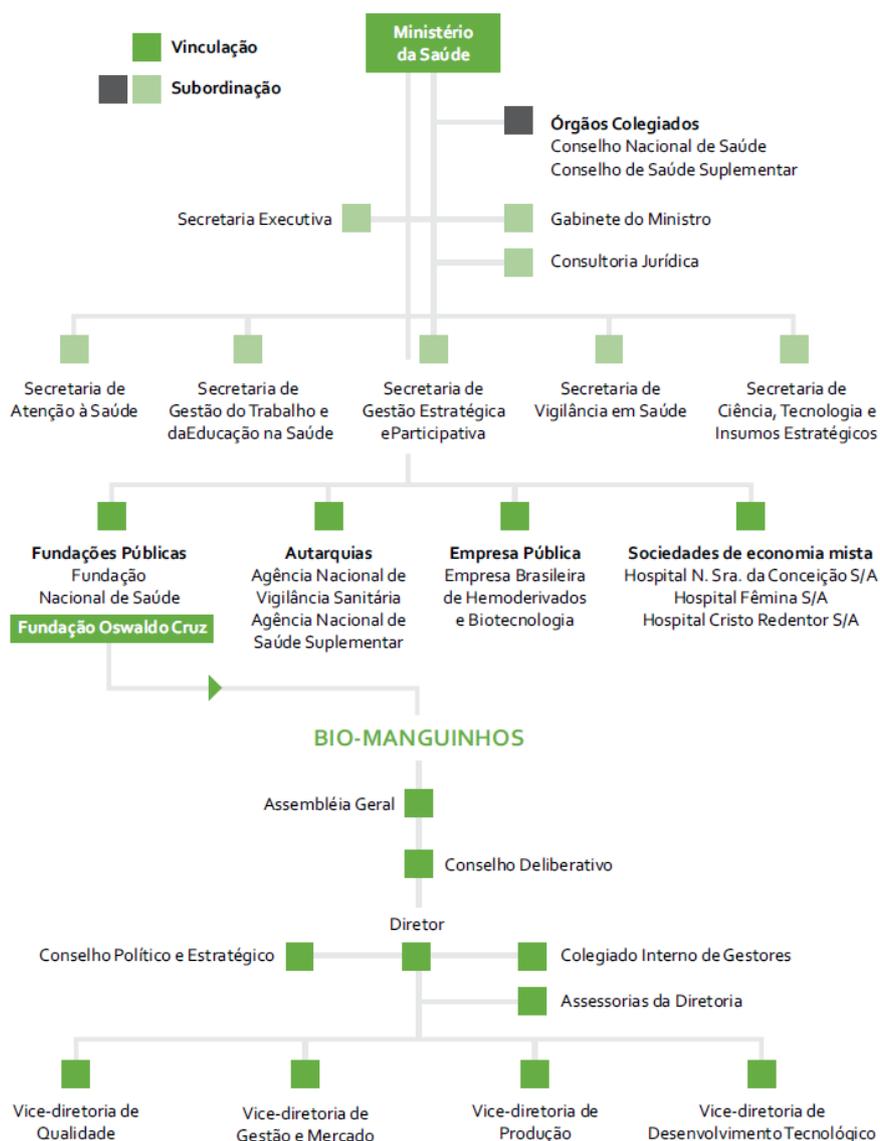


Figura 18: Organograma de Bio-Manguinhos. Fonte: Assessoria de Comunicação de Bio-Manguinhos.

7.2.3 Missão, visão e valores

Em 2008, iniciou-se o processo de revisão do Plano Estratégico de Bio-Manguinhos, com foco no período 2010-2020. Ele baseou-se em um trabalho de prospecção das tendências do ambiente externo (epidemiológica, social, econômica, política, tecnológica, de mercado etc.), reuniões internas com vários profissionais em grupos de trabalho e uma consulta virtual para levantar forças e fraquezas, ameaças e oportunidades. Após encaminhamento pela Diretoria e análise pelo Conselho Político Estratégico, o Plano Estratégico de Bio-Manguinhos para 2010-2020 foi aprovado pelo

Conselho Deliberativo do Instituto. Este trabalho foi a base para revisão da missão, visão e valores (Quadro 3).

Missão	Contribuir para a melhoria dos padrões de saúde pública brasileira, por meio de inovação, desenvolvimento tecnológico e produção de imunobiológicos e prestação de serviços para atender prioritariamente às demandas de saúde do país
Visão	Ser a base tecnológica do Estado brasileiro para as políticas do setor, e protagonizar a oferta de produtos e serviços de interesse epidemiológico, biomédico e sanitário
Valores	<ul style="list-style-type: none"> - Compromisso com o acesso da população brasileira a insumos e serviços estratégicos de saúde - Ética e transparência - Inovação - Valorização das pessoas - Excelência em produtos e serviços - Responsabilidade socioambiental - Integração institucional - Empreendedorismo - Compromisso com resultados - Foco no cliente - Sustentabilidade

Quadro 3: Missão, visão e valores de Bio-Manguinhos. Fonte: Bio-Manguinhos (2012).

Atualmente, Bio-Manguinhos tem concentrado esforços para elaborar um projeto de lei que irá autorizar a criação de uma empresa pública controlada. Essa empresa seria uma subsidiária totalmente controlada de forma direta pela Fiocruz, com o propósito de garantir as políticas estratégicas de Estado no campo da saúde e buscar as flexibilidades administrativas essenciais ao funcionamento de uma atividade fabril, inserida em ambiente de densidade tecnológica. A ideia é garantir o caráter público e estratégico da produção e permitir a superação de vários limites burocráticos típicos da administração direta e da indireta de direito público (FIOCRUZ, 2012).

7.2.4 Portfólio de produtos

O portfólio atual de Bio-Manguinhos conta com 24 produtos, apresentados no Quadro 4, que são divididos em três áreas: Vacinas, Biofármacos e Reativos para diagnóstico.

Vacinas	<p><u>Bacterianas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Meningocócica AC (polissacarídica) – 10 doses - <i>Haemophilus influenzae</i> b (Hib) (conjugada) – 1 e 5 doses - Difteria, tétano e <i>pertussis</i> (DTP) e Hib – tetravalente – 5 doses - Pneumocócica 10-valente (conjugada) – 1 dose <p><u>Virais</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Febre amarela (atenuada) – 5, 10 e 50 doses - Poliomielite 1, 2 e 3 (atenuada oral) – 25 doses - Poliomielite 1, 2 e 3 (inativada) – 10 doses - Sarampo, caxumba e rubéola (tríplice viral – TVV) – 10 doses - Rotavírus humano -1 dose - Sarampo, caxumba, rubéola e varicela (tetravalente viral – MMRV) – 1 dose
Biofármacos	<ul style="list-style-type: none"> - Alfaeopetina (2000 e 4000 UI) - Alfainterferona 2b (3, 5 e 10 MUI) - Alfataliglicerase
Reativos para diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> - Doença de Chagas (600 testes) - Leishmaniose Humana (600 reações) - Helm Teste sem lâminas (100 reações) - Lateral Flow HIV-1/2 (20 determinações) - DPP® Leishmaniose Canina (20 determinações) - DPP® Sífilis (20 determinações) - DPP® Screen HIV-1/2 (20 determinações) - Imunoblot rápido DPP HIV-1/2 (20 determinações) - DPP® Leptospirose (20 determinações) - DPP® Fluido Oral (20 determinações) - Kit NAT HIV/HCV (92 determinações)

Quadro 4: Portfólio de produtos oferecidos por Bio-Manguinhos. Fonte: Bio-Manguinhos (2013). UI, unidades internacionais; MUI, milhões de unidades internacionais

7.2.5 Papel da pesquisa e desenvolvimento tecnológico

Os acordos de transferência de tecnologia foram uma característica emblemática de Bio-Manguinhos por muitos anos. Os mecanismos de transferência de tecnologia eram vistos como meios de superar os obstáculos decorrentes das novas formas de articulação e organização da economia mundial e como uma maneira de alavancar o desenvolvimento tecnológico dos países em desenvolvimento (AZEVEDO et al., 2007). Além disso, esses acordos proporcionaram a incorporação de novos produtos à pauta industrial de Bio-Manguinhos, melhoraram as instalações físicas e os equipamentos e

tornaram-se mecanismos fundamentais de acesso a novas tecnologias que teriam impacto sobre a área de P&D (AZEVEDO et al., 2007).

Embora na década de 1980 tenham sido feitos esforços para criar um centro de biotecnologia com vistas a integrar diferentes setores e departamentos das unidades de pesquisa e de produção, de modo a se instituir um campo de P&D em biotecnologia moderna, o projeto não se concretizou. A instituição optou, então, por investir, a partir de 1989, no aumento de sua capacidade produtiva por meio da construção de uma planta industrial voltada para a fabricação de vacinas bacterianas.

Para Gadelha e Azevedo (2003), as limitações da atividade de P&D em Bio-Manguinhos devem-se, em larga medida, às condições institucionais resultantes desse processo. Dos 51 pesquisadores que compunham a área de P&D em Bio-Manguinhos em 1996, apenas um possuía o título de doutor, cinco eram mestres e somente 22 pertenciam ao quadro permanente, mantendo o restante um contrato de trabalho com vínculo precário.

As inovações incrementais que foram incorporadas aos processos produtivos de Bio-Manguinhos ao longo dos anos fizeram com que houvesse a necessidade de criar uma área específica para o desenvolvimento tecnológico. Assim, com o fortalecimento dessas atividades na área de vacinas e reativos para diagnóstico, iniciou-se a estruturação do Departamento de Desenvolvimento Tecnológico, que culminou com a criação da Vice-Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico (VDTEC), em 2003. As atividades principais da VDTEC estão voltadas não só para a resolução de problemas oriundos da produção, mas também estão estruturadas em torno de projetos visando à melhoria de produtos existentes, o desenvolvimento de produtos novos e a implantação de plataformas (AZEVEDO et al., 2007).

Atualmente, a VDTEC possui cerca de 150 funcionários e conta com sete laboratórios de desenvolvimento tecnológico, a saber: Laboratório de Tecnologia Diagnóstica, Laboratório de Tecnologia Imunológica, Laboratório de Tecnologia de Anticorpos Monoclonais, Laboratório de Tecnologia Recombinante, Laboratório de Macromoléculas, Laboratório de Tecnologia Viroológica e Laboratório de Tecnologia Bacteriana.

7.3 INSTITUTO BUTANTAN

7.3.1 Caracterização geral da organização

O Instituto Butantan é uma das instituições científicas mais prestigiadas do Brasil. Ele gera novos conhecimentos por meio da pesquisa científica, desenvolve e produz imunobiológicos de interesse para a saúde pública, educa e capacita recursos humanos nas áreas de ciência e tecnologia e busca estimular e disseminar o conhecimento científico entre a população em geral.

O Instituto Butantan foi criado no ano de 1899, primeiramente como laboratório anexo do Instituto Bacteriológico de São Paulo. Em 1901, o laboratório ganhou autonomia e a responsabilidade imediata de produzir soro para ser usado no combate à epidemia de peste bubônica que afligia o Brasil naquela época. Os primeiros frascos de soro antipestoso foram produzidos no mesmo ano, e o Instituto Butantan tem continuado o seu trabalho ao longo dos anos em diversas áreas, tornando-se conhecido como um importante produtor de diversos soros antiofídicos e um instituto científico inovador (FRANCO; KALIL, 2014).

Os centros de pesquisa e produção do Instituto Butantan incluem 35 laboratórios científicos, um Centro de Inovação Tecnológica, um hospital especializado (Hospital Vital Brasil), três unidades de criação de animais (mamíferos, aranhas e serpentes), sete centros produção de vacinas (incluindo um para uso veterinário), um centro de fracionamento de plasma, e 11 unidades de produção de imunobiológicos. Estes centros de pesquisa e de produção empregam cerca de 191 pesquisadores. Totalmente voltado para o desenvolvimento da pesquisa científica e produção de imunobiológicos utilizados em campanhas de saúde pública, o Instituto Butantan produz publicações disponíveis para consulta irrestrita em todas as suas áreas de atuação e oferece estágios, bem como cursos de extensão e pós-graduação (mestrado, doutorado e MBA). Um dos dois cursos de doutorado oferecidos pelo instituto, o de Biotecnologia, é ministrado em associação com a Universidade de São Paulo (USP) (FRANCO; KALIL, 2014).

7.3.2 Estrutura de governança

O Instituto Butantan está diretamente vinculado ao Governo do Estado de São Paulo, por meio da Secretaria de Estado da Saúde. Em 2011, a nova direção do Instituto promoveu uma série de estudos sobre governança e desenvolveu um plano mestre para a expansão e profissionalização da administração do Instituto e de sua Fundação, a fim de coordená-los melhor. Seus principais objetivos foram estabelecer

um novo organograma para o Instituto, melhorar as parcerias público-privadas e intensificar os intercâmbios internacionais.

O organograma do Instituto Butantan é composto por dois órgãos de administração superior: o Conselho Diretor e a Diretoria, que, por sua vez, coordena uma série de divisões (Figura 19).

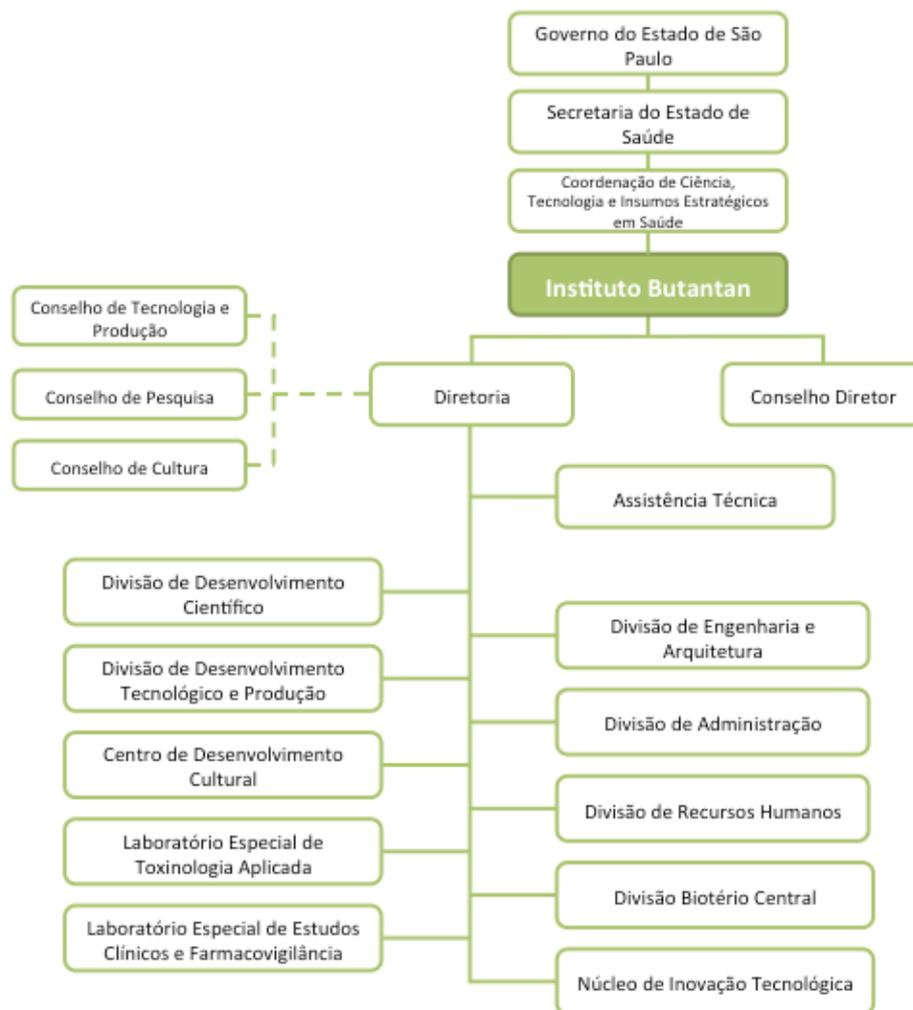


Figura 19: Organograma do Instituto Butantan. Para uma melhor representação do organograma do Instituto, estão retratados apenas os órgãos subordinados à Diretoria que possuem caráter de “Divisão”. Fonte: Elaboração própria a partir de informações obtidas na Divisão de Recursos Humanos do Instituto Butantan.

As divisões do Instituto podem ser classificadas como órgãos para o desenvolvimento de atividades-fim (Divisão de Desenvolvimento Científico, Divisão de Desenvolvimento Tecnológico e Produção, Centro de Desenvolvimento Cultural e Laboratórios Especiais) e órgãos para o desenvolvimento de atividades-meio (Serviço de Finanças, Divisão de Recursos Humanos, Divisão de Engenharia e Arquitetura, Biotério Central,

Serviço de Controle de Qualidade, Centro de Processamento de Informações, Fazenda São Joaquim, Divisão de Administração). Na Divisão de Desenvolvimento Científico, estão inseridos 20 laboratórios e o Hospital Vital Brazil. Já o Centro de Biotecnologia, entre outros laboratórios, faz parte da Divisão de Desenvolvimento Tecnológico e Produção. Compõem ainda o organograma do Instituto Butantan a Assistência Técnica da Diretoria e três Conselhos de apoio.

7.3.3 Missão, visão e valores

A missão, visão e valores que norteiam a estratégia do Instituto Butantan estão apresentados no Quadro 5.

Missão	Contribuir com a saúde pública por meio de pesquisas, inovação e disponibilização de produtos biológicos, compartilhando conhecimento com a sociedade.
Visão	Ser uma instituição de excelência mundial na pesquisa, desenvolvimento, divulgação, formação e produção de insumos e serviços para a saúde pública.
Valores	<ul style="list-style-type: none"> - Compromisso com a sociedade - Valorização dos recursos humanos - Primazia pela qualidade - Preservação do meio ambiente - Participação da sociedade - Busca constante por inovação - Respeito à diversidade cultural e étnica

Quadro 5: Missão, visão e valores do Instituto Butantan. Fonte: Instituto Butantan (2014).

Atualmente, o Instituto Butantan está propondo a criação do Instituto Butantan para Inovação Biotecnológica com o objetivo de utilizar a sua experiência técnico-científica acumulada em um sistema de gestão institucional concebido para promover a agilidade na administração da inovação. Um comitê internacional, composto por cientistas de renome, está sendo formado e irá analisar todas as linhas do Instituto. Juntamente com o diretório de pesquisa, proporá um plano estratégico para os próximos dez anos e reorganizará todos os grupos que estão envolvidos em P&D. Este é um dos programas mais importantes do Instituto para o futuro, uma vez que se destina a promover interações com parceiros privados para o desenvolvimento de suas descobertas e inovações e a incorporação de novos produtos em ações voltadas para a saúde pública (FRANCO; KALIL, 2014).

7.3.4 Portfólio de produtos

O portfólio atual de produtos do Instituto Butantan conta com 19 produtos, apresentados no Quadro 6, que são divididos entre a área de vacinas e soros.

Vacinas	<ul style="list-style-type: none">- Dupla infantil (Difteria e Tétano - DT)- Dupla Adulto (Difteria e Tétano - dT)- Tríplice (Difteria, Tétano e <i>Pertussis</i> - DTP)- Hepatite B (recombinante)- Influenza sazonal trivalente (fragmentada e inativada)- Raiva (VR/VERO – inativada)
Soros	<ul style="list-style-type: none">- Antibotrópico (pentavalente)- Anticrotálico- Antibotrópico (pentavalente) e anticrotálico- Antielapídico (bivalente)- Antibotrópico (pentavalente) e antilaquético- Antiescorpiônico- Antiaracnídico (<i>Loxosceles</i>, <i>Phoneutria</i> e <i>Tityus</i>)- Antilonômico- Antidiftérico- Antitetânico- Antibotulínico AB (bivalente)- Antibotulínico E- Antirrábico

Quadro 6: Portfólio de produtos oferecidos pelo Instituto Butantan. Fonte: Instituto Butantan (2014).

7.3.5 Papel da pesquisa e desenvolvimento tecnológico

A pesquisa básica realizada no Instituto Butantan abrange temas biológicos que se expandem e garantem espaços de conhecimento e informação para manter o Instituto inserido na fronteira do conhecimento. Entre os focos a serem destacados, estão aqueles diretamente relacionados com a biodiversidade animal brasileira, em especial com animais peçonhentos. Todos os produtos, em uso ou em desenvolvimento, encontram sustentação em linhas de pesquisa que produzem conhecimento universal. Essa situação garante que os processos e novos produtos possam incorporar conhecimentos adequados aos rápidos avanços na área de imunobiológicos (CHAIMOVICH, 2011).

Essa interação iniciou-se na década de 80, quando o Instituto Butantan, reconhecendo o envelhecimento de seus quadros profissionais e a redução no volume e qualidade da sua produção científica, aproveitou-se da criação e regulamentação do cargo de pesquisador científico pelo Governo do Estado de São Paulo, e contratou uma dezena de pesquisadores experientes das universidades paulistas (IBAÑEZ; WEN; FERNANDES, 2005). A partir daí, teve início uma revolução na pesquisa básica, ainda que esta não fosse a função principal do Instituto.

Houve a criação do primeiro Centro de Biotecnologia do país, em 1985, sob a liderança de Isaias Raw, que atraiu um grupo de jovens doutores que aceitavam ter metas de pesquisa relevantes e o domínio da tecnologia de escalonamento. O Centro visava ao desenvolvimento de produtos e processos com ênfase em soros e vacinas, investindo no domínio de tecnologias inovadoras de produtos, como a vacina contra a coqueluche acelular, contra a raiva em cultura celular (substituindo o uso de cérebro de camundongo recém-nascido) e a contra a meningite BC conjugada (em desenvolvimento com a Fiocruz e o Instituto Adolfo Lutz) (GADELHA; AZEVEDO, 2003). A partir dos anos 90, o Instituto Butantan integrou os programas de pós-graduação em Biotecnologia (junto com o Instituto de Ciências Biomédicas da USP e com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e o Curso em Infectologia da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo e aumentou a participação docente em cursos de extensão, de aperfeiçoamento e especialização (IBAÑEZ et al., 2005).

Para o Instituto, os acordos de transferência de tecnologia, apesar de já terem sido realizados, são extremamente restritivos e impedem a real incorporação da tecnologia transferida. Para Isaias Raw, ex-diretor do Instituto Butantan (RAW, 2013):

A 'transferência' de tecnologia tenta manter o 'produtor' dependente de importar a vacina pronta para ser diluída e envasada. O 'produtor' não aprende a produzir, muito menos a desenvolver.

Para Gadelha e Azevedo (2003, p. 712), a experiência do Instituto Butantan de interligar a pesquisa biomédica com atividade industrial no Centro de Biotecnologia corrobora o argumento de que “a pesquisa na área tecnológica só se viabiliza, em termos de produção industrial e de utilização pela política de saúde, se for vinculada desde o início a uma estrutura empresarial de desenvolvimento tecnológico”. Para os autores, tal percepção, internalizada na cultura institucional, explica, em parte, o sucesso do empreendimento, enfatizando o elo necessário e sistêmico entre pesquisa e produção e a relação efetiva destas com o desenvolvimento nacional.

Atualmente, a P&D do Instituto Butantan conta com uma Divisão de Desenvolvimento Científico e uma Divisão de Desenvolvimento Tecnológico e Produção. A Divisão de Desenvolvimento Científico tem 16 laboratórios, a saber: Laboratório de Artrópodes, Laboratório de Bacteriologia, Laboratório de Biologia Celular, Laboratório de Bioquímica e Biofísica, Laboratório de Farmacologia, Laboratório de Fisiopatologia, Laboratório de Genética, Laboratório de Herpetologia, Laboratório de Imunogenética, Laboratório de Imunopatologia, Laboratório de Imunologia Viral, Laboratório de Imunoquímica, Laboratório de Parasitologia, Laboratório de Virologia, Laboratório de Ecologia e Evolução e Laboratório de Coleções Zoológicas. Já a Divisão de Desenvolvimento Tecnológico e Produção é composta por áreas de Vacinas, Soros e com o Laboratório Especial de Biofármacos em Células Animais. Também há o Centro de Biotecnologia, que compreende três laboratórios e o Laboratório Especial de Toxinologia Aplicada, que abarca quatro outros laboratórios.

8 RESULTADOS

8.1 BIO-MANGUINHOS

8.1.1 Coleta de dados – Panorama geral

Para a construção dos indicadores de “coeficiente de colaboração” e “colaboração estruturada para avanço do conhecimento científico”, a coleta de dados abrangeu o período de 1999 a 2013. A fim de obter as publicações de autores de Bio-Manguinhos, a consulta foi feita utilizando os termos “biomang* OR bio-mang*” e recuperou 131 registros. A distribuição dos tipos de publicação está indicada no Quadro 7.

Tipo de publicação	Quantidade de publicações
Artigo publicado em periódico	129 (98,5%)
Artigo de revisão	2 (1,5%)

Quadro 7: Distribuição dos tipos de publicação de Bio-Manguinhos, período 1999-2013.
Fonte: Elaboração própria

O Quadro 8 mostra os periódicos que publicaram cinco ou mais artigos de autoria de pelo menos um pesquisador de Bio-Manguinhos e seu respectivo fator de impacto. O maior número de publicações científicas no periódico *Vaccine*, cujo escopo trata de temas relacionados a vacinas e vacinação, não é inesperado. As cinco palavras-chave mais frequentes nas publicações de Bio-Manguinhos – “vacina”, “febre amarela”, “vacina da febre amarela”, “citocinas” e “atenuação” – refletem as vacinas como principal tema de pesquisa da organização.

Nome do periódico	Fator de impacto	Número de artigos
Vaccine	3,485	16
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz	1,566	13
PLoS One	3,534	8
Brazilian Journal of Medical and Biological Research	1,034	6
Biologicals	1,408	5

Quadro 8: Periódicos que publicaram cinco ou mais artigos de autores de Bio-Manguinhos, 1999 - 2013. Fonte: Journal of Citation Reports, 2013.

8.1.2 Coeficiente de colaboração

A Figura 20 mostra a evolução dos artigos publicados de autores de Bio-Manguinhos por ano e o CC anual. O cálculo do CC anual mostra que o nível de colaboração é alto e constante, com exceção do ano de 2009, que apresentou uma ligeira queda. Mesmo em anos em que o número de publicações é extremamente baixo, estas são feitas em intensa colaboração.

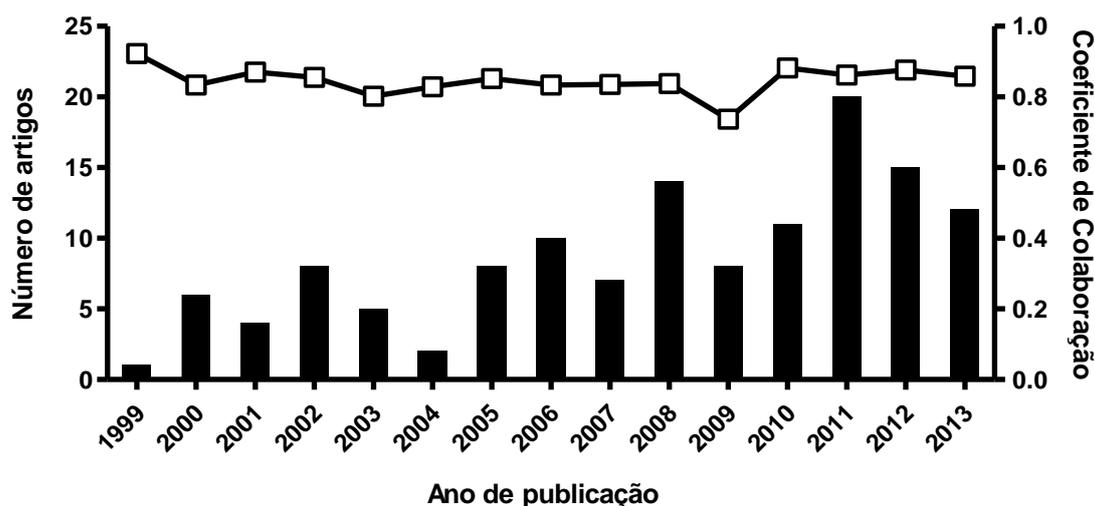


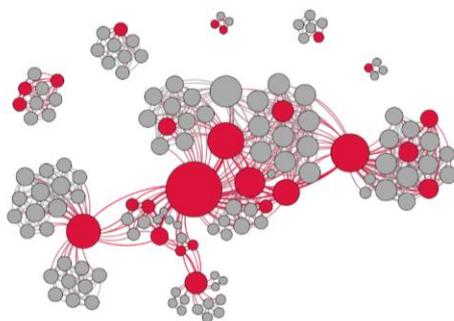
Figura 20: Evolução anual do número de artigos científicos e do coeficiente de colaboração de autores de Bio-Manguinhos. O número de artigos publicados por ano no período de 1999 a 2013 está representado pelas barras pretas (eixo à esquerda) e o coeficiente de colaboração anual está representado pelos quadrados brancos (eixo à direita).

8.1.3 Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico

Para refletir a evolução do padrão de colaboração de Bio-Manguinhos em artigos científicos, as redes de coautoria foram construídas com base nos registros recuperados dos anos de 1999 a 2013, divididas em três quinquênios: 1999 a 2003, 2004 a 2008 e 2009 a 2013 (Figura 21). As principais métricas das redes analisadas estão apresentadas no Quadro 9.

A rede do quinquênio 1 envolve 18 autores de Bio-Manguinhos e as redes dos períodos seguintes incluem 49 e 71 autores, respectivamente.

1999 - 2003



2004 - 2008



2009 - 2013

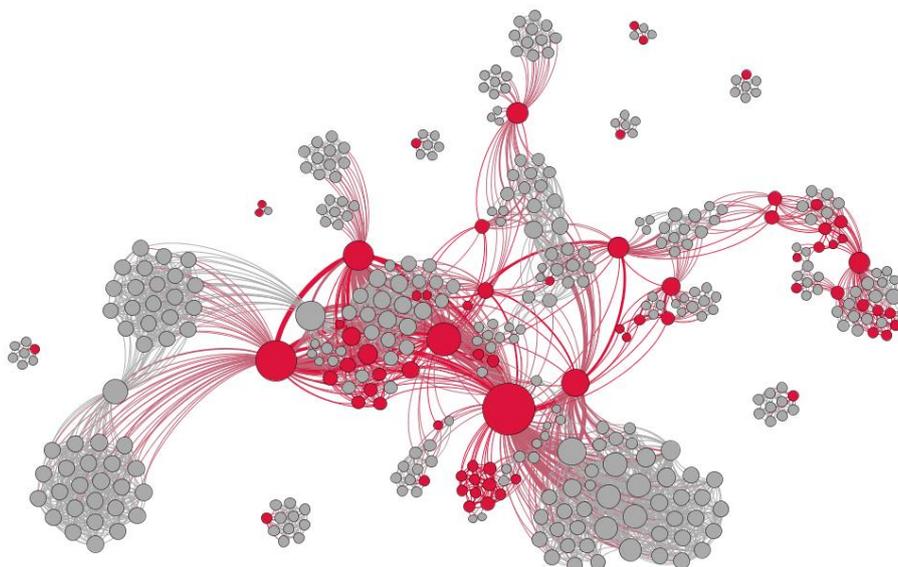


Figura 21: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados à Bio-Manguinhos - Quinquênios. Os nós representam os autores e o compartilhamento da autoria de um artigo científico é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o autor está afiliado a Bio-Manguinhos (vermelho) ou a outras instituições (cinza). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A espessura das linhas indica a frequência de colaboração.

	Período					
	1999-2003		2004-2008		2009-2013	
Número de nós	133		223		396	
Número de ligações	669		1261		2970	
Grau médio	10,06		11,30		15	
Grau máximo	50		61		120	
Número de componentes	6		7		9	
Modularidade	0,65		0,76		0,78	
Número de comunidades	7		7		20	
Densidade	0,076	0,113*	0,051	0,068*	0,038	0,048*
Centralização	0,30		0,22		0,26	

Quadro 9: Principais métricas das redes de publicação científica de Bio-Manguinhos.

* Dados do componente gigante da rede

Pode-se observar que, ao longo do período avaliado, a rede de publicações científicas de Bio-Manguinhos cresceu, quase triplicando de tamanho no último quinquênio. Este fato, aliado ao aumento do grau médio da rede, indica um crescimento da colaboração em Bio-Manguinhos ao longo dos anos.

Apesar desse aumento, os valores de densidade diminuíram e o número de comunidades e componentes aumentou, indicando que, com o passar dos anos, a rede se tornou menos densa e mais fragmentada. De fato, sua modularidade é alta e a densidade do período mais recente mostra que apenas 3,8% de todas as conexões possíveis estão sendo efetivamente realizadas. Mesmo avaliando apenas o componente gigante da rede, também se observa uma queda da densidade ao longo do tempo. Vale mencionar que as redes avaliadas não estão concentradas em seus nós mais centrais, visto que todas possuem baixa centralização.

A fim de avaliar os pesquisadores mais importantes e centrais na rede de publicações científicas de Bio-Manguinhos, foram analisadas duas medidas de centralidade: a centralidade de grau e a de intermediação. Além da análise dos três quinquênios, também foi construída uma rede cumulativa que abrange todo o período avaliado (Figura 22).

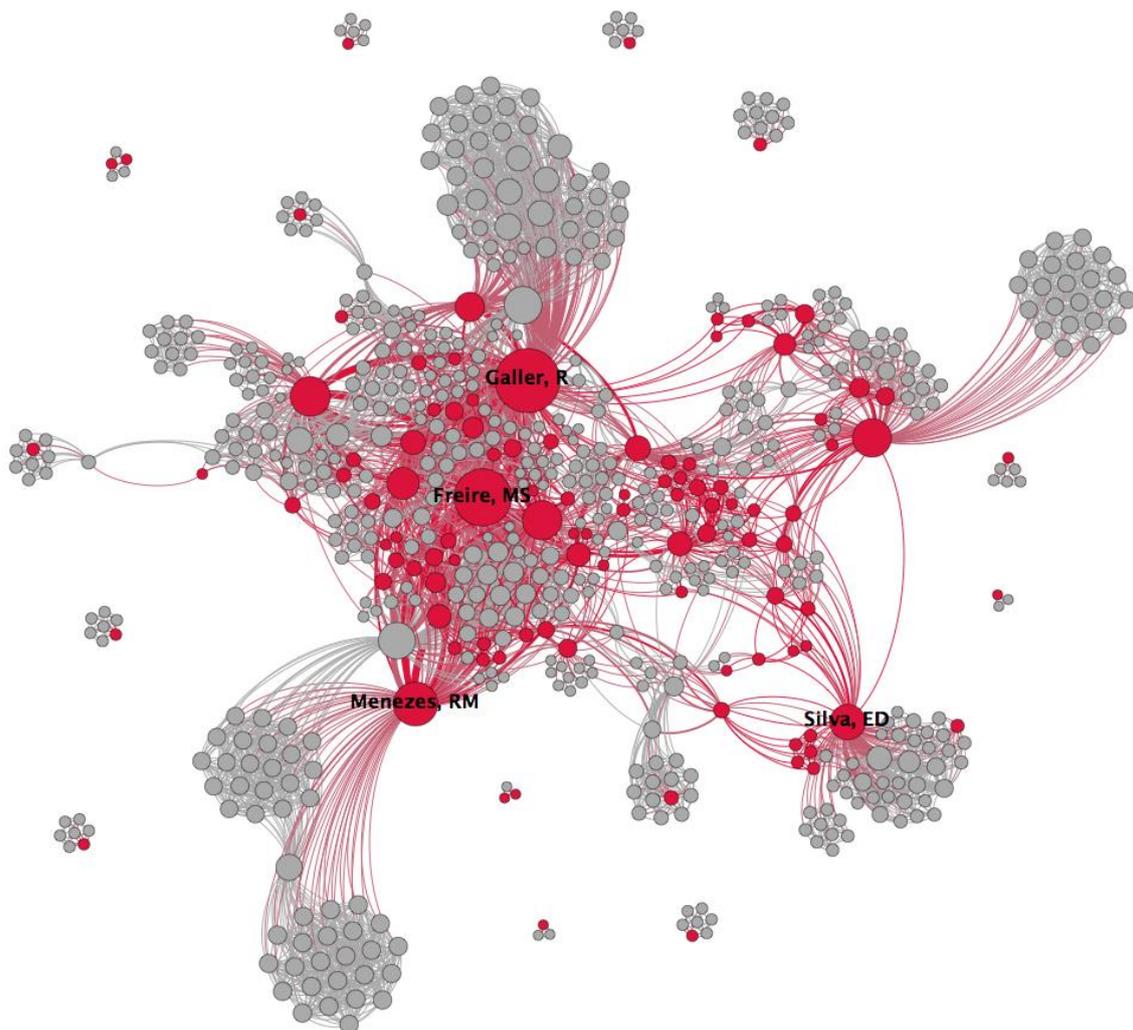


Figura 22: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados à Bio-Manguinhos - Cumulativa. Os nós representam os autores e o compartilhamento da autoria de um artigo científico é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o autor está afiliado a Bio-Manguinhos (vermelho) ou a outras instituições (cinza). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A espessura das linhas indica a frequência e colaboração. Os três autores com maior centralidade de grau e/ou maior centralidade de intermediação estão indicados.

A distribuição da centralidade de grau entre os autores de Bio-Manguinhos mostra alguns poucos tendo este índice elevado e a maioria deles apresentando uma baixa centralidade de grau (Figura 23).

Tabela 1: Ranking dos três autores mais importantes de Bio-Manguinhos, baseado em medidas de centralidade da rede.

Período	Rank	Autor	Centralidade de grau	Rank	Autor	Centralidade de intermediação
1999 a 2003	1	Freire, MS	0,378	1	Freire, MS	0,362
	2	Marchevsky, RS	0,250	2	Silva, ED	0,212
	3	Yamamura, AMY	0,234	3	Marchevsky, RS	0,157
2004 a 2008	1	Armoa, GRG	0,274	1	Armoa, GRG	0,372
	2	Freire, MS	0,180	2	Marcovistz, R	0,332
	3	Homma, A	0,162	3	Matos, DCS	0,138
2009 a 2013	1	Galler, R	0,303	1	Galler, R	0,262
	2	Martins, RM	0,227	2	Matos, DCS	0,233
	3	Freire, MS	0,179	3	Martins, RM	0,162
1999 a 2013	1	Galler, R	0,237	1	Freire, MS	0,207
	2	Freire, MS	0,208	2	Galler, R	0,193
	3	Martins, RM	0,122	3	Silva, ED	0,139

A análise da centralidade de grau e da centralidade de intermediação mostra que, ao longo do tempo, diferentes indivíduos assumiram posições centrais na rede. Freire aparece como autor central em todos os períodos e a análise das medidas de centralidade na rede cumulativa mostra que Galler, Freire, Martins e Silva são, historicamente, os indivíduos mais importantes da instituição.

A fim de obter uma perspectiva interna da cooperação em Bio-Manguinhos, foi construída uma rede cumulativa de coautoria em publicações científicas apenas entre os autores de Bio-Manguinhos (Figura 24). Suas principais métricas estão indicadas no Quadro 10.

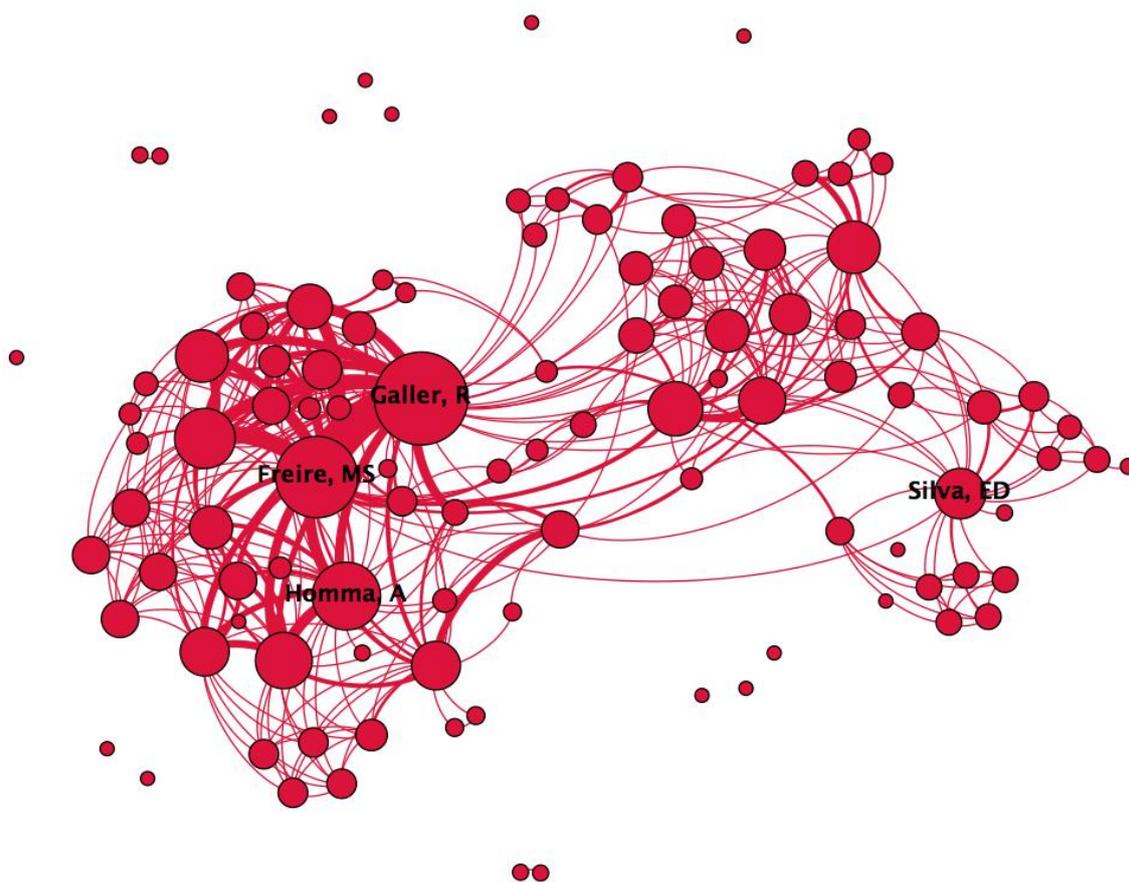


Figura 24: Rede de colaboração interna dos pesquisadores de Bio-Manguinhos. Os nós representam os autores e o compartilhamento da autoria de um artigo científico é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A espessura das linhas indica a frequência de colaboração. Os três autores com maior centralidade de grau e/ou maior centralidade de intermediação estão indicados.

Métricas	Valor	
Número de nós	105	
Número de ligações	413	
Grau médio	7,8	
Grau máximo	41	
Número de componentes	17	
Modularidade	0,512	
Número de comunidades	21	5*
Densidade	0,076	0,11*
Centralização	0,318	

Quadro 10: Principais métricas da rede interna de publicação científica de Bio-Manguinhos.* Dados do componente gigante da rede

A rede de colaboração interna conta com 105 indivíduos que possuem, em média, 7,8 conexões entre si. Há 17 componentes na rede, os quais incluem o componente gigante, formado por 87 indivíduos (82% da rede), 11 desconectados da rede, ou seja, aqueles que não colaboram com nenhum outro dentro de Bio-Manguinhos e dois grupos de dois pesquisadores que só colaboram entre si. Há uma baixa densidade tanto na rede como um todo quanto no componente gigante.

Considerando a rede interna, os pesquisadores mais importantes segundo as medidas de centralidade da rede são Galler, Freire, Homma e Silva (Tabela 2). Nesta rede, os pesquisadores que mais colaboram entre si são Freire e Galler, com 23 artigos em coautoria, seguidos de Yamamura e Freire, com 11 artigos em colaboração.

Tabela 2: *Ranking* dos três autores mais importantes da rede de colaboração interna de Bio-Manguinhos, baseado em medidas de centralidade da rede.

Período	Rank	Autor	Centralidade de grau	Rank	Autor	Centralidade de intermediação
1999 a 2013	1	Galler, R	0,394	1	Freire, MS	0,182
	2	Freire, MS	0,366	2	Galler, R	0,181
	3	Homma, A	0,269	3	Silva, ED	0,158

Ao avaliar a estrutura de comunidades formada na rede interna, identifica-se, com clareza que as comunidades são basicamente compostas pelos membros dos diferentes laboratórios, conforme demonstrado na Figura 25. Pode-se perceber que o grupo de Vacinas Virais interage mais com a Assessoria Clínica do que os demais grupos e que o grupo de Reativos é mais periférico em relação aos outros e se relaciona com poucas áreas.

Para refletir o padrão institucional de colaboração de Bio-Manguinhos em publicações científicas, a rede institucional de coautoria foi construída com base em todos os registros recuperados (período 1999-2013) e está demonstrada na Figura 26. A rede é composta por 128 nós e nela as instituições internacionais participam de 56,7% das colaborações e as instituições brasileiras estão incluídas em 43,3%.

A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre as diferentes instituições. No caso de Bio-Manguinhos, seus principais colaboradores são a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – principalmente o Instituto Oswaldo Cruz e a Escola Nacional de Saúde Pública – e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com 79 e 16 artigos em coautoria, respectivamente. Outras cooperações frequentes incluem a Universidade Federal Fluminense (UFF – RJ) e outras duas unidades da Fiocruz: o Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (CPqAM – PE) e o Centro de Pesquisas René Rachou (CPqRR – MG).

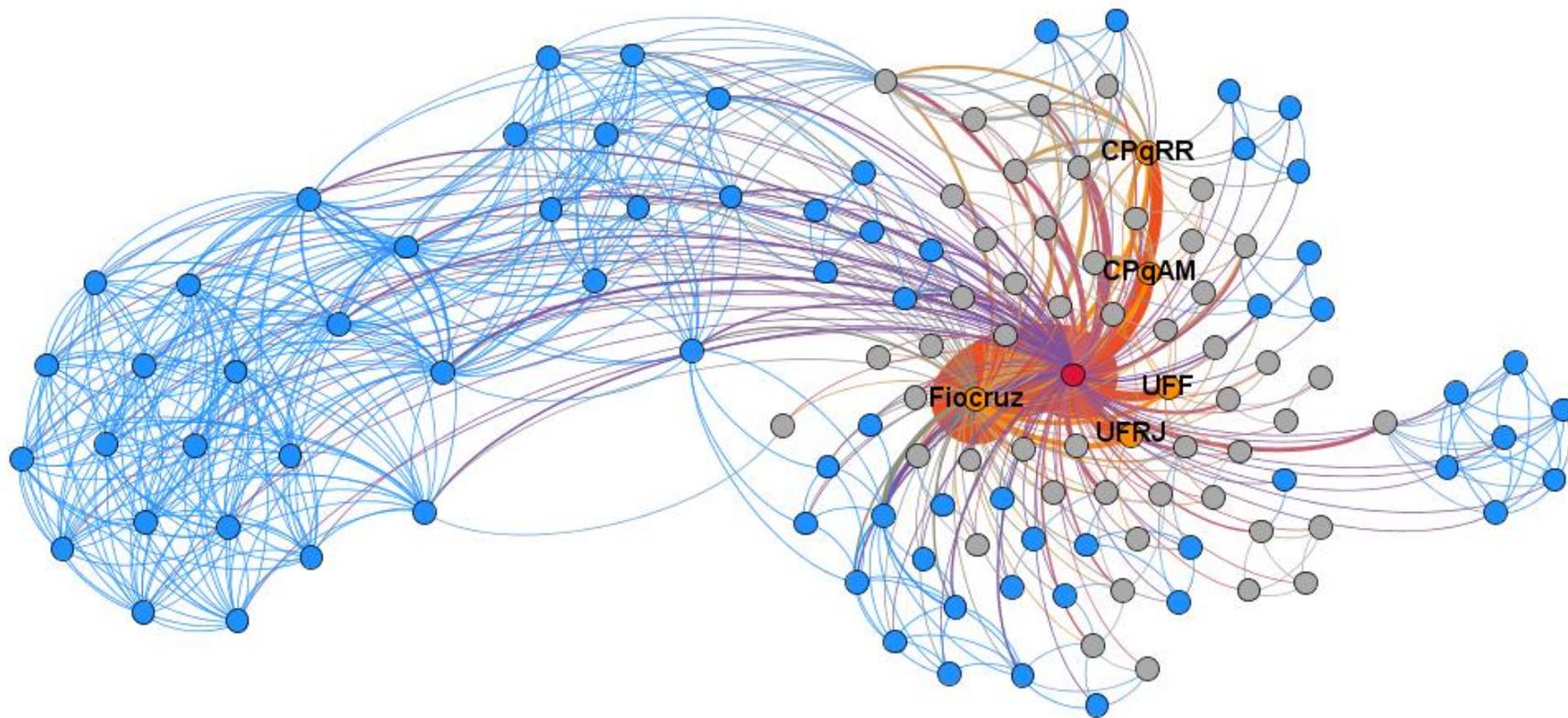


Figura 26: Rede de colaboração em artigos científicos de instituições parceiras de Bio-Manguinhos. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos autores dos artigos científicos. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a autoria de um artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é brasileira (cinza) ou internacional (azul). Bio-Manguinhos é mostrado em vermelho e as cinco instituições colaboradoras mais frequentes estão representadas na cor laranja. FioCruz: Fundação Oswaldo Cruz (RJ); UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ); UFF: Universidade Federal Fluminense (RJ); CPqRR: Centro de Pesquisas René Rachou (MG); CPqAM: Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (PE).

A Tabela 3 apresenta o percentual de participação de cada tipo de instituição na rede de coautoria em artigos de Bio-Manguinhos. A maior parte da colaboração ocorre no setor universitário, mas uma grande quantidade de interação envolve também institutos de pesquisa e unidades de saúde.

Tabela 3: Percentual de participação de diferentes tipos de instituição na rede de coautoria em publicações científicas de Bio-Manguinhos

Tipo de instituição	Participação na rede (%)
Universidades	40,16
Institutos de pesquisa	19,69
Unidades médicas	14,17
Empresas	13,39
Órgãos governamentais	7,87
Associações e alianças	2,36
Instituições de apoio à C&T	1,57
Outras instituições de ensino	0,79

8.1.4 Sistema de conhecimentos

A análise das publicações científicas de Bio-Manguinhos no período 1999-2013 recuperou 30 áreas de pesquisa diferentes. O Sistema de conhecimentos de Bio-Manguinhos está apresentado na Figura 27.

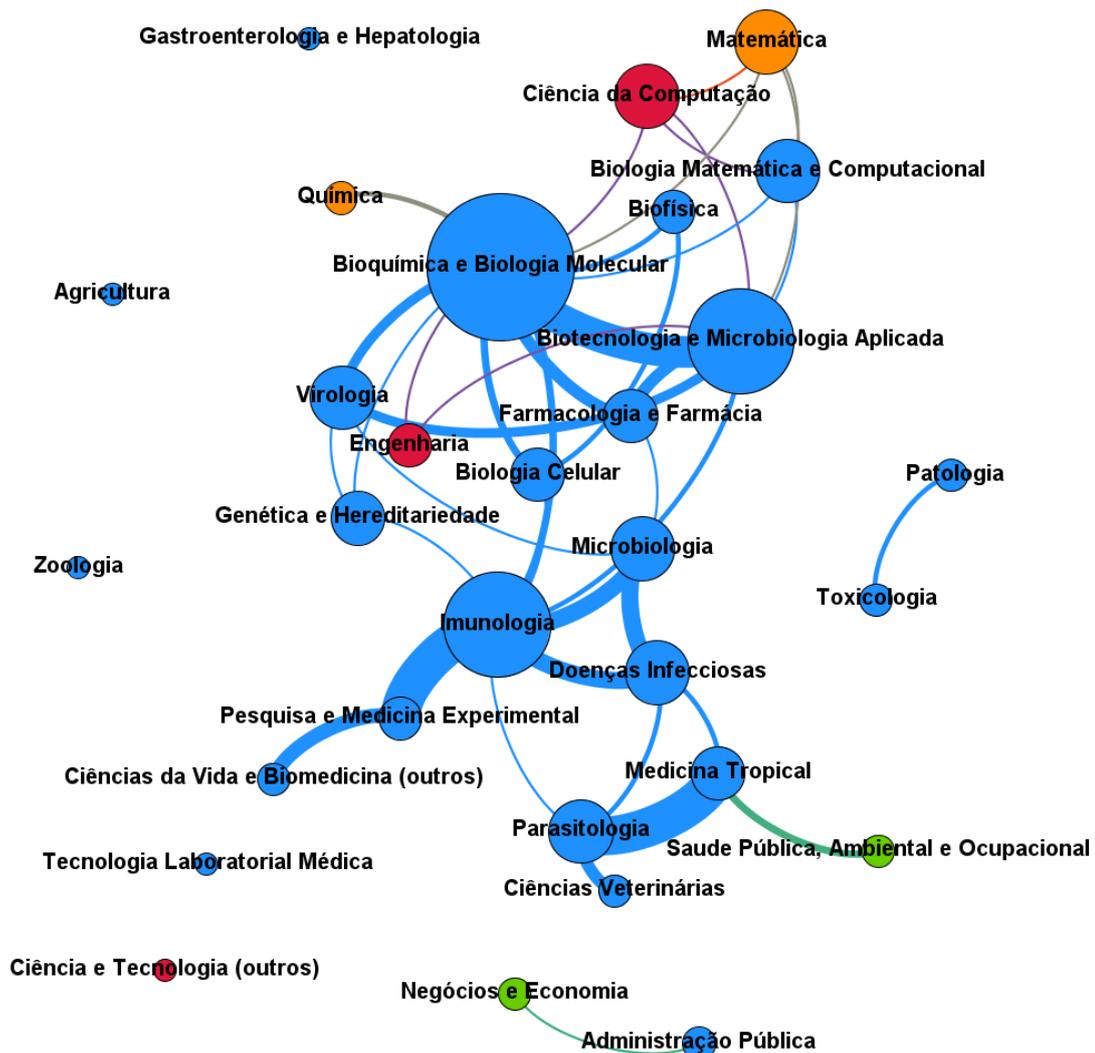


Figura 27: Sistema de conhecimentos de Bio-Manguinhos. As relações entre duas áreas de pesquisa foram mapeadas de acordo com sua co-ocorrência em um mesmo artigo científico. Cada nó representa uma área de pesquisa e duas áreas foram consideradas conectadas quando estavam presentes no mesmo artigo. A espessura das ligações indica a frequência de co-ocorrência entre dois nós. A cor do nó indica a grande área de conhecimento na qual a área de pesquisa está inserida: Ciências da Vida e Biomedicina (azul), Ciências Físicas (laranja), Tecnologia (vermelha) e Ciências Sociais (verde). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau.

A Figura 27 mostra as áreas com um maior número de conexões ocupando uma posição mais central ('Bioquímica e Biologia Molecular', 'Imunologia', 'Biotecnologia e Microbiologia Aplicada'), enquanto outras áreas, com menos ligações, localizadas na periferia ('Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional', 'Ciências Veterinárias'). Há um predomínio das áreas relacionadas às Ciências da Vida e Biomedicina no Sistema de conhecimentos de Bio-Manguinhos, demonstrada pela maior parte dos nós de cor azul (76,67%). Outras áreas encontram-se isoladas das demais, como 'Agricultura' ou

'Zoologia', mostrando que não há qualquer relação destas com as demais áreas de conhecimento de Bio-Manguinhos. Existem também áreas isoladas, que só possuem relações entre si, como 'Negócios e Economia' e 'Administração Pública', e 'Patologia' e 'Toxicologia'.

Ao se analisar a centralidade de grau das áreas, ou seja, sua importância de acordo com o número de relações que elas têm com as demais, a de 'Bioquímica e Biologia Molecular' é a mais central, tendo ligações com outras 12 áreas. Em nível de importância, de acordo com sua centralidade de grau, tem-se a 'Imunologia' e a 'Biotecnologia e Microbiologia Aplicada', que possuem relações com outras oito áreas do Sistema de conhecimentos.

A área de 'Bioquímica e Biologia Molecular' tem forte afinidade com a de 'Biotecnologia e Microbiologia Aplicada' (peso 13), demonstrando que ambas são frequentemente utilizadas em conjunto nos artigos científicos publicados por Bio-Manguinhos. Essa mesma área apresenta uma relação mais fraca com as disciplinas de 'Farmacologia e Farmácia' (peso 5) e 'Virologia' (peso 4). As relações mais fortes do Sistema de conhecimentos de Bio-Manguinhos são as da área de 'Imunologia' com a 'Pesquisa e Medicina Experimental' e da 'Parasitologia' com a 'Medicina Tropical', ambas com peso 16.

A análise de formação de comunidades identificou a presença de três grupos definidos de áreas correlatas, demonstrados na Figura 28. Cada um dos grupos possui uma área mais central: a 'Bioquímica e Biologia Molecular' no grupo de cor azul, a 'Imunologia' no grupo de cor vermelha e a 'Parasitologia' no grupo de cor verde. Essas áreas podem ser consideradas as principais bases de conhecimento de Bio-Manguinhos.

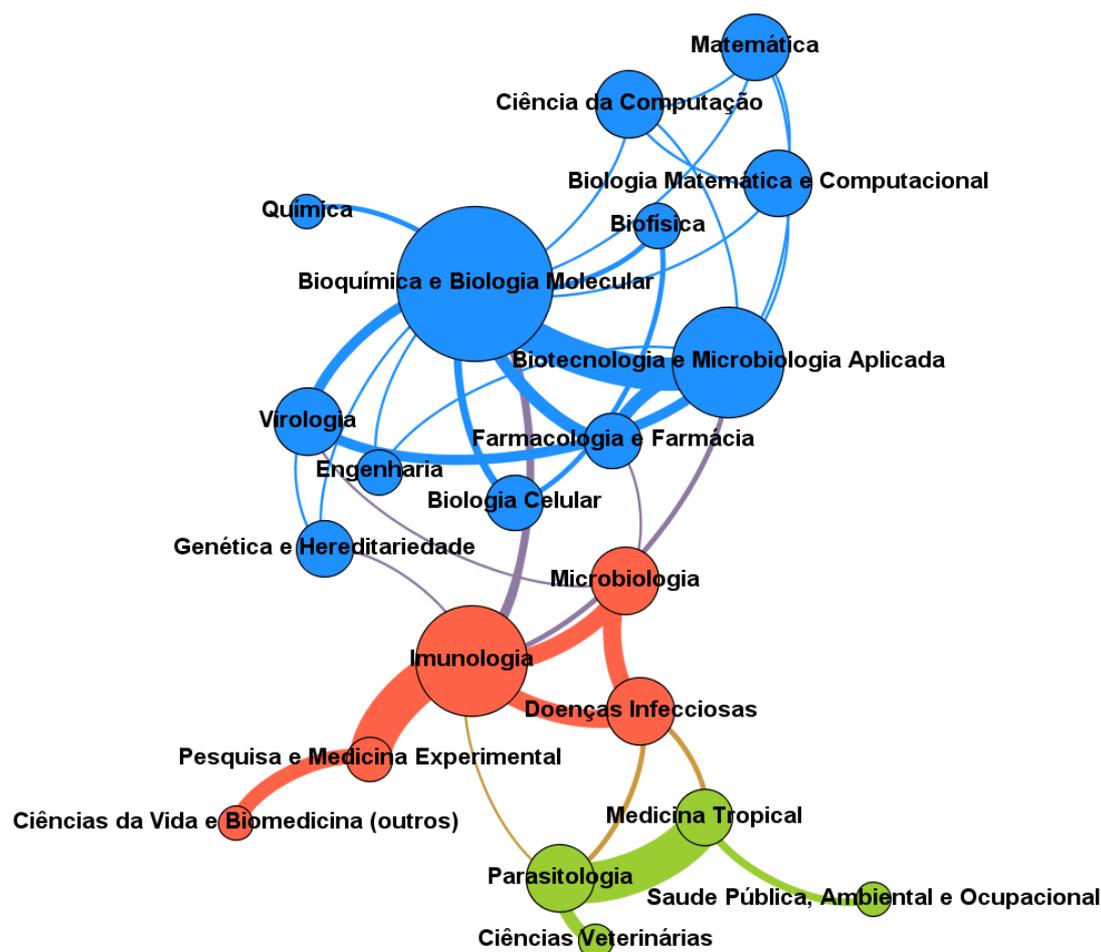


Figura 28: Sistema de conhecimentos de Bio-Manguinhos - Grupos. As relações entre duas áreas de pesquisa foram mapeadas de acordo com sua coocorrência em um mesmo artigo científico. Cada nó representa uma área de pesquisa e duas áreas foram consideradas conectadas quando estavam presentes no mesmo artigo. A espessura das ligações indica a frequência de co-ocorrência entre dois nós. A cor do nó indica o grupo ao qual ele pertence. O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau.

8.1.5 Colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação

Os parâmetros de pesquisa incluíram todas as patentes depositadas por Bio-Manguinhos, tanto no Brasil quanto no exterior, e abrangeram as datas de publicação de 1999 a 2013. Especificamente para Bio-Manguinhos, a pesquisa foi conduzida usando "Fundação Oswaldo Cruz" e suas variações, como palavras de pesquisa. Esta abordagem foi adotada porque todas as patentes das unidades da Fiocruz são atribuídas a sua organização-mãe, a Fiocruz, e, portanto, o nome de Bio-Manguinhos não é registrado nas bases de dados nacionais ou internacionais. Essa busca recuperou 139 resultados que foram filtrados de acordo com informações sobre os nomes dos inventores, recuperadas com o Núcleo de Inovação Tecnológica da

Instituição, a fim de identificar as patentes que incluíam inventores Bio-Manguinhos. Foram identificados 18 autores afiliados a Bio-Manguinhos, que resultaram em 13 patentes recuperadas. As afiliações dos 37 inventores que não pertenciam ao corpo funcional de Bio-Manguinhos foram confirmadas por meio de pesquisa na base de dados da Plataforma Lattes, no caso de inventores brasileiros, ou na internet de forma geral, no caso de inventores internacionais. Não foram utilizados filtros sobre as classes de patentes.

Das patentes recuperadas, 92% foram depositadas em outros países. Apesar de a autoria de patentes ser considerada mais uma atividade intramuros, 12 delas (91,6%) contaram com a participação de inventores de outras instituições, mostrando que esse não é o caso em Bio-Manguinhos. A Figura 29 mostra a distribuição temporal das patentes dos inventores de Bio-Manguinhos por ano e o número médio de colaboradores envolvidos nessas atividades.

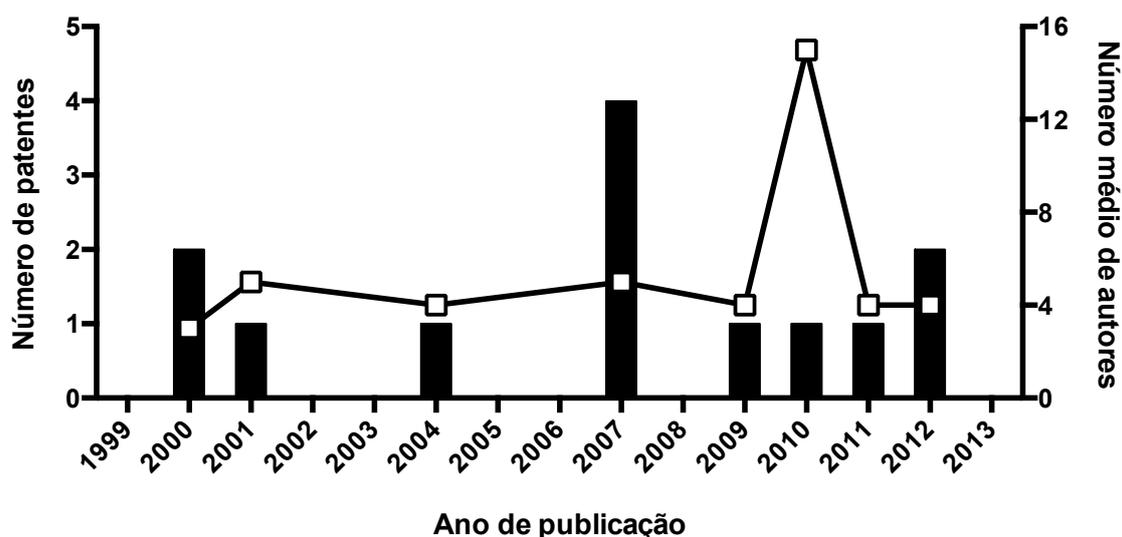
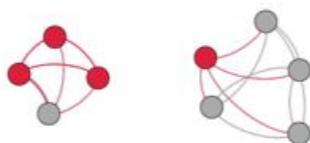


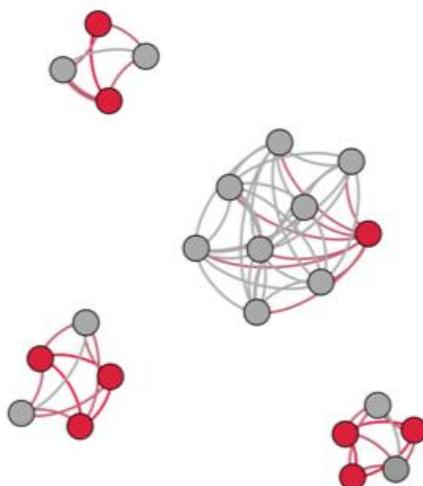
Figura 29: Evolução temporal do número de patentes de inventores de Bio-Manguinhos e número médio de colaboradores. O número de patentes publicadas no período de 1999 a 2013 (eixo à esquerda) está representado pelas barras pretas e o número médio de autores que participaram dessas atividades (eixo à direita) está representado pelos quadrados brancos.

A evolução temporal das redes de coinvenção em patentes pode ser vista na Figura 30 e as métricas básicas de cada uma das redes estão indicadas no Quadro 11.

1999 - 2003



2004 - 2008



2009 - 2013

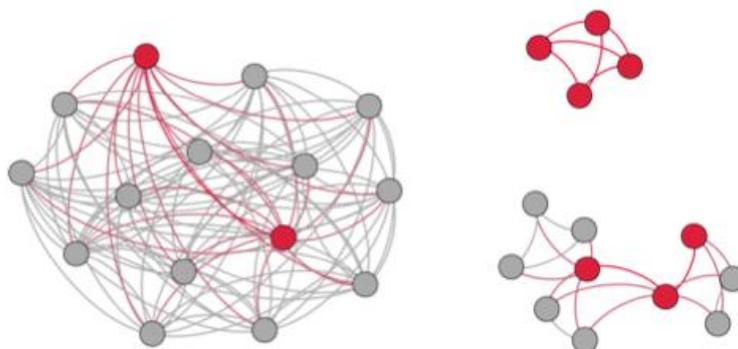


Figura 30: Evolução da rede de coinvenção em patentes de inventores afiliados à Bio-Manguinhos. Os nós representam os inventores e o compartilhamento da invenção de uma patente é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o inventor está afiliado a Bio-Manguinhos (vermelho) ou a outras instituições (cinza).

	Período		
	1999-2003	2004-2008	2009-2013
Número de nós	9	23	29
Número de ligações	16	62	129
Número de componentes	2	4	3
Densidade	0,44	0,24	0,31
Centralização	0,05	0,11	0,18

Quadro 11: Métricas básicas das redes de coautoria em patentes de Bio-Manguinhos

A análise das redes de coinvenção de patentes mostra um crescimento do tamanho da rede ao longo do tempo, evidenciado pelo aumento do número de indivíduos participantes e das ligações entre eles. Entretanto, este crescimento não foi acompanhado por uma ampliação em sua conectividade. Além da existência de componentes não conectados em todos os três períodos, as medidas de densidade indicam que apenas de 30 a 40% do potencial de interação estava sendo utilizado. O grau de centralização complementa a avaliação da densidade, demonstrando que as redes analisadas não estão concentradas em seus nós mais centrais.

Uma análise dos indivíduos que estiveram presentes ao longo de todos os períodos de tempo avaliados aponta para Freire e Galler como os inventores seniores da Instituição. A fim de identificar os inventores mais importantes, assumiu-se uma perspectiva histórica da coinvenção de patentes, representada pela rede cumulativa de colaboração em patentes do período 1999-2013 (Figura 31).

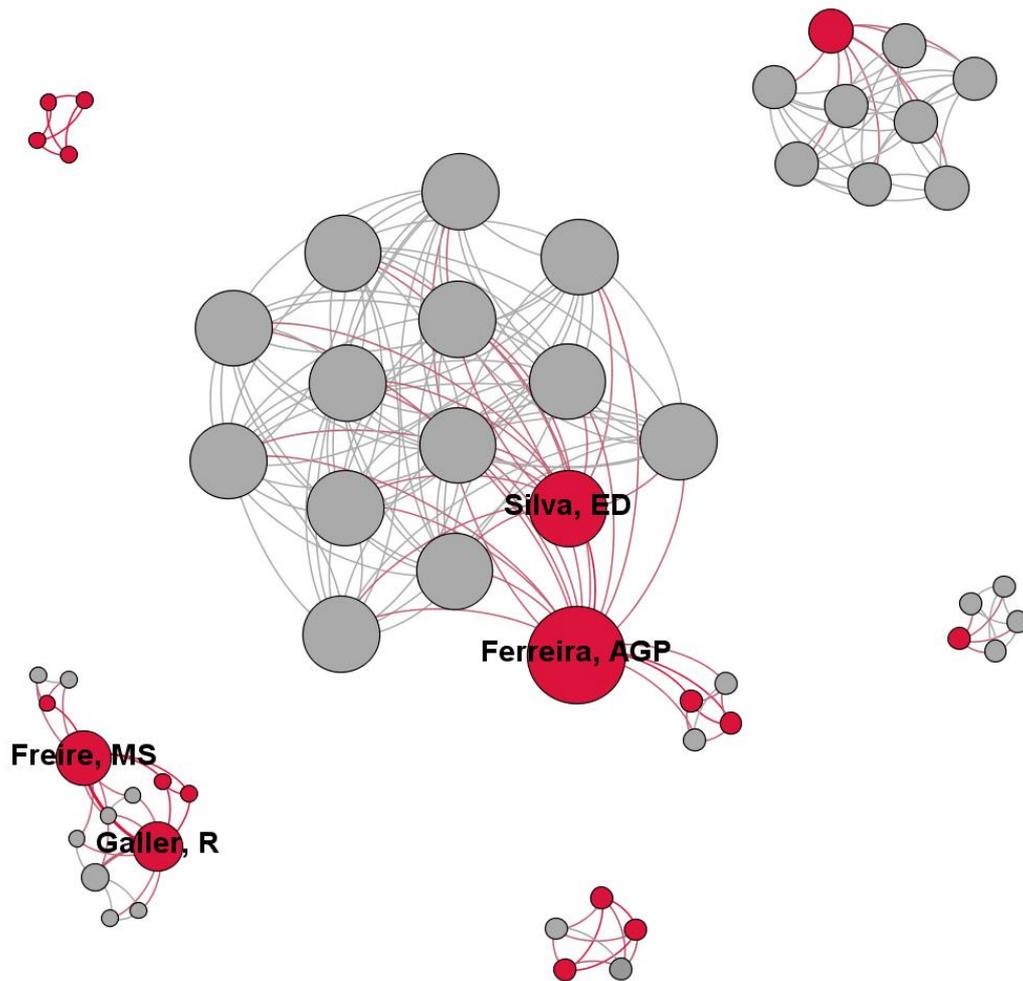


Figura 31: Rede cumulativa de coinvenção em patentes de Bio-Manguinhos – período 1999-2013. Os nós representam os inventores e o compartilhamento da autoria de uma patente é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o inventor está afiliado a Bio-Manguinhos (vermelho) ou a outras instituições (cinza). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. Os inventores mais importantes, segundo as medidas de centralidade, estão indicados.

Utilizando esta abordagem, os três principais inventores de Bio-Manguinhos, de acordo com sua centralidade de grau e centralidade de intermediação, estão mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Ranking dos três inventores mais importantes de Bio-Manguinhos baseado em medidas de centralidade da rede.

Rank	Inventor	Centralidade de grau	Rank	Inventor	Centralidade de intermediação
1	Ferreira, AGP	0,333	1	Ferreira, AGP	0,039
2	Silva, ED	0,259	2	Freire, MS	0,023
3	Freire, MS	0,185	3	Galler, R	0,013

A fim de identificar e mapear os parceiros organizacionais de Bio-Manguinhos, a análise de redes de coinvenção em patentes também foi realizada no nível institucional. Nesta rede (Figura 32), que inclui oito parceiros de Bio-Manguinhos, as organizações nacionais desempenham um papel de liderança nas parcerias com 85% de toda a cooperação.

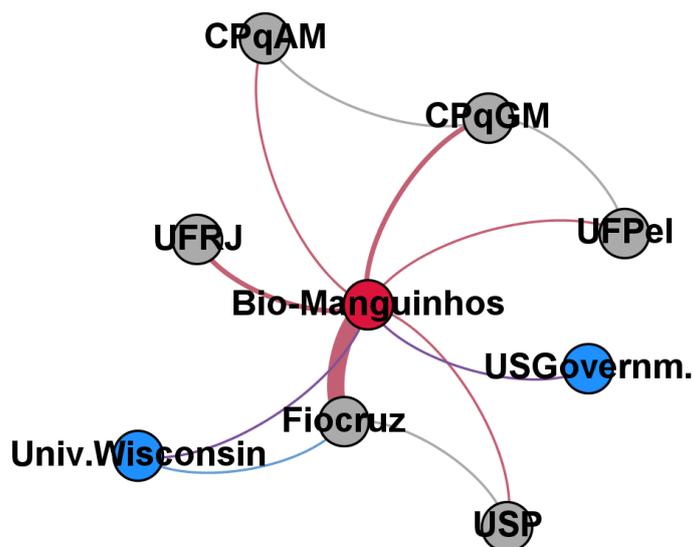


Figura 32: Rede institucional de coinvenção em patentes de Bio-Manguinhos. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos autores das patentes. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a invenção de uma patente. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é nacional (cinza) ou internacional (azul). CPqAM, Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (Fiocruz PE); UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ); Universidade de Wisconsin (EUA); IOC, Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz - RJ); USP, Universidade de São Paulo (SP); US Governm., Governo dos EUA (EUA); UFPel, Universidade Federal de Pelotas (RS); CPqGM, Centro de Pesquisas Gonçalo Muniz (Fiocruz – MG).

A espessura das linhas observadas na rede (Figura 32) indica a frequência de colaboração entre as instituições. A Fiocruz, mais especificamente o Instituto Oswaldo Cruz (IOC), é o parceiro mais frequente de Bio-Manguinhos, presente em cerca de 46,6% de toda a cooperação no desenvolvimento de patentes.

A Tabela 5 apresenta o percentual de participação de cada tipo de instituição nas redes de coinvenção em patentes de Bio-Manguinhos. A maior parte da colaboração ocorre no setor universitário, mas uma grande quantidade de interação envolve também institutos de pesquisa, incluindo outras unidades da Fiocruz.

Tabela 5: Participação dos diferentes tipos de instituições envolvidas nas redes de coinvenção em patentes de Bio-Manguinhos

Tipo de instituição	Participação na rede (%)
Universidades	50
Institutos de pesquisa	37,5
Órgãos governamentais	12,5

8.1.6 Sistema de competências tecnológicas

A análise das patentes de Bio-Manguinhos, publicadas no período 1999-2013, baseada nos códigos da CIP, recuperou as seguintes classes e seus respectivos significados (Quadro 12):

CIP (Grupo Principal)	Descrição	Subgrupo	Descrição
A61K	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas	39	Preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos
		47	Preparações medicinais caracterizadas pelos ingredientes não ativos utilizados, p. ex. excipientes, aditivos inertes
A61P	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais	3	Fármacos para o tratamento de distúrbios do metabolismo
		31	Anti-infecciosos, i.e. antibióticos, antissépticos, quimioterapêuticos
		37	Fármacos para o tratamento de distúrbios imunológicos ou alérgicos

CIP (Grupo Principal)	Descrição	Subgrupo	Descrição
C07H	Açúcares; seus derivados; nucleosídeos; nucleotídeos; ácidos nucleicos	21	Compostos contendo duas ou mais unidades mononucleotídicas tendo grupos fosfato ou polifosfato separados, ligados por radicais sacarídeos de grupos nucleosídeos, p. ex. ácidos nucleicos
C07K	Peptídeos	14	Peptídeos tendo mais de 20 aminoácidos; Gastrinas; Somatoestatinas; Melanotropinas – bem como derivados de todos eles
		16	Imunoglobulinas, p. ex. anticorpos mono- ou policlonais
C12N	Micro-organismos ou enzimas; suas composições; propagação, conservação, ou manutenção de micro-organismos; engenharia genética ou de mutações; meios de cultura	5	Células não diferenciadas de seres humanos, animais ou plantas, p. ex. linhagem de células; Tecidos; Sua cultura ou manutenção; Seus meios de cultura
		7	Vírus, p. ex. bacteriófagos; Suas composições; Sua preparação ou purificação
		15	Mutação ou engenharia genética; DNA ou RNA concernentes à engenharia genética, vetores, p. ex. plasmídeos ou seu isolamento, preparação ou purificação; Uso de seus hospedeiros
C12Q	Processos de medição ou ensaio envolvendo enzimas ou micro-organismos; suas composições ou seus papéis de teste; processos de preparação dessas composições; controle responsivo a condições do meio nos processos microbiológicos ou enzimáticos	1	Processos de medição ou ensaio envolvendo enzimas ou micro-organismos; Composições para esse fim; Processos de preparação de tais composições
G01N	Investigação ou análise dos materiais pela determinação de suas propriedades químicas ou físicas	33	Investigação ou análise de materiais por métodos específicos

Quadro 12: Classificação das diferentes patentes de Bio-Manguinhos de acordo com os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) Fonte: Elaboração própria a partir da Publicação Oficial da Classificação Internacional de Patentes, disponível em: <<http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub>>, versão 2014.01.

Com base nos códigos da CIP estabelecidos pela OCDE (2009) para caracterizar as patentes da área de biotecnologia, constata-se que, pelo menos um deles está presente em todas as patentes de Bio-Manguinhos analisadas, mostrando que todas estão relacionadas com a área de biotecnologia.

O Sistema de competências tecnológicas de Bio-Manguinhos referente ao período 1999-2013 está apresentado na Figura 33 por meio de sua rede de coclassificação de patentes. A rede possui 13 nós totalmente conectados, mostrando que as capacidades tecnológicas existentes na instituição são inteiramente relacionadas. Isso indica uma consistência em seu portfólio de patentes, mas também uma baixa heterogeneidade de tecnologias.

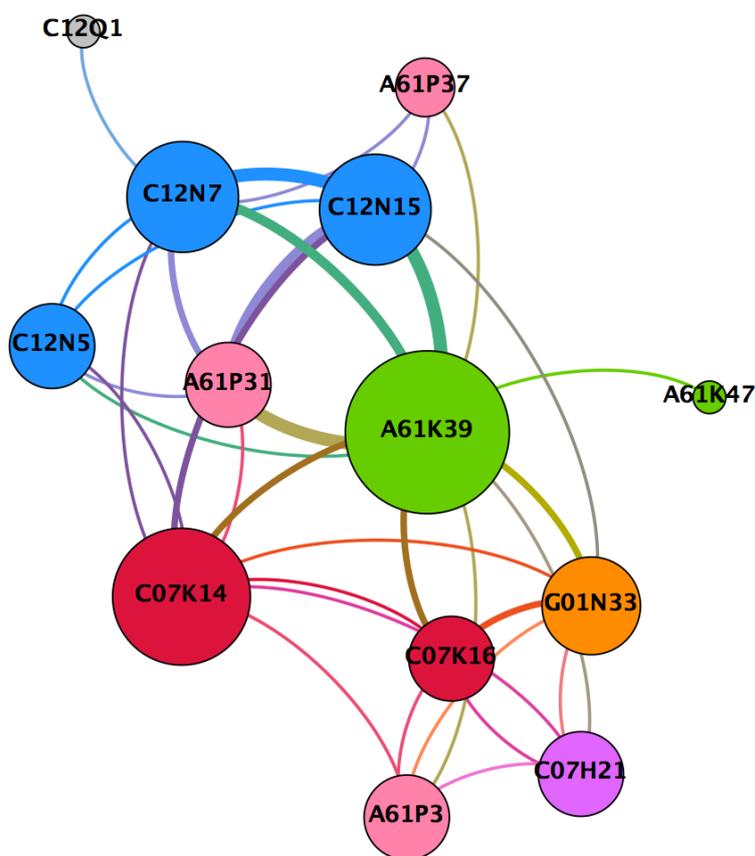


Figura 33: Sistema de competências tecnológicas de Bio-Manguinhos - Subgrupos. As relações entre dois códigos foram mapeadas de acordo com sua coocorrência em uma mesma patente. Cada nó representa um código da CIP e dois códigos foram considerados conectados quando estavam presentes na mesma patente. A espessura das ligações indica a frequência de co-ocorrência entre dois nós. A cor do nó indica o Grupo Principal da CIP no qual o Subgrupo se insere: A61K (verde), A61P (rosa), C12N (azul), C07K (vermelho), G01N (laranja), C12Q (cinza) ou C07H (roxo). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau.

A análise da centralidade de grau das classificações das patentes demonstra que a classe mais central da rede é a A61K39, seguida pela C07K14 (Quadro 13). Esse resultado mostra que a principal competência de Bio-Manguinhos, no que tange ao desenvolvimento de produtos, está nas preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos, comumente relacionadas à área de vacinas.

Rank	CIP	Centralidade de grau
1	A61K39	0,917
2	C07K14	0,750
3	C12N7, C12N15	0,583
4	G01N33	0,500
5	A61P31, C12N5, C07K16, A61P3, C07H21	0,417
6	A61P37	0,250
7	C12Q1, A61K47	0,083

Quadro 13: Classes de patentes de Bio-Manguinhos em ordem de importância de acordo com sua centralidade de grau.

A análise das classes mais fortemente relacionadas na rede de coclassificação de patentes de Bio-Manguinhos foi realizada com base nos Grupos Principais de classificação das patentes, conforme mostrado na Figura 34.

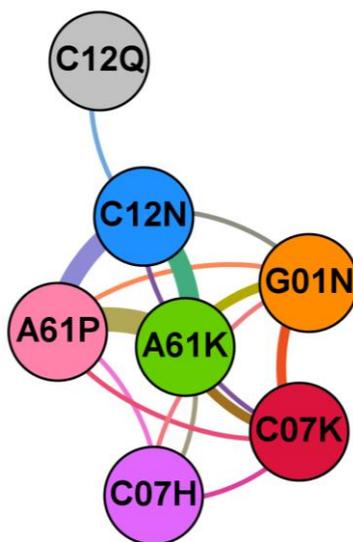


Figura 34: Sistema de competências tecnológicas de Bio-manguinhos – Grupos principais. As relações entre dois códigos foram mapeadas de acordo com sua coocorrência em uma mesma patente. Cada nó representa um código da CIP e dois códigos foram considerados conectados quando estavam presentes na mesma patente. A espessura das ligações indica a frequência de coocorrência entre dois nós. A cor do nó indica o Grupo Principal da CIP: A61K (verde), A61P (rosa), C12N (azul), C07K (vermelho), G01N (laranja), C12Q (cinza) e C07H (roxo).

A análise desta rede mostra que as classes mais relacionadas nas patentes de Bio-Manguinhos são a A61K e a A61P (peso 5), indicando que a sua maior competência, a qual envolve preparações para finalidades médicas, tem forte relação com atividade terapêutica. Outras classes mais fortemente relacionadas são a A61P e C12N e a C12N e A61K, ambas com peso 4. Pode-se observar uma tríade de relações mais fortes na rede, formada pelos grupos A61K, A61P e C12N. Isso significa que frequentemente as preparações para finalidades médicas de Bio-Manguinhos, as quais possuem atividade terapêutica, envolvem o uso de micro-organismos.

8.1.7 Índice de diversidade de colaboração (IDC)

O IDC institucional de Bio-Manguinhos foi calculado com base nos dados de coautoria em publicações científicas, para refletir o padrão de colaboração para o avanço do conhecimento científico, e também da coinvenção de patentes, a fim de representar o padrão de cooperação para desenvolvimento tecnológico e inovação. Foram utilizados dados de todo o período avaliado (1999 – 2013).

Com relação ao avanço do conhecimento científico, foram observadas 336 relações de coautoria institucional, sendo que 202 delas ocorreram mais de uma vez. Assim, o IDC de Bio-Manguinhos é igual a 0,4.

Quanto ao desenvolvimento tecnológico e inovação, foram observadas 16 relações de coinvenção institucional sendo que oito delas ocorreram mais de uma vez. Desta forma, o IDC de Bio-Manguinhos é igual a 0,5.

8.1.8 Redes temáticas

A escolha da rede temática para a prospecção de parceiros para Bio-Manguinhos foi baseada na convergência de uma de suas competências ainda não muito desenvolvida, o desenvolvimento de anticorpos monoclonais, com um tema extremamente atual e relevante para a saúde pública: o tratamento para câncer.

O câncer enquadra-se na classificação das doenças crônicas não transmissíveis que, em 2007, foram responsáveis por 72% das mortes no Brasil (SCHMIDT et al., 2011). No que diz respeito à P&D em câncer, a indústria farmacêutica tem sido fortemente influenciada pelo uso de anticorpos monoclonais, porque esses tipos de substâncias são capazes de atacar tumores exclusivamente, sem causar muitos efeitos colaterais, oferecendo melhores chances de recuperação para os pacientes.

Com o intuito de dar foco à análise, escolheu-se o câncer de próstata por ser o câncer mais incidente entre homens em todas as regiões do Brasil, cuja mortalidade vem

aumentando nos últimos anos, segundo o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA, 2014). Além disso, as taxas de sobrevivência de cinco anos para pacientes com câncer de próstata sugerem dificuldades ou desigualdades de acesso a procedimentos diagnósticos e tratamento no Brasil (SCHMIDT et al., 2011). Para a construção da rede temática de pesquisa em anticorpos monoclonais para câncer de próstata, a coleta de dados abrangeu o período de 2010 a 2014. A fim de obter as publicações sobre o tema, a consulta foi feita utilizando o termo “monoclonal AND antibod* AND (cancer OR tumor OR neoplasm) AND prostate” e recuperou 660 registros.

A rede de pesquisa para o desenvolvimento de anticorpos monoclonais para o tratamento do câncer de próstata é composta por 48 países e pode ser demonstrada na Figura 35. Os países mais centrais nesta rede, representados pelos nós de tamanho maior, são Estados Unidos, Alemanha e Austrália. O Brasil também participa da rede e possui colaborações diretas com 21 países, incluindo todos os mais centrais na rede.

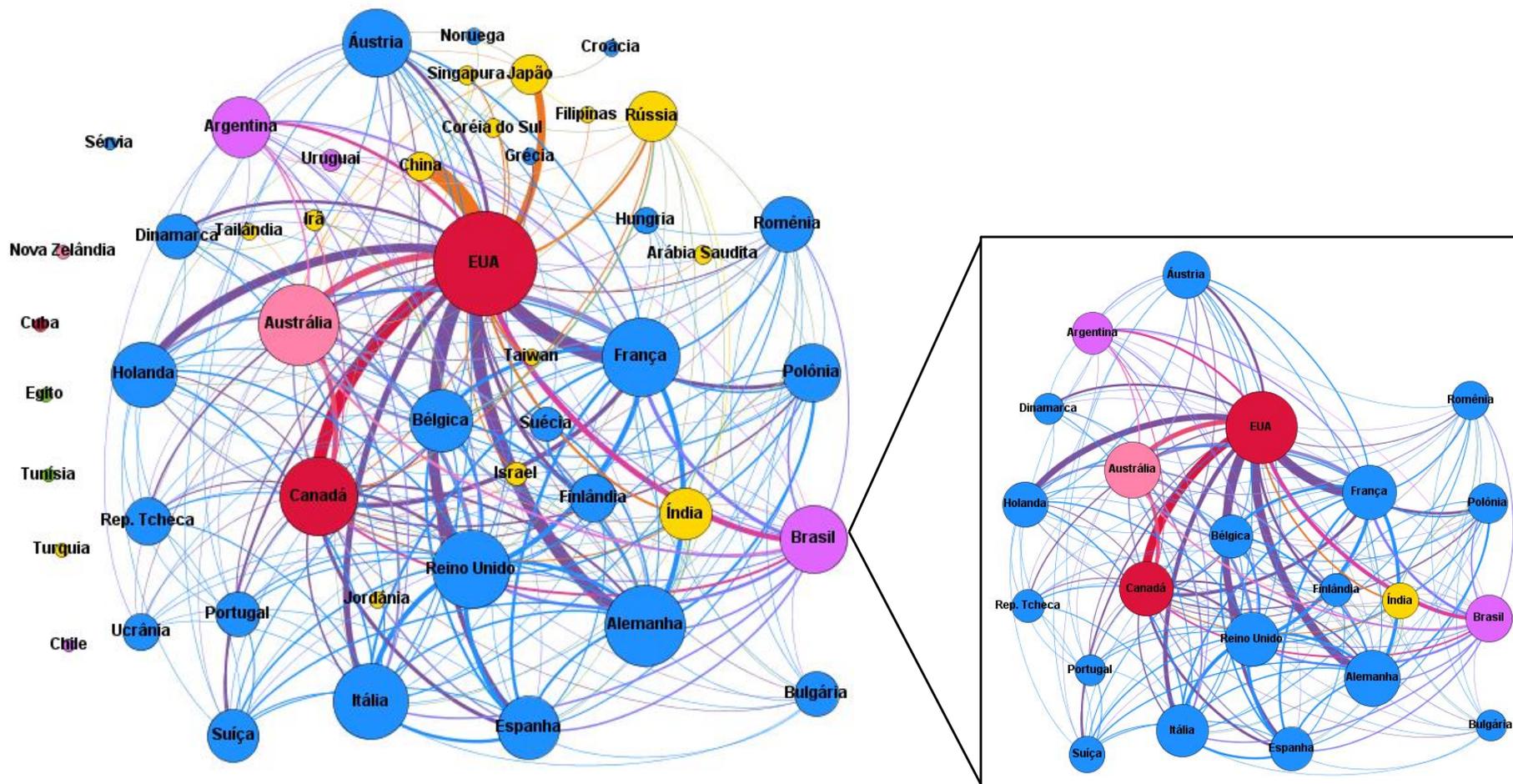


Figura 35: Rede de países que realizam pesquisa sobre anticorpos monoclonais para câncer de próstata. As relações entre dois países foram mapeadas de acordo com as nacionalidades das instituições identificadas nos artigos científicos. Cada nó representa um país e dois países foram considerados conectados se suas instituições estavam presentes em um mesmo artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se o país pertence ao continente europeu (azul), norte-americano (vermelho), asiático (amarelo), africano (verde), sul-americano (roxo) ou à oceania (rosa). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A rede de colaboração direta do Brasil está indicada no painel à direita.

A Figura 36 mostra a rede institucional de pesquisa para o desenvolvimento de anticorpos monoclonais para o tratamento do câncer de próstata. No total, 959 instituições estão incluídas na rede, sendo que 39,6% são Unidades médicas, 36,6% são Universidades, 10,6% são Empresas e 8,2% são categorizadas como Institutos de pesquisa. As instituições mais centrais na rede são, em ordem de importância, a Universidade Paris-Sul (França), o *MD Anderson Cancer Center*, vinculado à Universidade do Texas (EUA), a empresa Amgen Inc. (EUA), a Universidade da Califórnia e o *Memorial Sloan-Kettering Cancer Center* (EUA). Estas são as instituições que têm maior importância na rede e seriam os principais alvos da cooperação de Bio-Manguinhos para o desenvolvimento desses anticorpos.

A Figura 37 ilustra a rede de cooperação apenas das instituições nacionais. A rede inclui dez instituições nacionais, que são exclusivamente Universidades ou Unidades médicas. São elas a Universidade de São Paulo (USP - SP), o Hospital do Câncer AC Camargo (SP), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP - SP), a Universidade Federal de Uberlândia (UFU - MG), o Hospital de Caridade de Ijuí (RS), a Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SP), o Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE - RJ), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ - RJ), o Hospital Universitário Oswaldo Cruz (HUOC - PE) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE - PE).

Pode-se perceber que, dentre as instituições nacionais, a mais central é o Hospital de Caridade de Ijuí, seguido do HUPE e da USP.

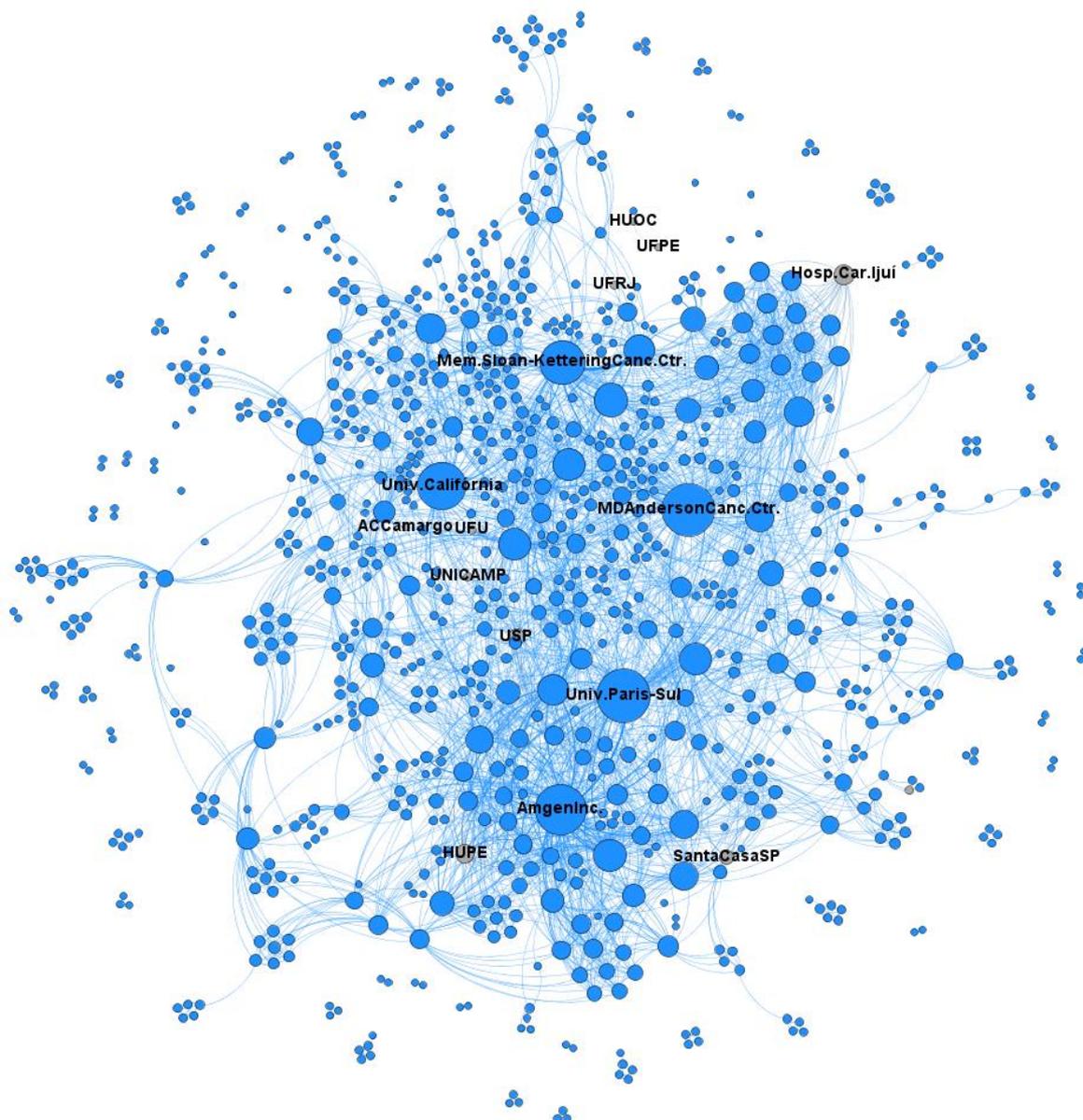


Figura 36: Rede de instituições que realizam pesquisa sobre anticorpos monoclonais para câncer de próstata. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos autores dos artigos científicos. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a autoria de um artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é brasileira (cinza) ou internacional (azul). As cinco instituições mais centrais da rede estão indicadas: Universidade Paris-Sul (França), MD Anderson Cancer Center (EUA), Amgen Inc. (EUA), Universidade da Califórnia (EUA) e Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (EUA). As instituições brasileiras participantes da rede também estão indicadas – USP, Universidade de São Paulo (SP); Hospital do Câncer AC Camargo (SP); UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas (SP); UFU, Universidade Federal de Uberlândia (MG); Hospital de caridade de Ijuí (RS); Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SP); HUPE, Hospital Universitário Pedro Ernesto (RJ); UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ); HUOC, Hospital Universitário Oswaldo Cruz (PE) e UFPE, Universidade Federal de Pernambuco (PE).

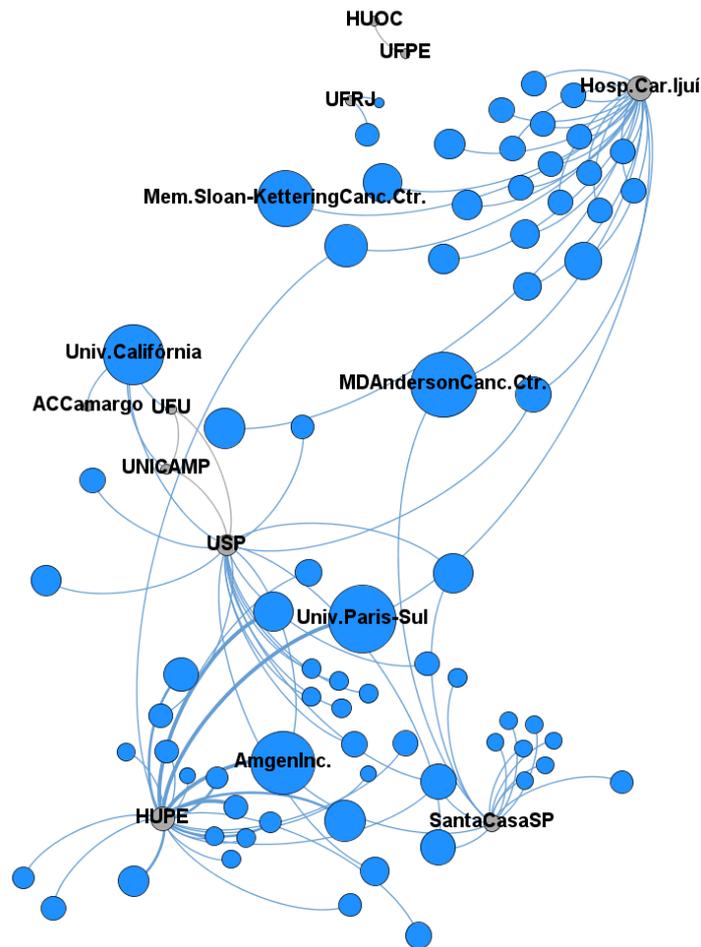


Figura 37: Rede de colaboração direta das instituições brasileiras participantes da rede de pesquisa sobre anticorpos monoclonais para câncer de próstata. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos autores dos artigos científicos. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a autoria de um artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é brasileira (cinza) ou internacional (azul). As cinco instituições mais centrais da rede estão indicadas: Universidade Paris-Sul (França), MD Anderson Cancer Center (EUA), Amgen Inc. (EUA), Universidade da Califórnia (EUA) e Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (EUA). As instituições brasileiras participantes da rede também estão indicadas – USP, Universidade de São Paulo (SP); Hospital do Câncer AC Camargo (SP); UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas (SP); UFU, Universidade Federal de Uberlândia (MG); Hospital de caridade de Ijuí (RS); Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SP); HUPE, Hospital Universitário Pedro Ernesto (RJ); UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ); HUOC, Hospital Universitário Oswaldo Cruz (PE) e UFPE, Universidade Federal de Pernambuco (PE).

8.2 INSTITUTO BUTANTAN

8.2.1 Coleta de dados – Panorama geral

Para a construção dos indicadores de “coeficiente de colaboração” e “colaboração estruturada para avanço do conhecimento científico”, a coleta de dados abrangeu o período de 1999 a 2013. A fim de obter as publicações de autores do Instituto Butantan, a consulta foi feita utilizando o termo “butant*” e recuperou 2.109 registros. A distribuição dos tipos de publicação está indicada no Quadro 14.

Tipo de publicação	Quantidade de publicações
Artigo publicado em periódico	2.044 (97%)
Artigo de revisão	65 (3%)

Quadro 14: Distribuição dos tipos de publicação do Instituto Butantan, período 1999-2013. Fonte: Elaboração própria

O Quadro 15 mostra os periódicos que publicaram cinco ou mais artigos de autoria de pelo menos um pesquisador do Instituto Butantan e seu respectivo fator de impacto. O maior número de publicações científicas foi no periódico *Toxicon*, cujo escopo trata de temas relacionados a toxinas naturais e suas propriedades. As cinco palavras-chave mais frequentes nas publicações do Instituto Butantan são “taxonomia”, “Brasil”, “veneno de cobra”, “inflamação” e “vacinas”, e refletem a relação da pesquisa conduzida no Instituto com a diversidade animal brasileira, especialmente com animais peçonhentos.

Nome do periódico	Fator de impacto	Número de artigos
Toxicon	2,581	227
Zootaxa	1,060	82
Biochemical and Biophysical Research Communications	2,281	44
Vaccine	3,485	39
Journal of Arachnology	0,975	38
PLoS One	3,534	

Quadro 15: Periódicos que publicaram cinco ou mais artigos de autores do Instituto Butantan, 1999 - 2013. Fonte: Journal of Citation Reports, 2013.

8.2.2 Coeficiente de colaboração

A Figura 38 mostra a evolução dos artigos publicados de autores do Instituto Butantan por ano e o CC anual. O cálculo desse coeficiente mostra que o nível de colaboração é constantemente alto ao longo do período avaliado. Pode-se perceber um aumento gradativo do número de publicações científicas por ano até 2008, e uma posterior estabilização nos anos subsequentes. Apesar da estabilização, a pesquisa realizada no Instituto permanece altamente colaborativa.

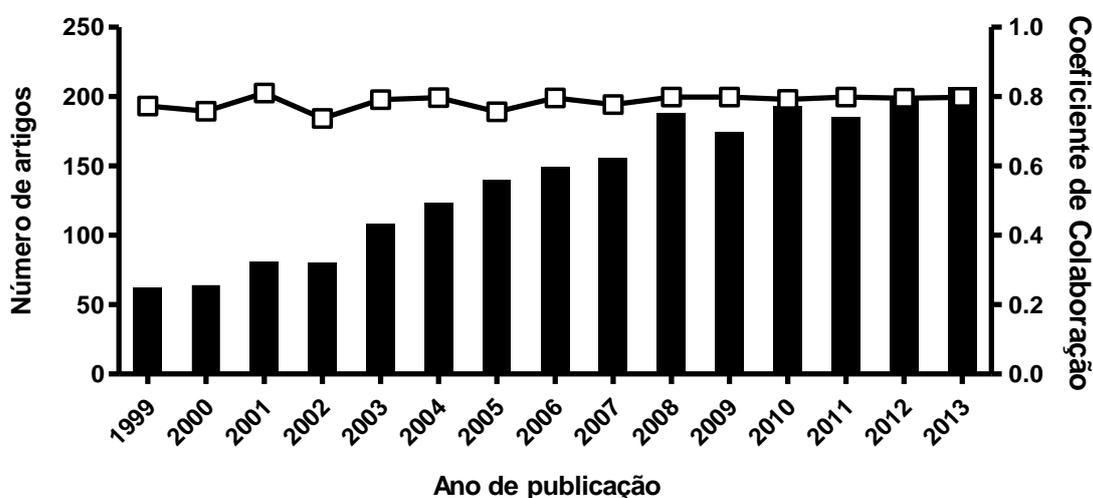


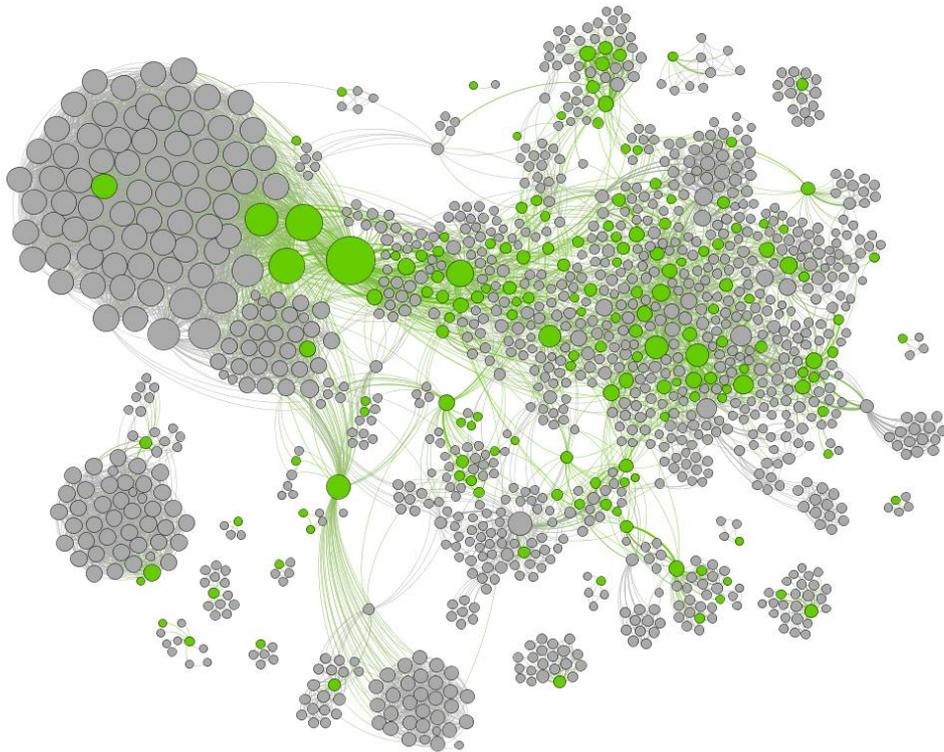
Figura 38: Evolução anual do número de artigos científicos e do coeficiente de colaboração de autores do Instituto Butantan. O número de artigos publicados por ano no período de 1999 a 2013 está representado pelas barras pretas (eixo à esquerda) e o coeficiente de colaboração anual está representado pelos quadrados brancos (eixo à direita).

8.2.3 Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico

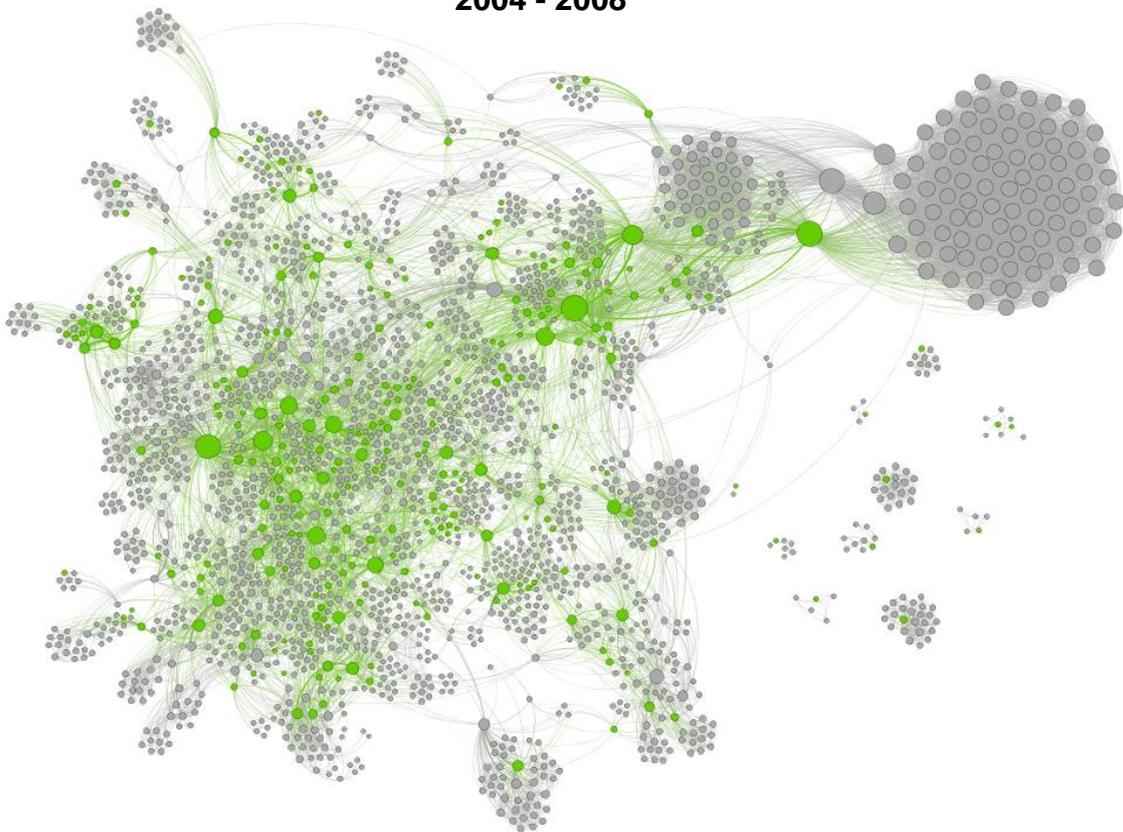
Para refletir a evolução do padrão de colaboração do Instituto Butantan em artigos científicos, as redes de coautoria foram construídas com base nos registros recuperados dos anos de 1999 a 2013, divididas em três quinquênios: 1999 a 2003, 2004 a 2008 e 2009 a 2013 (Figura 39). As principais métricas das redes analisadas estão apresentadas no Quadro 16.

A rede do quinquênio 1 envolve 164 autores do Instituto Butantan e as redes dos períodos seguintes incluem 269 e 405 autores, respectivamente.

1999 - 2003



2004 - 2008



2009 - 2013



Figura 39: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados ao Instituto Butantan - Quinquênios. Os nós representam os autores e o compartilhamento da autoria de um artigo científico é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o autor está afiliado ao Instituto Butantan (verde) ou a outras instituições (cinza). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A espessura das linhas indica a frequência e colaboração.

	Período					
	1999-2003		2004-2008		2009-2013	
Número de nós	1.270		2.333		3.071	
Número de ligações	9.740		18.094		19.173	
Grau médio	15,3		15,5		12,4	
Grau máximo	184		184		183	
Número de componentes	18		11		15	
Modularidade	0,77		0,80		0,84	
Número de comunidades	34		32		41	
Densidade	0,012	0,015*	0,007	0,007*	0,004	0,004*
Centralização	0,13		0,07		0,05	

Quadro 16: Principais métricas das redes de publicação científica do Instituto Butantan

* Dados do componente gigante da rede

Pode-se observar que, ao longo do período avaliado, a rede de publicações científicas do Instituto Butantan cresceu tanto em número de nós quanto em número de ligações. O grau médio da rede manteve-se estável e diminuiu no último período, o que pode indicar uma maior dispersão da rede. Este fato é corroborado pela diminuição dos valores de densidade, aumento da modularidade e do número de comunidades na rede ao longo do tempo.

A fim de avaliar os pesquisadores mais importantes e centrais na rede de publicações científicas do Instituto Butantan, foram analisadas duas medidas de centralidade: a centralidade de grau e a centralidade de intermediação. Além da análise dos três quinquênios, também foi construída uma rede cumulativa que abrange todo o período avaliado (Figura 40).

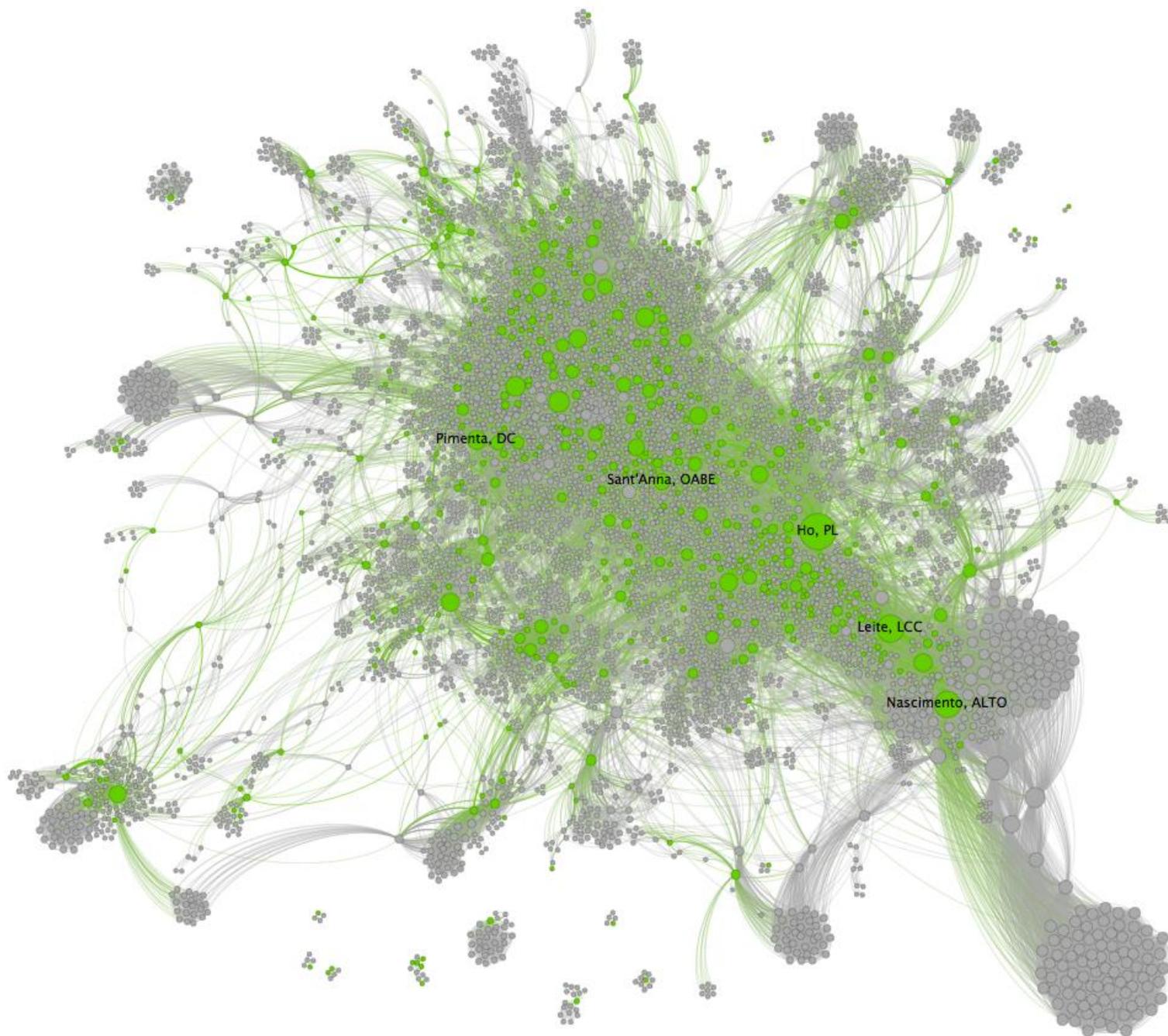


Figura 40: Rede de colaboração em artigos científicos de autores afiliados ao Instituto Butantan - Cumulativa. Os nós representam os autores e o compartilhamento da autoria de um artigo científico é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o autor está afiliado ao Instituto Butantan (verde) ou a outras instituições (cinza). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A espessura das linhas indica a frequência e colaboração.

A distribuição da centralidade de grau entre os autores do Instituto Butantan mostra alguns poucos autores tendo uma centralidade de grau elevada e a maioria dos autores apresentando uma baixa centralidade de grau (Figura 41).

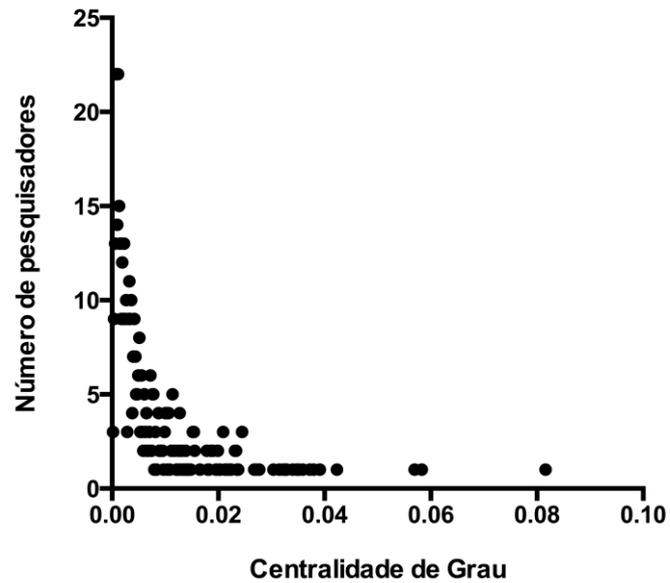


Figura 41: Distribuição da centralidade de grau entre os autores de Bio-Manguinhos.

A Tabela 6 mostra os principais pesquisadores de cada quinquênio, segundo as medidas de centralidade.

Tabela 6: Ranking dos três autores mais importantes do Instituto Butantan, baseado em medidas de centralidade da rede.

Período	Rank	Autor	Centralidade de grau	Rank	Autor	Centralidade de intermediação
1999 a 2003	1	Ho, PL	0,144	1	Ho, PL	0,171
	2	Leite, LCC	0,103	2	Raw, I	0,088
	3	Nascimento, ALTO	0,099	3	Silva, AMM	0,083
2004 a 2008	1	Ho, PL	0,078	1	Ho, PL	0,168
	2	Nascimento, ALTO	0,075	2	Konno, K	0,125
	3	Konno, K	0,070	3	Sant'Anna, OABE	0,078
2009 a 2013	1	Ho, PL	0,077	1	Ho, PL	0,120
	2	Maria, DA	0,055	2	Raw, I	0,081
	3	Brescovit, AD	0,046	3	Maria, DA	0,075
1999 a 2013	1	Ho, PL	0,081	1	Ho, PL	0,113
	2	Leite, LCC	0,058	2	Sant'Anna, OABE	0,054
	3	Nascimento, ALTO	0,056	3	Pimenta, DC	0,053

A análise da centralidade de grau e da centralidade de intermediação mostra que, ao longo do tempo, diferentes pesquisadores assumiram posições centrais na rede, mas Ho aparece como autor central em todos os períodos.

A análise das medidas de centralidade na rede cumulativa mostra que Ho, Leite, Nascimento, Pimenta e Sant'Anna são, historicamente, os pesquisadores mais importantes da instituição.

A fim de avaliar a rede interna de coautoria em publicações científicas, a rede cumulativa de colaboração apenas entre autores do Instituto Butantan foi construída (Figura 42). Suas principais métricas estão indicadas no Quadro 17.

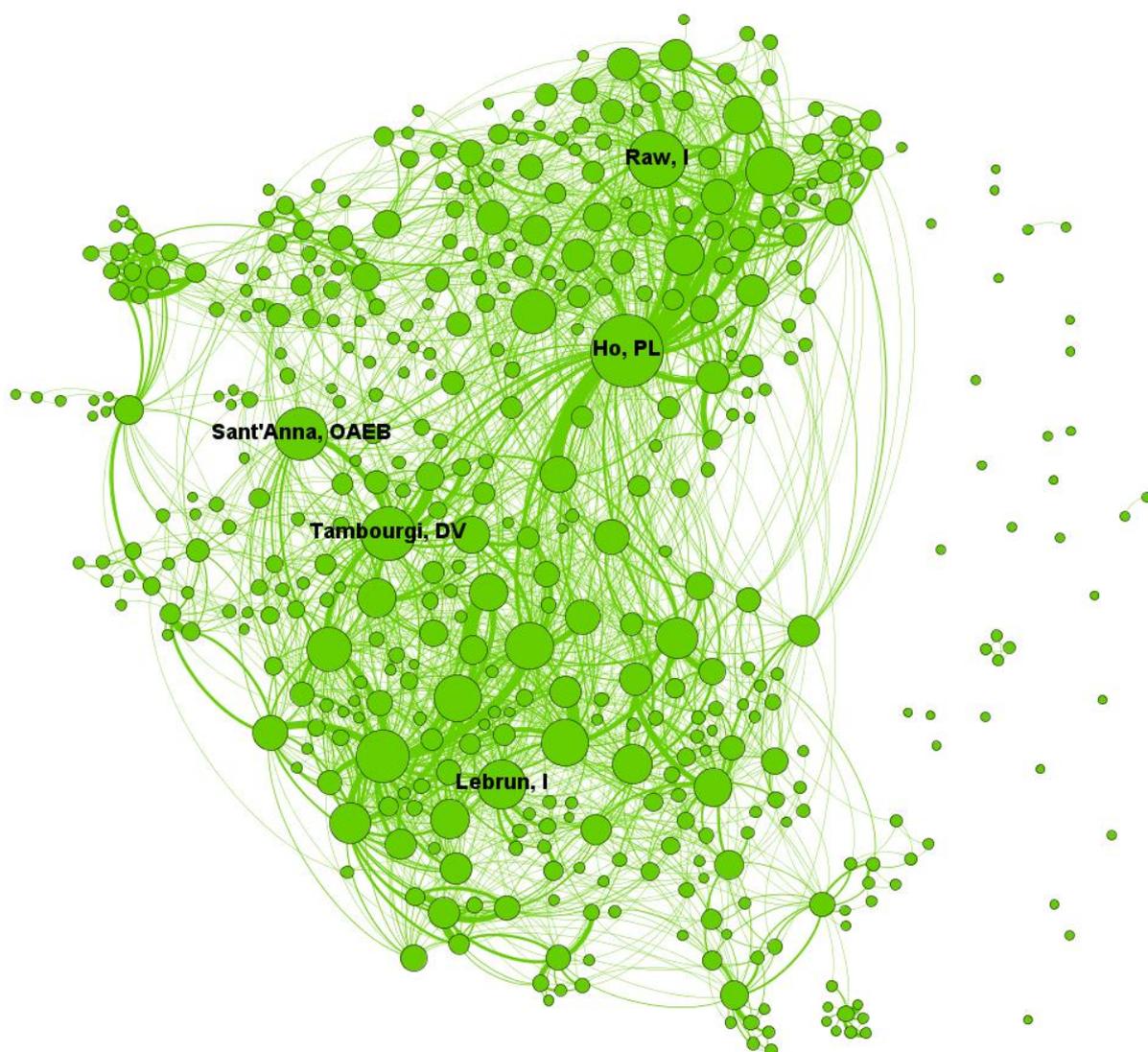


Figura 42: Rede de colaboração interna dos pesquisadores do Instituto Butantan. Os nós representam os autores e o compartilhamento da autoria de um artigo científico é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A espessura das linhas indica a frequência de colaboração.

Métricas	Valor	
Número de nós	437	
Número de ligações	2.267	
Grau médio	10,3	
Grau máximo	81	
Número de componentes	29	
Densidade	0,024	0,028*
Modularidade	0,60	0,60*
Número de comunidades	40	12*
Centralização	0,16	

Quadro 17: Principais métricas da rede interna de publicação científica do Instituto Butantan. * Dados do componente gigante da rede

A rede de colaboração interna inclui 437 autores do Instituto Butantan, que possuem em média 10 ligações entre si. Há 29 componentes na rede, sendo 25 deles indivíduos isolados, que não possuem ligação com qualquer outro pesquisador do Instituto. O pesquisador com maior número de colaboradores possui 81 ligações.

Considerando a rede interna, os pesquisadores mais importantes, segundo as medidas de centralidade da rede, são Ho, Tambourgi, Raw, Sant'Anna e Lebrun (Tabela 7). Nesta rede, os pesquisadores que mais colaboram entre si são Sarno e Ho, com 34 artigos em coautoria, seguidos de Jared e Antoniazzi, com 33 artigos em colaboração.

Tabela 7: Ranking dos três autores mais importantes da rede de colaboração interna do Instituto Butantan, baseado em medidas de centralidade da rede.

Período	Rank	Autor	Centralidade de grau	Rank	Autor	Centralidade de intermediação
1999 a 2013	1	Ho, PL	0,185	1	Ho, PL	0,085
	2	Raw, I	0,141	2	Sant'Anna, OABE	0,072
	3	Tambourgi, DV	0,130	3	Lebrun, I	0,054

Ao avaliar a estrutura de comunidades presente na rede interna, observa-se que as comunidades refletem um pouco da estrutura organizacional dos laboratórios, como pode ser visto na Figura 43. Em sua maioria, os integrantes dos laboratórios acabam por se relacionar mais com os membros das suas próprias equipes de trabalho. Alguns

laboratórios estão incluídos nas mesmas comunidades, como o de Imunogenética (comunidade amarela, parte superior esquerda) e o Centro de Biotecnologia (comunidade vermelha, parte superior direita). Outros laboratórios estão dispersos entre as comunidades da rede, como o de Biologia Celular e o de Bioquímica e Biofísica.

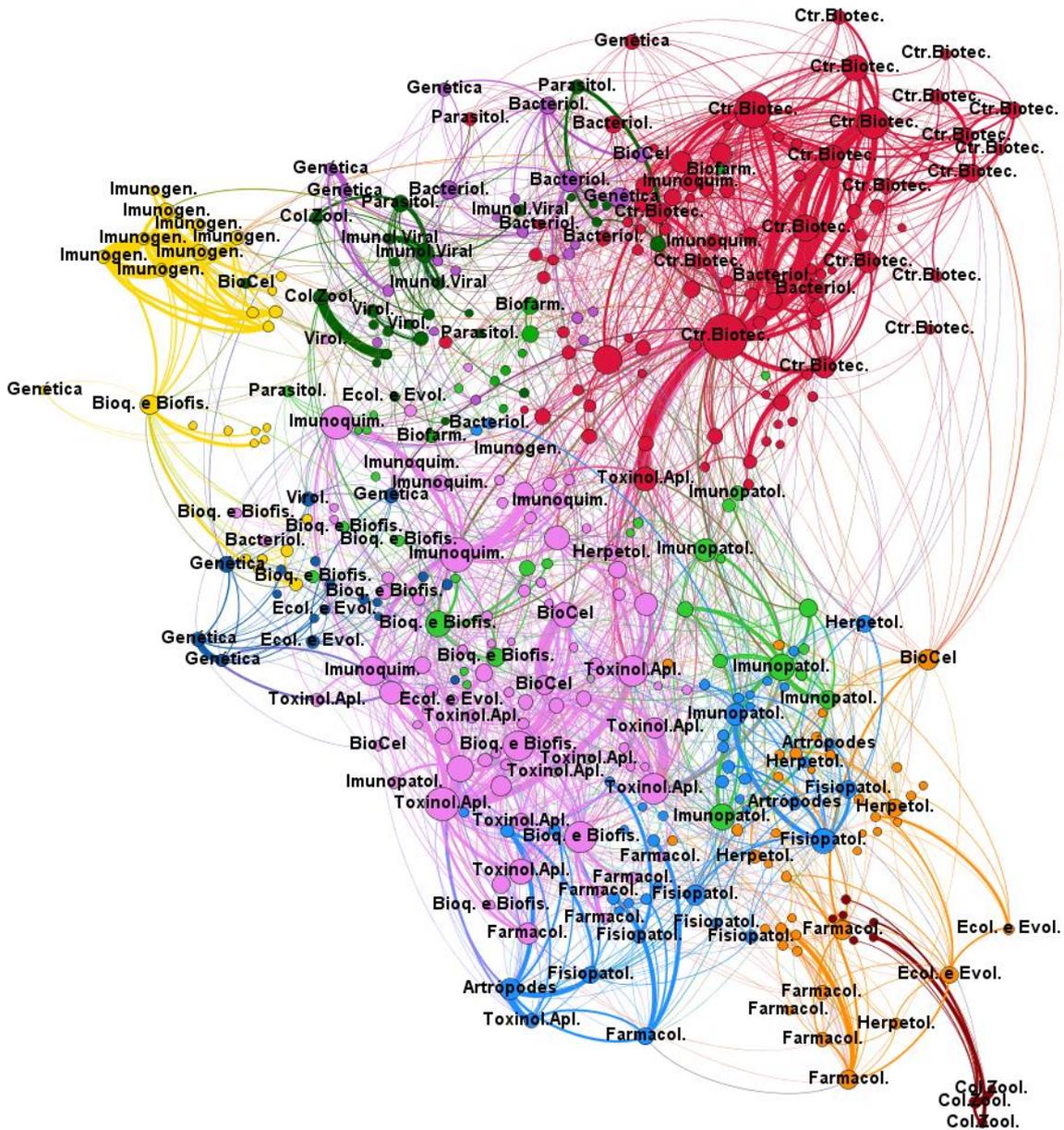


Figura 43: Rede de colaboração interna dos pesquisadores do Instituto Butantan – Estrutura de comunidades. Os nós representam os autores e o compartilhamento da autoria de um artigo científico é indicado por uma ligação entre os respectivos nós. O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A espessura das linhas indica a frequência de colaboração. Os indivíduos, membros dos diferentes laboratórios, estão indicados por meio dos nomes dos laboratórios (Biologia Celular, Fisiopatologia, Herpetologia, Imunopatologia, Virologia, Imunogenética, Genética, Parasitologia, Bacteriologia, Imunologia Viral, Toxinologia Aplicada, Ecologia e Evolução, Farmacologia, Coleções Zoológicas, Artrópodes, Bioquímica e Biofísica, Imunoquímica, Centro de Biotecnologia, Biofarmacologia). As cores dos nós indicam o grupo a que pertencem segundo o algoritmo de modularidade.

Para refletir o padrão institucional de colaboração do Instituto Butantan em publicações científicas, a rede institucional de coautoria foi construída com base em todos os registros recuperados (período 1999-2013) e está demonstrada na Figura 44. A rede é composta por 692 nós e nela as instituições internacionais participam de 62,37% das colaborações e as brasileiras estão incluídas em 37,63%.

A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre as diferentes instituições. No caso do Instituto Butantan, seus principais colaboradores são a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), com 912 e 237 artigos em coautoria, respectivamente. Para uma melhor visualização das instituições com as quais o Instituto mais coopera, foi feito um recorte daquelas com as quais o Butantan colaborou pelo menos cinco vezes no período avaliado (Figura 45).

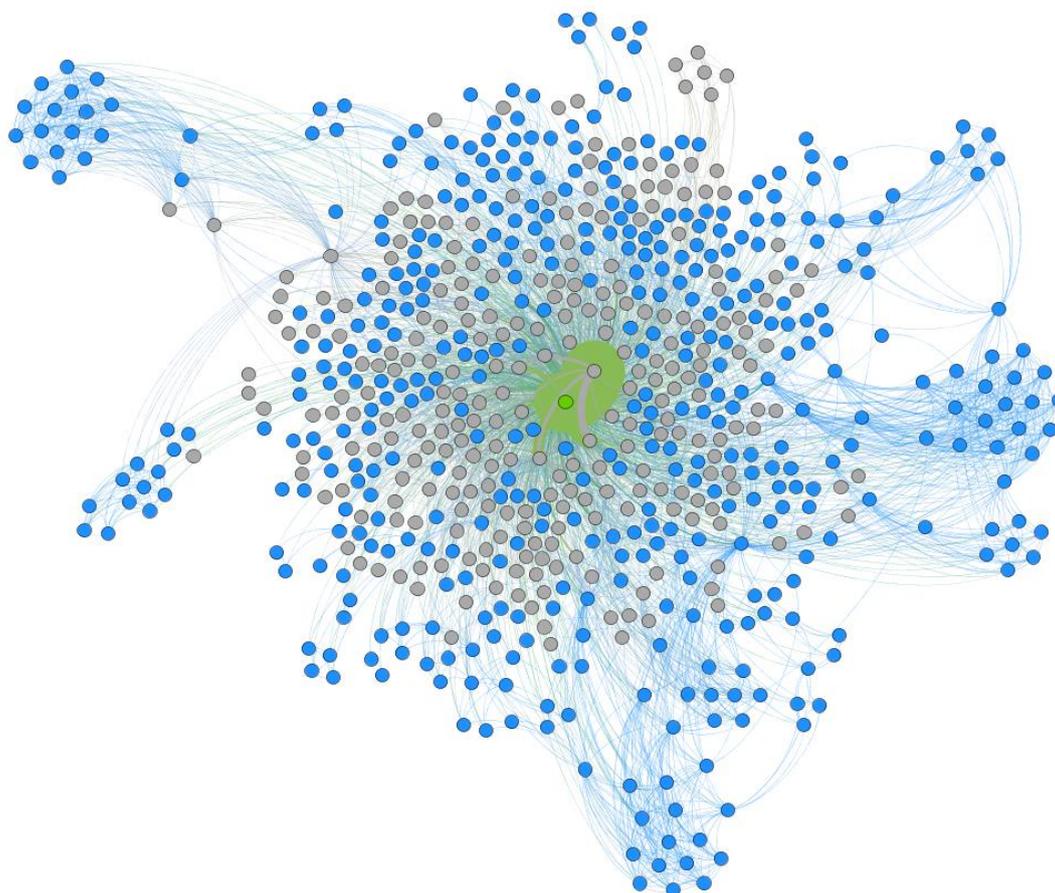


Figura 44: Rede de colaboração em artigos científicos de instituições parceiras do Instituto Butantan. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos autores dos artigos científicos. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a autoria de um artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é brasileira (cinza) ou internacional (azul). O Instituto Butantan é mostrado em verde no centro da rede.

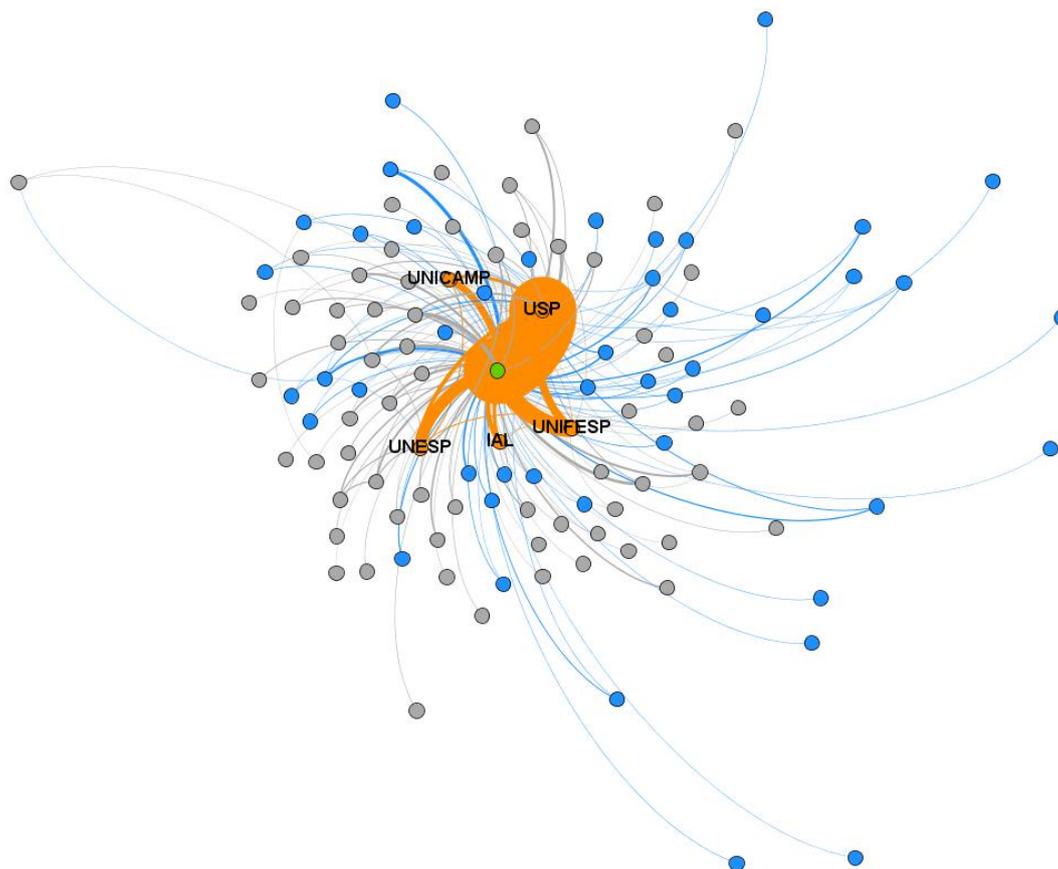


Figura 45: Rede de colaboração em artigos científicos de instituições parceiras do Instituto Butantan com mais de cinco cooperações no período. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos autores dos artigos científicos. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a autoria de um artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é brasileira (cinza) ou internacional (azul). O Instituto Butantan é mostrado em verde e as cinco instituições colaboradoras mais frequentes estão representadas na cor laranja. USP: Universidade de São Paulo (SP); UNESP: Universidade Estadual Paulista (SP); UNIFESP: Universidade Federal de São Paulo (SP); UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas (SP); IAL: Instituto Adolfo Lutz (SP).

A Tabela 8 apresenta o percentual de participação de cada tipo de instituição na rede de coautoria em artigos do Instituto Butantan. A maior parte da colaboração ocorre no setor universitário, mas uma grande quantidade de interação envolve também institutos de pesquisa.

Tabela 8: Participação dos diferentes tipos de instituições envolvidas nas redes de coinvenção em patentes do Instituto Butantan.

Tipo de instituição	Participação na rede (%)
Universidades	48,19
Institutos de pesquisa	14,47
Unidades médicas	9,84
Empresas	7,38
Outras instituições de ensino	6,66
Instituições de preservação e conservação	4,63
Associações e alianças	2,75
Instituições de apoio à C&T	2,75
Órgãos governamentais	2,6
Outros	0,72

8.2.4 Sistema de conhecimentos

A análise das publicações científicas do Instituto Butantan no período 1999-2013 recuperou 79 áreas de pesquisa. O Sistema de Conhecimentos do Instituto Butantan está apresentado na Figura 46.

As áreas mais centrais e, portanto, mais conectadas com as demais áreas do sistema, em ordem de importância, são a 'Bioquímica e Biologia Molecular', a 'Imunologia' e a 'Farmacologia e Farmácia'. Há um predomínio das áreas relacionadas às Ciências da Vida e Biomedicina no Sistema de conhecimentos do Instituto Butantan, demonstrada pela maior parte dos nós de cor azul (77,22%). Outras áreas encontram-se isoladas das demais, como 'Microscopia' ou 'Oftalmologia', mostrando que não há qualquer relação destas com as demais áreas de conhecimento do sistema.

As áreas que mais se relacionam são a 'Toxicologia' e a 'Farmacologia e Farmácia', que estão juntas em 11% de todas as publicações científicas (peso 234). A 'Biofísica' também possui forte relação, ainda que em menor intensidade, com a área de 'Bioquímica e Biologia Molecular' (peso 89) e a 'Imunologia' se relaciona frequentemente com a área de 'Doenças Infecciosas' (peso 70).

A análise de formação de comunidades identificou a presença de sete grupos definidos de áreas correlatas, demonstrados na Figura 47. Alguns dos grupos possuem áreas dominantes (mais centrais): a 'Bioquímica e Biologia Molecular' no grupo de cor verde, a 'Imunologia' no grupo de cor rosa escuro, a 'Farmacologia e Farmácia', a 'Toxicologia' e a 'Zoologia' no grupo de cor azul, as 'Ciências Veterinárias' e a Parasitologia' no grupo de cor cinza, e a 'Química' e as 'Ciências Ambientais e Ecologia' no grupo de cor amarela. Essas áreas podem ser consideradas as principais bases de conhecimento do Instituto Butantan.

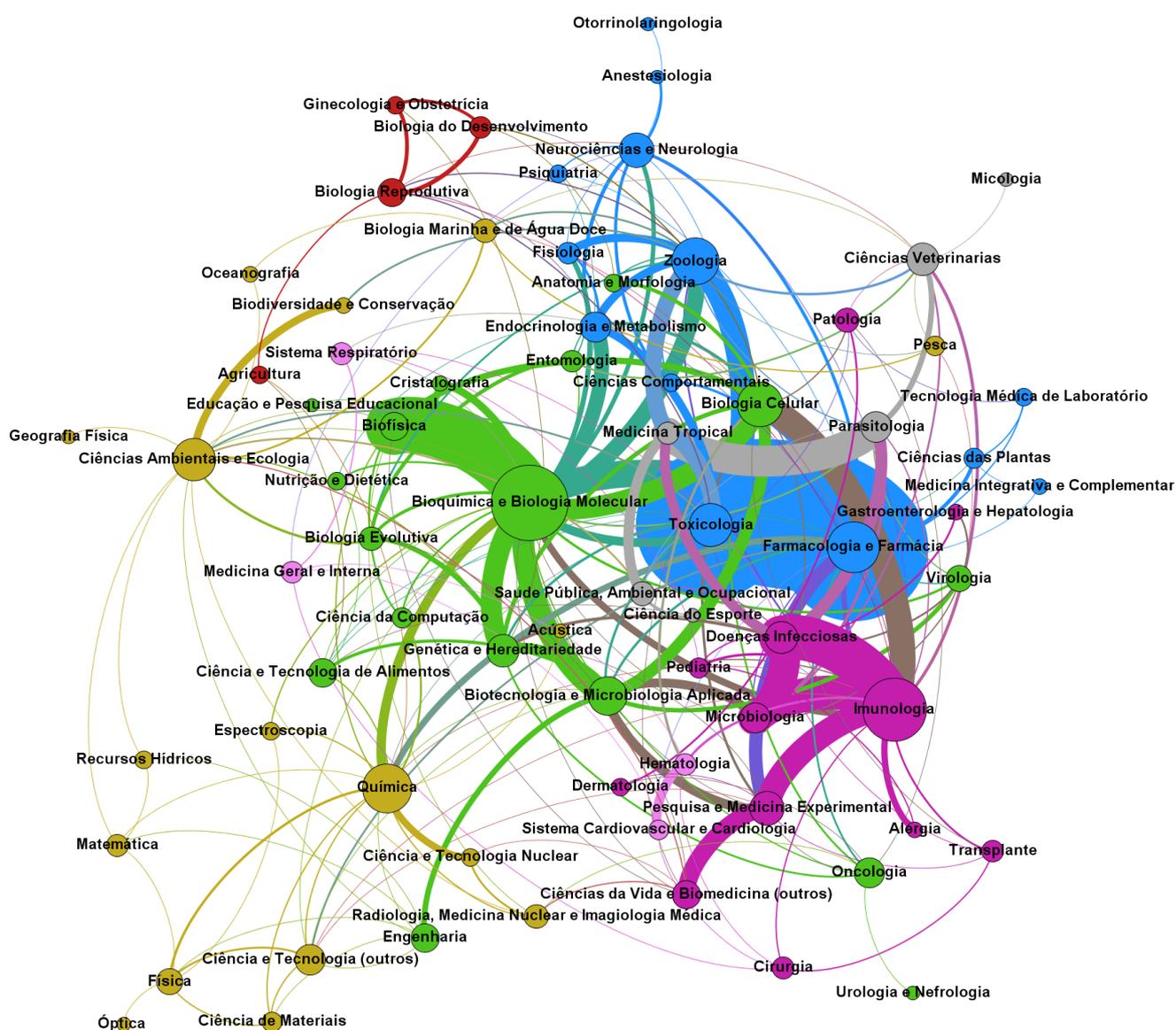


Figura 47: Sistema de Conhecimentos do Instituto Butantan - Grupos. As relações entre duas áreas de pesquisa foram mapeadas de acordo com sua coocorrência em um mesmo artigo científico. Cada nó representa uma área de pesquisa e duas áreas foram consideradas conectadas quando estavam presentes no mesmo artigo. A espessura das ligações indica a frequência de coocorrência entre dois nós. A cor do nó indica o grupo ao qual ele pertence. O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau.

8.2.5 Colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação

Os parâmetros de pesquisa incluíram tanto patentes depositadas no Brasil quanto no exterior e englobam as datas de publicação de 1999 a 2013. A palavra “Butantan” foi utilizada como termo de pesquisa para abranger tanto o Instituto Butantan quanto a Fundação Butantan, órgão que administra o Instituto. Essa busca recuperou 21 resultados, que envolveram 48 inventores do Instituto Butantan e 30 de outras instituições. As afiliações dos autores foram confirmadas por meio de pesquisa na base de dados da Plataforma Lattes, no caso de inventores brasileiros, ou na internet de forma geral, no caso de inventores internacionais. Não foram utilizados filtros sobre as classes de patentes.

Das patentes recuperadas, aproximadamente 24% foram depositadas em outros países e dez delas (47,6%) tiveram a participação de inventores de outras instituições. A Figura 48 mostra a distribuição temporal das patentes dos inventores do Instituto Butantan por ano e o número médio de colaboradores envolvidos nessas atividades.

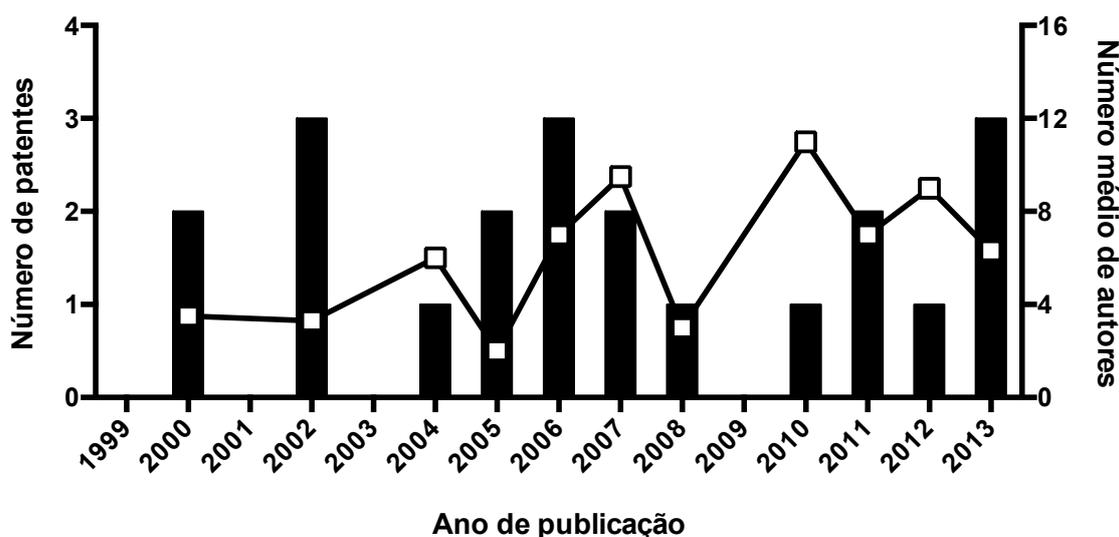
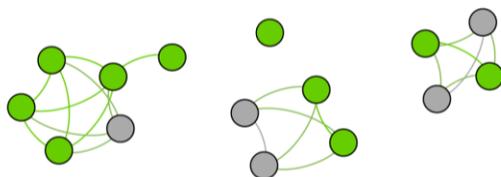


Figura 48: Evolução temporal do número de patentes de inventores do Instituto Butantan e número médio de colaboradores. O número de patentes publicadas no período de 1999 a 2013 (eixo à esquerda) está representado pelas barras pretas e o número médio de autores que participaram dessas atividades (eixo à direita) está representado pelos quadrados brancos.

A evolução temporal das redes de coinvenção em patentes pode ser vista na Figura 49 e as métricas básicas de cada uma das redes estão indicadas no Quadro 18.

1999 - 2003



2004 - 2008



2009 - 2013

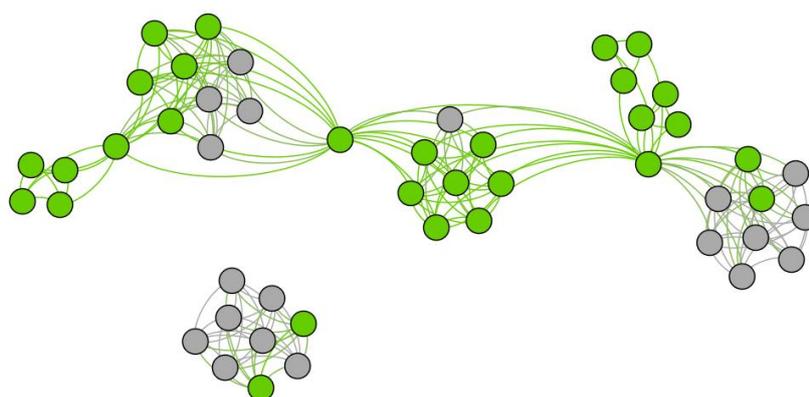


Figura 49: Evolução da rede de coinvenção em patentes de inventores afiliados ao Instituto Butantan. Os nós representam os inventores e o compartilhamento da autoria de uma patente é indicada por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o inventor está afiliado ao Instituto Butantan (verde) ou a outras instituições (cinza).

	Período		
	1999-2003	2004-2008	2009-2013
Número de nós	14	35	48
Número de ligações	23	152	203
Número de componentes	3	2	2
Densidade	0,25	0,25	0,18
Centralização	0,13	0,42	0,33

Quadro 18: Métricas básicas das redes de coinvenção em patentes do Instituto Butantan.

A análise das redes de coinvenção em patentes do Instituto Butantan mostra um aumento do tamanho da rede ao longo dos períodos analisados. Mesmo assim, a rede não se torna mais conectada e a sua densidade diminui. No último período, apenas 18% do potencial de interação da rede estava sendo utilizado.

Ao longo do tempo, a rede tornou-se mais centralizada. No segundo quinquênio, por exemplo, 42% da rede estava centralizada em um único indivíduo e muito do fluxo de informação passava por ele.

Uma análise dos inventores que estiveram presentes ao longo de todos os períodos de tempo avaliados aponta para Raw, Guidolin, Kubrusly, Tanizaki e Ho. Com o intuito de identificar os inventores mais importantes da instituição, assumiu-se uma perspectiva histórica da coinvenção de patentes, representada pela rede cumulativa de colaboração em patentes do período 1999-2013 (Figura 50). A rede conta com 77 nós, sendo 47 afiliados ao Instituto Butantan.

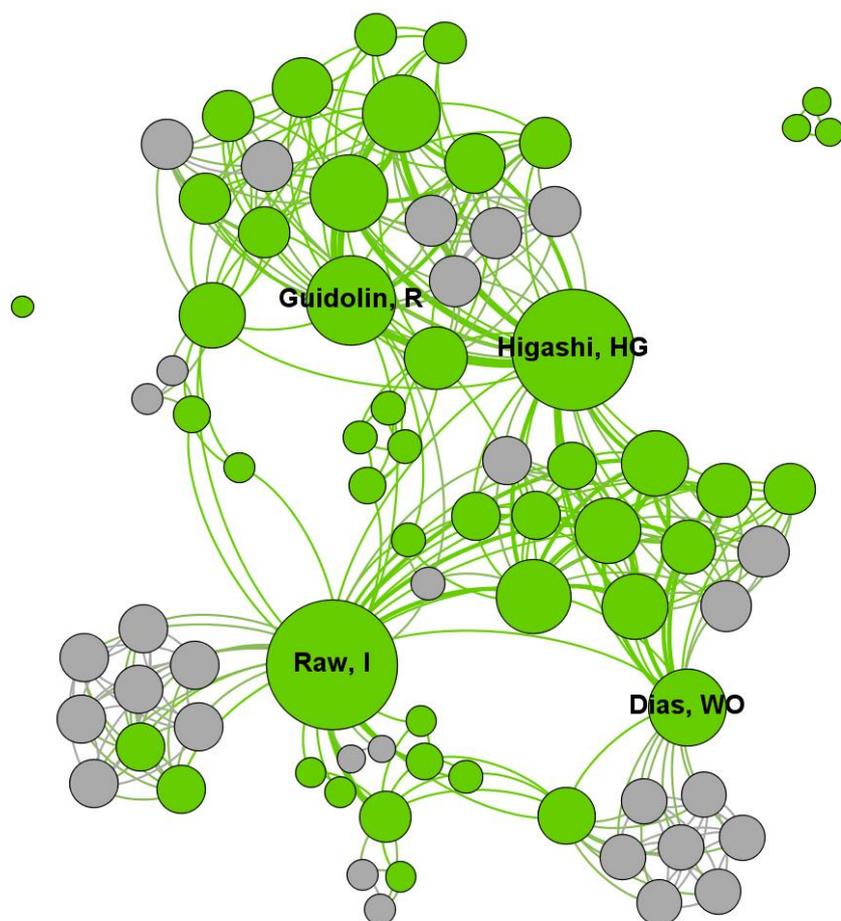


Figura 50: Rede cumulativa de coinvenção em patentes do Instituto Butantan – período 1999-2013. Os nós representam os inventores e o compartilhamento da autoria de uma patente é indicada por uma ligação entre os respectivos nós. As cores dos nós indicam se o inventor está afiliado ao Instituto Butantan (verde) ou a outras instituições (cinza). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau e os inventores mais importantes, segundo as medidas de centralidade, estão indicados.

Utilizando esta abordagem, os três principais inventores do Instituto Butantan, de acordo com as medidas de centralidade de grau e centralidade de intermediação, estão mostrados na Tabela 9.

Tabela 9: Ranking dos três inventores mais importantes do Instituto Butantan baseado em medidas de centralidade da rede.

Rank	Inventor	Centralidade de grau	Rank	Inventor	Centralidade de intermediação
1	Raw, I	0,480	1	Raw, I	0,486
2	Higashi, HG	0,441	2	Higashi, HG	0,222
3	Guidolin, R	0,298	3	Dias, WO	0,181

A fim de identificar e mapear os parceiros organizacionais do Instituto Butantan, a análise de redes de coinvenção em patentes também foi realizada no nível institucional. A rede, representada na Figura 51, inclui 12 instituições parceiras, sendo que as organizações nacionais participam de 87,5% de todas as colaborações do Instituto. A espessura das linhas observadas na rede indica a frequência de colaboração entre as instituições. A Universidade de São Paulo (USP) é a parceira mais frequente do Instituto Butantan, presente em cerca de 31,2% de toda a cooperação no desenvolvimento de patentes.

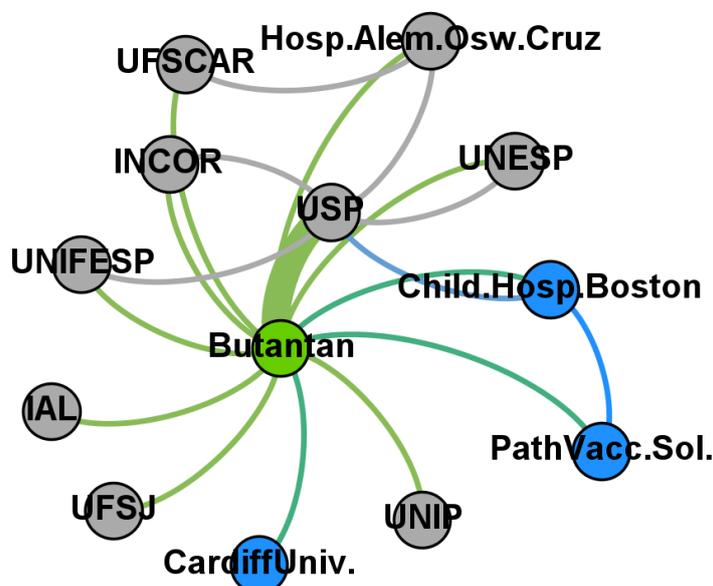


Figura 51: Rede institucional de coinvenção em patentes do Instituto Butantan. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos inventores das patentes. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a invenção de uma patente. Os pesos das ligações (representados por sua espessura) indicam a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é nacional (cinza) ou internacional (azul). UFSCAR, Universidade Federal de São Carlos (SP); INCOR, Instituto do Coração (SP); UNIFESP, Universidade Federal de São Paulo (SP); IAL, Instituto Adolfo Lutz (SP); UFSJ, Universidade Federal de São João del-Rei (MG); UNIP, Universidade Paulista (SP); USP, Universidade de São Paulo (SP); UNESP, Universidade Estadual Paulista (SP).

A Tabela 10 apresenta o percentual de participação de cada tipo de instituição nas redes de coinvenção patentes do Instituto Butantan. A maioria da colaboração ocorre no setor universitário e uma boa parte envolve unidades médicas.

Tabela 10: Participação dos diferentes tipos de instituições envolvidas nas redes de coinvenção em patentes do Instituto Butantan

Tipo de instituição	Participação na rede (%)
Universidades	58,3
Unidades médicas	25
Institutos de pesquisa	8,3
Associações e alianças	8,3

8.2.6 Sistema de competências tecnológicas

A análise da classificação das patentes do Instituto Butantan, de acordo com os códigos da CIP, recuperou as classes atribuídas a esses documentos e seus respectivos significados, indicadas no Quadro 19.

CIP (Grupo Principal)	Descrição	Subgrupo	Descrição
A61K	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas	35	Preparações medicinais contendo materiais de constituição indeterminada ou seus produtos de reação
		38	Preparações medicinais contendo peptídeos
		39	Preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos
A61P	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais	1	Fármacos para o tratamento de distúrbios do trato alimentar ou do sistema digestivo
		11	Fármacos para o tratamento de distúrbios do sistema respiratório
		13	Fármacos para o tratamento de distúrbios do sistema urinário
		31	Anti-infecciosos, i.e. antibióticos, antissépticos, quimioterapêuticos
		35	Agentes antineoplásticos

CIP (Grupo Principal)	Descrição	Subgrupo	Descrição
		37	Fármacos para o tratamento de distúrbios imunológicos ou alérgicos
		39	Agentes de proteção geral ou antitóxicos
C07H	Açúcares; seus derivados; nucleosídeos; nucleotídeos; ácidos nucleicos	13	Compostos contendo radicais sacarídeos esterificados quer pelo ácido carbônico ou seus derivados, quer por ácidos orgânicos, p. ex. ácidos fosfônicos
C07K	Peptídeos	1	Processos gerais para preparação de peptídeos
		14	Peptídeos tendo mais de 20 aminoácidos; Gastrinas; Somatoestatinas; Melanotropinas – e seus derivados
		16	Imunoglobulinas, p. ex. anticorpos mono- ou policlonais
C08B	Polissacarídeos; seus derivados	37	Preparação de polissacarídeos não abrangidos pelos grupos C08B 1/00-C08B 35/00; Seus derivados
C12N	Micro-organismos ou enzimas; suas composições; propagação, conservação, ou manutenção de micro-organismos; engenharia genética ou de mutações; meios de cultura	1	Micro-organismos p. ex. protozoários; Suas composições; Processos de propagação, manutenção ou conservação de micro-organismos ou suas composições; Processos de preparação ou isolamento de composições contendo um micro-organismo; Meios de cultura para tal
		5	Células não diferenciadas de seres humanos, animais ou plantas, p. ex. linhagem de células; Tecidos; Sua cultura ou manutenção; Seus meios de cultura
		7	Vírus, p. ex. bacteriófagos; Suas composições; Sua preparação ou purificação
		15	Mutação ou engenharia genética; DNA ou RNA concernentes à engenharia genética, vetores, p. ex. plasmídeos ou seu isolamento, preparação ou purificação; Uso de seus hospedeiros

CIP (Grupo Principal)	Descrição	Subgrupo	Descrição
C12S*	Processos que utilizam enzimas ou micro-organismos para liberar, separar ou purificar um composto ou uma composição preexistente; Processos que utilizam enzimas ou micro-organismos para o tratamento de têxteis ou para limpar superfícies sólidas de materiais	3	Tratamento de materiais de origem animal ou vegetal ou micro-organismos
G01N	Investigação ou análise dos materiais pela determinação de suas propriedades químicas ou físicas	33	Investigação ou análise de materiais por métodos específicos

Quadro 19: Classificação das diferentes patentes do Instituto Butantan de acordo com os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) Fonte: Elaboração própria a partir da Publicação Oficial da Classificação Internacional de Patentes, disponível em <http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub>, versão 2014.01. * Esta classe não é mais válida na versão vigente da CIP (2014.01).

Com base nos códigos da CIP estabelecidos pela OCDE para caracterizar as patentes da área de biotecnologia (OCDE, 2009), a análise nas patentes do Instituto Butantan mostra que todas estão relacionadas com a referida área e apresentam pelo menos um desses códigos em sua classificação.

O Sistema de competências tecnológicas do Instituto Butantan referente ao período 1999-2013 está representado na Figura 52 por meio de sua rede de coclassificação de patentes.

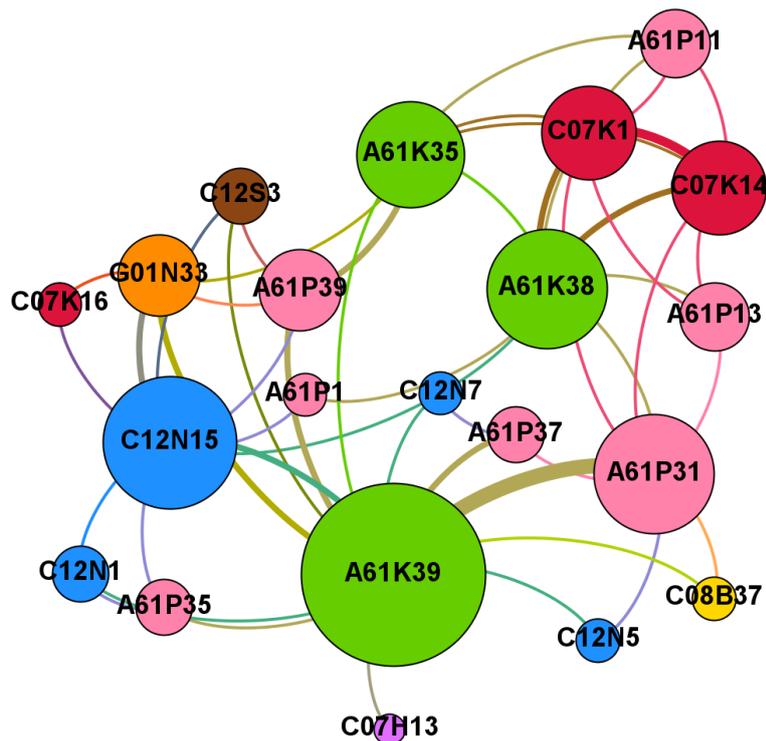


Figura 52: Sistema de competências tecnológicas do Instituto Butantan - Subgrupos. As relações entre dois códigos foram mapeadas de acordo com sua co-ocorrência em uma mesma patente. Cada nó representa um código da CIP e dois códigos foram considerados conectados quando estavam presentes na mesma patente. A espessura das ligações indica a frequência de co-ocorrência entre dois nós. A cor do nó indica o Grupo Principal da CIP no qual o Subgrupo se insere: A61K (verde), A61P (rosa), C12N (azul), C07K (vermelho), G01N (laranja), C12Q (cinza), C07H (roxo), C08B (amarelo) ou C12S (marrom). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau.

A análise da rede de coclassificação das patentes do Instituto Butantan mostra a total conexão entre as 21 classes, já que não há nenhum nó desconectado da rede. Isso mostra que as capacidades tecnológicas existentes na instituição são inteiramente relacionadas, indicando uma consistência em seu portfólio de patentes, mas também uma baixa heterogeneidade de tecnologias.

A análise da centralidade de grau das classificações das patentes demonstra que a classe mais central da rede é a A61K39, seguida pela C12N15 (Quadro 20). Esse resultado mostra que a principal competência do Instituto Butantan no que tange ao desenvolvimento de produtos está nas preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos, comumente utilizadas nos principais produtos oferecidos pela organização.

Rank	CIP	Centralidade de grau
1	A61K39	0,65
2	C12N15	0,45
3	A61K38, A61P31	0,40
4	A61K35	0,35
5	C07K1, C07K14	0,30
6	A61P39, G01N33	0,25
7	A61P13, A61P11	0,20
8	C12S3, A61P37, A61P35, C12N1	0,15
9	C12N5, A61P1, C12N7, C08B37, C07K16	0,10
10	C07H13	0,05

Quadro 20: Classes de patentes do Instituto Butantan em ordem de importância de acordo com sua centralidade de grau.

A análise das classes mais fortemente relacionadas na rede de coclassificação de patentes do Instituto Butantan foi realizada com base nos Grupos Principais de classificação das patentes, conforme mostrado na Figura 53.

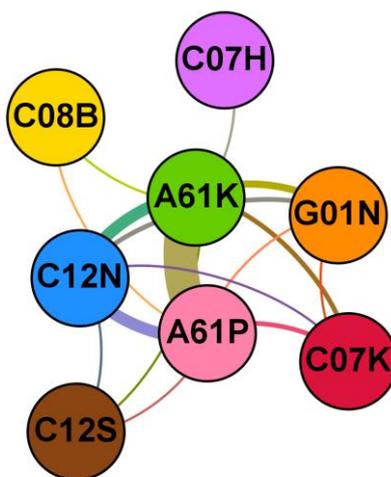


Figura 53: Sistema de competências tecnológicas do Instituto Butantan – Grupos principais. As relações entre dois códigos foram mapeadas de acordo com sua coocorrência em uma mesma patente. Cada nó representa um código da CIP e dois códigos foram considerados conectados quando estavam presentes na mesma patente. A espessura das ligações indica a frequência de coocorrência entre dois nós. A cor do nó indica o Grupo Principal da CIP: A61K (verde), A61P (rosa), C12N (azul), C07K (vermelho), G01N (laranja), C12Q (cinza), C07H (roxo), C08B (amarelo) e C12S (marrom).

A análise desta rede indica que as classes mais relacionadas nas patentes do Instituto Butantan são a A61K e a A61P (peso 14), mostrando que a sua maior competência,

que envolve preparações para finalidades médicas, tem forte relação com atividade terapêutica. Outras classes mais fortemente relacionadas são a A61P e C12N e a C12N e A61K, ambas com peso 5. Isso significa que tanto as preparações para finalidades médicas quanto os compostos com atividade terapêutica envolvem o uso de micro-organismos.

8.2.7 Índice de diversidade de colaboração (IDC)

O IDC institucional do Instituto Butantan foi calculado com base nos dados de coautoria em publicações científicas, para refletir o padrão de colaboração para o avanço do conhecimento científico, e também da coinvenção de patentes, a fim de representar o padrão de cooperação para desenvolvimento tecnológico e inovação. Foram utilizados dados de todo o período avaliado (1999 – 2013).

Com relação ao avanço do conhecimento científico, foram observadas 3.612 relações de coautoria institucional, sendo que 2.938 delas ocorreram mais de uma vez. Assim, o IDC do Instituto Butantan é igual a 0,18, o que significa uma forte tendência para o comportamento explorativo na instituição.

Em relação ao desenvolvimento tecnológico e inovação, foram observadas 16 relações de coinvenção institucional e, dentre elas, quatro relações que ocorreram mais de uma vez. Desta forma, o IDC do Instituto Butantan é igual a 0,75.

8.2.8 Redes temáticas

A escolha da rede temática para a prospecção de parceiros para o Instituto Butantan foi baseada na convergência de uma de suas competências, o desenvolvimento de vacinas, com um tema extremamente atual e relevante para a saúde pública: a febre Chikungunya.

O vírus Chikungunya, segundo o National Institute of Allergy and Infectious Diseases (NIAID, 2015), enquadra-se na terceira maior prioridade de combate à patógenos emergentes por causa de seu potencial de disseminação em massa no futuro, sua disponibilidade, facilidade de produção e difusão, potencial para altas taxas de morbidade e mortalidade, e grande impacto na saúde. A transmissão ocorre por meio de picada de mosquito e os principais sintomas da doença são febre alta de início súbito e dor articular intensa (BRASIL, 2014). Como os sintomas da febre Chikungunya são manifestações muito comuns em várias outras doenças infecciosas, como a dengue, a malária ou infecções bacterianas, é importante diferenciá-la e diagnosticá-la corretamente a fim de excluir essas doenças mais graves e fornecer o

tratamento adequado ao paciente infectado (BRASIL, 2014). Assim, o governo brasileiro tem concentrado esforços para a detecção precoce de um surto da doença, para prevenir ou minimizar sua expansão nas Américas.

Para a construção da rede temática de pesquisa em vacinas para a febre Chikungunya, a coleta de dados abrangeu o período de 2010 a 2014. A fim de obter as publicações sobre o tema, a consulta foi feita utilizando o termo “vaccin* AND (chikungunya OR CHKV)” e recuperou 129 registros.

A rede de pesquisa para o desenvolvimento de vacinas contra a febre Chikungunya é composta por 38 países e pode ser demonstrada na Figura 54. Os países mais centrais nesta rede, representados pelos nós de tamanho maior, são França, Estados Unidos e Espanha. O Brasil também participa da rede e possui colaborações diretas com cinco países, incluindo dois dos mais centrais na rede: Estados Unidos, Polinésia, Itália, Áustria e França.

No total, 205 instituições estão envolvidas na rede, sendo que 45,4% delas são Universidades, 22,9% são Institutos de Pesquisa, 10,7% são Empresas e 7,3% pertencem à categoria de Unidades médicas. As instituições mais centrais na rede são, em ordem de importância, a Universidade do Texas (EUA); a Universidade Nacional de Singapura (Singapura); a Agência de Ciência, Tecnologia e Pesquisa, ASTAR (Singapura); o Instituto de Pesquisas Médicas de Queensland (Austrália) e a Comissão de Energia Atômica e Energias Alternativas, CEA (França) (Figura 55). Estas são as instituições que têm maior importância na rede e seriam os principais alvos da cooperação do Instituto Butantan para o desenvolvimento de vacinas nesta área.

Com o objetivo de aproveitar os conhecimentos desenvolvidos nacionalmente, uma alternativa seria o contato com a única instituição brasileira que faz parte da rede, o Centro de Pesquisas René Rachou (CPqRR), que representa a Fiocruz de Minas Gerais. O CPqRR representa apenas 0,5% da rede de pesquisa e nenhuma das instituições mais centrais está inserida em sua rede de cooperação direta (Figura 55, painel superior direito). Apesar disso, a Universidade de Lyon, que tem conexão direta com o CPqRR, possui ligações com duas das instituições mais centrais, a Universidade Nacional de Singapura e a Agência de Ciência, Tecnologia e Pesquisa de Singapura (Figura 55, painel inferior direito). Isso faz dessa universidade um ponto de contato importante na articulação do Instituto Butantan, por meio do CPqRR, com essas instituições.

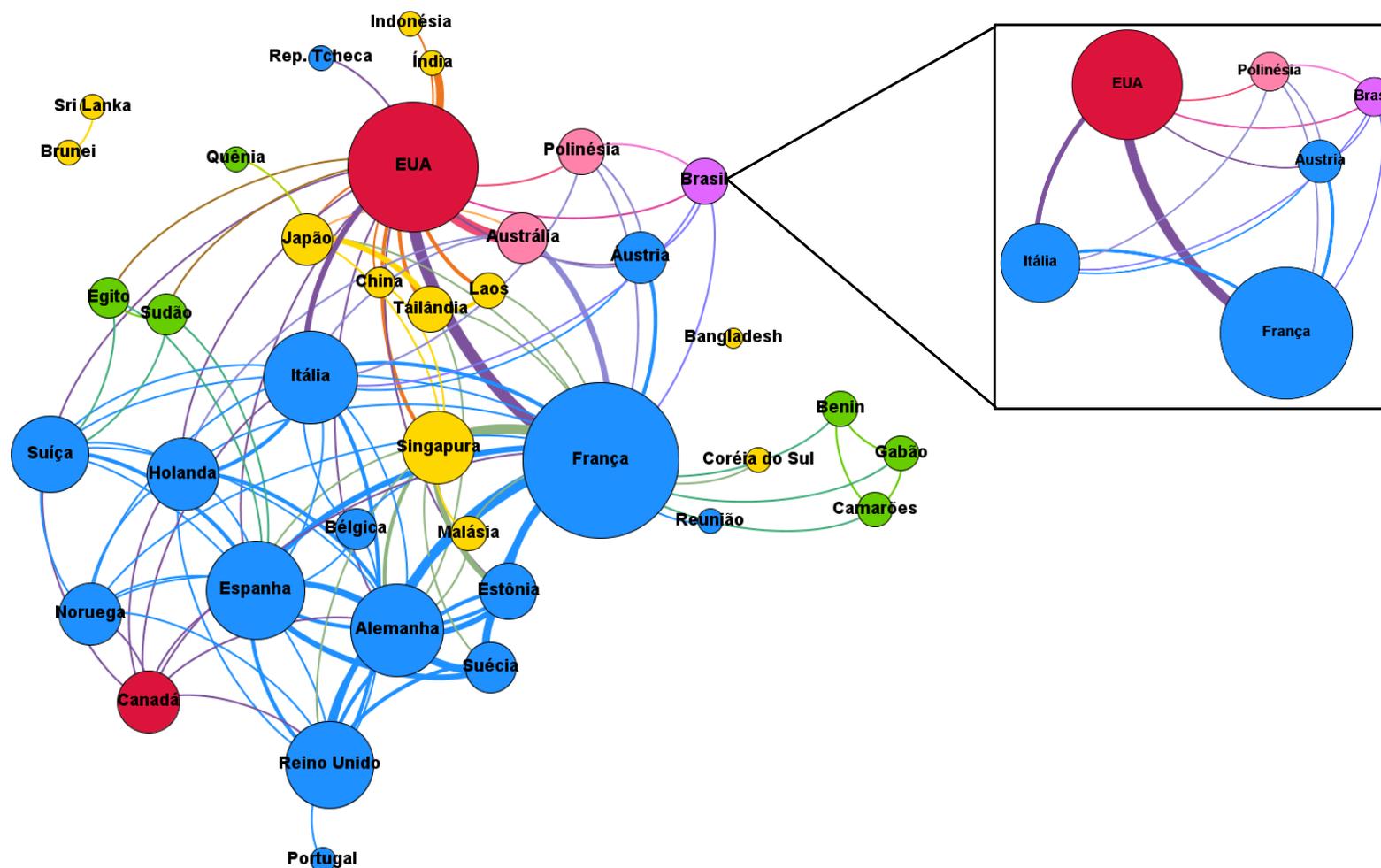


Figura 54: Rede de países que realizam pesquisa sobre vacinas contra a febre Chikungunya. As relações entre dois países foram mapeadas de acordo com as nacionalidades das instituições identificadas nos artigos científicos. Cada nó representa um país e dois países foram considerados conectados se suas instituições estavam presentes em um mesmo artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se o país pertence ao continente europeu (azul), norte-americano (vermelho), asiático (amarelo), africano (verde), sul-americano (roxo) ou à Oceania (rosa). O tamanho dos nós indica sua centralidade de grau. A rede de colaboração direta do Brasil está informada no painel superior direito.

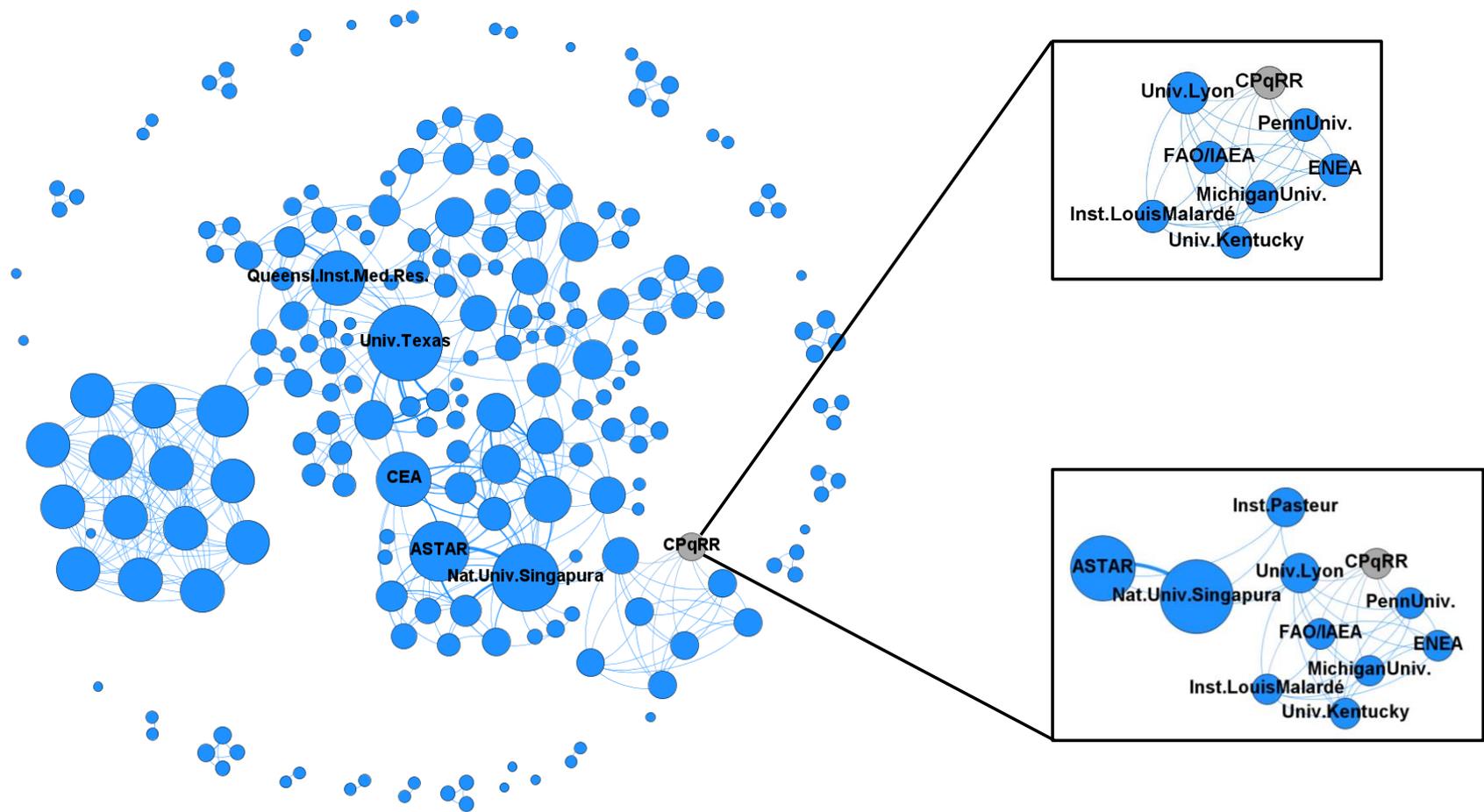


Figura 55: Rede de instituições que realizam pesquisa sobre vacinas contra a febre Chikungunya. As relações entre duas instituições foram mapeadas de acordo com as afiliações dos autores dos artigos científicos. Cada nó representa uma instituição e duas instituições foram consideradas conectadas se seus membros compartilhavam a autoria de um artigo. A espessura das ligações indica a frequência de colaboração entre dois nós. A cor do nó indica se a instituição é brasileira (cinza) ou internacional (azul). As cinco instituições mais centrais da rede estão indicadas: Universidade do Texas (EUA); Universidade Nacional de Singapura (Singapura); Agência de Ciência, Tecnologia e Pesquisa, ASTAR (Singapura); Instituto de Pesquisas Médicas de Queensland (Austrália) e Comissão de Energia Atômica e Energias Alternativas, CEA (França). A única instituição brasileira (Centro de Pesquisas René Rachou – Fiocruz Minas Gerais) participante da rede está indicada, bem como sua rede de colaboração direta (painel superior direito) e indireta (painel inferior direito).

9 DISCUSSÃO

As palavras-chave mais frequentes nas publicações científicas das duas instituições analisadas mostram que sua produção científica está muito relacionada com seus produtos. Isso indica uma articulação importante e positiva entre a pesquisa científica que é realizada em ambas e os produtos que elas fornecem ao SUS, evidenciando foco e alinhamento com as demandas da sociedade.

A avaliação do coeficiente de colaboração tanto de Bio-Manguinhos quanto do Instituto Butantan mostrou que a pesquisa realizada nas instituições tem caráter intensamente colaborativo (Figura 20, p. 107 e Figura 38, p. 139). Este fato está em concordância com a tendência mundial de colaborar em todas as áreas da ciência, caracterizada pela intensificação da cooperação, associada ao aumento de artigos publicados em coautoria (GLANZEL; SCHUBERT, 2004; PERSSON; GLÄNZEL; DANELL, 2004). Especialmente nas áreas de medicina clínica, ciências biológicas e pesquisa biomédica, a média de coautoria tem aumentado ao longo dos anos (GLANZEL; SCHUBERT, 2004). Entretanto, chama a atenção o número relativamente baixo de publicações de Bio-Manguinhos em um extenso período de tempo: apenas 131 publicações em 15 anos, comparadas às 2.109 do Instituto Butantan. Este fato pode estar relacionado à orientação adotada por Bio-Manguinhos, que concedeu, comparativamente ao Instituto Butantan, um peso maior às atividades de produção industrial e em grande escala, subordinando a aplicação dos resultados de pesquisa à questão industrial (GADELHA; AZEVEDO, 2003). Uma vez que as organizações industriais têm como principal objetivo o desenvolvimento de novos produtos e serviços para o mercado, a produção de artigos científicos voltados para a área acadêmica acaba por não ser prioritária (MOYA-ANEGÓN; LÓPEZ-ILLESCAS; MOED, 2014). Apesar de ter havido um aumento das publicações científicas por indústrias nas últimas décadas, elas ainda representam uma porcentagem menor de todos os artigos publicados pela comunidade científica (GODIN, 1996; CHANG, 2014).

Essa maior importância dada à atividade industrial também pode ter influenciado o quantitativo de colaboradores envolvidos na área de P&D. Atualmente, Bio-Manguinhos conta com 150 funcionários na área de desenvolvimento tecnológico, enquanto o Instituto Butantan possui aproximadamente 191 pesquisadores e mais 420 alunos de mestrado, doutorado e pós-doutorado (FRANCO; KALIL, 2014). Essa diferença no número de pessoas realizando atividades de P&D poderia justificar uma maior quantidade de artigos científicos publicados pelo Instituto Butantan, cuja missão

abrange a pesquisa e o compartilhamento de conhecimento com a sociedade, incentivando a publicação de artigos científicos pela instituição.

A ênfase na atividade industrial poderia estar direcionando a produção de conhecimento em Bio-Manguinhos para o depósito de patentes. Entretanto, apenas 13 delas foram depositadas no período de 15 anos, enquanto no Instituto Butantan, apenas 21 no mesmo período de tempo. Em ambas as instituições, há anos em que não houve a publicação de patentes (Figura 29, p. 123 e Figura 48, p. 154). Mesmo no Instituto Butantan, onde houve um aumento gradativo da produção de artigos científicos ao longo dos anos (Figura 38, p. 139), isso não aconteceu com as patentes. É sabido que a estratégia de depósito de patentes varia entre organizações e setores. Alguns deles já estabeleceram uma tradição na preferência pela preservação do segredo industrial, evitando patentear sempre que possível, o que pode ser visto como um meio de impedir os concorrentes de acessar e usar informações sobre antecipação de produtos futuros e movimentos de mercado. Entretanto, setores de alta tecnologia consideram o patenteamento uma atividade prioritária, vista como um meio de comercializar ou vender as inovações patenteadas, impedir que os concorrentes patenteiem invenções relacionadas, negociar direitos tecnológicos e, ainda, de bloquear o desenvolvimento tecnológico em determinado campo de conhecimento (OCDE, 1997). No caso das instituições públicas, essa atividade é considerada uma forma de garantir o acesso a tecnologias/produtos pela população e de impedir a imposição de condições abusivas que prejudiquem esse acesso. Portanto, o baixo número de patentes depositadas por Bio-Manguinhos e o Instituto Butantan sugere uma falta de estratégia patentária e uma imaturidade na gestão de sua propriedade intelectual. Mesmo que a organização não tenha interesse imediato na produção ou comercialização de determinada tecnologia, o licenciamento para outras instituições pode ser considerado um mercado emergente estratégico. Ainda, apesar de o depósito de uma patente não significar necessariamente a colocação de um produto no mercado, a patente depositada em um determinado campo tecnológico significa que essa instituição está na, ou perto da, fronteira tecnológica e tem avançado nessa área.

De fato, um estudo recente da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) mostrou que as empresas de biotecnologia brasileiras usam muito pouco o sistema de patentes para proteger suas invenções (ABDI, 2012). Da mesma forma, as universidades e instituições públicas, em geral, ainda não possuem uma cultura de propriedade intelectual disseminada, apesar de muitas delas já contarem com mecanismos institucionais que a privilegie (SCHOLZE; CHAMAS, 2000). Entre os

fatores que influenciam as decisões das empresas sobre a estratégia de proteção à propriedade intelectual, foram destacados o *backlog* do INPI, a falta de profissionais qualificados para prestar assessoria técnica em todo o processo (desde a estratégia para redação das patentes, buscas de anterioridade, até o acompanhamento da patente), a falta de cultura no país quando se trata de produtos biotecnológicos produzidos nacionalmente, a fragilidade do sistema legal de patentes no Brasil com a violação dos seus direitos de patentes e os elevados custos do patenteamento (ABDI, 2012). Estes fatos, à luz da política do governo atual, que prevê o fortalecimento da capacitação tecnológica e industrial na área de biotecnologia, chamam a atenção para a importância de melhorar a capacidade das instituições científicas e tecnológicas para criar e usar as patentes e reforçar os instrumentos para expandir o esforço de inovação no setor produtivo brasileiro.

Ainda sobre as patentes, outro ponto importante é o depósito internacional, cujos percentuais foram 92% – Bio-Manguinhos – e 24% – Instituto Butantan. Isso reflete uma diferença na estratégia patentária das duas organizações. A alta porcentagem de depósitos de patentes em outros países mostra que Bio-Manguinhos tem a preocupação de explorar oportunidades internacionalmente. Considerando a natureza pública de Bio-Manguinhos, é possível que essas oportunidades estejam mais voltadas ao estabelecimento de parcerias internacionais, visando ao licenciamento de tecnologias.

A avaliação do indicador de “colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico” mostra que, com o passar dos anos, a rede de colaboração em publicações científicas de Bio-Manguinhos aumentou consideravelmente, crescendo aproximadamente 67% no primeiro quinquênio e 77% no segundo (Figura 21, p. 108 e Quadro 9, p. 109). O mesmo indicador, aplicado ao Instituto Butantan (Figura 39, p. 141 e Quadro 16, p. 142), também mostra um crescimento da rede, mais expressivo no primeiro quinquênio (83%) e um pouco menor no segundo (31%). Entretanto, em ambas as instituições, esse aumento foi acompanhado por uma maior fragmentação das redes, refletida pelo acréscimo da modularidade e do número de comunidades encontradas. Adicionalmente, as redes também se tornaram menos densas com o passar do tempo e, em Bio-Manguinhos, também houve crescimento do número de componentes desconectados.

Realmente, o aumento da rede, por si só, pode levar a uma diminuição de sua densidade. Isso pode acontecer por limitações na quantidade de tempo que os indivíduos podem investir em estabelecer e manter relações (SCOTT, 2001). Além

disso, dada a natureza da relação avaliada nessas redes - a coautoria em artigos científicos - é improvável que os pesquisadores trabalhem com muitos outros pesquisadores inseridos na rede, principalmente pela multiplicidade de temas pesquisados.

Entretanto, estes parâmetros são muito importantes quando avaliados na rede de colaboração interna das duas instituições (Figura 24, p. 113 e Quadro 10, p. 114; Figura 42, p. 146 e Quadro 17, p. 147), que também é bastante fragmentada e pouco densa. Quanto mais densa é a rede, mais facilmente a informação e o conhecimento serão transmitidos e construídos coletivamente. Em uma rede menos densa, a informação pode ficar distorcida quando transmitida por meio de um grande número de diferentes atores (VALENTE, 2005). Da mesma forma, uma rede com um grande número de componentes difunde a informação rapidamente dentro de um determinado componente, mas tem problemas para difundi-la entre os diferentes componentes da rede. Uma maior densidade em uma rede organizacional de P&D gera uma maior produtividade, seja na forma de mais artigos publicados, projetos, patentes, relatórios, materiais experimentais ou protótipos (REAGANS; ZUCKERMAN, 2001). Por outro lado, apesar do baixo valor de densidade indicar a subutilização do potencial da rede, também indica a ampla possibilidade para o desenvolvimento e fortalecimento de novas relações. É importante identificar o motivo pelo qual existem componentes desconectados na rede interna e buscar sua integração por meio de posturas estratégicas de indução. Em alguns casos, são esses indivíduos que funcionam como fontes de novas ideias e inovações ou por terem contato com outras comunidades científicas ou por estarem livre da “pressão social” que afeta os membros mais centrais (VALENTE, 2012).

A estrutura de comunidades mostra o quanto um grupo se relaciona mais entre si do que com outros grupos da rede. Em Bio-Manguinhos (Figura 25, p. 116), observa-se uma clara divisão, principalmente entre os colaboradores que trabalham na área de Reativos para diagnóstico e na área de Vacinas virais. Isso significa que esses programas de desenvolvimento tecnológico interagem muito pouco. No Instituto Butantan (Figura 43, p. 148), essa divisão de laboratórios é menos evidente. Alguns deles cooperam muito mais entre si do que com os outros laboratórios, como é o caso do Centro de Biotecnologia e do Laboratório de Imunogenética, mas a maioria dos membros dos diferentes laboratórios parece estar pulverizada na rede. Correlacionando esses dados com a rede de publicação interna, observa-se que, no Instituto Butantan, aproximadamente 6% dos indivíduos estão desconectados da rede interna. Em Bio-Manguinhos, esse número aumenta para 15%; entretanto, a rede

interna do Instituto Butantan é mais integrada, mesmo apresentando um maior tamanho.

É imediato se pensar que algumas áreas podem realizar pesquisas e estar relacionadas a cadeias de desenvolvimento de produtos diferentes e, por esse motivo, não teriam estímulo ou razão para cooperar em publicações científicas. Por outro lado, a diversidade de equipes de trabalho facilita a inovação (POST et al., 2009). Disis e Slattery (2010) argumentam que a multidisciplinaridade das equipes aumenta e acelera o sucesso das inovações de várias maneiras: i) a diversidade intelectual da equipe faz com que as novas ideias sejam avaliadas e “filtradas” de maneira mais robusta e eficiente, evitando falhas; ii) as diferentes experiências dos membros da equipe ajudam a desenvolver uma forma de “pensamento conectivo”, na qual são feitas conexões dinâmicas entre ideias muito diferentes, que tornam a ideia inicial substancialmente melhorada; iii) a diversidade da equipe abarca as redes de cada indivíduo, facilitando a retenção da descoberta. Assim, acredita-se que, principalmente em Bio-Manguinhos, uma interação entre os diferentes laboratórios ou programas de desenvolvimento tecnológico deva ser estimulada.

Da mesma forma, o indicador de “colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação” das duas instituições também aponta para um aumento de tamanho da rede, mas uma diminuição de sua densidade (Quadro 11, p. 125 e Quadro 18, p. 156). Outra característica da evolução temporal dessas redes foi o aumento da centralização. Isso significa que com o passar dos anos a rede tornou-se mais apoiada em um seleto grupo de inventores, que têm papel crucial na manutenção da conectividade da rede. As redes, portanto, tornaram-se, de certa forma, mais hierárquicas. Isso significa que a informação e o conhecimento são facilmente transmitidos, mas esses inventores centrais são indispensáveis para sua transmissão.

O indicador de “colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação” também mostrou que o aumento do tamanho da rede do primeiro (1999-2003) para o segundo (2004-2008) quinquênio foi muito expressivo nas duas instituições. A rede de coinvenção em patentes aumentou 155% em Bio-Manguinhos e 150% no Instituto Butantan. Uma vez que o Brasil intensificou os mecanismos de indução da inovação a partir de 2003/2004, esse aumento poderia ser resultado de uma mudança cultural das instituições governamentais no curto prazo, estimulando uma maior colaboração para obtenção de resultados mais rápidos. Entretanto, essa colaboração, no que tange às patentes, ainda é realizada mais internamente à organização. A rede institucional de coinvenção em patentes mostra um número muito

pequeno de parceiros institucionais tanto de Bio-Manguinhos (Figura 32, p. 127) quanto do Instituto Butantan (Figura 51, p. 158).

A distribuição da centralidade de grau na rede cumulativa de publicações científicas sugere que a conectividade científica não é igualmente distribuída entre todos os indivíduos. Tanto em Bio-Manguinhos (Figura 23, p. 111) quanto no Instituto Butantan (Figura 41, p. 144), apenas alguns autores muito bem conectados a controlam. Considerando apenas os indivíduos membros de cada uma das instituições, apenas dois, de Bio-Manguinhos, de um universo de 105 pesquisadores, possuem mais de 100 conexões. No Instituto Butantan, são 40 sujeitos com mais de 100 conexões em um grupo de 437 pesquisadores.

De fato, as redes reais raramente apresentam uma distribuição de centralidade de grau aleatória. Geralmente, elas apresentam uma distribuição que obedece a uma lei de potência, em que há um padrão estrutural formado por poucos nós com alta centralidade de grau, chamados de *hubs*, e muitos nós com baixa centralidade de grau (BARABÁSI, ALBERT, 1999). Isso pode ser um efeito da “conexão preferencial”, em que novos nós que entram na rede se conectam preferencialmente aos nós existentes, que já são bem conectados, ou seja, com maior centralidade de grau (BARABÁSI; ALBERT, 1999). De fato, já foi demonstrado em redes de coautoria que maiores centralidades de grau e de intermediação têm papel importante na conexão preferencial de novos atores (ABBASI; HOSSAIN; LEYDESDORFF, 2012). Outro ponto importante é a senioridade dos atores, ou seja, há quanto tempo eles estão atuando na organização ou na área científica. Quando um novo colaborador entra em uma organização ou um novo pesquisador em uma área de pesquisa, segundo essa visão, sua estratégia básica é procurar se conectar com um indivíduo que já é mais central na rede. Tanto na rede cumulativa de publicações científicas quanto na rede de patentes, todos os atores mais centrais estão atuando há pelo menos 10 anos na organização ou estão inseridos na área de pesquisa há mais de 30 anos.

A identificação dos indivíduos com maior centralidade de grau e centralidade de intermediação, revelados tanto pelo indicador de “colaboração estruturada para avanço do conhecimento científico” (Tabela 1, p. 112, Tabela 2, p. 114, Tabela 6, p. 145 e Tabela 7, p. 147) quanto pelo indicador de “colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação” (Tabela 4, p. 127 e Tabela 9, p. 158) pode servir a muitos propósitos para as instituições avaliadas. Como os processos de desenvolvimento de produtos dependem frequentemente da pesquisa acadêmica para evoluir e desenvolver novas ideias e técnicas, estes indivíduos podem funcionar como

fontes de informação sobre as tendências tecnológicas para os próximos anos e identificar possíveis parceiros para cooperação no desenvolvimento de produtos. Além disso, sua experiência pode referenciar decisões estratégicas sobre o investimento institucional em novas tecnologias, o que faz com que esses pesquisadores sejam vistos como líderes de informação no desenvolvimento de produtos. Batallas e Yassine (2006) sugerem que estes indivíduos devem formar um "mega-núcleo de nós centrais (alta centralidade de grau e de intermediação)" para melhorar a troca de informação, integração de sistemas e inovação na organização. Adicionalmente, os indivíduos com maior centralidade de intermediação também podem servir como "agentes de mudança" para intervenções organizacionais (VALENTE, 2012). É preciso ter em mente que as medidas de centralidade supõem uma posição mais favorável às oportunidades de troca de conhecimentos, com menores restrições ao fluxo de informações. Entretanto, o real aproveitamento dessas oportunidades é um fato que guarda relação com as propriedades dos laços sociais e que, por sua vez, recebem influências de fatores como: tempo de serviço e de permanência dentro da Unidade, característica do vínculo, estrutura hierárquica e não hierárquica, dentre outros.

No caso das organizações pesquisadas, seria importante compor um grupo que unisse os indivíduos com alta centralidade de grau e de intermediação tanto da rede de publicações (cumulativa e recente) quanto da rede de patentes. A união de indivíduos centrais na rede cumulativa de publicações e na rede de patentes forneceria ao grupo uma visão mais holística e integrada dos processos e projetos da organização. A inclusão de membros da rede recente de publicações agregaria uma visão mais condizente com a pesquisa contemporânea e prepararia esses indivíduos para eventuais substituições na organização. Em Bio-Manguinhos, esse grupo seria formado por Galler, Freire, Martins, Silva (rede cumulativa de publicações), Matos (rede recente de publicações) e Ferreira (rede de patentes). No Instituto Butantan, o grupo seria formado por Ho, Leite, Nascimento, Sant'Anna, Pimenta (rede cumulativa de publicações), Maria, Brescovit, Raw (rede recente de publicações), Higashi, Guidolin e Dias (rede de patentes).

Com relação à rede interna de publicações científicas de Bio-Manguinhos (Figura 24, p. 113), é importante ressaltar que Freire, um dos nós com maior centralidade de grau e de intermediação, ocupa um cargo de diretoria. Homma e Galler, outros indivíduos que igualmente possuem maior centralidade de grau, também participaram da alta gestão da organização. Isso sugere que uma parcela significativa do que foi e é produzido por Bio-Manguinhos em termos de pesquisa científica é feita com a participação ativa da diretoria. Portanto, por estarem em posições centrais na rede e

por terem ocupado cargos do alto escalão, esses indivíduos têm o poder de direcionar a pesquisa científica que é realizada na instituição. Como Galler e Freire também se encontram em posições centrais na rede externa, eles colaboram mais com o ambiente externo e possuem mais acesso às novidades e tendências tecnológicas. Por esse motivo, são pessoas essenciais para integrar essas informações à pesquisa que é realizada na instituição. Além disso, por possuírem posições centrais na rede interna e externa, esses indivíduos podem identificar projetos que possam ser executados em parceria dentro da própria organização e integrar à rede interna os membros desconectados. Esses indivíduos têm uma importância histórica para a organização, visto que sua importância aparece na rede cumulativa. Mesmo ao avaliar aqueles que possuem maior centralidade na rede que reflete o período mais recente da análise (2009-2013), pode-se identificar uma sobreposição da maioria das pessoas.

A comparação dos indivíduos mais centrais na rede de publicações científicas e na rede de patentes de Bio-Manguinhos (Tabela 1, p. 129 e Tabela 4, p. 144) também aponta para uma sobreposição de pessoas. Isso demonstra que a instituição conta com as mesmas pessoas para lidar com os desafios da inovação tecnológica e da produção científica, sugerindo que, nesta instituição, o desenvolvimento industrial não está isolado da comunidade científica, como já visto em outros contextos de pesquisa no Brasil (VASCONCELLOS; MOREL, 2012). Esses indivíduos, portanto, têm papel crucial não só na transferência de conhecimento de um domínio para outro, mas também ocupam posições estratégicas nas duas comunidades. Este fato está alinhado com a ideia de que a ciência está cada vez mais relacionada à tecnologia e que a pesquisa acadêmica afeta de maneira importante a investigação industrial, especialmente na indústria de biotecnologia (GODIN, 1996; MCMILLAN et al., 2000; COHEN; NELSON; WALSH, 2002).

No entanto, este resultado indica uma certa fragilidade na organização. Como sua produtividade científica e desenvolvimento tecnológico estão nas mãos de apenas alguns indivíduos, a saída desses profissionais do Instituto significaria uma grande perda para sua capacidade técnico-científica. Alguns deles já atuam há muitos anos na organização e o preparo de substitutos para a ocasião de sua aposentadoria torna-se uma ação extremamente importante para a manutenção dessa capacidade em Bio-Manguinhos. Outro ponto importante é que, apesar de os mesmos indivíduos lidarem tanto com as publicações científicas quanto com o depósito de patentes, observa-se muito menos patentes depositadas do que artigos publicados pela organização. Isso sugere uma dissociação entre o avanço científico e a incorporação do progresso tecnológico na base produtiva que existe na organização.

No caso do Instituto Butantan (Figura 43, p. 148 e Tabela 7, p. 147), o indicador de “colaboração para o avanço do conhecimento científico” mostra que os indivíduos com maior centralidade de grau e de intermediação na rede interna – Ho, Raw, Tambourgi, Sant’Anna e Lebrun – são pesquisadores seniores, que trabalham há mais de 20 anos na instituição. Na rede externa cumulativa (Figura 40, p. 143 e Tabela 6, p. 145), dois deles se repetem como centrais – Ho e Sant’Anna –, mas outros também aparecem como relevantes na rede externa da instituição – Leite, Nascimento e Pimenta. De forma análoga, a rede que reflete o período mais recente da análise (2009-2013) aponta para outros indivíduos com papel importante – Maria e Brescovit. O quadro de senioridade repete-se, com o indivíduo mais novo trabalhando há pelo menos 10 anos no Instituto Butantan. De fato, o tempo de atuação na instituição acaba por permitir que esses pesquisadores adquiram posições mais centrais, o que pode ser observado no indicador de “colaboração para desenvolvimento tecnológico e inovação” (Figura 50, p. 174 e Tabela 9, p. 175). Esse quadro de senioridade também evidencia o mesmo problema encontrado em Bio-Manguinhos: a saída de funcionários por conta da aposentadoria.

Ao contrário do que acontece em Bio-Manguinhos, observa-se que, na rede de patentes do Instituto Butantan (Figura 50, p. 157 e Tabela 9, p. 158), os indivíduos com maior centralidade de grau e de intermediação – Raw, Higashi, Guidolin e Dias – são diferentes dos da rede de publicações científicas. Apesar disso, esse resultado não exclui a possibilidade de que eles interajam de outras maneiras, menos formais e documentadas que a autoria de uma publicação ou patente. Murray (2002), em um estudo de caso na área de engenharia de tecidos sobre a evolução de redes científicas e tecnológicas, argumenta que as redes de coautoria e de coinvenção, apesar de serem distintas, evoluem juntas. Mesmo quando não há sobreposição de cientistas entre as duas redes, eles interagem ao realizar outras atividades, como consultorias, participação em comitês, reuniões etc. Além disso, um estudo feito por Breschi e Catalini (2010) mostrou que os cientistas que são autores e inventores podem ocupar posições centrais tanto em redes de coautoria quanto em redes de coinvenção. Entretanto, a posição central na rede de coautoria geralmente vem em detrimento da mesma posição na rede de coinvenção e vice-versa.

A análise da estrutura de comunidades na rede interna de publicações científicas revelou cenários distintos em Bio-Manguinhos (Figura 25, p. 116) e no Instituto Butantan (Figura 43, p. 148). Em Bio-Manguinhos verifica-se uma clara separação, principalmente, entre o grupo que atua na área de reativos para diagnóstico e o grupo que atua na área de vacinas. Isso mostra que os membros dos laboratórios de Bio-

Manguinhos interagem muito dentro de suas próprias equipes e pouco com os laboratórios que atuam em outras áreas. Já no Instituto Butantan, nota-se que, apesar dos membros de alguns dos laboratórios colaborarem mais com suas próprias equipes, uma grande parcela deles está pulverizada na rede. Isso significa que há uma grande colaboração entre os diferentes laboratórios de pesquisa existentes no Instituto, o que pode ser resultado da maior especialização dos laboratórios de Bio-Manguinhos. Enquanto no Instituto Butantan os laboratórios atuam em áreas de pesquisa mais abrangentes (ex. Genética, Biologia Celular, Bioquímica e Biofísica etc.), em Bio-Manguinhos essas áreas são voltadas diretamente para produtos, como vacinas e reativos. Percebe-se pela própria estrutura de sua rede que os laboratórios de apoio têm papel importante na integração dos diferentes grupos.

Com relação às redes de colaboração institucionais, chama a atenção a marcada diferença entre o tamanho das redes demonstradas no indicador de “colaboração para desenvolvimento tecnológico e inovação” e no indicador de “colaboração para o avanço do conhecimento científico”, tanto de Bio-Manguinhos (Figura 26, p. 135 e Figura 32, p. 144) quanto do Instituto Butantan (Figura 45, p. 167 e Figura 51, p. 175). De fato, os dados de coautoria e de coinvenção devem ser interpretados com cautela, uma vez que as regras que determinam a coautoria e a coinvenção são diferentes. Enquanto a autoria de um artigo científico é o resultado de um processo de negociação que pode envolver vários membros de uma equipe de pesquisa e pode variar de acordo com as regras vigentes da área acadêmica específica, a participação em uma invenção, pelo menos em princípio, tem um significado jurídico mais preciso (BRESCHI; CATALINI, 2010). Ao mesmo tempo, o número de autores em um artigo científico é frequentemente maior do que o número de inventores listados em uma patente. É possível que essas características façam com que as redes de coinvenção apresentem uma tendência a serem menores que as redes de coautoria.

A rede institucional de colaboração de Bio-Manguinhos em publicações científicas mostra que a maior parte da cooperação ocorre com as universidades (Tabela 3, p. 119), principalmente com a UFRJ e a UFF (Figura 26, p. 118). O Instituto Butantan também apresenta colaborações mais frequentes com as universidades (Tabela 10, p. 159), principalmente com a USP e a UNIFESP (Figura 45, p. 150). Esse estreitamento de laços ressalta o importante papel dessa interação na ampliação da capacidade de inovação das organizações, além de constituir uma forma de transferência do conhecimento para o setor produtivo, o qual poderá gerar efetivamente desenvolvimento econômico e social.

Entretanto, 60% da colaboração de Bio-Manguinhos é feita com a própria Fiocruz (IOC e ENSP). Da mesma forma, a rede institucional de cooperação em patentes (Figura 32, p. 127) mostra que a Fiocruz/IOC também é o maior colaborador de Bio-Manguinhos. A USP é a instituição com a qual o Instituto Butantan coopera com mais frequência, tanto na rede de publicações científicas, com 25% de todos os artigos científicos publicados em coautoria com essa instituição, quanto na rede de patentes (Figura 51, p. 158). Este fato poderia ser explicado pela proximidade geográfica dessas instituições: Bio-Manguinhos e o IOC estão localizados no mesmo *campus* da Fiocruz e o Instituto Butantan e a USP compartilham espaço na Cidade Universitária. De fato, os pesquisadores têm, naturalmente, uma maior propensão a colaborar quando trabalham no mesmo laboratório ou na mesma região, especialmente porque a troca de conhecimento se torna mais fácil quando os indivíduos enfrentam nenhuma ou pequenas barreiras espaciais (ABRAMOVSKY; SIMPSON, 2011; D'ESTE; GUY; IAMMARINO, 2012). A proximidade geográfica – territorial, espacial, local ou física – facilita as interações e, portanto, promove a transferência de conhecimento e a inovação (KNOBEN; OERLEMANS, 2006). As distâncias geográficas curtas aproximam as organizações, favorecendo a interação com um alto nível de riqueza de informações e facilitando o intercâmbio tanto de conhecimento tácito (SHAW; GILLY, 2000) quanto de conhecimento codificado (HOWELLS, 2002).

Entretanto, a literatura sobre proximidade e inovação mostra que a proximidade geográfica pode facilitar o aprendizado interorganizacional e a inovação, mas não é uma condição necessária ou suficiente para tal (BOSCHMA, 2005; KNOBEN; OERLEMANS, 2006). Cohen e Levinthal (1990) afirmam que, para que uma colaboração tenha êxito, o conhecimento (tecnológico) de uma organização deve ser semelhante ao novo conhecimento em um nível básico, mas bastante diferente em um nível mais especializado. O primeiro refere-se à compreensão geral das técnicas em que uma área científica se baseia, ao passo que o segundo diz respeito ao saber específico usado pelos indivíduos em sua rotina diária. A transferência efetiva de conhecimento requer que a organização possua uma capacidade de identificá-lo, interpretá-lo e explorá-lo. O compartilhamento de *expertises* também facilita o aprendizado dos indivíduos e promove uma comunicação mais efetiva entre eles (BOSCHMA, 2005).

De fato, a base de conhecimento existente entre Bio-Manguinhos e as outras Unidades da Fiocruz (CPqAM, CPqGM, CpqRR, IOC) é bastante semelhante, uma vez que as instituições fazem parte da mesma organização (Fiocruz) e estão voltadas para a pesquisa e desenvolvimento em temas relevantes para saúde pública. Além disso,

muitos pesquisadores do IOC foram incorporados ao quadro de profissionais de Bio-Manguinhos no momento de sua criação, o que pode ter facilitado o processo de inovação pela proximidade social. O caso do Instituto Butantan e da USP também é semelhante. Ambas instituições representam papel importante para o desenvolvimento científico nacional e grande parte da produção do Instituto Butantan tem participação da USP, seja de forma direta, com o trabalho de pesquisadores vinculados à Universidade, seja de forma indireta, com a formação de pesquisadores em várias áreas do conhecimento. Além disso, o Programa de Pós-Graduação Interunidades em Biotecnologia, que ocorre em parceria com o Instituto de Ciências Biomédicas da USP e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, tornou essa interação mais estreita. Além das aulas que são ministradas por professores das três instituições, há também o compartilhamento de parte da estrutura física das unidades (BUENO, 2012).

Esta estrutura de parceria fornece uma indicação importante sobre o padrão de colaboração de Bio-Manguinhos e do Instituto Butantan. Várias alianças com parceiros semelhantes podem render menos benefícios do que alianças com parceiros diferenciados, especialmente porque os mesmos tipos de parceria oferecem acesso a conjuntos de informação menos diversos (BAUM *et al.*, 2000). Não se pode ignorar que as alianças com os mesmos parceiros acabam por aprofundar o aprendizado específico sobre aquele parceiro e, em última instância, agregam experiência na gestão de futuras alianças com outros colaboradores (HOANG; ROTHARMEL, 2005). Entretanto, é necessária uma certa distância cognitiva para melhorar o aprendizado interativo, já que a criação de conhecimento requer conjuntos de conhecimentos complementares e muitas vezes diferentes (NOOTEBOOM *et al.*, 2007). As alianças são uma forma eficaz de alavancar a inovação, mas se engajar em alianças múltiplas do mesmo tipo pode dificultar o acesso a ativos complementares necessários para o crescimento bem-sucedido da organização.

O indicador de “colaboração estruturada para desenvolvimento tecnológico e inovação” também apontou para uma fragilidade nas parcerias institucionais. No Brasil, como em muitos outros países, há um sentimento geral de que as interações entre organizações públicas e privadas devem ser reforçadas em nível nacional. Além disso, a própria Lei de Propriedade Industrial brasileira passou a conceder aos empregados de instituições públicas, autores de inventos ou aperfeiçoamentos, a participação nos ganhos econômicos resultantes da exploração de patentes (SCHOLZE, CHAMAS, 2000). Entretanto, na rede de coinvenção de patentes tanto de Bio-Manguinhos (Figura 32, p. 127), quanto do Instituto Butantan (Figura 51, p. 158) não há participação de empresas privadas. No caso de Bio-Manguinhos, apesar da

existência de vários acordos de transferência de tecnologia com a indústria, este resultado demonstra uma ausência de cooperação no que diz respeito ao desenvolvimento de produtos.

No Brasil, o setor produtor de conhecimento é majoritariamente representado por instituições públicas, enquanto o setor usuário, que, por meio do processo de inovação, internaliza conhecimentos e gera bens e serviços, é quase sempre privado (CHIARELLO, 2000). A retomada das ações de política industrial para a área da saúde intensificou o estabelecimento de uma série de parcerias para o desenvolvimento produtivo (PDP), que envolvem tanto Bio-Manguinhos, quanto o Instituto Butantan. Entretanto, essas parcerias visam principalmente à internalização de tecnologias necessárias para a **produção** de insumos estratégicos, e não para seu desenvolvimento. Fica claro que essa iniciativa está mais diretamente voltada para a necessidade de superar a defasagem do parque industrial brasileiro, tornando-o mais competitivo. Contudo, os benefícios decorrentes do fortalecimento da base produtiva e da formação de competências nacionais podem não ser totalmente aproveitados na falta de uma base endógena de inovação. Segundo Gadelha e Costa (2012), a constituição dessa base requer uma rede de instituições que ancorem a estratégia nacional, o que pressupõe o fortalecimento de instituições de excelência com maior intensidade de conhecimento. Frente ao quadro demonstrado neste estudo, percebe-se que são necessárias iniciativas mais favoráveis ao estabelecimento de uma rede, voltada para o desenvolvimento de produtos articulados ao bem-estar da sociedade, introduzindo espaços para diálogo, formulação e implantação de políticas públicas.

O indicador de “Sistema de conhecimentos” e de “Sistema de competências tecnológicas” permitiu ir além da simples identificação das áreas de pesquisa/competências tecnológicas mais frequentes nos artigos e patentes das organizações avaliadas. A análise da centralidade de grau das áreas/competências inseridas no Sistema revela quais delas são mais relacionadas aos outros elementos da rede e, portanto, mostra a base do Sistema da organização. Ainda, esses indicadores permitem que a organização possa, de forma visualmente rápida e clara, identificar as forças e fraquezas de sua base científica e tecnológica visando a apropriação de futuras oportunidades ou necessidades de parcerias. A construção dos Sistemas de outras organizações também pode permitir fazer comparações para explorar complementaridades e possíveis colaborações.

A análise inicial do indicador de “Sistema de conhecimentos” de Bio-Manguinhos (Figura 27, p. 120) e do Instituto Butantan (Figura 46, p. 152) mostrou que este último

possui um sistema mais complexo - são 79 áreas de pesquisa em comparação com 30 áreas de Bio-Manguinhos. Essa maior complexidade pode advir não só da maior diversidade de laboratórios do Instituto Butantan, mas também de sua longa tradição em pesquisa.

Este indicador também revelou que as duas instituições têm bases de conhecimento semelhantes. Ambas compartilham duas das áreas mais centrais de seus sistemas, a 'Bioquímica e Biologia Molecular' e a 'Imunologia'. A área de 'Bioquímica e Biologia Molecular' pode ser considerada uma base importante do sistema de conhecimentos dessas duas instituições, já que ela é a que mais possui relações com as outras áreas de pesquisa em ambas as instituições. Entretanto, apesar de compartilharem a mesma base, no Instituto Butantan ela está mais relacionada com a área de 'Biofísica' e em Bio-Manguinhos está mais relacionada a 'Biotecnologia e Microbiologia Aplicada'. A área de 'Imunologia', que também é compartilhada pelas duas instituições como área central do "Sistema de conhecimentos", apresenta maior afinidade com a área de 'Pesquisa e Medicina Experimental' em Bio-Manguinhos e no Instituto Butantan, com a área de 'Doenças Infecciosas'. Isso significa que as duas organizações possuem uma base comum com diferentes enfoques. Ainda, a forte relação da área de 'Farmacologia e Farmácia' com a área de 'Toxicologia' no Instituto Butantan mostra a importância dos estudos sobre venenos e toxinas nessa organização. De maneira complementar, a avaliação da formação de comunidades no "Sistema de conhecimentos" indicou grupos distintos de áreas correlatas, que podem ser considerados importantes bases de conhecimento das duas instituições (Figura 28, p.122 e Figura 47, p. 153).

A análise do indicador de "Sistema de competências tecnológicas" de Bio-Manguinhos (Figura 33, p. 130) e do Instituto Butantan (Figura 52, p. 162) mostra que as duas instituições possuem competências na área de biotecnologia. À luz da política atual do governo, que pretende estabelecer um ambiente adequado para o desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos inovadores (BRASIL, 2007), ambas estão em consonância. Apesar de o "Sistema de competências tecnológicas" do Instituto Butantan ser maior – são 21 competências contra 13 de Bio-Manguinhos – as duas organizações compartilham a mesma competência tecnológica principal. A A61K39, que inclui preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos, é a competência mais central do "Sistema de competências tecnológicas" das duas instituições e é a segunda classificação mais frequente entre as patentes de biotecnologia depositadas no INPI por Instituições de Ciência e Tecnologia (ABDI, 2012). Além disso, a análise dos grupos principais desse indicador (Figura 34, p. 131 e Figura 53, p. 163) aponta para uma sobreposição de competências, inclusive de suas relações com as outras

classes presentes na rede. Isso mostra que a semelhança encontrada no indicador de “Sistema de conhecimentos” também é observada nas competências tecnológicas.

Baseando-se na semelhança entre as duas instituições mostradas pelos indicadores de seus “Sistemas” e no compartilhamento por ambas de um ‘foco organizacional’ na produção e desenvolvimento de insumos estratégicos para saúde pública, esperar-se-ia que a cooperação entre as duas fosse um evento frequente. Entretanto, apenas 6 artigos foram publicados em coautoria e nenhuma patente foi desenvolvida em conjunto no período de 15 anos. De fato, Landim e colaboradores (2012) afirmam que desde o fim do Programa de Autossuficiência Nacional em Imunobiológicos (PASNI), em 1998, se acentuou a baixa coordenação e complementaridade nas ações desses dois laboratórios públicos. Com exceção da produção da vacina tetravalente (DTP + Hib), que tem a fração Hib produzida em Bio-Manguinhos e as frações DTP, no Instituto Butantan, há poucas iniciativas de colaboração entre os laboratórios. Há inclusive alguns projetos “concorrentes”, como o desenvolvimento da vacina da dengue, que se encontra em estágio clínico no Butantan e em desenvolvimento colaborativo entre Bio-Manguinhos e a empresa GlaxoSmithKline (GSK). Uma aliança estratégica entre as duas instituições poderia ampliar e tornar mais efetivo o processo de P&D no país.

Outro ponto importante revelado pelo indicador de “Sistema de competências tecnológicas” é a necessidade de fortalecimento de algumas competências nas duas instituições. Atualmente, uma das mais relevantes é o desenvolvimento de anticorpos monoclonais, representado pelo código C07K16. Os anticorpos monoclonais representam aproximadamente 34% do mercado mundial de biofármacos e apresentam forte participação no déficit da balança comercial da indústria de base química e biotecnológica brasileira (ABDI, 2013; FIOCRUZ, 2013). Em 2010, a aquisição de biofármacos representou 3,7% do volume em unidades de medicamentos adquiridas e 31,97% do valor das aquisições em reais do governo brasileiro (ABDI, 2013). Diante desse cenário, a instalação de competências para o desenvolvimento desses produtos é essencial para o fortalecimento da capacidade biotecnológica nacional. Uma vez que tanto Bio-Manguinhos, quanto o Instituto Butantan já possuem essa competência, mesmo que com uma baixa participação no seu portfólio de patentes, esta pode ser uma grande oportunidade para seu desenvolvimento. Ao mapear seus dois “Sistemas” as organizações podem identificar possíveis colaboradores de acordo com sua estratégia: buscar parceiros que trabalham nas mesmas áreas para fortalece-las ou procurar colaboradores que estudem áreas que

não estão presentes na instituição para adquirir outros conhecimentos (BOYACK *et al.*, 2009).

A avaliação do IDC de Bio-Manguinhos e do Instituto Butantan demonstrou uma tendência para um comportamento exploratório nas duas instituições no que diz respeito à pesquisa científica. Esse comportamento é visto em maior grau no Instituto Butantan (0,18), que tem um IDC menor que o de Bio-Manguinhos (0,4). Isso significa que ambas preferem cooperar com os mesmos parceiros quando desenvolvem pesquisas científicas, provavelmente no intuito de utilizar e manter o conhecimento já adquirido em uma perspectiva de curto prazo, mais eficiente. A escolha de um comportamento mais exploratório é muito baseada nas certezas sobre as capacidades de seus parceiros visando aperfeiçoar e ampliar as competências existentes para apresentar retornos positivos, imediatos e previsíveis (MARCH, 1991).

Em relação ao desenvolvimento tecnológico e inovação, Bio-Manguinhos apresenta um balanço entre o comportamento exploratório e exploratório, uma vez que seu IDC é igual a 0,5. Apesar do baixo número de patentes avaliadas, poderia se extrapolar que este comportamento estaria relacionado à busca de um desempenho organizacional sustentável na área. Para March (1991), o balanceamento entre as orientações para exploração e para exploração é ideal para que a organização encontre a melhor equação na divisão de seus recursos no intuito de focar no desenvolvimento de novos conhecimentos e, ao mesmo tempo, sintetizar e aplicar os conhecimentos já existentes. Já no Instituto Butantan, que apresenta IDC igual a 0,75, o quadro aponta para um comportamento mais exploratório no que tange às colaborações em patentes. Novamente, o número de patentes avaliado é baixo, mas este fato é indicativo de que a organização investe mais em inovação e novos conhecimentos em suas parcerias para desenvolver patentes.

Rothaermel e Deeds (ROTHAERMEL, DEEDS, 2004) afirmam que o processo de exploração não pode acontecer sem um processo de exploração prévio, uma vez que a exploração exige um conjunto de conhecimentos ou competências já existentes na organização. Durante as fases iniciais do processo de desenvolvimento de novos produtos, a organização realiza uma pesquisa exploratória que envolve pesquisa básica e construção de novas capacidades, com o objetivo de desenvolver novos conhecimentos ou capacidades que ela pode, posteriormente, explorar na criação de valor. Uma vez que o conhecimento e as habilidades potencialmente valiosas foram adquiridos no processo exploratório, a organização, em seguida, volta-se para atividades de exploração. Esse modelo é corroborado por um estudo longitudinal

realizado com 325 organizações de biotecnologia que mostra que as instituições que se utilizam dessa estratégia tendem a ter mais produtos no mercado (ROTHAERMEL, DEEDS, 2004). Assim, segundo os autores, o modelo de exploração/exploração implica uma ordem para o uso destes processos por organizações.

À luz dessas observações chama a atenção o fato de que tanto o Instituto Butantan, quanto Bio-Manguinhos tenham um comportamento mais exploratório com relação à pesquisa básica - que seria a fase inicial do processo de desenvolvimento de produtos -, e um comportamento mais exploratório no desenvolvimento de patentes (no caso do Instituto Butantan) - que representa a fase final. Uma vez que a indústria da biotecnologia é fortemente baseada na pesquisa e na ciência pública para desenvolver inovações (MCMILLAN et al., 2000), seria esperado um comportamento mais exploratório no que tange à pesquisa realizada nessas instituições, voltado para a aquisição de novos conhecimentos e aprendizado de novas tecnologias. De fato, a pesquisa científica é repleta de incertezas e possui altos custos, mas os retornos podem ser altos quando ela é bem sucedida: um padrão típico das organizações engajadas em um comportamento mais exploratório (ATUAHENE-GIMA, 2005). Por outro lado, esses esforços podem levar muitos anos para dar resultados e frequentemente não geram patentes (GITTELMAN; KOGUT, 2003). Ao mesmo tempo, a etapa final de desenvolvimento de produtos cria uma necessidade imediata de adquirir determinadas competências complementares, que poderiam ser obtidas de parceiros já estabelecidos/conhecidos. O comportamento exploratório seria essencial nessa etapa, com o intuito de adquirir mais velocidade.

O Instituto Butantan pode ter adotado um comportamento mais exploratório na pesquisa científica para alcançar uma maior produtividade ou maior desempenho científico em um curto período de tempo (YAMAKAWA et al., 2011). Entretanto, em Bio-Manguinhos, o número reduzido de artigos científicos publicados pela instituição não é indicativo disso. Adicionalmente, o comportamento exploratório por parte dessas instituições pode estar relacionado com o reforço de suas próprias bases de conhecimento, com o aproveitamento da experiência prévia com o parceiro e também com a confiança acumulada para aumentar a previsibilidade e confiabilidade da colaboração (LAVIE et al., 2011).

O comportamento mais exploratório no desenvolvimento de patentes adotado pelo Instituto Butantan indica uma busca por inovações radicais pela instituição. De fato, existem estudos que sugerem que em ambientes de mudança tecnológica, como o da indústria biotecnológica, parece mais importante para as organizações estabelecer

relacionamentos com vários parceiros com os quais elas possam desenvolver conjuntamente novos conhecimentos tecnológicos (HAGEDOORN, DUYSTERS, 2002; SHIPILOV et al., 2014). Essas experiências compartilhadas incentivam as organizações a adicionar novas dimensões para a sua colaboração, expondo os parceiros a novas ideias, melhorando seu comportamento inovador e suas capacidades tecnológicas.

O tema exploração versus exploração tem sido amplamente discutido e revisado desde a publicação do artigo seminal por March em 1991 (LAVIE et al., 2010; TURNER et al., 2013; STADLER et al., 2014). É importante ressaltar que neste estudo estamos avaliando apenas uma vertente dessa abordagem: o comportamento colaborativo. Seria necessário um estudo mais aprofundado das características estratégicas e operacionais das duas instituições, bem como de outros tipos de cooperações em que estão engajadas, para definir, de fato, se sua orientação global é mais exploratória ou exploratória.

A construção das redes temáticas das duas instituições pôde demonstrar diferenças e semelhanças importantes em cada uma das áreas avaliadas. A rede de pesquisa para o desenvolvimento de anticorpos monoclonais para o tratamento do câncer de próstata é composta por muitas instituições, pertencentes a diversos países, com uma forte presença dos Estados Unidos (EUA) (Figura 35, p. 134 e Figura 36, p. 136). Já a rede de pesquisa para o desenvolvimento de vacinas contra a febre Chikungunya possui menos instituições envolvidas e a presença mais forte é da França (Figura 54, p. 166 e Figura 55, p. 167). As principais instituições participantes da rede de pesquisa em anticorpos monoclonais são as Unidades médicas e as Universidades. Já na rede de pesquisa em Chikungunya, as instituições mais abundantes são as Universidades e os Institutos de pesquisa. A forte presença das Unidades médicas na rede de pesquisa em anticorpos monoclonais baseia-se principalmente aos estudos clínicos feitos com pacientes, os quais devem ser realizados obrigatoriamente antes da aprovação e registro de uma nova droga.

Em ambas as redes há participação expressiva de empresas, o que reflete o caráter economicamente relevante dessas duas áreas, especialmente a de anticorpos monoclonais (ABDI, 2013; FIOCRUZ, 2013). Isso é corroborado pela presença da empresa americana Amgen Inc. como terceira instituição mais central da rede de anticorpos monoclonais e mostra seu forte envolvimento em atividades de P&D na área. Por outro lado, ainda que mais de 10% das instituições atuantes nas duas redes de pesquisa sejam empresas, a indústria nacional não tem qualquer participação

nesses cenários. Apesar de ter havido um crescimento das empresas nacionais que atuam na área de biotecnologia voltada para saúde humana, a maioria são jovens e de estrutura reduzida (FUNDAÇÃO BIOMINAS, 2007; FUNDAÇÃO BIOMINAS, 2009). Sua relativa imaturidade deveria ser um grande motivador para colaborações e parcerias na área de P&D, visando ao licenciamento de novas tecnologias. É claro que este fato não pode ser interpretado isoladamente e generalizado como uma falta de participação das empresas nacionais do setor de biotecnologia em atividades de P&D, principalmente porque essas atividades fazem parte do *core business* dessas organizações. De qualquer forma, essa ausência em duas das redes de pesquisa de alta relevância para saúde pública sugere um indicativo importante da pouca articulação entre as necessidades da população e os interesses da indústria.

As instituições mais centrais da rede de pesquisa para o desenvolvimento de anticorpos monoclonais para o tratamento do câncer de próstata são a Universidade Paris-Sul, na França, e o *MD Anderson Cancer Center*, nos EUA (Figura 36, p. 153). O fato de o Brasil atuar como participante da rede, já indica que existem competências nacionais para direcionar os esforços de Bio-Manguinhos na área. Além disso, há duas instituições nacionais - o Hospital Universitário Pedro Ernesto e o Hospital de Caridade de Ijuí - que possuem relações diretas com a instituição mais central da rede, o que poderia facilitar o intercâmbio de conhecimentos e informações (Figura 37, p. 154). Adicionalmente, a Santa Casa de São Paulo e o Hospital de Caridade de Ijuí também têm relações diretas com o *MD Anderson Cancer Center*. A inserção desses três hospitais na rede de pesquisa se deu por sua participação em estudos clínicos para avaliação de novas drogas. Resta saber se essas cooperações se desenvolveram por meio de mera disponibilização de amostras/pacientes ou se houve componente de conhecimento científico compartilhado entre essas instituições. De qualquer forma, o panorama geral da rede de pesquisa para o desenvolvimento de anticorpos monoclonais para o tratamento do câncer de próstata mostra que existem instituições líderes internacionais que poderiam ser contatadas a fim de estabelecer parcerias para atender à demanda nacional para esses biofármacos.

As instituições mais centrais da rede de pesquisa em vacinas para febre Chikungunya são a Universidade do Texas, nos EUA, e Universidade Nacional de Singapura, em Singapura (Figura 55, p. 185). A participação do Brasil nesta rede se restringe a apenas uma instituição, o Centro de Pesquisas René Rachou (CPqRR) - que representa a Fiocruz em Minas Gerais -, e esta não possui relações diretas de cooperação com nenhuma das instituições centrais da rede. Afim de valer-se do CPqRR como intermediário de contato com as instituições centrais, seria necessário

utilizar sua rede indireta de colaboração, escolhendo outros de seus parceiros que possuam relações diretas com alguma das instituições centrais, como intermediadores desse contato. Nesse caso, o Instituto Pasteur seria a organização mais próxima, conectado a Universidade de Lyon, que possui cooperações com o CPqRR. Obviamente, não é absolutamente necessário envolver a instituição nacional em um eventual projeto de desenvolvimento de uma vacina contra a febre Chikungunya, mas em se tratando da aquisição de conhecimentos em uma área de interesse em saúde pública que tem pouca expressividade no país, seria importante iniciar o estabelecimento de uma rede nacional de pesquisa na área.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Este estudo partiu da premissa de que a atuação em rede é uma vantagem importante no desempenho de instituições de C&T em saúde. Uma vez que a pesquisa científica e o desenvolvimento de inovações para a área da saúde são cada vez mais multidisciplinares e complexos, a inserção em redes de cooperação é condição essencial para o sucesso organizacional.

Com base nisso, foi feita uma revisão de literatura a respeito dos temas que balizariam todas as análises realizadas ao longo do trabalho: a gestão do conhecimento e da informação, as peculiaridades do setor público, a ciência das redes e indicadores de colaboração. Em seguida, foi proposto um conjunto de indicadores que atua como ferramenta de obtenção de informações estratégicas para instituições de C&T em saúde e também dá suporte à formulação de políticas públicas para desenvolvimento de insumos estratégicos para saúde.

Para atender aos objetivos da pesquisa foram escolhidas duas instituições, que possuíam atividades similares, a fim de testar o conjunto de indicadores. A identificação dos indivíduos mais centrais, tanto na rede de coautoria em publicações científicas, quanto na rede de coinvenção de patentes, forneceu dados para que as organizações reconhecessem os membros de seu corpo funcional que têm papel crucial na pesquisa e no desenvolvimento tecnológico. A avaliação das redes institucionais permitiu que as organizações reconhecessem oportunidades para o desenvolvimento de novas alianças. O mapeamento de seus diferentes sistemas forneceu informações para que elas fossem capazes de identificar conhecimentos e competências existentes e também apontar complementaridades desejáveis para futuros projetos. A prospecção de parceiros por meio da análise das redes de pesquisa já existentes permitiu que as organizações identificassem as instituições mais importantes na rede, que poderiam atuar como colaboradoras.

Com relação ao objetivo geral do estudo, o conjunto de indicadores desenvolvidos foi capaz de fornecer informações estratégicas que permitiram a avaliação das várias redes existentes nas organizações e a identificação de suas sobreposições e diferenças. Foi possível fornecer dados tanto no nível individual (micro) para coletar informações sobre cada membro da rede, quanto no nível institucional (macro) de forma a adquirir conhecimento sobre a estrutura de cooperação institucional.

Assim, na busca pela avaliação do comportamento colaborativo de instituições de C&T, esta tese contribui de maneira inovadora ao se utilizar da ferramenta de ARS

como método de escolha para produção de informações estratégicas. Adicionalmente, esta tese traz algumas contribuições gerais importantes no que diz respeito às organizações pesquisadas:

- A complexidade da pesquisa científica e a recente necessidade de cooperar como forma de atingir objetivos comuns refletem-se no aumento do tamanho das redes de coautoria em publicações científicas ao longo dos anos;
- A estratégia institucional no que diz respeito ao aporte de recursos para P&D tem influência na formação e crescimento das redes de pesquisa;
- Existem especificidades relativas à colaboração nos dois tipos de redes estudadas, as quais ficam evidenciadas pela simples análise visual da topologia das redes de coautoria e de coinvenção; ressalta-se que a rede individual e institucional de coautoria em publicações científicas possui tamanho maior que a rede de coinvenção em patentes;
- Há pouca relação entre a pesquisa científica e o depósito de patentes, revelando a falta de estratégia patentária e a imaturidade na gestão da propriedade intelectual;
- A proximidade geográfica tem papel essencial na escolha dos parceiros;
- A senioridade e a tradição em pesquisa são características importantes dos indivíduos com alta centralidade nas redes de coautoria e coinvenção;
- Existe uma baixa inserção das instituições nacionais nas redes de P&D avaliadas.

Os ganhos para os gestores com este estudo envolvem principalmente a compreensão de aspectos importantes do padrão de colaboração da organização, que influenciam em seu desempenho e que devem ser objeto de atenção dos dirigentes. O método empregado nesta investigação mostrou-se um mecanismo bastante amplo e útil para avaliar o desempenho e apoiar o desenvolvimento de instituições de C&T, na medida em que se revela uma importante ferramenta de diagnóstico organizacional. É claro que as organizações não se definem apenas por seu comportamento colaborativo e que a investigação desse comportamento não é suficiente para definir estratégias. Ainda assim, observar as redes internas e externas nas quais a organização está inserida, além do conjunto de conhecimentos e competências existentes nessas instituições é uma importante referência para estabelecer planos de ação e apoiar decisões estratégicas.

É importante mencionar que os benefícios da identificação das redes individuais internas e externas de uma organização não vêm sem custos associados. Membros da organização podem ser relutantes em ter suas posições na rede expostas ou mesmo ter receio de que sua posição institucional – ou até social – seja colocada em risco se os dados revelados com a ARS demonstrarem que eles são mais ou menos importantes do que o esperado. Cabe à organização utilizar esses dados com a maior cautela e ética possíveis. Além disso, apesar das parcerias fornecerem uma estrutura na qual as instituições podem cooperar para inovar na área da saúde, elas só vão colaborar se tiverem incentivos suficientes. Principalmente na esfera pública, os incentivos governamentais, sejam eles econômicos ou não, são de extrema importância para o fomento à colaboração interinstitucional. Para além dos incentivos, parcerias de sucesso também exigem mudanças na cultura organizacional, valores e estratégia que só podem ser alcançadas por meio de uma forte liderança organizacional. Parcerias requerem líderes que possam elucidar os incentivos e os riscos de engajar-se em uma cooperação, identificando objetivos comuns e interesses compatíveis. Finalmente, é importante mencionar que a formação de uma rede pode ou não ser planejada e intencional. De qualquer forma, para que novas ideias surjam da interação e possibilitem a aquisição do conhecimento, é fundamental desenvolver ações que a mobilizem e a sustentem. É papel da organização fomentar internamente a cultura da cooperação para incentivar a colaboração interna e externa.

Adicionalmente, adotando uma visão macro das redes de pesquisa científica, a análise das redes temáticas permite o monitoramento ativo das capacidades de pesquisa instaladas no país. O monitoramento adequado das áreas de interesse por parte de agentes públicos pode fornecer subsídios a políticas públicas e dar suporte a decisões relativas não só à estratégia de incentivo à P&D nacional, mas também ao fortalecimento do complexo industrial da saúde por meio do fomento a interação entre instituições de C&T e empresas. Essa é uma atividade rotineira essencial para explorar nichos de relevância em saúde pública.

Algumas limitações desta pesquisa também merecem ser analisadas. Os dados de coautoria/coinvenção representam apenas alguns dos possíveis indicadores de colaboração. Nem todos os esforços colaborativos resultam em publicações científicas ou patentes, e nem todos os artigos e patentes desenvolvidos em coautoria implicam que necessariamente tenha havido colaboração na forma de compartilhamento de conhecimento entre seus autores. Ainda assim, assumiu-se neste estudo que na maioria dos casos a coautoria/coinvenção indica uma cooperação ativa entre parceiros, mais ativa que a simples troca de materiais ou informações. Outro ponto

importante é o de que nem todos os indivíduos integrantes das instituições analisadas foram identificados como autores dos artigos recuperados do banco de dados da WoS e, por esse motivo, não foram incluídos na análise. Este fato demonstra que alguns dos membros da organização não publicam em periódicos indexados nessa base dados, o que não significa que os mesmos não publiquem em outras revistas relevantes ou que não produzam outros tipos de publicações científicas. Além disso, é preciso ressaltar que as redes institucionais de coinvenção não refletem necessariamente a cotitularidade das patentes pelas instituições às quais os inventores são afiliados. Apesar de a busca das patentes das instituições pesquisadas ter sido feita com base no campo “depositante” ou “*assignee*”, as redes institucionais foram construídas com base nas afiliações dos inventores que colaboraram na invenção de uma patente e não na coocorrência de instituições depositantes. Por fim, cabe dizer que a estrutura de conhecimentos e de competências tecnológicas de uma organização é muito mais complexa do que está formalizado apenas em artigos e patentes. Neste estudo, assumiu-se essas duas vertentes por acreditar-se que ambas refletiam uma parte importante e essencial dessa estrutura, mas sabe-se que é preciso levar em consideração outras fontes para se ter uma visão mais completa.

11 REFERÊNCIAS

ABBASI, A.; HOSSAIN, L.; LEYDESDORFF, L. Betweenness centrality as a driver of preferential attachment in the evolution of research collaboration networks. **Journal of Informetrics**, v. 6, n. 3, p. 403-412, 2012.

ABDI. **Estudo de caso: Biotecnologia no Brasil**: Sumário Executivo. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2012. Disponível em:<<http://pi-tec-br.com/paginas/page1/Sumaario%20Executivo%20-Biotecnologia%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 27 Out. 2014.

ABDI. **Incorporação da rota biotecnológica na indústria farmacêutica brasileira**: desafios e oportunidades. Relatório de acompanhamento setorial. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2013.

ABDUL-RAHMAN, H. et al. Conceptual delay mitigation model using a project learning approach in practice. **Construction Management and Economics**, v. 26, n. 1, p. 15-27, 2008.

ABRAMOVSKY, L.; SIMPSON, H. Geographic proximity and firm-university innovation linkages: evidence from Great Britain. **Journal of Economic Geography**, v. 11, n. 6, p. 949-977, 2011.

ADAMS, J. Collaborations: the rise of research networks. **Nature**, v. 490, n. 7420, p. 335-336, 2012.

AGRAWAL, A.; COCKBURN, I.; MCHALE, J. Gone but not forgotten: knowledge flows, labor mobility, and enduring social relationships. **Journal of Economic Geography**, v. 6, n. 5, p. 571-591, 2006.

AJIFERUKE, I.; BURELL, Q.; TAGUE, J. Collaborative coefficient: a single measure of the degree of collaboration in research. **Scientometrics**, v. 14, n. 5, p. 421-433, 1988.

ALBORNOZ, M.; ALFARAZ, C. **Redes de conocimiento**: construcción, dinámica y gestión. Buenos Aires: RICYT, 2006.

ALBUQUERQUE, E. D. M.; CASSIOLATO, J. E. **As especificidades do sistema de inovação do setor saúde**: uma resenha da literatura como introdução a uma discussão sobre o caso brasileiro. Estudos FeSBE 1. São Paulo, 2000.

ALCARÁ, A. R. et al. Social networks used as a strategic instrument for competitive intelligence. **TransInformação**, v. 18, n. 2, p. 143-153, 2006.

- ALLEN, T. J. Communication networks in R&D laboratories. **R&D Management**, v. 1, n. 1, p. 14-21, 1970.
- ANDERSEN, D. F.; BELARDO, S.; DAWES, S. S. Strategic information management: Conceptual frameworks for the public sector. **Public Productivity & Management Review**, v. 17, n. 4, p. 335-353, 1994.
- ATUAHENE-GIMA, K. Resolving the capabilityrigidity paradox in new product innovation. **Journal of Marketing**, v. 69, n. 4, p. 61-83, 2005.
- AZEVEDO, N. et al. Pesquisa científica e inovação tecnológica: a via brasileira da biotecnologia. **DADOS-Revista de Ciências Sociais**, v. 45, n. 1, p. 139-176, 2002.
- AZEVEDO, N. et al. **Inovação em saúde: dilemas e desafios de uma instituição pública**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2007.
- BACKSTROM, L. et al. **Four degrees of separation**. Proceedings of the 3rd Annual ACM Web Science Conference. 2012.
- BADAR, K.; HITE, J. M.; BADIR, Y. F. Examining the relationship of co-authorship network centrality and gender on academic research performance: the case of chemistry researchers in Pakistan. **Scientometrics**, v. 94, n. 2, p. 755-775, 2013.
- BALCONI, M.; BRESCHI, S.; LISSONI, F. Networks of inventors and the role of academia: an exploration of Italian patent data. **Research Policy**, v. 33, n. 1, p. 127-145, 2004.
- BARABÁSI, A. **Linked (Conectado) A nova ciência dos networks**. Como tudo está conectado a tudo e o que isso significa para os negócios, relações sociais e ciências. São Paulo: Leopard, 2009.
- BARABÁSI, A. 2012. **Graph theory**. Network Science. Disponível em:<http://barabasilab.neu.edu/networksciencebook/download/network_science_November_Ch2_2012.pdf>. Acesso em: 22 maio 2014.
- BARABÁSI, A. -L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. **Science**, v. 286, n. 5439, p. 509-512, 1999.
- BARABÁSI, A. -L.; GULBAHCE, N.; LOSCALZO, J. Network medicine: a network-based approach to human disease. **Nature Reviews Genetics**, v. 12, n. 1, p. 56-68, 2011.

BARBASTEFANO, R. G. et al. Impactos dos nomes nas propriedades de redes sociais: um estudo em rede de coautoria sobre sustentabilidade. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 18, n. 3, p. 78-95, 2013.

BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. **ICWSM**, v. 8, p. 361-362, 2009.

BATALLAS, D. A.; YASSINE, A. A. Information leaders in product development organizational networks: social network analysis of the design structure matrix. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 53, n. 4, p. 570-582, 2006.

BATISTA, F. F. **Governo que aprende: gestão do conhecimento em organizações do executivo federal**. Texto para discussão n. 1022. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Governo Federal. Brasília, 2004.

BATISTA, F. F. **Modelo de gestão do conhecimento para a administração pública brasileira: como implementar a gestão do conhecimento para produzir resultados em benefício do cidadão**. 1. ed. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Governo Federal, 2012.

BATISTA, F. F. et al. **Gestão do conhecimento na administração pública**. Texto para discussão n. 1095. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Governo Federal. Brasília, 2005.

BATTAGLIA, M. G. B. A inteligência competitiva modelando o sistema de informação de clientes-Finep. **Ciência da Informação**, v. 29, n. 2, p. 200-214, 1999.

BAUM, J. A.; CALABRESE, T.; SILVERMAN, B. S. Don't go it alone: Alliance network composition and startups' performance in Canadian biotechnology. **Strategic Management Journal**, v. 21, n. 3, p. 267-294, 2000.

BAUM, J. A.; SHIPILOV, A. V.; ROWLEY, T. J. Where do small worlds come from? **Industrial and Corporate Change**, v. 12, n. 4, p. 697-725, 2003.

BEARMAN, P.; MOODY, J.; FARIS, R. Networks and history. **Complexity**, v. 8, n. 1, p. 61-71, 2002.

BEAUDRY, C.; SCHIFFAUEROVA, A. Impacts of collaboration and network indicators on patent quality: The case of Canadian nanotechnology innovation. **European Management Journal**, v. 29, n. 5, p. 362-376, 2011.

BEAVER, D. D. Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future. **Scientometrics**, v. 52, n. 3, p. 365-377, 2001.

BIANCHI, M. et al. Organisational modes for Open Innovation in the biopharmaceutical industry: an exploratory analysis. **Technovation**, v. 31, n. 1, p. 22-33, 2011.

BID. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.iadb.org>>. Acesso em: 12 aug. 2014.

BID. Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Oficina de Evaluación (EVO)**. Evaluación: una herramienta de gestión para mejorar el desempeño de gestión para mejorar el desempeño de los proyectos. 1997. Disponível em: http://www.cedet.edu.ar/Archivos/Bibliotecas_Archivos/72BID-OVE%20-%20Marco%20L%C3%B3gico.pdf. Acesso em: 11 jan. 2015.

BIO-MANGUINHOS. Fundação Oswaldo Cruz. Disponível em: <<http://www.bio.fiocruz.br/index.php/missao>>. Acesso em: 17 jun. 2012.

BIO-MANGUINHOS **Relatório de Atividades 2006**. Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos/FIOCRUZ. 2006.

BIO-MANGUINHOS **Relatório de atividades 2008**: gestão, produção, qualidade e inovação. Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos/FIOCRUZ. 2008.

BIO-MANGUINHOS **Relatório de atividades 2010**. Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos. 2010.

BIO-MANGUINHOS **Relatório de atividades 2013**. Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos. 2013.

BLONDEL, V. D. et al. Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, v. 2008, n. 10, p.P10008, 2008.

BORGATTI, S. P. Identifying sets of key players in a social network. **Computational & Mathematical Organization Theory**, v. 12, n. 1, p. 21-34, 2006.

BORGATTI, S. P.; FOSTER, P. C. The network paradigm in organizational research: a review and typology. **Journal of Management**, v. 29, n. 6, p. 991-1013, 2003.

BORGATTI, S. P. et al. Network analysis in the social sciences. **Science**, v. 323, n. 5916, p. 892-895, 2009.

BOSCHMA, R. Proximity and innovation: a critical assessment. **Regional Studies**, v. 39, n. 1, p. 61-74, 2005.

BOYACK, K. W.; BÖRNER, K.; KLAVANS, R. Mapping the structure and evolution of chemistry research. **Scientometrics**, v. 79, n. 1, p. 45-60, 2009.

BÖRNER, K.; SANYAL, S.; VESPIGNANI, A. Network science. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 537-607, 2007.

BRASIL. **Cem palavras para Gestão do Conhecimento**: comunicação e educação em Saúde. Ministério da Saúde, Secretaria Executiva. Brasília, 2003.

BRASIL. **Relatório consolidado do Comitê Executivo do Governo Eletrônico**. Oficinas de Planejamento Estratégico. 2004. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/biblioteca/arquivos/diretrizes-de-governo-eletronico>>. Acesso em: 28 set. 2012.

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

BRASIL. Decreto Nº 6.041, de 8 de Fevereiro de 2007. Institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências.

BRASIL. Edital CT- HIDRO/AÇÃO TRANSVERSAL-LEI/MCT/CNPq Nº 07/2010. Seleção pública de propostas de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica voltadas à consolidação do Programa Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO.

BRASIL. **Instrumento para avaliação da gestão pública - Ciclo 2010**. Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização – GesPública. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Gestão. Brasília, 2010.

BRASIL. **Preparação e Resposta à Introdução do Vírus Chikungunya no Brasil**. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Brasília, 2014.

BRESCHI, S.; CATALINI, C. Tracing the links between science and technology: An exploratory analysis of scientists and inventors networks. **Research Policy**, v. 39, n. 1, p. 14-26, 2010.

BRESCHI, S.; LISSONI, F. Cross-Firm inventors and social networks: localized Knowledge Spillovers Revisited. **Annales D'Economie et de Statistique**, p. 189-209, 2005.

BRESCHI, S.; LISSONI, F.; MALERBA, F. Knowledge-relatedness in firm technological diversification. **Research Policy**, v. 32, n. 1, p. 69-87, 2003.

BUENO, D. Vizinhos, USP e Instituto Butantan mantêm estreita relação científica. **USP Online**. 25 Jul. 2012. Disponível em:<<http://www5.usp.br/14462/vizinhos-usp-e-instituto-butantan-mantem-relacao-estreita/>>. Acesso em: 12 Jan. 2015.

BURT, R. S. **Structural holes**: the social structure of competition. Massachussets: Harvard University Press, 1992.

CAMBROSIO, A. et al. Mapping the emergence and development of translational cancer research. **European Journal of Cancer (Oxford, England: 1990)**, v. 42, n. 18, p. 3140-3148, 2006.

CARDINAL, L. B.; ALESSANDRI, T. M.; TURNER, S. F. Knowledge codifiability, resources, and science-based innovation. **Journal of Knowledge Management**, v. 5, n. 2, p. 195-204, 2001.

CASTANHAR, J. C.; BARONE, F. M.; MOTTA, P. R. Avaliação gerencial dos produtores de vacina no Brasil. In: BUSS, P. M.; TEMPORÃO, J. G.; CARVALHEIRO, J. R.(eds.), **Vacinas, soros e imunizações no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p. 245-268, 2005.

CASTELLS, M. The network society: from knowledge to policy. In: CASTELLS, M.; CARDOSO, G.(eds.), **The Network Society: From Knowledge to Policy**. Washington: 2005, p. 3-21.

CASTELLS, M.; MAJER, R. V.; GERHARDT, K. B. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra , 2000.

CCMD. Canadian Centre for Management Development. Canadá: organizações de aprendizagem no setor público. **Revista do Serviço Público**, v. 52, n. 3, p. 101-122, 2001.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Quadro de atores selecionados no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**. 2010. Disponível em:<http://www.cgee.org.br/quadro/quadro_atores.php>. Acesso em: 20 Jan. 2014.

- CHAIMOVICH, H. Ciência, tecnologia e produção no Butantan. **Revista USP**, n. 89, p. 78-89, 2011.
- CHANG, Y. -W. Exploring scientific articles contributed by industries in Taiwan. **Scientometrics**, v. 99, n. 2, p. 599-613, 2014.
- CHESBROUGH, H. W. **Open innovation**: the new imperative for creating and profiting from technology. Boston: Harvard Business Press, 2003.
- CHIARELLO, M. D. As plataformas tecnológicas e a promoção de parcerias para a inovação. **Parcerias Estratégicas**, n. 8, p. 93-102, 2000.
- CHOE, H. et al. Patent citation network analysis for the domain of organic photovoltaic cells: country, institution, and technology field. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 492-505, 2013.
- CHOO, C. W. **A organização do conhecimento**: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões. São Paulo: Senac, 2003.
- CIMOLI, M.; PRIMI, A.; ROVIRA, S. **National innovation surveys in Latin America**: empirical evidence and policy implications. Publicaciones Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), n. 408. 2011.
- CONDE, M. V. F.; ARAUJO-JORGE, T. C. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. **Ciênc. saúde coletiva**, v. 8, n. 3, p. 727-741, 2003.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, p. 128-152, 1990.
- COHEN, W. M.; NELSON, R. R.; WALSH, J. P. Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. **Management Science**, v. 48, n. 1, p. 1-23, 2002.
- COSTA, B. M. G.; PEDRO, E. S.; MACEDO, G. R. Scientific collaboration in biotechnology: the case of the northeast region in Brazil. **Scientometrics**, v. 95, n. 2, p. 571-592, 2013.
- COUTO, A. **Colegiado interno de gestores**. Apresentação ministrada durante a 12ª reunião do Colegiado Interno de Gestores de Bio-Manguinhos, 2011.

CROSS, R.; PARKER, A. **The hidden power of social networks**: understanding how work really gets done in organizations. Boston: Harvard Business School Press, 2004.

CRUZ, F. Brasil está em 14º lugar no *ranking* mundial de pesquisas científicas. **Agência Brasil [online]**. 17 set. 2013. Disponível em:<<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-09-17/brasil-esta-em-14%C2%BA-lugar-no-ranking-mundial-de-pesquisas-cientificas>>. Acesso em: 31 mar. 2014.

CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. **InterJournal, Complex Systems**, v. 1695, n. 5, p. 1-19, 2006.

CWTS. Centre for Science and Technology Studies. Disponível em:<<http://www.cwtsbv.nl>>. Acesso em: 22 Aug. 2014.

DAAR, A. S. et al. How can developing countries harness biotechnology to improve health? **BMC Public Health**, v. 7, n. 1, p.346-354, 2007.

DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial**: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DAVID, P. A.; FORAY, D. An introduction to the economy of the knowledge society. **International Social Science Journal**, v. 54, n. 171, p. 9-23, 2002.

DEMAREST, M. Understanding knowledge management. **Long Range Planning**, v. 30, n. 3, p. 374-384, 1997.

DEMIRKAN, I.; DEMIRKAN, S. Network characteristics and patenting in biotechnology, 1990-2006. **Journal of Management**, v. 38, n. 6, p. 1892-1927, 2012.

D'ESTE, P.; GUY, F.; IAMMARINO, S. Shaping the formation of university-industry research collaborations: what type of proximity does really matter? **Journal of Economic Geography**, v. 13, n. 4, p. 537-558, 2012.

DISIS, M. L.; SLATTERY, J. T. The road we must take: multidisciplinary team science. **Science Translational Medicine**, v. 2, n. 22, p. 22cm9-22cm9, 2010.

DOLFSMA, W.; LEYDESDORFF, L. Innovation systems as patent networks: the Netherlands, India and nanotech. **Innovation: Management, Policy & Practice**, v. 13, n. 3, p. 311-326, 2011.

DRUCKER, P. F. **The age of discontinuity**: guidelines to our changing society. 1. ed. New York: Harper & Row, 1969.

ESLAMI, H.; EBADI, A.; SCHIFFAUEROVA, A. Effect of collaboration network structure on knowledge creation and technological performance: the case of biotechnology in Canada. **Scientometrics**, v. 97, n. 1, p. 99-119, 2013.

EVANS, T. S.; LAMBIOTTE, R.; PANZARASA, P. Community structure and patterns of scientific collaboration in business and management. **Scientometrics**, v. 89, n. 1, p. 381-396, 2011.

FIOCRUZ. **Relatório de gestão 2009**. Fundação Oswaldo Cruz. 2009.

FIOCRUZ. **Documento de referência para a plenária extraordinária**. VI Congresso interno da Fiocruz. A Fiocruz como instituição pública estratégica de Estado para a Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. 2012.

FIOCRUZ. **A saúde no Brasil em 2030**: prospecção estratégica do sistema de saúde brasileiro: desenvolvimento produtivo e complexo da saúde. Volume 5. Fiocruz/Ipea/Ministério da Saúde/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Rio de Janeiro, 2013.

FLEMING, L.; KING, C.; JUDA, A. I. Small worlds and regional innovation. **Organization Science**, v. 18, n. 6, p. 938-954, 2007.

FLEURY, M. T. L.; OLIVEIRA, M. M. **Gestão estratégica do conhecimento**: integrando aprendizagem, conhecimento e competências. São Paulo: Atlas, 2001.

FORTUNATO, S. Community detection in graphs. **Physics Reports**, v. 486, n. 3, p. 75-174, 2010.

FRANCISCO, L. T. S. T. **Indicadores para avaliação de resultados de projetos de pesquisa científica e tecnológica**. 2002. 125f. Dissertação (Mestrado em Administração) — Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

FRANCO, M.; KALIL, J. The Butantan Institute: history and future perspectives. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 7, p.e2862, 2014.

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. **Social Networks**, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1979.

FUNDAÇÃO BIOMINAS. **Estudo de empresas de biotecnologia do Brasil**. Minas Gerais, 2007. Disponível em: <<http://www.biominas.org.br/conteudo.php?idicod=1&paccod=15>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

FUNDAÇÃO BIOMINAS. **Estudo das Empresas de Biociências do Brasil** Minas Gerais, 2009. Disponível em: <<http://www.biominas.org.br/conteudo.php?idicod=1&paccod=15>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

GADELHA, C. **A dinâmica do sistema produtivo da saúde: inovação e complexo econômico-industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2012.

GADELHA, C.; AZEVEDO, N. Vaccine innovations in Brazil: recent experiences and structural constraints. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 10, p. 697-724, 2003.

GADELHA, C. A.; COSTA, L. S. Saúde e desenvolvimento no Brasil: avanços e desafios. **Revista De Saúde Pública**, v. 46 Suppl 1, p. 13-20, 2012.

GADELHA, C. A.; COSTA, L. S.; MALDONADO, J. O complexo econômico-industrial da saúde e a dimensão social e econômica do desenvolvimento. **Revista de Saúde Pública**, v. 46, Suppl 1, p. 21-28, 2012.

GADELHA, C. A.; QUENTAL, C.; FIALHO, B. C. Saúde e inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias da saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 1, p. 47-59, 2003.

GAMAL, D. How to measure organization innovativeness?: an overview of innovation measurement frameworks and innovative audit/management tools. **Technology Innovation and Entrepreneurship Center, Egypt Innovate**, p. 1-35, 2011. Disponível em: <<http://www.tiec.gov.eg/backend/Reports/MeasuringOrganizationInnovativeness.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2013.

GARCÍA-CARPINTERO, E.; et al. Análisis de la colaboración entre las empresas biotecnológicas españolas con actividades de I+ D y el sistema público de I+ D. **Revista Española de Documentación Científica**, v. 37, n. 2, p.e041, 2014.

GARG, K. C.; PADHI, P. A study of collaboration in laser science and technology. **Scientometrics**, v. 51, n. 2, p. 415-427, 2001.

GASIK, S. A Model of project knowledge management. **Project Management Journal**, v. 42, n. 3, p. 23-44, 2011.

GEISLER, E. **The metrics of science and technology**. Westport: Greenwood Publishing Group, 2000.

GELIJNS, A. C.; ROSENBERG, N. The changing nature of medical technology development. In: ROSENBERG, N.; GELIJNS, A. (eds.), **Medical Innovation at the Crossroads**. Washington: National Academy Press, p.3-14, 1995.

GITTELMAN, M.; KOGUT, B. Does good science lead to valuable knowledge? Biotechnology firms and the evolutionary logic of citation patterns. **Management Science**, v. 49, n. 4, p. 366-382, 2003.

GIULIANI, E.; PIETROBELLI, C. **Social network analysis methodologies for the evaluation of cluster development programs**. Inter-American Development Bank. Capital Markets and Financial Institutions Division (ICF/CMF). Technical Notes No. IDB-TN-317. 2011. Disponível em: <http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5342/IDB-TN-317%20Social%20Network%20Analysis%20Methodologies%20for%20the%20Evaluation%20of%20Cluster%20Development%20Programs.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 maio 2014.

GLANZEL, W.; SCHUBERT, A. Analyzing scientific networks through co-authorship. In: MOED, H.; GLANZEL, W.; SCHMOCH, U.(eds.), **Handbook of Quantitative Science and Technology Research**. Holanda: Kluwer, p.257-276, 2004.

GLÄNZEL, W.; ZHOU, P. Publication activity, citation impact and bi-directional links between publications and patents in biotechnology. **Scientometrics**, v. 86, n. 2, p. 505-525, 2011.

GODIN, B. Research and the practice of publication in industries. **Research Policy**, v. 25, n. 4, p. 587-606, 1996.

GODIN, B. The emergence of S&T indicators: why did governments supplement statistics with indicators? **Research Policy**, v. 32, n. 4, p. 679-691, 2003.

GODOY, A. S. Estudo de caso qualitativo. In: GODOI, C. K.; MELLO, R. B.; SILVA, A. B.(eds.), **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais. Paradigmas, estratégias e métodos**. São Paulo: Saraiva, 2005.

GOH, K. -I. et al. The human disease network. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 21, p. 8685-8690, 2007.

GONZÁLEZ-ALCAIDE, G. et al. Evolution of coauthorship networks: worldwide scientific production on leishmaniasis. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 46, n. 6, p. 719-727, 2013.

GOSSART, C.; ÖZMAN, M. Co-authorship networks in social sciences: the case of Turkey. **Scientometrics**, v. 78, n. 2, p. 323-345, 2009.

GRANOVETTER, M. The strength of weak ties. **American Journal of Sociology**, v. 78, n. 6, p.1, 1973.

GUIMARÃES, J. A. A pesquisa médica e biomédica no Brasil: comparações com o desempenho científico brasileiro e mundial. **Ciênc Saúde Coletiva**, v. 9, n. 2, p. 303-327, 2004.

GULER, I.; NERKAR, A. The impact of global and local cohesion on innovation in the pharmaceutical industry. **Strategic Management Journal**, v. 33, n. 5, p. 535-549, 2012.

HAGEDOORN, J.; DUYSTERS, G. Learning in dynamic inter-firm networks: the efficacy of multiple contacts. **Organization Studies**, v. 23, n. 4, p. 525-548, 2002.

HARRIS, J. K. et al. Seeing the forest and the trees: using network analysis to develop an organizational blueprint of state tobacco control systems. **Social Science & Medicine (1982)**, v. 67, n. 11, p. 1669-1678, Dec 2008.

HAYTHORNTHWAITE, C. Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. **Library & Information Science Research**, v. 18, n. 4, p. 323-342, 1996.

HE, J.; FALLAH, M. H. Is inventor network structure a predictor of cluster evolution? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 1, p. 91-106, 2009.

HIDALGO, C. A. et al. The product space conditions the development of nations. **Science (New York, N.Y.)**, v. 317, n. 5837, p. 482-487, 2007.

HOANG, H.; ROTHÄRMEL, F. T. The effect of general and partner-specific alliance experience on joint R&D project performance. **Academy of Management Journal**, v. 48, n. 2, p. 332-345, 2005.

HOLLANDERS, H.; ES-SADKI, N. **Innovation Union Scoreboard 2014**. Enterprise and Industry. Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology. 2014. Disponível em:<http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/ius/ius-2014_en.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2014.

HOWELLS, J. R. Tacit knowledge, innovation and economic geography. **Urban Studies**, v. 39, n. 5-6, p. 871-884, 2002.

IBAÑEZ, N.; WEN, F. H.; FERNANDES, S. C. Instituto Butantan: história institucional. Desenho metodológico para uma periodização preliminar. **Cadernos de História da Ciência**, v. 1, n. 1, p. 115-144, 2005.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Estimativa | 2014. Incidência de Câncer no Brasil. Disponível em:<<http://www.inca.gov.br/estimativa/2014/index.asp?ID=1>>. Acesso em: 23 Jan. 2015.

INSTITUTO BUTANTAN. O Butantan. Disponível em:<www.butantan.gov.br>. Acesso em: 15 Dec. 2014.

JUDICE, V. M. M.; BAÊTA, A. M. C. Modelo empresarial, gestão de inovação e investimentos de venture capital em empresas de biotecnologia no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, n. 1, p. 171-191, 2005.

KARLSEN, J. T.; GOTTSCHALK, P. Factors affecting knowledge transfer in IT projects. **Engineering Management Journal**, v. 16, n. 1, p. 3-10, 2004.

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

KIM, C. et al. Identifying core technologies based on technological cross-impacts: an association rule mining (ARM) and analytic network process (ANP) approach. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 10, p. 12559-12564, 2011.

KNOBEN, J.; OERLEMANS, L. A. Proximity and inter-organizational collaboration: a literature review. **International Journal of Management Reviews**, v. 8, n. 2, p. 71-89, 2006.

KOZA, M. P.; LEWIN, A. Y. The co-evolution of strategic alliances. **Organization Science**, v. 9, n. 3, p. 255-264, 1998.

KRZYŻANOWSKI, R. F. et al. Visibilidade das revistas em Ciências da Saúde e Biológicas como canais de divulgação de resultados de projetos de pesquisa apoiados

pela FAPESP. In: MUCHERONI, M. L. et al. **Revistas científicas em Ciências da Saúde**: visibilidade, forma e conteúdo. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 2013, p.12-45.

KSHITIJ, A.; GHOSH, J.; GUPTA, B. M. Embedded information structures and functions of co-authorship networks: evidence from cancer research collaboration in India. **Scientometrics**, v.102, n.1 p. 285-106, 2015.

LANCICHINETTI, A.; FORTUNATO, S. Community detection algorithms: a comparative analysis. **Physical Review E**, v. 80, n. 5, p.056117, 2009.

LANDIM, A. B.; PIMENTEL, V. P.; DE GOMES, R. P.; PIERONI, J. P. Tendências internacionais e oportunidades para o desenvolvimento de competências tecnológicas na indústria brasileira de vacinas. **BNDES Setorial**, n. 35, p. 189-232, 2012.

LASTRES, H. M. M.; ALBAGLI, S.; PASSOS, C. A. K. **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

LAUDEL, G. What do we measure by co-authorships? **Research Evaluation**, v. 11, n. 1, p. 3-15, 2002.

LAVIE, D.; KANG, J.; ROSENKOPF, L. Balance within and across domains: The performance implications of exploration and exploitation in alliances. **Organization Science**, v. 22, n. 6, p. 1517-1538, 2011.

LAVIE, D.; STETTNER, U.; TUSHMAN, M. L. Exploration and exploitation within and across organizations. **The Academy of Management Annals**, v. 4, n. 1, p. 109-155, 2010.

LEE, D. H. et al. Collaboration network patterns and research performance: the case of Korean public research institutions. **Scientometrics**, v. 91, n. 3, p. 925-942, 2012.

LEISCHOW, S. J. et al. Systems thinking to improve the public's health. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 35, n. 2 Suppl, p. S196-S203, Aug 2008.

LEYDESDORFF, L.; RAFOLS, I. A global map of science based on the ISI subject categories. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 348-362, 2009.

LI, E. Y.; LIAO, C. H.; YEN, H. R. Co-authorship networks and research impact: a social capital perspective. **Research Policy**, v. 42, n. 9, p. 1515-1530, 2013.

LONG, J. C.; CUNNINGHAM, F. C.; BRAITHWAITE, J. Bridges, brokers and boundary spanners in collaborative networks: a systematic review. **BMC Health Services Research**, v. 13, p.158, 2013.

LUSSEAU, D. The emergent properties of a dolphin social network. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 270 Suppl 2, p. S186-S188, 2003.

LUŽAR, B. et al. Community structure and the evolution of interdisciplinarity in Slovenia's scientific collaboration network. **PloS One**, v. 9, n. 4, p.e94429, 2014.

MAIA, M. F. S.; CAREGNATO, S. E. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 13, n. 2, p. 18-31, 2008.

MARCH, J. G. Exploration and exploitation in organizational learning. **Organization Science**, v. 2, n. 1, p. 71-87, 1991.

MARSAN, G. A.; PRIMI, A. **Tell me who you patent with and I'll tell you who you are**: evidence from inter-regional patenting networks in three emerging technological fields. OECD Regional Development Working Papers. OECD Publishing. 2012.

MARTINS, W. J.; ARTMANN, E.; RIVERA, F. J. U. Communication management of collaborative networks of science, technology and innovation in health. **Revista de Saúde Pública**, v. 46, p. 51-58, 2012.

MARTÍNEZ, E.; ALBORNOZ, M. **Indicadores de Ciencia y Tecnología**: estado del arte y perspectivas. Caracas: Nueva Sociedad, 1998.

MATHEUS, R. F.; DE SILVA, A. B. O. Análise de redes sociais como método para a Ciência da Informação. **DataGramaZero-Revista de Ciência da Informação**, v. 7, n. 2, 2006.

MAYS, G. P.; SCUTCHFIELD, F. D. Improving public health system performance through multiorganizational partnerships. **Preventing Chronic Disease**, v. 7, n. 6, p.A116, Nov. 2010.

MCGEE, J. V.; PRUSAK, L. **Gerenciamento estratégico da informação**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 1994.

- MCMILLAN, G. S.; NARIN, F.; DEEDS, D. L. An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology. **Research Policy**, v. 29, n. 1, p. 1-8, 2000.
- MELESE, T. et al. Open innovation networks between academia and industry: an imperative for breakthrough therapies. **Nature Medicine**, v. 15, n. 5, p. 502-507, May 2009.
- MELIN, G.; PERSSON, O. Studying research collaboration using co-authorships. **Scientometrics**, v. 36, n. 3, p. 363-377, 1996.
- MILGRAM, S. The small world problem. **Psychology Today**, v. 2, n. 1, p. 60-67, 1967.
- MINAYO, M. C. S. Construção de indicadores qualitativos para avaliação de mudanças. **Revista Brasileira De Educação Médica**, v. 33, n. 1 Supl 1, p. 83-91, 2009.
- MINTZBERG, H. The strategy concept I: five Ps for strategy. **California Management Review**, v. 30, n. 1, p. 11-24, 1987.
- MIRANDA, R. C. R. O uso da informação na formulação de ações estratégicas pelas empresas. **Ciência da Informação**, v. 28, n. 3, p. 286-292, 1999.
- MOREIRA, A.; MAIA, L. C. G. Tecnologias da informação, mudança e administração pública. **DataGramZero - Revista de Informação**, v. 14, n. 2, 2013. Disponível em: <http://www.datagramazero.org.br/abr13/Art_04.htm>. Acesso em: 18 set. 2012.
- MOREL, C. M. et al. Health innovation networks to help developing countries address neglected diseases. **Science**, v. 309, n. 5733, p. 401-404, 2005.
- MOREL, C. M. et al. Co-authorship network analysis: a powerful tool for strategic planning of research, development and capacity building programs on neglected diseases. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 3, n. 8, p.e501, 2009.
- MOURA, A. M. M.; CAREGNATO, S. E. Co-autoria em artigos e patentes: um estudo da interação entre a produção científica e tecnológica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 2, p. 153-167, 2011.
- MOYA-ANEGÓN, F.; LÓPEZ-ILLESCAS, C.; MOED, H. F. How to interpret the position of private sector institutions in bibliometric rankings of research institutions. **Scientometrics**, v. 98, n. 1, p. 283-298, 2014.

MURRAY, F. Innovation as co-evolution of scientific and technological networks: exploring tissue engineering. **Research Policy**, v. 31, n. 8, p. 1389-1403, 2002.

NAGPAUL, P. S. Visualizing cooperation networks of elite institutions in India. **Scientometrics**, v. 54, n. 2, p. 213-228, 2002.

NEWMAN, M. E. The structure of scientific collaboration networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 2, p. 404-409, 2001.

NEWMAN, M. E. J. Co-authorship networks and patterns of scientific collaboration. **PNAS**, v. 101, n. S1, p. 5200-5205, 2004.

NEWMAN, M. E. J. Communities, modules and large-scale structure in networks. **Nature Physics**, v. 8, n. 1, p. 25-31, 2012.

NEWMAN, M. E.; GIRVAN, M. Finding and evaluating community structure in networks. **Physical Review. E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics**, v. 69, n. 2, p.026113, Feb 2004.

NIAID. National Institute of Allergy and Infectious Diseases. Emerging Infectious Diseases/Pathogens. Disponível em:<<http://www.niaid.nih.gov/topics/BiodefenseRelated/Biodefense/Pages/CatA.aspx>>. Acesso em: 24 Jan. 2015.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa**: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NOOTEBOOM, B.; VAN HAVERBEKE, W.; DUYSTERS, G.; GILSING, V.; VAN DEN OORD, A. Optimal cognitive distance and absorptive capacity. **Research Policy**, v. 36, n. 7, p. 1016-1034, 2007.

NOWT. Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie. Disponível em:<<http://nowt.merit.unu.edu/>>. Acesso em: 5 ago. 2014.

NOWT. **Science and Technology Indicators Report 2010**. Netherlands Observatory of Science and Technology. 2010. Disponível em:<http://nowt.merit.unu.edu/docs/NOWT-WTI_2010_english_summary.pdf>. Acesso em: 4 Nov. 2014.

NOYONS, E. Bibliometric mapping of science in a policy context. **Scientometrics**, v. 50, n. 1, p. 83-98, 2001.

NOYONS, E. C.; VAN RAAN, A. F. Advanced mapping of science and technology. **Scientometrics**, v. 41, n. 1, p. 61-67, 1998.

NSF. **Science and Engineering Indicators 2014**. National Science Board. National Science Foundation (NSB 14-01). Arlington, 2014.

OCDE. The Organisation for Economic Co-operation and Development. Disponível em: <<http://www.oecd.org/about/>>. Acesso em: 10 Jan. 2015.

OCDE. **The measurement of scientific and technological activities**: Using patent data as science and technology indicators. OECD Publishing. Paris, 1994. Disponível em: <<http://www.oecd.org/science/inno/2095942.pdf>>. Acesso em: 30 Out. 2014.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Patents and innovation in the international context**. OECD publishing. Paris, 1997. Disponível em: <<http://www.oecd.org/science/inno/2101372.pdf>>. Acesso em: 20 Jan. 2015.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **The learning government**: introduction and draft results of the survey of knowledge management practices in ministries/departments/agencies of central government. Document of 27th Session of the Public Management Committee at 3-4 April 2003. OCDE. Paris, 2003.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **The Measurement of Scientific and Technological Activities**: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data: Oslo Manual. 3. ed. OECD publishing, 2005.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Science, Technology and Industry Scoreboard 2009**. OECD Publishing. 2009. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/sti_scoreboard-2009-en/02/08/index.html?itemId=/content/chapter/sti_scoreboard-2009-25-en>. Acesso em: 30 out. 2014.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Measuring innovation**: a new perspective. OECD Publishing. Paris, 2010.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Science links**. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2011. 2011. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2011/science-links_sti_scoreboard-2011-24-en>. Acesso em: 27 ago. 2012.

OLIVER, A. L. Biotechnology entrepreneurial scientists and their collaborations. **Research Policy**, v. 33, n. 4, p. 583-597, 2004.

OPAS/OMS. **Gestão de Redes na OPAS/OMS Brasil**: conceitos, práticas e lições aprendidas. Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília, 2008.

OST. **Résultats et recherches**. La bibliométrie comme outil d'appui aux politiques publiques. Observatoire des Sciences et des Techniques. 2013. Disponível em:<http://www.obs-ost.fr/sites/default/files/epubliOST_bibliometrie_appui_politiques_publicques_RR2_juin2013.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2014.

OST. Observatoire des sciences et des technologies. Disponível em:<www.obs-ost.fr>. Acesso em: 10 aug. 2014.

OST. **Les Rapports et les analyses de L'OST**. Note Méthodologique. Les publications scientifiques. Observatoire des Sciences et des Techniques. 2014b. Disponível em:<http://www.obs-ost.fr/sites/default/files/methodo_publications_sept2014.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2014.

OTTE, E.; ROUSSEAU, R. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. **Journal of Information Science**, v. 28, n. 6, p. 441-453, 2002.

PARK, H. W.; LEYDESDORFF, L. Knowledge linkage structures in communication studies using citation analysis among communication journals. **Scientometrics**, v. 81, n. 1, p. 157-175, 2009.

PASSOS, C. A. K. Novos modelos de gestão e as informações. In: ALBAGLI, S.; LASTRES, H.(eds.), **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, p.58-83, 1999.

PEREIRA, A. G.; CIANCONI, R. B. Potencial de atuação do bibliotecário em atividades de inteligência organizacional: estudo de caso na Universidade Federal Fluminense. **Transinformação**, v. 20, n. 1, p. 83-98, 2008.

PERSSON, O.; GLÄNZEL, W.; DANELL, R. Inflationary bibliometric values: the role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies. **Scientometrics**, v. 60, n. 3, p. 421-432, 2004.

PORTAL BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Disponível em:<<http://www.pbct.inweb.org.br/pbct/>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

POST, C. et al. Capitalizing on thought diversity for innovation. **Research-Technology Management**, v. 52, n. 6, p. 14-25, 2009.

POWELL, W. W. Learning from collaboration: knowledge and networks in the biotechnology and pharmaceutical industries. **California Management Review**, v. 40, n. 3, p.228-240, 1998.

POWELL, W. W.; KOPUT, K. W.; SMITH-DOERR, L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. **Administrative Science Quarterly**, p. 116-145, 1996.

PRICE, D. J.; BEAVER, D. Collaboration in an invisible college. **American Psychologist**, v. 21, n. 11, p.1011, 1966.

PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K. **Managing knowledge: building blocks for success** New York: John Wiley & Sons, 2000.

QUINTAS, P.; LEFRERE, P.; JONES, G. Knowledge management: a strategic agenda. **Long Range Planning**, v. 30, n. 3, p. 385-391, 1997.

RAFOLS, I.; PORTER, A. L.; LEYDESDORFF, L. Science overlay maps: a new tool for research policy and library management. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 9, p. 1871-1887, 2010.

RAMESH, B.; TIWANA, A. Supporting collaborative process knowledge management in new product development teams. **Decision Support Systems**, v. 27, n. 1, p. 213-235, 1999.

RAW, I. Contribuições do Instituto Butantan. **Saúde Global. Opinião**. 30 mar. 2013. Disponível em:<<http://saudeglobal.org/2013/03/30/contribuicoes-do-instituto-butantan-de-isaias-raw/>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. Disponível em:<<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

REAGANS, R.; ZUCKERMAN, E. W. Networks, diversity, and productivity: the social capital of corporate R&D teams. **Organization Science**, v. 12, n. 4, p. 502-517, 2001.

ROBINSON-GARCÍA, N. et al. Análisis de redes de las universidades españolas de acuerdo a su perfil de publicación en revistas por áreas científicas. **Revista Española de Documentación Científica**, v. 36, n. 4, p.e027, 2013.

ROTHAERMEL, F. T.; DEEDS, D. L. Exploration and exploitation alliances in biotechnology: a system of new product development. **Strategic Management Journal**, v. 25, n. 3, p. 201-221, 2004.

SANTOS, P. R. **Redes de patentes e publicações em vacinas para dengue e papilomavírus humano: implicações para políticas públicas de inovação em saúde.** 2012. 236f. Tese (Doutorado em Políticas Públicas) - Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, A. R. et al. Gestão do conhecimento como modelo empresarial. In: SANTOS, A. R. et al. (eds.), **Gestão do conhecimento: uma experiência para o sucesso empresarial.** Curitiba: Champagnat, 2001.

SCHILLING, M. A.; PHELPS, C. C. Interfirm collaboration networks: the impact of large-scale network structure on firm innovation. **Management Science**, v. 53, n. 7, p. 1113-1126, 2007.

SCHMIDT, M. I. et al. Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: carga e desafios atuais. **The Lancet**, v. 377, n. 9781, p. 1949-1961, 2011.

SCHOLZE, S.; CHAMAS, C. Instituições públicas de pesquisa e o setor empresarial: o papel da inovação e da propriedade intelectual. **Parcerias Estratégicas**, v. 8, p. 85-92, 2000.

SCHUHMACHER, A. et al. Models for open innovation in the pharmaceutical industry. **Drug Discovery Today**, v. 18, n. 23-24, p. 1133-1137, Dec 2013.

SCOTT, J. **Social network analysis: a handbook.** 2. ed. Londres: SAGE, 2001.

SEGERS, J. -P. Strategic partnerships and open innovation in the biotechnology industry in Belgium. **Technology Innovation Management Review**, v. 3, n. 4,, 2013.

SHAW, A. T.; GILLY, J. P. On the analytical dimension of proximity dynamics. **Regional Studies**, v. 34, n. 2, p. 169-180, 2000.

SHIPILOV, A.; GULATI, R.; KILDUFF, M.; LI, S.; TSAI, W. Relational pluralism within and between organizations. **Academy of Management Journal**, v. 57, n. 2, p. 449-459, 2014.

SOARES, P. F. **Compreendendo se e como os condicionantes dos laboratórios públicos produtores de imunobiológicos no Brasil interferem na atuação do**

gestor público. 2012. 416f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

SONNENWALD, D. Scientific collaboration. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 643-681, 2007.

STADLER, C.; RAJWANI, T.; KARABA, F. Solutions to the exploration/exploitation dilemma: networks as a new level of analysis. **International Journal of Management Reviews**, v. 16, n. 2, p. 172-193, 2014.

STEWART, T. A. **Capital intelectual**: a nova vantagem competitiva das empresas. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

SWAN, J. et al. Knowledge management and innovation: networks and networking. **Journal of Knowledge Management**, v. 3, n. 4, p. 262-275, 1999.

TARAPANOFF, K. Informação, conhecimento e inteligência em corporações: relações e complementariedade. In: TARAPANOFF, K. **Inteligência, informação e conhecimento**. Brasília: IBICT, 2006.

TERRA, J. C. **Institutos de pesquisa no Brasil**: a premente necessidade de implantar ações sistemáticas de GC e adotar a filosofia do trabalho em redes. 2009. Disponível em:<<http://biblioteca.terraforum.com.br/BibliotecaArtigo/libdoc00000014v003Institutos%20de%20Pesquisa%20no%20Brasil%20-%20Terra.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2013.

THAYER, A. M. Deciphering diseases. **Chemical & Engineering News**, v. 77, n. 35, p.19-28, 1999.

THE ROYAL SOCIETY. About us. Disponível em:<<https://royalsociety.org/>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

THE ROYAL SOCIETY. **Knowledge networks and nations**: global scientific collaboration in the 21st century. RS Policy document 03/11. The Royal Society. 2011. Disponível em:<https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2011/4294976134.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2014.

THORSTEINSDÓTTIR, H. et al. South-South entrepreneurial collaboration in health biotech. **Nature Biotechnology**, v. 28, n. 5, p. 407-416, May 2010.

TURNER, N.; SWART, J.; MAYLOR, H. Mechanisms for managing ambidexterity: a review and research agenda. **International Journal of Management Reviews**, v. 15, n. 3, p. 317-332, 2013.

UTZINGER, J.; BRATTIG, N. W.; KRISTENSEN, T. K. Schistosomiasis research in Africa: how the CONTRAST alliance made it happen. **Acta Tropica**, v. 128, n. 2, p. 182-195, Nov. 2013.

VALENTE, T. W. Network models and methods for studying the diffusion of innovations. In: CARRINGTON, P. J.; SCOTT, J.; WASSERMAN, S. (eds.), **Models and methods in social network analysis**. Cambridge University Press New York, NY, p. 98-116. 2005.

VALENTE, T. W. **Social networks and health: models, methods, and applications**. New York: Oxford University Press, 2010.

VALENTE, T. W. Network interventions. **Science**, v. 337, n. 6090, p. 49-53, 2012.

VALENTIM, M. L. P. Inteligência competitiva em organizações: dado, informação e conhecimento. **DataGramZero - Revista de Ciência da Informação**, v. 3, n. 4, p. 1-13, 2002.

VALENTIM, M. L. P. O processo de inteligência competitiva em organizações. **DataGramZero**, v. 4, n. 3, p. 1-23, 2003.

VAN DONK, D. P.; RIEZEBOS, J. Exploring the knowledge inventory in project-based organisations: a case study. **International Journal of Project Management**, v. 23, n. 1, p. 75-83, 2005.

VASCONCELLOS, A. G.; MOREL, C. M. Enabling policy planning and innovation management through patent information and co-authorship network analyses: a study of tuberculosis in Brazil. **PloS One**, v. 7, n. 10, p.e45569, 2012.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

VIDIGAL, F.; NASSIF, M. E. Inteligência competitiva: metodologias aplicadas em empresas brasileiras. **Informação & Informação**, v. 17, n. 1, p. 93-119, 2012.

VIEIRA, P. V. M.; WAINER, J. Correlations between citations countings of brazilian researchers using Web of Science, Scopus and Scholar. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 18, n. 3, p. 45-60, 2013.

- WAGNER, C. S.; LEYDESDORFF, L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. **Research Policy**, v. 34, n. 10, p. 1608-1618, 2005.
- WANG, D. J. et al. Measurement error in network data: a re-classification. **Social Networks**, v. 34, n. 4, p. 396-409, 2012.
- WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications**. London: Cambridge University Press, 1994.
- WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective dynamics of 'small-world' networks. **Nature**, v. 393, n. 6684, p. 440-442, 1998.
- WHO. World Health Organization. **Everybody business: strengthening health systems to improve health outcomes. WHO's framework for action**. WHO Document Production Services. Genebra, Suíça, 2007.
- WIIG, K. Knowledge management: an introduction and perspective. **Journal of Knowledge Management**, v. 1, n. 1, p. 6-14, 1997.
- WIIG, K. M. Knowledge management in public administration. **Journal of Knowledge Management**, v. 6, n. 3, p. 224-239, 2002.
- WILSON, T. Information Management. In: STURGES, P.; FEATHER, J. (eds.), **International Encyclopedia of Information and Library Science**. Londres: Routledge, 2003.
- WIPO. World Intellectual Property Organization. **International Patent Classification Guide**. Version 2014. Disponível em: <http://www.wipo.int/export/sites/www/classifications/ipc/en/guide/guide_ipc.pdf>. Acesso em: 30 out. 2014.
- YAMAKAWA, Y.; YANG, H.; LIN, Z. J. Exploration versus exploitation in alliance portfolio: Performance implications of organizational, strategic, and environmental fit. **Research Policy**, v. 40, n. 2, p. 287-296, 2011.
- YANG, C. H.; HEO, J. Network analysis to evaluate cross-disciplinary research collaborations: The Human Sensing Research Center, Korea. **Science and Public Policy**, p.734-749, 2014.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YOUSEFI-NOORAIE, R. et al.. Association between co-authorship network and scientific productivity and impact indicators in academic medical research centers: a case study in Iran. **Health Research Policy and Systems / BioMed Central**, v. 6, p. 9-16, 2008.

ZHANG, M. J. An empirical assessment of the performance impacts of IS support for knowledge transfer. **International Journal of Knowledge Management**, v. 3, n. 1, p. 66-85, 2007.

ZINMAN, B. Newer insulin analogs: advances in basal insulin replacement. **Diabetes, Obesity & Metabolism**, v. 15, n. 1, p. 6-10, mar. 2013.

12 APÊNDICE A - SOFTWARES UTILIZADOS

12.1 SOFTWARES

12.1.1 VantagePoint

O VantagePoint é uma ferramenta automatizada de mineração de texto, utilizada para a análise bibliométrica e cientométrica e também para a geração de dados quantitativos (Figura 56). O software foi desenvolvido nos EUA por Allan Porter, do *Georgia Institute of Technology* da Universidade da Geórgia em parceria com a empresa *Search Technology Inc.*

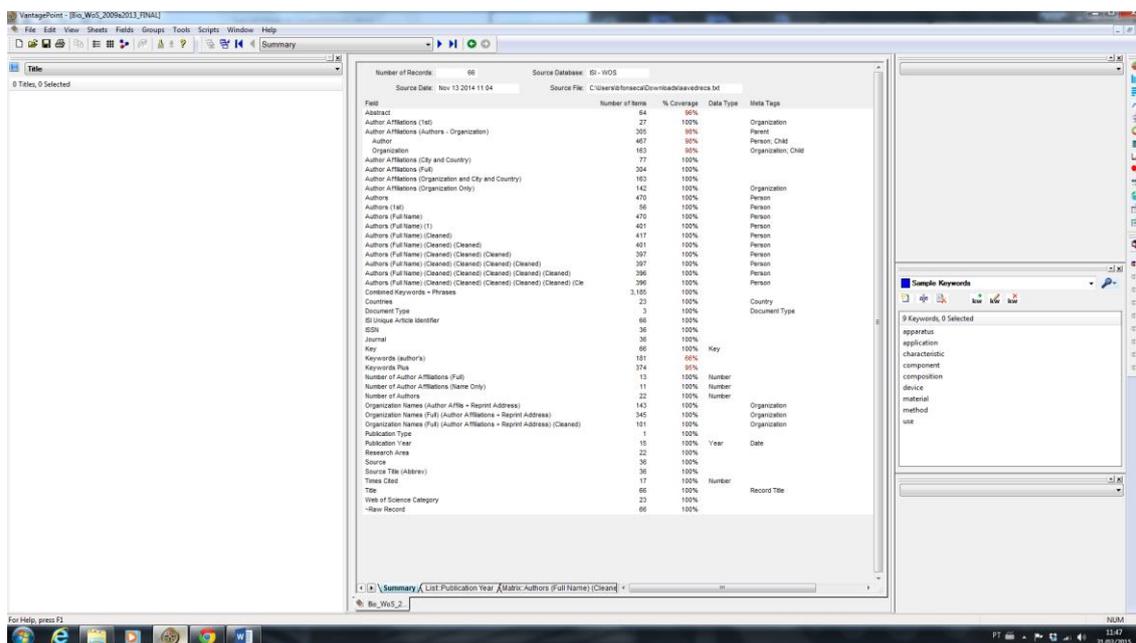


Figura 56: Interface do software VantagePoint.

O VantagePoint extrai conhecimento de bases de dados textuais e realiza mapeamento e decomposição de dados por meio da identificação de suas relações. Ele aumenta a eficiência da análise de grandes quantidades de dados e a consequente apresentação de informações relevantes a partir deles. Além disso é uma ferramenta flexível que pode ser configurada para ler arquivos provenientes de qualquer tipo de base de dados que seja estruturada, ou seja, que possua rótulos que identificam os campos de análise.

Neste estudo o VantagePoint foi utilizado para tratar os dados obtidos das publicações científicas recuperadas na base da WoS. Após a busca das publicações de cada organização avaliada, estas foram exportadas da WoS em formato compatível com o VantagePoint e importadas para o software utilizando um filtro específico. Foi então

possível identificar as principais palavras-chave nas publicações, uniformizar os nomes dos autores e de suas respectivas instituições de origem e gerar matrizes de coocorrência entre autores com bases nas suas publicações em coautoria. Essas matrizes foram posteriormente exportadas para o software Gephi, a fim de visualizar os dados e realizar análises estatísticas.

12.1.2 Gephi

O Gephi é uma plataforma interativa de visualização e exploração de todos os tipos de redes e sistemas complexos, grafos dinâmicos e hierárquicos (Figura 57). É um software livre, escrito em Java, que pode ser operado tanto em sistemas operacionais do tipo Windows, quanto em Linux e Macintosh.

O software foi inicialmente desenvolvido por estudantes da Universidade Tecnológica de Compiègne, na França, em 2008 e tem sido utilizado em uma série de projetos de pesquisa. Atualmente ele é mantido por um consórcio francês e, por ser gratuito, possui uma série de tutoriais disponíveis para consulta de usuários interessados em conhecer com profundidade suas funcionalidades.

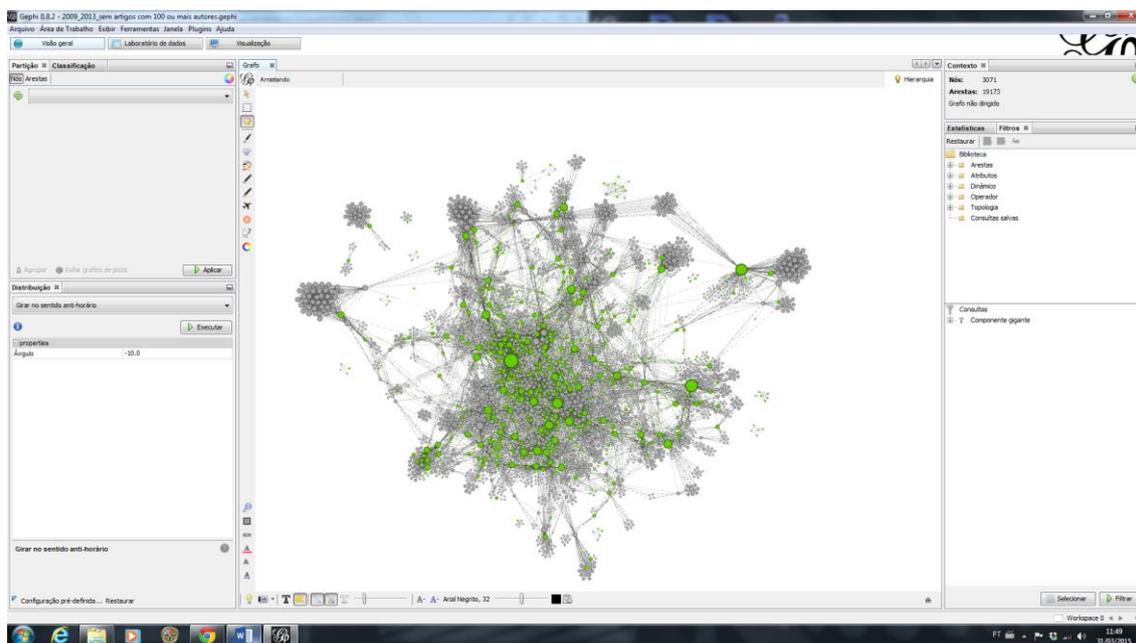


Figura 57: Interface do software Gephi

O Gephi permite a importação de arquivos (matrizes de adjacência e listas de adjacência) em formato excel e pode suportar redes de mais de 20.000 nós. O software possui uma série de algoritmos de *layout* que podem ser ajustados em tempo real para visualizar as redes e permite a incorporação de diferentes atributos aos nós,

tais como cor e tamanho. O software também permite a exportação das redes em arquivos de imagem (.pdf, .png, .jpeg etc.) e permite a execução de análises estatísticas para obtenção de métricas como centralidade de grau, densidade, modularidade etc.

Neste estudo as matrizes de adjacência obtidas dos dados de publicações científicas e as listas de adjacência produzidas com os dados das patentes foram importadas para o Gephi. A rede inicial é criada de forma aleatória, posicionando os nós sem uma lógica aparente. Para facilitar a análise utilizou-se o algoritmo *Forced Atlas 2* para ajustar o *layout* das redes. Este algoritmo altera o posicionamento dos nós, aproximando-os mediante a força das suas ligações. Os nós se repelem, como ímãs, e as ligações os atraem, como molas. Essas forças criam um movimento que converge para um estado de equilíbrio, onde os nós mais conectados encontram-se mais próximos uns dos outros.

12.1.3 R e RStudio

O R é um software estatístico gratuito e de livre distribuição utilizado para a análise de dados em diversos sistemas operacionais (Figura 58). Ele possui uma grande variedade de métodos estatísticos na forma de pacotes (*packages*) livremente disponíveis na internet e que podem ser carregados opcionalmente pelos usuários.

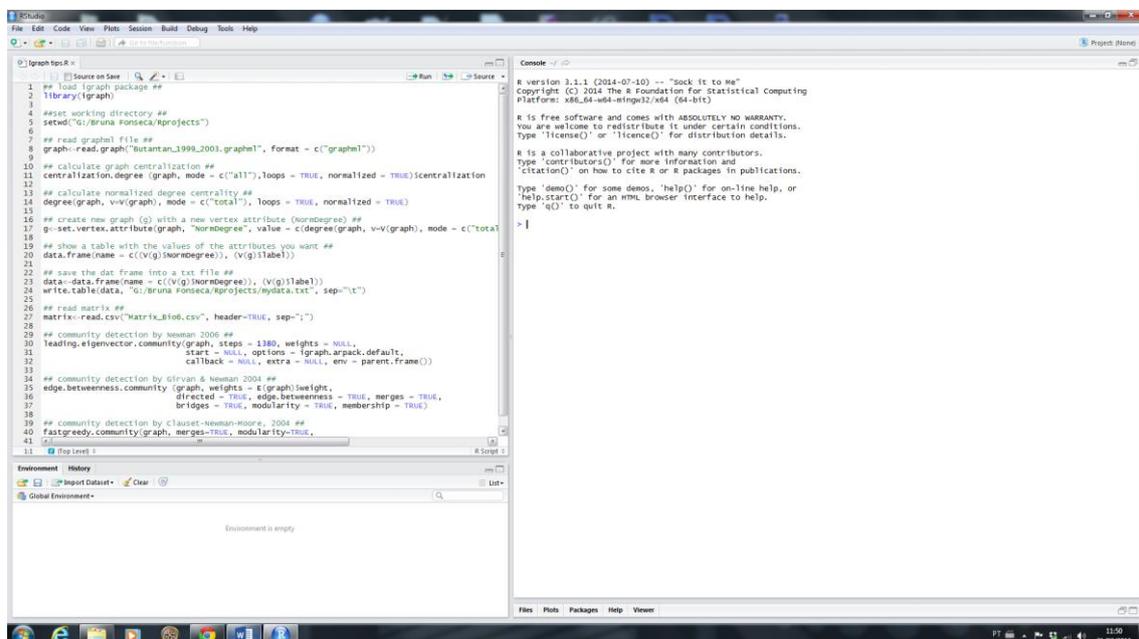


Figura 58: Interface do software R

O R utiliza uma linguagem de programação e seu modo básico de uso consiste em editar o código em uma interface e enviar os comandos para o console do R, que os processa e exibe os resultados.

Neste estudo foi utilizado o pacote *igraph*, que permite a análise de uma série de métricas utilizadas na ARS, que não são disponibilizadas no Gephi. As redes foram exportadas a partir do Gephi em formato `.graphml` e importadas para o R por meio da interface RStudio.