



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA

VICTOR FRIOLI COTO

**DINÂMICA GEOGRÁFICA DAS REDES DE COOPERAÇÃO
TECNOLÓGICA ENTRE EMPRESAS NO BRASIL: PERSPECTIVA A
PARTIR DA ATIVIDADE DE COPATENTEAMENTO**

Campinas – S.P

2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA

VICTOR FRIOLI COTO

**DINÂMICA GEOGRÁFICA DAS REDES DE COOPERAÇÃO
TECNOLÓGICA ENTRE EMPRESAS NO BRASIL: PERSPECTIVA A
PARTIR DA ATIVIDADE DE COPATENTEAMENTO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Prof.º Dr.º Renato de Castro García – orientador

Prof.º Dr.º Veneziano de Castro Araújo – coorientador

Este trabalho corresponde à versão final da dissertação defendida pelo aluno Victor Frioli Coto e orientada pelo Prof. Dr. Renato de Castro Garcia

Campinas – S.P

2024

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Biblioteca do Instituto de Economia
Luana Araujo de Lima - CRB 8/9706

C826d Coto, Victor Frioli, 1997-
Dinâmica geográfica das redes de cooperação tecnológica entre empresas no Brasil : perspectiva a partir da atividade de copatenteamento / Victor Frioli Coto. – Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Renato de Castro Garcia.
Coorientador: Veneziano de Castro Araújo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Economia.

1. Empresas - Inovações tecnológicas. 2. Inovação. 3. Patentes. 4. Sistema nacional de inovação. I. Garcia, Renato de Castro, 1970-. II. Araújo, Veneziano de Castro. III. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Instituto de Economia. IV. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Geographic dynamics of technological cooperation networks between companies in Brazil : perspective from copatent activity

Palavras-chave em inglês:

Business enterprises - Technological innovations

Innovation

Patents

National innovation system

Área de concentração: Teoria Econômica

Titulação: Mestre em Ciências Econômicas

Banca examinadora:

Renato de Castro Garcia [Orientador]

Maurício Aguiar Serra

Suelene Mascarini de Souza Romero

Data de defesa: 19-09-2024

Programa de Pós-Graduação: Ciências Econômicas

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-3944-2741>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8944155232153268>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA

VICTOR FRIOLI COTO

**DINÂMICA GEOGRÁFICA DAS REDES DE COOPERAÇÃO
TECNOLÓGICA ENTRE EMPRESAS NO BRASIL: PERSPECTIVA A
PARTIR DA ATIVIDADE DE COPATENTEAMENTO**

Prof.º Dr.º Renato de Castro García – orientador

Prof.º Dr.º Veneziano de Castro Araújo – coorientador

Defendida em 19/09/2024

COMISSÃO JULGADORA

**Prof.º Dr.º Renato de Castro García
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)**

**Prof.º Dr.º Maurício Aguiar Serra
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)**

**Dra.º Suelene Mascarini de Souza Romero
Utrecht University /Utrecht 2**

A ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram fundamentalmente para a realização desta pesquisa e desta grande conquista.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha esposa, Larissa, que sempre me ofereceu muito apoio, amor e companheirismo ao longo de toda a minha formação, além de sempre depositar confiança na minha capacidade.

Agradeço também aos meus pais, Jussara e Jesus, que me proporcionaram uma educação de qualidade e sempre me apoiaram na minha trajetória. Sem o apoio de vocês, esta conquista não teria sido possível.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Renato Garcia, que desde o início do mestrado tem me ajudado e apoiado tanto na realização desta dissertação como também em minha vida acadêmica. Agradeço por todos os ensinamentos e paciência.

Também agradeço ao meu coorientador, Prof. Veneziano Araújo, que desde a graduação tem compartilhado comigo os seus conhecimentos e me apoiado na pesquisa acadêmica.

Quero agradecer ao Prof. Maurício Serra e a Dra. Suelene Mascarini por terem aceitado participar da banca de qualificação e defesa. Ambos ofereceram contribuições extremamente pertinentes e relevantes para a pesquisa, e suscitaram questões que me levaram a fazer o trabalho com ainda mais empenho.

Agradeço também ao meu amigo Paulo Resende pelas conversas e discussões que muito contribuíram para esta pesquisa, além de compartilhar comigo parte de seus conhecimentos em programação e ferramentas estatísticas.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos que me acompanharam durante todos esses últimos anos, oferecendo apoio e tornando essa trajetória mais leve e prazerosa.

O todo sem a parte não é todo,
A parte sem o todo não é parte,
Mas se a parte o faz todo, sendo parte,
Não se diga, que é parte, sendo todo.

Em todo o sacramento está Deus todo,
E todo assiste inteiro em qualquer parte,
E feito em partes todo em toda a parte,
Em qualquer parte sempre fica o todo.

O braço de Jesus não seja parte,
Pois que feito Jesus em partes todo,
Assiste cada parte em sua parte.

Não se sabendo parte deste todo,
Um braço, que lhe acharam, sendo parte,
Nos disse as partes todas deste todo.

Gregório de Matos

RESUMO

A inovação pode ser entendida como um elemento central para o progresso e desenvolvimento econômico de um país. Nesse sentido, as colaborações tecnológicas estabelecidas entre empresas possuem, por meio de mecanismos de intercâmbio de conhecimentos e informações e complementariedade de capacitações, uma importância fundamental na geração e difusão de novas tecnologias. Nesse contexto, o objetivo desta dissertação é analisar a formação, estrutura, características e dinâmica das redes de colaboração tecnológica especificamente entre as empresas brasileiras de um ponto de vista espaço-temporal entre os anos de 1998 e 2021, de forma a aprofundar a discussão sobre Sistema Nacional de Inovação (SNI) e co-inovação no Brasil. Para tanto, inicialmente realizou-se uma síntese do debate teórico nacional e internacional sobre quatro aspectos: a relação entre progresso técnico e crescimento econômico - desde os clássicos até a bibliografia sobre SNI; literatura da Geografia da Inovação; teoria da redes aplicada à colaboração tecnológica; e estudos empíricos nacionais e internacionais sobre o tema. Em seguida, a parte analítica consistiu na utilização das informações de copatenteamento – aplicadas neste trabalho como uma proxy das colaborações tecnológicas – disponibilizados pela Base de Dados sobre Propriedade Intelectual (BADEPI), que compila todos os dados de depósito de patentes realizados no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI). As informações obtidas foram organizadas – utilizando as informações de geolocalização – entre as 558 microrregiões brasileiras e foram agrupados em três períodos distintos (1998-2005; 2006-2013; e 2014–2021)

A metodologia e os resultados analíticos são apresentados em duas partes. Na primeira, é feita uma análise descritiva, apresentando os principais números da atividade de copatenteamento, com gráficos e tabelas que explicitam a evolução da variável ao longo do tempo; sua dispersão geográfica, apresentada através da visualização gráfica da dispersão dos copatenteamento pelas microrregiões; medidas de concentração, com o emprego da Curva de Lorenz e o Índice de Gini; padrão de correlação espacial global através do indicador I de Moran; e autocorrelação espacial por meio do método de *Local of Spatial Association* (LISA).

Na segunda parte é elaborada a rede de copatenteamentos brasileira. A metodologia de análise envolveu os conceitos básicos da teoria dos grafos e da perspectiva da Análise de Redes Sociais (em inglês *Social Network Analysis* - SNA). A partir dessas duas abordagens, foram incluídos uma série de medidas e indicadores bastante comuns em análises de redes, calculados a partir do pacote *igraph* para a linguagem R, de modo a tangibilizar a interpretação dos dados de um ponto de vista quantitativo. Em seguida, com auxílio do software *Gephi*, são elaboradas duas representações gráficas da rede com layouts diferentes: 1) *Circular Layout*, que per

observar as conexões entre as microrregiões com maior clareza e detalhe; 2) *Geo Layout*, que organiza os *nós* e *arestas* a partir dos dados de longitude e latitude das microrregiões envolvidas nos copatenteamentos e coloca o resultado do plot sobre o mapa do território brasileiro.

Conclui-se que houve uma melhora significativa do cenário de colaboração tecnológica empresa-empresa no Brasil ao longo de todo o período analisado, com aumento da diversidade e complexidade das conexões e maior participação de microrregiões historicamente pouco protagonistas no SNI brasileiro como Nordeste e Centro-Oeste.

Os resultados desse trabalho contribuem para um maior entendimento de cinco principais aspectos sobre a rede de copatenteamento empresa-empresa no Brasil a partir de uma perspectiva espaço-temporal: 1) a evolução e estado atual das colaborações tecnológicas, incluindo a quantidade de copatenteamentos e depositantes; 2) o padrão da dispersão espacial dos depositantes; 3) Concentração geográfica e os hotspots da atividade de copatenteamento; 4) estrutura e padrão da rede de copatenteamento brasileira; 5) Centralidade e protagonismo de cada região na rede de copatenteamentos. Nesse sentido, o estudo pode auxiliar na elaboração de políticas públicas que visem expandir e consolidar o SNI brasileiro, especialmente de uma perspectiva de interações colaborativas entre empresas.

Palavras-chave: Empresas – Inovações tecnológicas; Inovação; patentes; Sistemas Nacionais de Inovação

ABSTRACT

Innovation can be understood as a central element for the progress and economic development of a country. In this sense, technological collaborations established between companies are fundamentally important for the generation and diffusion of new technologies through mechanisms of knowledge and information exchange and the complementarity of capacities. In this context, the objective of this dissertation is to analyze the formation, structure, characteristics, and dynamics of technological collaboration networks specifically among Brazilian industries from a spatio-temporal perspective between the years 1998 and 2021, in order to deepen the discussion on the National Innovation System (NIS) and co-innovation in Brazil. To this end, an initial synthesis of the national and international theoretical debate was conducted on four aspects: the relationship between technical progress and economic growth - from the classics to the literature on NIS; the literature on the Geography of Innovation; network theory applied to technological collaboration; and national and international empirical studies on the subject.

Subsequently, the analytical part consisted of utilizing co-patenting information – applied in this work as a proxy for technological collaborations – available in the Intellectual Property Database (BADEPI), which compiles all patent application data filed with the National Institute of Industrial Property (INPI). The obtained information was organized – using geolocation data – among the 558 Brazilian micro-regions and grouped into three distinct periods (1998-2005; 2006-2013; and 2014–2021).

The methodology and analytical results are presented in two parts. The first part provides a descriptive analysis, presenting the main figures of co-patenting activity with graphs and tables that outline the evolution of the variable over time; its geographical dispersion, presented through a graphical visualization of the dispersion of co-patenting across micro-regions; concentration measures using the Lorenz Curve and the Gini Index; global spatial correlation patterns through the Moran's I indicator; and spatial autocorrelation using the Local Indicators of Spatial Association (LISA) method.

In the second part, the Brazilian co-patenting network is constructed. The analysis methodology involved basic concepts of graph theory and the perspective of Social Network Analysis (SNA). From these two approaches, a series of measures and indicators commonly used in network analyses were included, calculated using the *igraph* package for the R language, in order to render the data interpretation from a quantitative point of view. Subsequently, with the aid of Gephi software, two graphical representations of the network were created with different layouts: 1) Circular Layout, which allows observing the

connections between micro-regions with greater clarity and detail; 2) Geo Layout, which organizes nodes and edges based on the longitude and latitude data of the micro-regions involved in co-patenting and overlays the plot result on the map of the Brazilian territory.

It is concluded that there was a significant improvement in the scenario of technological collaboration between companies in Brazil over the analyzed period, with an increase in the diversity and complexity of connections and greater participation of micro-regions historically less prominent in the Brazilian NIS, such as the Northeast and Central-West regions.

The results of this work contribute to a better understanding of five main aspects of the company-company co-patenting network in Brazil from a spatio-temporal perspective: 1) the evolution and current state of technological collaborations, including the number of co-patents and applicants; 2) the spatial dispersion pattern of applicants; 3) geographical concentration and hotspots of co-patenting activity; 4) structure and pattern of the Brazilian co-patenting network; 5) centrality and prominence of each region in the co-patenting network. In this sense, the study can assist in the development of public policies aimed at expanding and consolidating the Brazilian NIS, especially from a perspective of collaborative interactions between companies.

Keywords: Business enterprises - Technological innovations Innovation Patents National innovation system

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução de depositantes e copatentes (1998-2021)	66
Gráfico 2: Evolução de depositantes por macrorregiões brasileiras (1998-2021)	68
Gráfico 3: Evolução da quantidade de depositantes por microrregiões (1998/2005- 2014/2021)	74
Gráfico 4: Curva de Lorenz para a quantidade de depositantes de copatentes (1998- 2021)	76
Gráfico 5: Diagrama de dispersão de Moran	80

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Ilustração 1: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (1998-2021).....87**
- Ilustração 2: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (1998-2005).....92**
- Ilustração 3: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (2006-2013).....93**
- Ilustração 4: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (2014-2021).....94**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de depositantes e copatentes (1998-2021).....	67
Tabela 2: As 20 microrregiões com a maior quantidade de depositantes	73
Tabela 3: Concentração espacial dos copatenteamentos	76
Tabela 4: Indicadores SNA globais da rede de copatenteamento	85
Tabela 5: As 10 microrregiões mais importantes em cada classificação de centralização	97

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Quantidade de depositantes por microrregião brasileira (1998-2021)	69
Mapa 2: Quantidade de depositantes por microrregião brasileira (1998-2005)	70
Mapa 3: Quantidade de depositantes por microrregião brasileira (2006-2013)	70
Mapa 4: Quantidade de depositantes por microrregião brasileira (2014-2021)	71
Mapa 5: Análise LISA para os depositantes de copatentes (1998-2005)	81
Mapa 6: Análise LISA para os depositantes de copatentes (2006-2013)	82
Mapa 7: Análise LISA para os depositantes de copatentes (2014-2021)	82
Mapa 8: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (1998-2021)	88
Mapa 9: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras – disposição territorial (1998-2005)	93
Mapa 10: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras – disposição territorial (2006-2013)	94
Mapa 11: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras – disposição territorial (2014-2021)	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz adjacência e sua representação gráfica	57
Figura 2: Rede não direcionada (a) e rede direcionada (b).....	57
Figura 3: Representação gráfica ilustrativa de uma rede de copatentes	58
Figura 4: Representação das redes de Paul Baran	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. DESENVOLVIMENTO, INOVAÇÃO E ESPAÇO.....	22
2.1 - Colaboração tecnológica no contexto da teoria econômica.....	23
2.2 – Geografia da Inovação	33
3. TEORIA DE REDES E ECONOMIA	39
3.1 – Contexto e aplicações do estudo de redes na economia	39
3.2 - Estudos empíricos sobre redes de colaboração tecnológica	41
4. METODOLOGIA	53
4.1 - Base de dados	53
4.2 - Identificação da dispersão espacial dos co-patenteamentos	55
4.3 - Construção da rede de co-patenteamento	56
5. ANÁLISE DOS DADOS DE COPATENTEAMENTO	65
5.1 – Análise descritiva dos dados.....	65
5.1.1 – Evolução geral da atividade de copatenteamento	65
5.1.2 – Análise espacial dos dados de copatenteamentos	67
5.1.3 – Desconcentração espacial dos depositantes de copatentes	75
5.1.4 – Análise de associação espacial.....	78
5.2 – Evolução da rede de copatenteamentos no Brasil.....	82
5.3 – Considerações sobre os resultados.....	98
6. CONCLUSÃO.....	104
BIBLIOGRAFIA.....	109

1. INTRODUÇÃO

No curso dos últimos 250 anos de história da economia mundial, o progresso tecnológico protagonizou o elemento central de grande parte das mudanças produtivas, desde o invento da máquina a vapor, passando pelo advento da computação, robótica, circuitos eletrônicos e softwares até as tecnologias mais recentes.

É evidente que o progresso tecnológico e, mais precisamente a inovação, é um elemento basilar para o desenvolvimento econômico. A relação entre inovação e crescimento econômico é analisada pela literatura econômica desde pelo menos o século XVIII, onde os teóricos clássicos como Adam Smith ([1776] 1977), David Ricardo ([1817] 2001) e Karl Marx ([1867] 1996) já preconizavam a ideia de que as inovações tecnológicas eram um dos principais propulsores do aumento de produtividade do trabalho e, portanto, um fator chave para o crescimento da produção global.

Ao longo do tempo, essa noção evoluiu em termos de complexidade e amplitude na literatura econômica. Apesar da negligência da importância da mudança tecnológica pela vertente neoclássica (Freeman e Soete, [1997] 2008), a primeira metade do século XX foi marcada por contribuições relevantes para o tema, onde se destacaram autores como Simon Kusnetz (1930, 1972) e Joseph Schumpeter ([1911] 1982, 1939, [1943] 2017).

A partir da década de 1980 e 1990, ocorreu um impulso dos estudos envolvendo a relação entre inovação e crescimento da produção industrial em um contexto de globalização e aumento da complexidade das cadeias produtivas (Freeman e Soete, 2008). Esse novo momento se caracterizou pelo uso intensivo da inovação como diferencial competitivo, amadurecimento dos departamentos de P&D pelas grandes corporações e aumento do conteúdo tecnológico dos novos processos e produtos.

Nesse contexto, os autores Neo-schumpeterianos - ou Evolucionistas -, de vertente heterodoxa, resgataram os conceitos schumpeterianos e expandiram e estruturaram a base teórica e empírica sobre a geração e difusão das inovações a partir de uma perspectiva evolutiva sobre a economia - inspirados nas ideias de evolução biológica de Darwin (La Rovere, 2006).

Este último conjunto de pensadores foi responsável por introduzir uma linha de pesquisa que colocou a complexidade relacional e interativa entre as diversas instituições e agentes que compõem a sociedade, como o ponto central de todo o processo de criação e difusão de inovações em uma economia (Lundvall, 1985). Nesse contexto, existe um Sistema Nacional de Inovação (SNI), onde ocorre a interação ininterrupta entre firmas, consumidores,

universidades e governos, sob uma determinada estrutura socioeconômica e institucional, que determina “a taxa e a direção da inovação e construção de competências que emana de processos de base científica e aprendizagem baseada na experiência”. (Lundvall et al., 2009b, p.7)

A literatura econômica sobre os Sistemas Nacionais de Inovação entende que a colaboração entre os diferentes agentes que compõem a sociedade e a economia é um dos pilares do processo da inovação moderna, uma vez que as tecnologias emergentes demandam cada vez mais capacitações específicas de diversas áreas do conhecimento (Lundvall, 1985). Ademais, no cerne de toda a teoria do SNI está a primordialidade do processo de industrialização para o crescimento e desenvolvimento econômico.

Quando aplicada a visão teórica do SNI à realidade brasileira, observa-se uma duradoura dificuldade em estabelecer incentivos e condições suficientes para a formação de redes perenes e frequentes de colaborações tecnológicas – caracterizadas por interações de co-inovação – entre as diferentes organizações, sejam empresas, universidades ou institutos de pesquisa (Viotti, 2011; Cruz e Mello, 2006). Essa carência estrutural e falta de integração prejudica sobremaneira o progresso tecnológico da produção brasileira, dificultando o aumento de competitividade da economia e retardando o processo de desenvolvimento econômico e de *catching-up* em relação as economias desenvolvidas (Cunha et al., 2009).

Diante da importância da construção de um SNI mais robusto, com maior integração e conexão entre os agentes produtivos e de pesquisa afim de fomentar a colaboração tecnológica e a geração de inovações, o presente trabalho tem como objetivo explorar a formação, estrutura, características e dinâmica das redes de colaboração tecnológica especificamente entre as empresas brasileiras ao longo de 1998 e 2021.

Para a elaboração teórica do presente estudo, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre as temáticas de inovação, crescimento econômico, geografia da inovação e redes de colaboração tecnológica.

Para a parte analítica, foi utilizado os dados de copatenteamento da Base de Dados de Propriedade Intelectual (BADEPI) entre os anos de 1998 e 2021. O uso do copatenteamento como uma *proxy* para a colaboração tecnológica é adequado para os objetivos desse texto porque, além da vasta disponibilidade para o Brasil e a ampla adoção pela literatura de referência, permite uma observação precisa da criação conjunta de uma nova tecnologia para fins comerciais. Para a análise temporal, os dados foram agrupados em três diferentes períodos: 1) 1998-2005; 2) 2006-2013; 3) 2014–2021. Os copatenteamento foram agrupados por

microrregiões brasileiras a fim de facilitar a visualização tanto da dispersão geográfica como da estrutura das redes de colaboração tecnológica.

A partir dos dados, é realizado inicialmente um mapeamento das copatentes para a identificação do padrão e das características da dispersão espacial da variável entre as microrregiões brasileiras ao longo do tempo. Para tanto, são empregadas técnicas de análise descritivas com a utilização de gráficos, tabelas e mapas que permitem a visualização quantitativa e gráfica das principais transformações espaço-temporais dos copatenteamentos. Além disso, são aplicadas medidas como Curva de Lorenz e Índice de Gini, que permitem identificar a evolução da concentração inovativa dos copatenteamentos; I de Moran, para mensurar a autocorrelação espacial; e o método de *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) para identificação de pontos focais (*hotspots*).

Em seguida é construída a rede de copatenteamento utilizando o software *gephi* para a elaboração da visualização gráfica e o pacote *igraph* para a linguagem R para os cálculos básicos das medidas da rede. As medidas da rede utilizadas se baseiam na literatura contemporânea sobre *Social Network Analysis* (SNA) e contemplam indicadores como Grau Médio, Densidade, *Average Path Length*, *Clustering*, Assortatividade de Grau, e Centralização (de grau, intermediação e autovetor).

A importância deste trabalho se justifica sobre a necessidade de entender de maneira aprofundada como se dá a organização das conexões e interações colaborativas com o objetivo de inovar entre as empresas no Brasil no passado recente até a contemporaneidade, haja visto que tais conexões são fundamentais para a diferenciação competitiva - tanto pela perspectiva microeconômica como também em termos de competição do país no comércio internacional - e para o aumento da produtividade, tal como destacado pelo SNI. Dessa forma, uma melhor compreensão das redes de colaboração tecnológicas do tipo empresa-empresa tem o potencial de suscitar a elaboração de políticas públicas que expandam os incentivos para uma maior integração tecnológica entre as empresas brasileiras. Essa abordagem é ainda mais pertinente visto que há uma lacuna na literatura nacional de estudos que discutam as redes de co-inovação empresa-empresa frontalmente.

Nesse contexto, este trabalho possui como contribuição oferecer uma visão detalhada das principais características das colaborações tecnológicas entre empresas brasileiras, fornecendo novas informações, perspectivas e interpretações sobre a rede de inovação nacional que auxiliem no debate sobre os caminhos e alternativas possíveis para tornar o SNI brasileiro mais competitivo e alinhado com os objetivos de desenvolvimento do país.

Os principais resultados do trabalho mostram que a atividade de copatenteamento cresceu de forma robusta ao longo de todo o período analisado, em taxa superior ao aumento dos depósitos de patentes, evidenciando uma procura crescente de empresas por parceiros para o estabelecimento de colaborações tecnológicas. Além disso, observou-se um nítido e importante processo de desconcentração da atividade de co-inovação, com o aumento da participação de microrregiões menos industrialmente tradicionais (região Sudeste e Sul), especialmente na região Nordeste e Centro-Oeste. Por fim, verificou-se um aumento da integração inter-regional, com as empresas estabelecendo mais conexões com empresas localizadas em outras microrregiões, estados e macrorregiões. Observou-se também um importante processo de diminuição da centralidade da região Sudeste e Sul, com aumento de colaborações tecnológicas estabelecidas entre microrregiões menos tradicionais.

Além dessa introdução, o trabalho está dividido em mais cinco partes. O capítulo 2 destina-se à revisão detalhada da literatura econômica nacional e internacional que trata da relação entre progresso tecnológico e crescimento econômico, abordando desde os clássicos até a bibliografia contemporânea do SNI. Além disso, realiza-se uma ampla revisão da literatura da Geografia da Inovação, ressaltando o debate em torno da dispersão geográfica da inovação e seus principais motivadores e efeitos.

No capítulo 3, em um primeiro momento, procura-se introduzir a literatura referente a teoria de redes aplicada à economia, conectando esse conteúdo com a temática da colaboração tecnológica. Em seguida, faz-se um amplo levantamento dos principais estudos empíricos nacionais e internacionais que abordaram a problemática da cooperação inovativa à luz da teoria de redes.

O capítulo 4 é destinado à exposição detalhada da base de dados e da metodologia utilizada, com a definição tanto dos aspectos matemáticos e interpretativos fundamentais da teoria de redes como também de todos os indicadores e métricas utilizados ao longo do trabalho.

No capítulo 5 é apresentado todos os resultados obtidos, assim como as suas interpretações. Inicialmente, faz-se uma análise descritiva, com os principais dados da atividade de copatenteamento, sua distribuição geográfica e padrões de concentração e autocorrelação espacial. Em seguida, aborda-se a rede de colaboração, com os cálculos dos indicadores SNA e dos coeficientes de centralidade, e a construção das representações topológicas da rede. Por fim, realiza-se a síntese dos principais resultados obtidos pela análise dos dados, estabelecendo uma discussão com a literatura teórica e empírica de referência.

Por fim, o capítulo de conclusão e considerações finais traz um resumo de todo o debate abordado no trabalho e das principais inferências tanto da literatura nacional e internacional como também dos principais resultados obtidos, além das principais limitações do estudo, sugestões de agenda de pesquisa e indicações de políticas públicas.

2. DESENVOLVIMENTO, INOVAÇÃO E ESPAÇO

A inovação tecnológica é entendida como um elemento central do crescimento e desenvolvimento econômico contemporâneo. Ao mesmo tempo que o progresso tecnológico tem o potencial de aumentar a produtividade dos fatores e, por consequência, a produção, a inovação representa um diferencial competitivo àquelas empresas que a promovem, permitindo o ganho de participação de mercado e gerando maior lucratividade (Freeman e Soete, [1997] 2008).

À medida que surgem novas tecnologias, cada vez mais complexas, novas habilidades e capacitações são necessárias para a elaboração de inovações significativas. Nesse sentido, a colaboração tecnológica entre diferentes agentes econômicos aparece como uma oportunidade para adquirir informação e conhecimento técnico-científico com menor esforço em termos de capital e trabalho, facilitando a geração de inovações em um ritmo mais acelerado e ágil (Lundvall, 2016). Essas colaborações, que podem assumir diversos formatos e tipos, acabam por caracterizar a interação tecnológica como algo intrínseco ao processo de criação de novas tecnologias da economia moderna (Freeman, 1995).

Essa colaboração, seja entre indústrias (inter e intrasetorial) ou seja entre empresas e universidades e institutos de pesquisa, pode assumir diversas qualidades e características a depender de fatores como cenário institucional, contexto socio-econômico, ambiente cultural e também localização espaço-territorial.

O compartilhamento de informações e conhecimentos tácitos, ou seja, aqueles que não podem ser passado por meio de documentos e manuais – também conhecidos como conhecimentos codificados -, possuem um forte componente espacial (Garcia, 2020). Assim, a proximidade geográfica entre os agentes inovadores tem o potencial de estreitar as interações de cunho colaborativo e fomentar a capacidade de cooperação tecnológica e, portanto, aumentar o fluxo de inovações (Gertler, 2003).

Esse processo colaborativo, quando olhado em conjunto, apresenta uma complexa e intrincada rede de trocas informacionais, científicas e tecnológicas. A partir dessa estrutura de redes, é possível observar de forma holística a formação dessas colaborações assim como as suas principais qualidades topológicas e estatísticas. A análise dessas informações, quando observadas através do ponto de vista geográfico, possibilita determinar padrões de localização e concentração dessas redes, o que, em última instância, permite inferir características espaciais relevantes com a identificação de disparidades regionais e oportunidades de fomento ao desenvolvimento.

Nesse sentido, o objetivo desse capítulo é evidenciar, em um primeiro momento, como a literatura contemporânea dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) trata a importância da colaboração tecnológica, com foco nas interações entre empresas, para o desenvolvimento econômico regional e nacional. Em seguida, utilizando-se a literatura de geografia da Inovação, é discutida a relação entre a colaboração tecnológica e a localização geográfica dos agentes envolvidos no processo de inovação, ressaltando a fundamentalidade da análise desse processo por meio de uma perspectiva espaço-territorial.

2.1. Colaboração tecnológica no contexto da teoria econômica

A noção de progresso tecnológico e inovação na literatura econômica é tão antiga quanto o próprio estudo de economia. Os teóricos clássicos, como Adam Smith, David Ricardo, Thomas Malthus e Karl Marx já abordavam em suas obras a questão do avanço técnico, ainda que de formas diferentes, como uma característica inerente às economias capitalistas industriais modernas.

Adam Smith, compreendido como o principal precursor da ciência econômica moderna, foi o primeiro a incorporar o progresso tecnológico como propulsor da produtividade (Tigre, 2014). Segundo ele, o principal elemento responsável pelo aumento da quantidade produzida era a divisão do trabalho, que poderia aumentar a produtividade de três formas complementares: aumento da destreza do trabalhador, economia de tempo, e invenção de máquinas. David Ricardo, outro expoente da Economia política, apesar de expressar preocupação com o aumento do desemprego decorrente da substituição do humano pela máquina, reconhece a capacidade da tecnologia em aumentar a produtividade do trabalho e defende que é necessário encorajar a implementação e uso da maquinaria, uma vez que ela é fundamental para manter a competitividade do país frente a outras nações. Mesmo Karl Marx, crítico resolutivo da Economia Política e considerado o último dos grandes economistas clássicos, também entende que a tecnologia é fundamental para o aumento da produção. Para ele, o progresso tecnológico é resultado direto do esforço dos capitalistas em investir parte do excedente na mecanização da produção (Tigre, 2014). Tal iniciativa é descrita pelo autor como uma forma de poupar mão de obra e aumentar a lucratividade através da extração da mais-valia relativa, isto é, através do aumento da produção sem a necessidade de estender a quantidade de horas de trabalho humano.

No mesmo momento em que Karl Marx elaborou a sua teoria, surgiu uma corrente diametralmente oposta de pensamento econômico que representou um ponto de inflexão para

a consideração do progresso tecnológico como peça fundamental para o crescimento econômico. No contexto da depressão econômica inglesa a partir de 1873, os autores da Economia Neoclássica colocaram em segundo plano as leis que buscavam entender a dinâmica da formação social - como deram ênfase seus antecessores clássicos - e focaram seus esforços em analisar as mudanças de comportamento econômico na margem (Carvalho e Castro, 2008). Esse movimento foi responsável por estabelecer alguns dos principais pressupostos¹ que seriam utilizados posteriormente como base para toda a elaboração do pensamento neoclássico do fim do século XIX e início do século XX que, por sua vez, desempenhou o papel de fundamentar um conjunto teórico que seria responsável por influenciar toda a tradição da economia ortodoxa até os dias atuais.

Os economistas neoclássicos mudaram radicalmente o foco da análise econômica para o exame dos determinantes que levam uma economia de mercado ao seu estado de equilíbrio. Sobre esse objetivo teórico, os neoclássicos procuraram sucessivamente elaborar uma análise - de natureza majoritariamente curto-prazista - que mostrasse os mecanismos de ajustamento necessários para que a economia alcançasse esse ponto ótimo de equilíbrio. Nesse contexto, de acordo com Carvalho e Castro (2008), a mudança tecnológica, o aumento da produtividade e o aumento da riqueza das nações decorrente da expansão dos mercados se tornaram obsoletos. Segundo Rosenberg (1986), na teoria neoclássica o progresso tecnológico foi tratado como um processo exógeno, de caráter meramente redutor de custos. Freeman e Soete ([1997] 2008) explicam que esse negligenciamento da importância da mudança tecnológica se deveu ao fato de que esses teóricos se tornaram vítimas dos seus próprios arcabouços conceituais que se baseavam, em grande parte, no tradicional pressuposto *ceteris paribus*.

O segundo quartil do século XX marcou um ponto de inflexão para a literatura da inovação e do progresso tecnológico com a emergência de outros autores que contribuíram para a elaboração de um arcabouço teórico mais aderente às economias industriais modernas. Joseph A. Schumpeter talvez seja o acadêmico que mais profundamente influenciou o pensamento econômico subsequente no âmbito do progresso tecnológico e da inovação industrial.

¹ Dentre os principais pressupostos do pensamento neoclássico, enumera-se: foco na margem; Comportamento econômico racional; ênfase na microeconomia; ênfase na livre concorrência; Teoria do preço orientado pela demanda; ênfase na utilidade subjetiva; Enfoque no equilíbrio; mínimo envolvimento do governo; e enfoque na escassez de recursos (Brue, 2005; Rosegger, 1995).

Schumpeter retoma esse tema e aborda sob uma nova perspectiva o papel das inovações, inicialmente relacionando-as aos ciclos econômicos - em sua extensa obra “*Business Cycles*” de 1939 – e posteriormente, em “*Capitalismo, Socialismo e Democracia*” de 1942, enfatizando o papel fundamental da inovação como um “impulso fundamental que põe e mantém em movimento a máquina capitalista” (Schumpeter, pág. 119, 2017). De forma pioneira, Schumpeter também endogeniza a inovação, caracterizando-a como um processo inevitável, de caráter intrínseco à realidade competitiva capitalista, que transforma constantemente a estrutura econômica através de um processo de “destruição criadora” - no qual há a substituição do aparato antigo por novas tecnologias, tanto em processos como em produtos.

A inovação e o progresso tecnológico foram paulatinamente incorporados pelos economistas e historiadores econômicos nas décadas que sucederam Schumpeter, tanto na ortodoxia como na heterodoxia. A teoria ortodoxa, segundo Nelson (1998), só começou a reconhecer formalmente a inovação como peça-chave do crescimento econômico a partir de 1950, com esforços significativos para a acomodar o progresso técnico como componente endógeno ao modelo. Coutinho (1983) aponta que Josef Steindl no seu livro de 1952, intitulado como “*Maturidade e estagnação no capitalismo americano*”, é um dos primeiros estudos que obteve êxito em posicionar o papel da inovação no processo concorrencial dentro da teoria ortodoxa. No livro referenciado, Steindl (1952) analisa de maneira diligente a concorrência em um mercado oligopolístico, típico da economia capitalista ocidental de grandes empresas. Segundo ele, o progresso técnico e a inovação agem como ferramentas cruciais para a dinâmica concorrencial via redução dos custos de produção, o que em última instância, significa vantagens na obtenção de maiores margens de lucros, resultando em uma maior perspectiva de crescimento no longo prazo.

Costa (2016) argumenta que é possível indicar também pioneirismo nos trabalhos de Robert Solow e Moses Abramovitz, que lançaram dúvidas sobre a capacidade do arcabouço teórico neoclássico em determinar as razões do crescimento econômico. Tanto Abramovitz em artigo de 1956², como Solow em estudo de 1957³, buscaram de maneira pragmática quantificar

² ABRAMOVITZ, M. “Resources and Output Trends in the United States since 1870”. In: ROSENBERG, N. (Ed.). *The economics of technological change*. Reino Unido: Penguin Books, pág. 320-343 [1956]1971.

³ SOLOW, R. “Technical Change and the Aggregate Production Function”. In: ROSENBERG, N. (Ed.). *The economics of technological change*. Reino Unido: Penguin Books, pág. 344-362 [1956]1971.

os determinantes de crescimento do produto per capita dos Estados Unidos entre os anos de 1909-1949 e 1869-1952, respectivamente. Ambos os autores outorgaram ao progresso técnico a responsabilidade pela maior parte (87,5%) do crescimento do produto per capita nos EUA, rompendo uma visão permanentemente estabelecida de que a inovação é apenas um meio pelo qual se pode poupar os recursos produtivos (capital e trabalho) e não como forma de criar recursos.

Destaque deve ser dado também à Edith Penrose ([1959] 2009), que ao reformular extensamente a teoria da firma, introduziu o conhecimento e o progresso tecnológico como inerentes ao crescimento das firmas. Segundo a autora, a inovação se apresenta como central na dinâmica de competição - assim como preconizado por Schumpeter - e o conhecimento, portanto, cumpre um papel essencial nessa dinâmica ao capacitar a firma com os instrumentos informacionais necessários para a criação e a introdução de novas tecnologias no processo produtivo, o que, segundo ela, atribui vantagens competitivas à firma.

“Industrial innovations come, for the most part, from industrial firms, and those firms that introduce them first are likely to have a competitive advantage because they can obtain patent protection or otherwise prevent imitation, or merely because they are first.” (Penrose, pág. 101, [1959] 2009)

Segundo Tigre (2014), Penrose é a primeira a introduzir o conceito de conhecimento tácito na literatura econômica, exercendo grande influência em teorias posteriores.

Segundo Freeman e Soete (2008), mesmo após os economistas se voltarem crescentemente para os problemas de crescimento econômico e aos poucos introduzirem os elementos da inovação tecnológica nos modelos teóricos na década de 1950, a academia no geral ainda continuava bastante conservadora em relação a considerar o progresso técnico como uma variável chave da evolução produtiva, colocando a mudança técnica “como fator residual como todas as outras contribuições ao crescimento - tais como a educação, a administração e as inovações tecnológicas” (Freeman e Soete, pág. 21, 2008). Segundo os autores, foi só mais tarde, a partir da década de 1980 e 1990, que os modelos ortodoxos começaram de fato a olhar com mais zelo para o impacto da inovação tecnológica no crescimento econômico, especialmente com o surgimento da “Nova teoria do crescimento”. Essa teoria foi responsável por repensar os modelos neoclássicos de crescimento econômico, incorporando a inovação como um fator endógeno. Nesse contexto, os trabalhos de Romer (1986; 1990) e Verspagen (1992) foram pioneiros em tratar o progresso técnico como uma característica inerente ao processo de produção privado dentro da ortodoxia. Apesar de partir de pressupostos neoclássicos tradicionais, de agentes maximizadores e racionais, essa nova perspectiva incorpora a ideia de que os agentes privados possuem incentivos para investir em

conhecimento e pesquisa, uma vez que a inovação resultante funciona como um bem - não rival e parcialmente exclusivo - que concede vantagens competitivas relevantes ao seu detentor, o que, em última análise, proporciona retornos financeiros superiores. O esforço individual pela busca de novos conhecimentos levaria no agregado a um acúmulo de inovações, produzindo assim um modelo de crescimento de equilíbrio competitivo (Romer, 1986; 1990. apud Costa, 2016).

Neste mesmo período, autores denominados Neo-schumpeteriana - ou Evolucionários -, no seio da economia heterodoxa, resgataram os conceitos básicos estabelecidos por Schumpeter, especialmente relacionados ao desequilíbrio persistente inerente à economia capitalista e à principalidade do progresso técnico na determinação da mudança econômica, para expandir e estruturar a base teórica e empírica sobre a geração e difusão das inovações. Nesse sentido, a visão neo-schumpeteriana entende que, como as empresas estão expostas com o passar do tempo à novos ambientes institucionais que demandam certas capacidades e habilidades adaptativas que, de modo semelhante à seleção natural, irão selecionar aquelas firmas que irão prosperar e quais irão perecer, a inovação aparece como elemento adaptativo fundamental que permite as empresas a se diferenciarem e perdurarem no mercado (Nelson e Winter, 1982).

Os autores também destacam os fatores “genéticos” da teoria, ou seja, à medida que as empresas mais lucrativas se perpetuam à cada mudança institucional e tecnológica, as características de organização empresarial, os modos de produção e comercialização, as particularidades que envolvem pesquisa e desenvolvimento (P&D), assim como o comportamento das firmas em um ambiente concorrencial, é transmitido através do tempo pelas empresas que sobrevivem (La Rovere, 2006).

É relevante destacar também que, além desses fatores “hereditários”, os esforços empreendidos pelas firmas para aumento da lucratividade via diferenciação de produto ou melhoria do processo de produção estão condicionados ao paradigma tecnológico. Dosi (1982), a partir do termo “paradigma científico” de Kuhn, esclarece que os “paradigmas tecnológicos” podem ser entendidos como um “modelo” e um “padrão” de solução para problemas tecnológicos específicos, que “incorpora fortes prescrições sobre a direção da mudança técnica a ser perseguida e aquelas a serem negligenciadas” (Dosi, pág. 152, 1982). Nesse sentido, é possível compreender os paradigmas tecnológicos como a introdução de uma ou várias novas tecnologias nos setores econômicos que condicionam e mudam de forma radical a maneira como novos produtos e processos são desenvolvidos. O surgimento do paradigma está associado à introdução de novas fontes de energia ou matérias-primas, e até de um novo tipo

de bem de capital (Costa, 2016). Ao mesmo tempo que é responsável por empreender descontinuidades tecnológicas, o paradigma transforma a estrutura empresarial e concorrencial, criando setores econômicos, novas indústrias e novas oportunidades de produção:

“[...] the arrival of new technological paradigms entails the possibility of the emergence of new sectors in the down stream aggregate. The higher the technological advancements, the higher the complexity of the products developed. Each new sector absorbs labour demand, but it also deploys more advanced techniques of productions. Both inter-firm and inter-sector competition occurs” (Dosi et al, 2021)

À medida que esse novo conjunto de tecnologias que caracterizam o paradigma é difundido pelo sistema econômico e, em consonância, novos princípios organizacionais e institucionais são criados, surge o “paradigma tecnoeconômico”. Segundo Perez (2004), *“As it spreads, this new paradigm gradually takes root in collective consciousness, replacing the old ideas and becoming the new “common sense” of engineers, managers and investors”* (Perez, pág. 12, 2004). Nesse sentido, o paradigma tecnoeconômico impõe por um longo período uma orientação quase unânime para os investimentos na economia, a produção e comercialização de produtos e as inovações incrementais futuras.

A partir desse arcabouço teórico, este mesmo conjunto de pensadores foi responsável por introduzir uma linha de pesquisa que colocou a complexidade relacional e interativa entre as diversas instituições e agentes que compõem a sociedade, como o ponto central de todo o processo de criação e difusão de inovações em uma economia (Lundvall, 1985). Essas redes de interações entre diferentes diversos agentes - firmas, consumidores, universidades e governos - seriam caracterizadas por uma constante troca de diferentes tipos de conhecimentos e informações que, dada uma determinada estrutura socioeconômica e institucional, determinaria “a taxa e a direção da inovação e construção de competências que emana de processos de base científica e aprendizagem baseada na experiência”. (Lundvall et al., 2009b, p.7). A estrutura desse processo sucederia em um Sistema Nacional de Inovação (SNI), cuja dinâmica guiaria a trajetória de inovação de um determinado país. Lundvall (2018) esclarece que o SNI oferece uma explicação alternativa sobre as diferenças competitivas entre as nações, dando enfoque na construção de competências a partir do aprendizado interativo.

Esse foco no processo interativo da literatura econômica sobre os Sistemas Nacionais de Inovação deriva do entendimento de que a inovação, dada a complexidade de desenvolvimento das novas tecnologias, é por natureza um processo colaborativo (Nelson, 2018; Nelson, 2011; Chaminade e Vang, 2008; Freeman, 1995). Para Freeman (1995), é evidente que a maioria das melhorias de processos e criação de novos produtos nas economias modernas derivam da constante interação das firmas com fornecedores, consumidores, e

universidades - que geram conhecimento técnico-científico fundamental para inovações disruptivas, além da própria troca de informações e conhecimento inter-indústria. Ao citar a trajetória de sucesso econômico recente do Japão, Odagiri e Goto (1993) destacam que a base para impulsionar o desenvolvimento tecnológico foram incentivos públicos para a pesquisa científica nas universidades e a colaboração tecnológica entre firmas japonesas. Keck (1993) esclarece que o sucesso econômico da Alemanha se deveu aos esforços empreendidos ao longo do século XIX e XX na construção de uma educação formal de qualidade, com a fundação de amplos e modernos centros universitários e de pesquisa, no financiamento abundante e direcionado do governo a projetos de P&D, e no desenvolvimento de indústrias intensivas em conhecimento.

De uma perspectiva histórica, a literatura aponta que a maturidade dos componentes do SNI, tais como redes de colaboração tecnológica inter e intra indústria bem estabelecidas, apoio estatal estruturado - seja via financiamento de pesquisa, construção de centros universitários, incentivo tributário ou qualquer outro suporte - e a participação de universidades e centros de pesquisa no desenvolvimento de novas tecnologias, têm o potencial de criar um estrutura nacional técnico-produtiva mais competitiva e capaz de gerar os efeitos positivos que resultam no crescimento e desenvolvimento econômico (Lundvall et al., 2009b; Lundvall, 1985; Nelson e Rosenberg, 1993). Isso decorre do fato de que, para a literatura de SNI, a construção de capacidades tecnológicas industriais só é capaz através do estabelecimento de complexos e diferentes caminhos de aprendizado e troca de conhecimentos entre as diversas organizações e instituições que compõem o tecido socioeconômico (Freeman, 1995).

Além disso, Nelson e Rosenberg (1993) destacam que os diversos componentes do SNI atuam de maneira não isométrica no desenvolvimento de determinados setores industriais, isto é, os elementos destacados nos parágrafos anteriores tais como interação inter e intra-firma, financiamento governamental e atuação dos institutos universitários e de pesquisa impactam de maneira desigual o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias a depender dos segmento produtivo. Segundo os autores:

“In some technologies universities play a key role, for example, aircraft and steel. Government funding is important in some industries, such as aircraft and agriculture, and unimportant in others.” (Nelson e Rosenberg, pág. 15, 1993)

É importante destacar, ademais, que essa heterogeneidade intersetorial se sujeita também ao contexto institucional e a estrutura socioeconômica de cada país ou região no qual o sistema de inovação está inserido. Variáveis como cultura, leis, ambiente burocrático, padrões de consumo e história de um dado povo possuem a capacidade de determinar a

trajetória tecnológica que será seguida pelo processo de inovação (Nelson e Rosenberg, 1993). Em outras palavras, as características particulares de cada país ou região influencia diretamente em como um sistema de inovação irá evoluir e em qual direção.

Essa profusão de tipos de Sistemas de Inovação é ainda mais marcante quando se analisa os padrões de progresso tecnológico entre países de diferentes estágios de desenvolvimento. Lundvall (2018) e Chaminade et al. (2009) identificam que é impossível estabelecer políticas de inovação que atendam ao mesmo tempo países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Chaminade et al. (2009) ao abordar a problemática do SNI em países em desenvolvimento, esclarece que os desafios das políticas de inovação enfrentados por esses países tendem a ser muito diferentes quando comparado às economias centrais, especialmente por conter um conjunto de falhas sistêmicas - dificuldade de sustentar o processo de criação, absorção, retenção, uso e disseminação de conhecimento economicamente útil através do processo interativo ou próprio (Chaminade et al., 2009) - de maior monta. Consonante a essa ideia, Chaminade et al. (2009) e Lundvall (2018) concordam que o SNI em países subdesenvolvidos é, em sua maioria, um sistema de inovação em desenvolvimento, onde alguns componentes cruciais estão presentes, mas as redes de colaboração ainda não são bem estabelecidas. Cozzens and Kaplinsky (2009), Fagerberg and Srholec (2009) e Chaminade et al. (2009) apontam que existem características institucionais tais quais a persistência de altas taxas de desigualdade, a exclusão de partes da população da vida econômica - seja devido a pobreza extrema ou elementos culturais como religião e tradições -, a falta de regulação econômica, regimes de propriedade intelectual pouco eficientes, e o alto grau de corrupção, que são problemas que devem ser prioritariamente combatidos por uma política de inovação que objetive levar o sistema tecnológico a graus mais maduros.

O diagnóstico indicado por esse amplo conjunto de autores internacionais é corroborado por uma abrangente literatura nacional que trata frontalmente a problemática do Sistema Nacional de Inovação brasileiro. De modo geral, há consenso de que o Sistema de inovações brasileiro ainda é incompleto (Albuquerque, 2000; Viotti, 2001; Cunha et al., 2009), apesar de apresentar algumas características que se aproximam aos sistemas desenvolvidos dos países centrais.

Albuquerque (1996), em uma das primeiras investigações quantitativas sobre o SNI brasileiro - apesar da escassez de dados na época -, argumenta que é possível observar indícios que mostram que o SNI brasileiro é relativamente de pequena dimensão, com ineficiências sistêmicas relevantes, baixo envolvimento das empresas com atividade de inovação, baixa

produção científica, e problemas no fluxo de informação tanto do setor público como do privado, indicando que o sistema de ciência e tecnologia ainda não se completou.

Em um novo estudo no ano 2000, o autor se debruçou sobre como a utilização de dados de patentes poderiam contribuir para o entendimento do estado atual do SNI brasileiro. Utilizando dados cedidos pela Agência de patentes e marcas dos Estados Unidos (*United States Patent and Trademark Office - UPSTO*) e dados internos sobre patentes, o autor observou uma correlação positiva entre o aumento do depósito de patentes e o crescimento da renda per capita nacional, o que, segundo o autor, configura o andamento de um processo de *catching-up*. Comparando o sistema de inovação brasileiro a outros SNI que estavam realizando processos de *catching-up*, como Taiwan e Coreia do Sul, Albuquerque (2000) argumenta que o sistema brasileiro ainda poderia ser classificado como “imaturo”, uma vez que não tinha atingido os padrões de desenvolvimento tecnológico e aumento de renda similar a esses países em desenvolvimento do leste asiático.

Viotti (2001) partindo da pioneira Pesquisa Industrial-Inovação tecnológica 2000 do IBGE, que trouxe uma compilação de dados e informações inéditas sobre a inovação brasileira, analisa os novos dados e compara-os a outros países para determinar o perfil da inovação da indústria brasileira. O autor faz uma distinção entre sistemas de inovação maduros, típicos dos países centrais, e sistemas de inovação baseados na imitação e no aprendizado, comum entre os países em desenvolvimento. Viotti observa que o sistema de inovação brasileiro é caracterizado por:

- baixa introdução de inovações pelas empresas brasileiras (31%);
- grande concentração de inovações de processo - o que indica inovações que muitas vezes só são novidade para a empresa em si e resultam da simples incorporação de novos maquinários;
- parcela pouco relevante das empresas que apresentam inovações de produto realmente lançam algo que é pioneiro para o setor em que atuam;
- baixo grau de inovações oriundas de cooperação com outras empresas ou instituto, demonstrando baixo grau de sinergia entre o SNI brasileiro;
- reduzida parcela do faturamento (0,7%) das empresas inovadoras brasileiras são destinadas ao P&D;
- quantidade média menor de funcionários dedicados a P&D (2) quando comparado a países desenvolvidos (3,5 a 8)

A partir dessas considerações, o autor conclui que o menor grau de importância das inovações para as empresas brasileira “corrobora a hipótese de que o sistema de mudança

técnica brasileiro pode ser caracterizado como predominantemente dominado pelo processo de aprendizado tecnológico típico de economias eminentemente imitadoras, nas quais a mudança técnica restringe-se basicamente à absorção e ao aperfeiçoamento de inovações geradas fora do país”. (Viotti, pág. 648, 2001). Em estudo recente, De Negri et al. (2020) mostram que a maioria das características apontadas por Viotti (2001) persistem até o período atual, especialmente a baixa porcentagem de empresas inovadoras e a reduzida parcela do faturamento destinado a atividades de P&D. O único aspecto que melhorou de maneira significativa é a quantidade de inovações oriundas de processos colaborativos entre empresas, como será mostrado mais adiante a partir dos resultados deste trabalho.

No âmbito de instituições internacionais, Cruz e Mello (2006), em estudo divulgado pela OCDE, observam que apesar de o SNI brasileiro ter apresentado avanços relevantes nos últimos anos, com um aumento considerável de publicações científicas e aumento da pesquisa colaborativa, o país ainda ocupava uma posição significativamente atrasada quando comparado aos países centrais. Além disso, Cruz e Mello concordam com o diagnóstico de Viotti (2001) sobre a concentração de atividades inovativas em processos, em detrimento de produtos, e o caráter imitador e dependente da inovação brasileira, uma vez que existe fortes indícios de que a inovação industrial brasileira depende fortemente da participação de empresas estrangeiras no setor onde elas operam.

Cunha et al. (2009) destaca a necessidade do estabelecimento e consolidação de redes entre empresas e de empresas com universidades para o desenvolvimento de indústrias inovadoras. Segundo o autor, o Brasil tem dificuldade em estabelecer condições suficientes para a formação de um ambiente que propicie essas conexões organizacionais, uma vez que carece de um SNI amplo e consistente que consiga oferecer incentivos à cooperação e o acúmulo de competências.

A partir do arcabouço teórico sobre o SNI apresentado, é possível compreender essa abordagem analítica oferece ferramentas teóricas imprescindíveis para o entendimento do processo de desenvolvimento econômico a partir da inovação, entendida aqui um dos pilares das economias industriais modernas. O enfoque do SNI na relação colaborativa entre os agentes para o desenvolvimento de novas tecnologias deixa claro que a formação de redes de cooperação inovativa exerce papel fundamental no sentido de levar a cabo esse processo de desenvolvimento. Quando essa ideia é colocada à realidade brasileira, observa-se grandes deficiências na forma como os agentes do SNI interagem entre si com o objetivo da inovação, o que, em última análise, prejudica o processo de desenvolvimento econômico e de *catching-up* em relação as economias desenvolvidas.

Além de impactar a evolução econômica nacional, a atividade de inovação e a colaboração tecnológica influenciam diretamente no processo de desenvolvimento regional, uma vez que determina o grau de competitividade das empresas locais em relação ao mercado nacional e internacional, influenciando justamente na geração de renda e de impostos de uma determinada região (Cunha et al. 2009; Cruz e Mello, 2006). Nesse sentido, a dimensão espacial da análise da atividade de inovação, com a observação da sua dispersão pelo território, se apresenta como um importante referencial analítico para entender, através da perspectiva regional, as particularidades do SNI brasileiro. No caso do presente trabalho, essa abordagem será especialmente relevante porque a análise das redes de colaboração tecnológica com o uso da perspectiva espacial permite inferir aspectos e prognósticos intimamente ligados à localização geográfica das empresas envolvidas em processos de co-inovação, facilitando a associação desse tema com a evolução do desenvolvimento regional no Brasil.

Para embasar a perspectiva espacial e geográfica do presente trabalho, assim como as suas características mais relevantes, a seção a seguir irá abordar a literatura econômica que se debruçou sobre os principais aspectos da distribuição espaço-geográfica da atividade inovativa e seus principais motivadores.

2.2. Geografia da Inovação

A Geografia da Inovação se tornou nas últimas duas décadas um tema de crescente importância em estudos econômicos que analisam os impactos da inovação sobre o território, especialmente na área de economia da inovação. Tal interesse da literatura se origina pelo fato de a geografia da inovação postular que a concentração espacial dos agentes econômicos tende a favorecer o aparecimento e intensificação da atividade inovativa (Garcia, 2020; Feldman, 2016). Isso acontece porque a proximidade entre os agentes (empresas, universidades e institutos de pesquisa) age como um catalisador da troca de informações e conhecimento técnico-científicos, facilitando o aprendizado interativo e geração de ideia, impulsionando, portanto, a geração de inovações (Garcia, 2020).

A ideia de que a concentração geográfica beneficia de inúmeras formas os agentes produtivos, incluindo a inovação, não é nova. Marshall (1920) já havia observado esse fenômeno em economias industrializadas do início do século XX. O autor foi um dos pioneiros em propor três possíveis explicações para o agrupamento espacial da atividade econômica, sendo eles: 1) difusão de conhecimento (*knowledge spillovers*); 2) fornecedores especializados (*non-traded local inputs*); e 3) disponibilidade de mão de obra especializada (*local skilled*

labour pool). Autores posteriores [ver Hoover (1948); Moretti (2013); e McCann (2013)], além de expandir a teoria da concentração da atividade econômica com novas abordagens, afirmam a importância da concentração espacial para a difusão de conhecimento entre os diferentes agentes produtivos.

A afirmação de que a concentração espacial das empresas beneficia a atividade inovativa se baseia na ideia de que a proximidade geográfica facilita o fluxo de informações e conhecimento entre os agentes, aumentando não só a velocidade dessa comunicação, como também a sua quantidade, diversidade e qualidade. Essa ideia supõe que o conhecimento pode ser dividido em dois componentes: 1) codificado, no qual é possível o compartilhamento via documentos ou manuais; e 2) tácito, que não pode ser materializado e se baseia sobretudo no contato face-a-face (Gertler, 2003; Garcia, 2020). O primeiro componente, com o avanço das tecnologias de informação e comunicação, é pouco ou nada impactado pela proximidade geográfica. Já o segundo, por depender necessariamente da interação física entre os agentes para o compartilhamento de conhecimentos, é fortemente influenciado pela distância entre as partes. Assim, o conhecimento tácito representa um elemento chave na teoria da geografia da inovação, uma vez que exerce um papel central processo de aprendizado interativo (*learning-through-interacting*), reforçando e sendo reforçado pela proximidade geográfica entre os agentes (Gertler, 2003; Garcia, 2020).

A localização das empresas no espaço e as suas proximidades geográficas umas das outras influem de diversas maneiras e perspectivas sobre a atividade inovativa através da troca de conhecimento tácito. De modo geral, é possível apontar quatro tipos de interações planejadas ou causais que favorecem o compartilhamento de informações entre os agentes localizados em regiões próximas. Primeiro, a transferência de trabalhadores especializados entre empresas (Feldman, 2016; Song et al., 2003; Breschi e Malerba 2001; Almeida e Kogut, 1997). Como apontado pelos principais teóricos da concentração espacial das atividades produtivas – citados nos parágrafos anteriores – as empresas tendem a se localizar próximas de grandes centros urbanos não só pela proximidade com mercados consumidores – o que reduz os custos de distribuição – mas também porque são onde se localizam a maior parte da mão-de-obra especializada (Marshall, 1920). É comum que esses trabalhadores transitem ao longo de suas carreiras por diversas empresas de diferentes ramos, levando consigo toda a experiência e conhecimento específico acumulados, permitindo que as empresas contratantes recombinaem conhecimento, imitem melhores práticas e melhorem seus próprios produtos ou serviços (Stoper e Venables, 2004). Nesse sentido, o intercâmbio constante de trabalhadores especializados se apresenta como uma importante ferramenta de transferência de conhecimento

de uma empresa para outra, fomentando a geração de inovações e de novas ideias por todo o ecossistema empresarial espacialmente concentrado.

Segundo, o relacionamento com fornecedores especializados. A concentração de empresas nos centros urbanos favorece também a atração e concentração de fornecedores que prestam serviços especializados (Marshall, 1930; Weber, 1929; Perroux, 1950; Hoover, 1948). Segundo McCann (2013), isso acontece porque tais fornecedores tendem a incorrer em altos custos de trabalho e capital, de modo que a proximidade com uma ampla quantidade de empresas (clientes) permite a diversificação das fontes de receita. Além disso, essa proximidade com o mercado consumidor, permite acompanhar de forma mais próxima a demanda específica de determinados clientes. Tal interação, a depender da relação comercial, pode ser acompanhada da troca de informações e conhecimentos específicos entre a empresa demandante e o fornecedora. Isso pode se apresentar tanto de maneira formal – através de um copatenteamento, por exemplo – ou de forma informal – via simples troca de informações e conhecimento para oferta de determinado produto ou serviço.

Terceiro, criação de novas firmas – incluindo *spin-offs* - a partir de empresas, universidades e instituições de pesquisa (Breschi e Malerba, 2001; Suzigan et al, 2005; Klepper, 2009; Feldman, 2016). A formação de uma nova empresa, além de levar consigo os trabalhadores especializados – e conseqüentemente as suas habilidades, experiências e conhecimentos – pode levar consigo parte do capital intelectual codificado (por exemplo, patentes) da organização de onde se originou. No mundo empresarial, especificamente, é comum procedimentos que envolvam o desmembramento de operações específicas com a criação de *spin-offs*, que podem ou não carregar o capital intelectual inerente a sua operação. Além desses dois formatos de transferência de conhecimento, esse tipo de empresa pode manter um relacionamento colaborativo com a organização originária, seja outra empresa, uma universidade ou um instituto de pesquisa, criando um atalho para a transferência de conhecimento.

Quarto, a geração de novas ideias e inovações através das interações não formais entre funcionários de diferentes empresas (Dahl e Pederson, 2005; Feldman, 2016). Essa ideia, se apoia sobre a noção de que as cidades são o lócus da inventividade (Stoper e Venables, 2004), onde o fluxo de informações e conhecimento entre os agentes é estimulado. Nesse sentido, os centros urbanos, além de agir das formas mencionadas anteriormente, promovem interações entre funcionários de empresas localizadas em seu entorno de diferentes maneiras. Uma das primeiras formas na qual essa concepção se materializa são em encontros casuais que podem ocorrer cotidianamente entre funcionários – de todas as hierarquias – que compartilham de um mesmo contexto social. Em tais interações informais podem ocorrer as transferências de

conhecimentos tácitos que posteriormente podem se concretizar em inovações. Outra forma de transferência informal de conhecimento entre funcionários pode ocorrer em conferências, festivais, workshops, palestras, encontros e outros eventos empresariais que acontecem em grandes centros urbanos e reúnem milhares de profissionais de setores semelhantes. Tais eventos, além de funcionarem como meio para a troca de informações e conhecimentos entre funcionários, atuam como *hubs* de negócios, reunindo em um mesmo espaço empresas que oferecem as mais variadas soluções, serviços e produtos, que podem ser tanto concorrentes como complementares. Essa interação pode, em última análise, facilitar e estimular diferentes tipos de acordos, tanto de negócio, como de cooperação e colaboração tecnológica. Feldman (2016) reforça a importância dessa interação social argumentando que, à medida que o conhecimento cresce em complexidade e se torna mais tácito, os contatos face-a-face, através de redes sociais informais – que são diretamente favorecidas pela proximidade geográfica –, se torna uma ferramenta poderosa para a dispersão de conhecimento.

Além desses fatores, diversos autores ao longo das últimas décadas também se debruçaram sobre outros motivos que levam a concentração geográfica da inovação. Segundo Breschi e Malerba (2001), o grande potencial do aprendizado através da interação e do estabelecimento de redes de contato com outros agentes constituem os principais elementos que explicam a concentração geográfica. Ademais, essas empresas, localizadas próximas umas das outras, tendem a ser mais inovadoras que aquelas que estão isoladas – e, portanto, tendem a ser mais competitivas – em decorrência do “elevado grau de imersão (*embeddedness*) das empresas locais em redes densas de compartilhamento de conhecimento, que são apoiadas por interações sociais próximas e por instituições que criam confiança e encorajam relações informais entre os atores” (Breschi e Malerba, pág. 819-820, 2001). Para os autores, a capacidade de as empresas usufruírem dessas externalidades positivas da concentração espacial depende da existência de normas, convenções e códigos comuns para a troca de conhecimentos. Nessa perspectiva, a proximidade geográfica dos autores, ao facilitar a transferência de conhecimentos, se sobrepõe e se combina com outros fatores que impulsionam o aprendizado coletivo, como a proximidade institucional, organizacional e técnica.

Garcia (2020) aponta três fatores para a manutenção da concentração espacial da inovação. O primeiro se refere aos vínculos produtivos a montante e a jusante entre as empresas, que se beneficiam da disponibilidade de informações específicas que dependem de interações face-a-face. O segundo é a concentração de trabalhadores, incluindo aqueles especializados, cuja concentração em um centro urbano é motivada, dentre outros fatores, pelas oportunidades de emprego. O terceiro diz respeito ao estabelecimento de redes de interações sociais face-a-face

entre os agentes, cujo efeito principal é o aprimoramento dos fluxos de informação e conhecimento.

Consonante às evidências empíricas de tal fenômeno de concentração da atividade de inovação, diversos trabalhos nas últimas décadas apontam para a sua confirmação. Jaffe (1989) pode ser considerado um trabalho pioneiro nesta área. O autor expandiu a Função de Produção de Conhecimento (*Knowledge Production Function*)⁴ introduzindo patentes corporativas como uma aproximação da medida de produção de conhecimento comercialmente útil. Ao comparar a funções de produção de conhecimento das empresas e das universidades, o autor encontrou evidências de que havia um transbordamento de conhecimento (*knowledge spillover*) local entre as duas entidades:

“The analysis of state-level corporate patent activity provides some evidence of the importance of geographically mediated commercial spillover from university research” (Jaffe, pág. 967, 1989)

No Brasil, outros autores posteriormente também demonstraram empiricamente a existência de concentração espacial da atividade inovativa. Um dos primeiros estudos nesse contexto foi elaborado por Albuquerque et al. (2002). Neste artigo, os autores procuraram descrever a distribuição espacial das atividades científicas e tecnológicas do Brasil, usando como fonte de dados as estatísticas de patentes, artigos científicos e pesquisadores. Como resultado, os autores encontraram que as atividades de inovação no Brasil são “altamente concentradas na região Centro-Sul do país, notadamente na região Sudeste” e que essa concentração “ao contrário do caso americano, é superior à concentração da atividade econômica produtiva” (Albuquerque et al., pág. 247-248, 2002).

Araújo e Garcia (2013) também encontraram evidências que apontam a importância de tal concentração. A partir de entrevistas com profissionais da área de tecnologia de indústrias TIC na região de Campinas, os autores demonstraram não só a importância dos contatos informais como forma de compartilhamento e disseminação de informação e conhecimento, como também evidenciaram que a importância desses transbordamentos era maior quanto maior fosse o caráter tácito, específico e complexo desse conhecimento compartilhado, características que, por não estarem disponíveis em fontes formais, evidenciam a relevância da rede local de contatos.

A teoria Geografia da Inovação, assim como os estudos empíricos decorrentes, representa um importante referencial conceitual para o presente estudo, uma vez que serão explorados ao longo da dissertação os padrões espaciais e geográficos das redes de

⁴ Ver Zvi Griliches (1979) e Ariel e Griliches (1984)

copatenteamento entre empresas no Brasil. Nesse sentido, a ideia de que a inovação tende a se concentrar espacialmente fornece sólido material para embasar determinadas observações da rede de colaboração tecnológica brasileira, cujo conteúdo será explorado mais adiante. Além disso, as explicações apontadas para a ocorrência de tal fenômeno - indicadas teoricamente e evidenciadas experimentalmente – permite analisar com mais profundidade as possíveis relações veladas e intrincadas por trás da caracterização da distribuição geográfica dos copatenteamentos no Brasil.

3. TEORIA DE REDES E ECONOMIA

3.1. Contexto e aplicações do estudo de redes na economia

O surgimento da teoria das redes remonta meados do século XVIII, com a elaboração do primeiro teorema da “teoria dos grafos” pelo matemático Leonhard Euler (Recuero, 2004; Melo, 2014). A teoria dos grafos estipula que um “grafo” é composto por um conjunto de pontos, chamados de *nós* ou *vértices*, e *arestas*, que representam a ligação de pares desses pontos; agregados, esses *nós* e *arestas* formam uma rede. De forma objetiva, os grafos podem refletir uma interação relacional ou associativa, de diferentes naturezas, entre os diversos objetos que se pretende analisar (Melo, 2014).

Apesar da sua origem na matemática, a utilidade da teoria das redes para o estudo de sistemas complexos interconectados em diversas outras áreas do conhecimento foi redescoberta e se tornou um campo de pesquisa popular nas últimas décadas. Segundo Easley e Kleinberg (2010), as redes despertam um fascínio da área acadêmica por estar presente em uma grande diversidade de tópicos, temas e contextos, com aplicações podendo ser encontradas em trabalhos relevantes na biologia (Barabási e Oltvai, 2004), medicina (Barabási, Gulbahce e Loscalzo, 2011), física (Estrada, 2014), e ciências sociais (Borgatti et al., 2009). Newman (2018) concorda com essa ideia e destaca que a utilização dessa metodologia de maneira interdisciplinar tem o potencial de destravar novas perspectivas de análise e levar a novos caminhos de conhecimentos e ideias.

É relevante destacar que esse ganho de popularidade da teoria dos grafos nos últimos anos em outras disciplinas se deveu, em grande parte, aos avanços tecnológicos na área informacional e computacional, que facilitaram sobremaneira o levantamento, armazenamento e processamento de grandes quantidades de dados. Essa evolução representou um ponto de inflexão nos estudos envolvendo redes, que antes tinham como foco a análise de pequena escala e passaram a contemplar grandezas estatísticas de maior escala, de modo que são comuns os estudos envolvendo milhões ou bilhões de *vértices* (Metz et al., 2007).

No campo das Ciências humanas e sociais, o uso das redes contribui para o entendimento e compreensão de uma infinidade de problemas de diferentes disciplinas, desde a psicologia e comportamento social até a economia. De forma objetiva, a teoria dos grafos permite observar de maneira estruturada as interações, sociais e econômicas, entre os diferentes componentes ou grupo de componentes que permeiam a sociedade. Os fenômenos observáveis a partir da teoria das redes para as ciências humanas são vastos e diversos, porém, é possível inferir que a maioria

das pesquisas nesta área do conhecimento científico se concentram no estudo das Redes Sociais.

As Redes Sociais possuem como objetivo principal a investigação da estrutura social e econômica humana. Um ponto interessante das Redes Sociais destacado por Newman (2018), e Krause, Croft e James (2007), é a sua capacidade de abranger uma vasta variedade de estudos de casos que envolve o relacionamento entre diferentes agentes sociais, podendo tanto os *nós* como as *arestas* assumirem uma infinidade de diferentes naturezas de acordo com a proposta do estudo e a característica do objeto. Os *nós*, por exemplo, podem representar, indivíduos, empresas, países, organizações e instituições, enquanto as *arestas* podem simbolizar conexões como amizade, comunicação, colaboração ou trocas mercadológicas.

Essa abordagem permite, por meio de diversas ferramentas estatísticas e matemáticas, contemplar as estruturas e características sociais e econômicas, assim como a sua evolução ao longo do tempo. A partir desse tipo de análise é possível determinar a dinâmica interacional entre os agentes dentro de uma sociedade e como eles se relacionam e exercem influência uns sobre os outros, o que, em última análise, pode elevar a acurácia das explicações sobre os fenômenos sociais e econômicas e permitir previsões sobre determinadas características da rede.

Talvez um dos casos de estudo contemporâneos mais explorados - e no qual a maioria das pessoas evocam quando pensam em Redes Sociais - sejam aqueles envolvendo as mídias sociais online, tais como Facebook, Twitter, Instagram ou TikTok. Nesses tipos de rede é possível observar de maneira clara as conexões diretas (amigos) e indiretas (amigos de amigos ou grupos) entre os indivíduos (perfis). Essa organização bem definida de nós e de arestas, facilita a obtenção de informações que permitem examinar características como a quantidade de conexões que cada indivíduo possui e se a natureza dessa conexão é forte - com grande poder de influência e de comunicação - ou fraca - com baixo poder interativo. A partir dessas análises iniciais da rede é possível inferir, por exemplo, quais os indivíduos ou comunidades/grupos que atuam como hubs - isto é, como centros que agregam múltiplos indivíduos - dentro da rede, de modo que quanto maior for a centralidade de um nó, maior será a sua influência na propagação de informações para outros indivíduos. Esse tipo de análise é particularmente útil para pesquisas que buscam entender a disseminação de ideias, informações e conhecimentos ao longo de uma rede a partir de determinados eventos sociais como os lançamentos de tendências de consumo, movimentos sociais e políticos, e até disseminação de informações e notícias fabricadas ou falsas (*Fake News*).

Assim como explicitado nos parágrafos anteriores, fica claro que o exame de Redes Sociais fornece uma metodologia fundamental para o estudo de eventos também de cunho econômico. Nas últimas décadas tem aumentado o prestígio acadêmico do uso da abordagem via teoria de redes - e mais especificamente de Redes Sociais - para o aprimoramento de estudos econômicos que tenham como objetivo observar fenômenos particularmente relacionais. Concomitantemente, houve um aumento significativo da quantidade de pesquisas que observam redes de interações entre indivíduos, indivíduos-empresas, e empresas-empresas, para determinar e prever com maior precisão eventos de natureza mercadológica. Pode-se citar a título de exemplificação, pesquisas que abordam redes de investimento, crédito, relações comerciais, relações de consumo, cadeia de suprimentos, estruturas societárias e de poder, influência de preços, colaboração produtiva e uma infinidade de outras aplicações (Schweitzer et al., 2009)

A teoria de redes também ganhou grande apelo entre os economistas - especialmente heterodoxos - que estudam os determinantes e a evolução do desenvolvimento econômico. Como mostrado no segundo capítulo, é relativamente recente o entendimento da academia de que a inovação é um componente fundamental para o progresso econômico e que este é, por natureza, um processo interativo e colaborativo (Fischer, 2001; Powell e Grodal, 2005). Como tal, o processo inovativo, assim como o progresso tecnológico, depende das conexões estabelecidas a partir das firmas (intra e interindústria) com fornecedores, consumidores e universidades (Freeman, 1995).

Nesse sentido, diversos estudos empíricos e teóricos surgiram usando a abordagem da Teoria das Redes e as técnicas das Redes Sociais com o objetivo de investigar as relações inerentes ao processo interativo e colaborativo da inovação. Como será explorado de forma mais exaustiva e detalhada na próxima seção, os estudos focaram a análise do tema a partir de diferentes perspectivas, alguns a partir da relação empresa e universidades, uns examinaram a troca de informações entre empresas e consumidores, e outros tantos discorreram sobre a relação colaborativa entre empresas.

3.2. Estudos empíricos sobre redes de colaboração tecnológica

Antes de aprofundar a análise sobre os estudos empíricos que abordam a colaboração tecnológica, é importante voltar um passo atrás para entender as principais características da formação e desenvolvimento das redes de interação inovativa entre empresas industriais.

Como destacado por Malerba e Vonortas (2009), a formação de Redes de P&D podem ser entendidas como processos de auto-organização das empresas em um contexto complexo de mudanças tecnológicas constantes e transformações sócio-econômicas graduais e permanentes. Essa conjuntura, aliada ao ambiente competitivo, inerente às economias capitalistas modernas, apresenta um grande desafio tanto de expansão como também de sobrevivência para as empresas. A colaboração formal e informal entre empresas aparece como um elemento valioso para o desenvolvimento de novas tecnologias e geração de inovações - fator importante para a diferenciação mercadológica e, portanto, fundamental para o ganho de mercado.

Lundvall (2016) reforça esse argumento ao dizer que a produção industrial pós-fordista trouxe à economia uma nova constelação de conhecimentos e aprendizagens que modificou profundamente a forma como as empresas passaram a cooperar internamente e com outras empresas. Essa transformação está relacionada diretamente a três fatores: 1) o desenvolvimento de tecnologias de informação, computação e telecomunicação (ICT) mais eficientes, que reduziram sobremaneira os custos associados à posse, armazenamento e envio de conhecimentos; 2) especializações flexíveis, que representa a capacidade das empresas em rapidamente se adaptar, com baixos custos, a mudanças de demanda ou de outra origem; 3) mudanças na mentalidade sobre o processo de inovação, fazendo com que as empresas se atentassem à necessidade de empreender esforços na geração de inovações incrementais como forma de garantir a sobrevivência do negócio. Todos esses fatores apontaram para a emergência da cooperação e a interação como elementos fundamentais da nova economia da inovação que se formou. Segundo o autor:

“All parts of the organization become involved in cooperation and many parts are also involved in external communication and cooperation. One consequence is that knowing how to do things in isolation is not the decisive type of knowledge any more. knowing how to communicate and cooperate becomes much more important than before” (Lundvall, pág. 109, 2016)

Adicionalmente, Cuervo-Cazurra et al. (2008) destacam que apesar de haver um esforço constante das firmas em transformar conhecimentos tácitos - adquiridos pelos funcionários ou acumulados pela experiência de mercado - em conhecimento explícito que pode ser usado para criação de novas tecnologia, muitas vezes existe uma lacuna de conhecimento das fontes internas da empresa, de forma que a colaboração com outras firmas (intra e intersetorial) se

apresenta como um caminho viável para adquirir as capacidades necessárias para levar a cabo a inovação.

Chesbrough (2003) entende que esse movimento cada vez maior de busca por parcerias para a inovação integra um movimento mais amplo de transição de um sistema caracterizado por inovações fechadas, onde todo o processo de criação e lançamento de novos produtos é realizado com o uso quase exclusivo das capacitações internas da empresa, para um modelo baseado na inovação aberta (*Open Innovation*), na qual as empresas acessam novos conhecimentos e ideias a partir de interações colaborativas internas e externas. Essa mudança de paradigma deriva, segundo o autor, de um processo recente de democratização da informação e do conhecimento - através do maior acesso à rede de internet, combinado a proliferação de bases públicas de dados científicos e de artigos e jornais acadêmicos online - em praticamente todos os campos de estudo. Nesse sentido, Chesbrough entende que as firmas que buscam se manter relevantes no mercado através da inovação precisam abandonar o sistema antigo de criação de novas tecnologias e produtos e aproveitar as capacidades de outras empresas para a construção de um ecossistema de inovação.

A unanimidade entre os pesquisadores sobre a importância da colaboração tecnológica somada ao aumento do interesse na investigação de redes de inovação entre empresas, levou ao surgimento de estudos teóricos e empíricos que abordam o tema de diferentes ângulos. Uma das perspectivas que ganharam notoriedade foi a dimensão espacial das redes de colaboração tecnológica. Esta nova frente de pesquisa foi liderada pelo arcabouço teórico e metodológico desenvolvido pela geografia da inovação que, como foi visto no capítulo 2, se transformou em um dos principais campos de pesquisa em Geografia Econômica e Ciência Regional (Scherngell, 2013). De acordo com Scherngell (2013), a literatura que se debruçou sobre o tema deu ênfase especial às interações entre empresas que realizam P&D conjuntamente, seja na forma de projetos colaborativos, conferências e workshops ou em recursos de P&D compartilhados na forma de trabalho e capital. Com esse enfoque, faz-se notar que a literatura da inovação incorporou elementos interdisciplinares - especialmente em termos metodológicos - da economia, geografia, ciências sociais, física e sistemas complexos, assim como os trabalhos empíricos gozaram de novas tecnologias para tratamento, processamento e modelagem de informações e dados como Redes Neurais Computacionais, técnicas de Data Mining, e técnicas de Modelagem Adaptativa e de Microsimulação (Scherngell, 2013; Reggiani e Nijkamp, 2009)

Apesar do maior interesse de estudos empíricos na investigação das redes pela perspectiva espacial, ainda são relativamente escassas pesquisas desse tipo. Um dos motivos

prováveis é a dificuldade de obter dados formais sobre as atividades de colaboração de P&D, uma vez que muitas vezes as relações entre os departamentos de pesquisas de diferentes empresas são estabelecidas sobretudo de maneira informal. Para tentar contornar essas dificuldades, é comum a utilização de dados alternativos que sirvam como *proxy* para a relação de colaboração inovativa. Alguns dos métodos mais frequentemente empregados são o uso de indicadores sobre copublicações e copatenteamento⁵.

Copublicações se referem a elaboração e divulgação de pesquisas científicas a partir da colaboração de cientistas de duas ou mais organizações, seja de universidades ou de empresas. A obtenção de informações sobre quais organizações estão relacionadas em uma mesma publicação permite determinar redes de trocas formais de conhecimento e informação (Ponds, van Oort, e Frenken, 2007). Já os Copatenteamentos estão relacionados diretamente a geração de inovações que possuem o potencial de serem comercializadas na forma de novos produtos e são definidas como patentes que foram depositadas por dois ou mais inventores (Lata, Scherngell e Brenner, 2015). Como o copatenteamento de uma mesma invenção por pelo menos duas organizações presume uma clara relação colaborativa, é possível estabelecer redes de interação formal através desta métrica.

Vale ressaltar que a maior utilização das métricas listadas acima foi impulsionada também pelo maior interesse do poder público ao redor do mundo em promover a inovação através de políticas públicas - sendo a construção e disponibilização de base de dados mais precisas sobre inovação parte desse plano. Scherngell (2013) explica que a muitas políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (STI), especialmente nos países centrais, deram ênfase no suporte de redes e arranjos colaborativos entre agentes de inovação, especialmente envolvendo empresas e universidades. Um dos primeiros programas de ampla abrangência realizado com esse propósito foram os *Framework Programmes* (FPs) para Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (RTD) criados pela Comissão Europeia com o objetivo de fomentar a colaboração científica e tecnológica no âmbito da Área Europeia de Pesquisa (*European Research Area* -

⁵ No contexto dos *Framework Programmes* (FP) da União Europeia (UE), é comum também o uso de indicadores sobre P&D baseado em projeto (*project-based R&D*) como uma *proxy* confiável para se estabelecer redes de colaboração. Segundo Scherngell (pág. 876, 2021) “*Project-based networks are usually publicly funded research partnerships focusing on precompetitive research, often designed in order to bring basic research closer to the practical application of basic research results. Collaborative projects involve a clear research focus and time horizon as well as certain conditions on the geographical range of partners*”.

ERA) e harmonizar os Sistemas Nacionais de pesquisa e Inovação dos diferentes países que compõem a União Europeia (UE) (Scherngell, 2013; Lata, Scherngell e Brenner, 2015). Com a primeira edição datada de 1983, o programa continua tendo como uma de suas bases a destinação de fundos públicos para o financiamento de atividades que tenham como foco o desenvolvimento de P&D colaborativo, e possui preocupação especial na distribuição geográfica das redes de inovação, de modo a criar um ERA mais integrado e menos desigual.

Dessa forma, são mais numerosos os estudos que abordam as redes europeias de colaboração em P&D no âmbito dos FPs. Diversas pesquisas nesse sentido foram realizadas ao longo das últimas décadas com o objetivo de avaliar o impacto de cada uma das rodadas dos FPs⁶ na transformação estrutural das redes de colaboração tecnológica. É possível observar que os trabalhos que analisaram essa questão do ponto de vista espacial, se concentram na análise do 5º FP (Scherngell e Barber, 2008), 5º e 6º FP (Scherngell e Lata, 2013; Lata, Scherngell e Brenner, 2015), e 7º FP (Amoroso, Coad e Grassano, 2017; Scherngell, 2021). De forma geral, esses autores compartilham de um arcabouço teórico fundamentalmente compatível, principalmente quanto à fundamentalidade da inovação e dos sistemas nacionais e regionais de inovação para a economia, e compartilham também as metodologias e ferramentas analíticas, com o amplo uso de técnicas de modelagem espacial e instrumentos econométricos, apesar das diferenças relacionadas aos objetivos de cada estudo, abordagem analítica e objeto utilizado.

Lata, Scherngell e Brenner (2015) é um ponto de partida adequado para se iniciar a revisão da literatura empírica, dada a sua contemporaneidade e profundidade metodológica. Os autores se debruçaram em analisar a evolução, ao longo do período de 1999-2006, das variáveis espaciais que impactaram a probabilidade de colaboração inter-regional no contexto da UE (Além dos 25 membros, Suíça e Noruega) a partir da perspectiva de diferentes redes de interação, a saber, *Project-based R&D (PB)*, copatenteamento e copublicação. Para isso, a abordagem dos autores consistiu em observar o efeito de fatores como distância geográfica, tecnológica, institucional e cultural impactam a formação de redes de colaboração.

Do ponto de vista descritivo, os autores puderam observar que entre 1999 e 2006 a soma e a média de atividades de colaboração em P&D aumentou significativamente nas três redes analisadas, indicando o aumento da densidade das redes. A partir dos dados coletados, foi observado também diferenças relevantes no padrão dos links intrarregional e inter-regional, com as redes de PB e copublicação apresentando maior atividade de colaboração inter-regional,

⁶ Foram 9 no total, sendo o último intitulado *Horizon Europe*, com previsão de duração até 2027.

enquanto a rede de copatenteamento mostrou intensidades semelhantes de colaboração entre os dois tipos de interação.

Pela perspectiva analítica, usando ferramentas de modelagem de redes, os autores ilustraram a distribuição espacial das três redes de colaboração sobre o mapa das macrorregiões europeias (*Spatial Network Maps*). Esse método permitiu observar visualmente alguns padrões e características relevantes sobre as conexões estabelecidas entre as regiões da UE, como a maior presença de interações internacionais na rede de PB quando comparado ao copatenteamento e copublicação e concentração de colaborações de copublicação nas regiões urbanas de Londres, Paris e Milão. Em relação ao copatenteamento, foi observado na rede europeia que a distância geográfica parece ser bastante relevante, com maior intensidade de conexões intrarregionais quando comparado às outras duas redes. A rede de copatentes também tende a se concentrar em regiões que compõem o centro industrial tradicional da Europa. É empregado também na análise espacial o I de Moran para medir a autocorrelação espacial das conexões, isto é, se as interações entre as regiões estão espacialmente correlacionadas com as conexões das regiões vizinhas. Os autores encontraram que para todas as redes, o índice de autocorrelação espacial é significativo, sendo muito mais intenso e estável ao longo dos anos na rede de copatentes.

Além da utilização das técnicas de análise exploratória espacial, Lata, Scherngell e Brenner (2015) acrescentaram ao estudo ferramentas econométricas para estimar o efeito de fatores exógenos - como distância geográfica, tecnológica, regiões vizinhas, países fronteiriços, e diferenças linguísticas - sobre a rede de colaboração. Para tanto, foi empregado modelagem de interação espacial de Poisson com versão de painel (*Panel Version*), para a contemplação dos dados a partir da perspectiva temporal. Os resultados mostraram que a distância geográfica impacta negativamente a probabilidade de colaboração em todos os tipos de redes, sendo mais intenso nas redes de copatenteamento e copublicação. Estas duas últimas redes também apresentaram reação bastante negativa aos efeitos causados pela fronteira entre países, o que sugere que para essas duas redes é preferível interações a nível nacional quando comparado a rede de PB. Já o fator “Regiões vizinhas” – regiões que compartilham fronteira - influenciou positivamente em todas as redes, impactando com maior grau as redes de copatentes e copublicação. Em relação à diferença linguística, o efeito negativo, observado em todas as redes, é também mais intenso em atividades de copatenteamento e copublicação, o que indica que, apesar de o inglês ter se tornado a língua predominante nas ciências, os pesquisadores ainda preferem cooperar com quem fala línguas parecidas com as suas. A distância tecnológica também apresenta efeito negativo em todas as redes, mas o grau é muito mais elevado nas redes

de copatentes - e se apresentou como o fator que mais impactou negativamente as redes de copatenteamento -, o que é esperado uma vez que as interações desse tipo são orientadas a aplicações práticas, de modo que a distância do grau tecnológico entre diferentes empresas pode inviabilizar a colaboração. Em relação a transformação estrutural das redes em direção a maior integração regional ao longo do tempo, os autores observaram que as redes de PB e copublicação sofreram mudanças significativas, indicando um efeito agregativo entre os anos, ao passo que a rede copatenteamento experimentou uma mudança mais lenta e menos constante nesse mesmo período.

Lata, Proff e Brenner (2017) retomam essa temática e voltam a analisar as variáveis espaciais que impactam a probabilidade de colaboração inter-regional, mas com foco na comparação entre as estruturas das redes de colaboração tecnológica da Europa e dos EUA. Para tanto, os autores fizeram uso de dados e indicadores sobre copublicação e copatenteamento dos dois países entre 1999 e 2009. A metodologia adotada é semelhante àquela adotada por Lata, Scherngell e Brenner (2015), com uma breve parte descritiva e uma parte analítica mais extensa, com a utilização de técnicas de modelagem de redes, análise exploratória espacial, ferramentas econométricas, e modelagem de interação espacial de Poisson com versão de painel (*Panel Version*).

Do ponto de vista descritivo, foi observado que nas duas redes houve aumento da quantidade de conexões entre 1999 e 2009. Ademais, em ambos os países foi observado que as conexões inter-regionais é muito mais frequente na rede de copublicação que na rede de copatenteamento. Em relação às redes de copatentes especificamente, também foi possível observar a partir dos dados de conexões intra e inter-regionais, que a concentração de atividades de copatenteamento é menos concentrada na Europa do que nos EUA. Além disso, constatou-se que, tanto nos EUA como na Europa, a colaboração intrarregional se mostrou muito mais importante na atividade de copatenteamento que na copublicação, indicando que existe uma grande propensão de formação de *clustering* espacial (*Spatial Clustering*) na primeira rede.

Já do ponto de vista analítico, ao organizar as redes sobre o mapa de suas respectivas regiões (*Spatial Network Maps*), foi possível observar que, nos EUA, existe uma concentração de atividades de copublicação e copatenteamento na região nordeste e alguns pontos da região leste, como Seattle, São Francisco e Los Angeles. Já na Europa, a atividade de copatentes está focalizada nas regiões de *core* industrial tradicional, como vale do Reno-Ruhr (Alemanha), Condados Domésticos (Reino Unido) e norte da Itália, enquanto as copublicações estão concentradas em áreas urbanas como Londres, Paris, Noroeste da Itália e Barcelona.

Ainda pela perspectiva analítica, os autores procuraram estimar os impactos de variáveis exógenas sobre as redes de copublicação e copatenteamento. As cinco variáveis abordadas foram: 1) distância geográfica entre o centro de cada região; 2) uma *dummy* representando regiões não-vizinhas, para mitigar o efeito positivo sobre a colaboração tecnológica entre regiões que possuem uma distribuição de população mais bem definida pelo território; 3) distância tecnológica, medida através da diferença entre a classe de patente e patentes aplicadas na região; 4) Distância de conhecimento, definida com base em dados de publicação; 5) países fronteiriços, variável binária aplicada apenas à Europa; 6) diferenças linguísticas, variável binária também aplicada apenas à Europa. Como resultado, os autores observaram que a distância geográfica, como esperado, tem efeito negativo sobre a probabilidade de colaboração, sendo mais forte na Europa e mais impactante nas redes de copatentes. O efeito negativo de regiões não-vizinhas é muito mais presente nos EUA em comparação com a Europa para um raio de até 300 km, a partir desse número, a diferença linguística dos países europeus influi um impacto negativo sobre a colaboração, de modo que, a longas distâncias, a colaboração é mais provável nos EUA, especialmente na rede de copatenteamento. No caso de copatenteamento, a distância tecnológica impacta negativamente mais que a distância de conhecimento, sendo que esse efeito é menor na Europa em comparação com os EUA, provavelmente porque a atividade econômica na Europa é mais diversa e oportuniza mais interdisciplinaridade.

Scherngell (2021) traz uma visão mais simplificada e resumida sobre a análise das redes de colaboração tecnológica na Europa, com foco maior em técnicas descritivas. O autor utilizou dados de 2013 sobre três de redes: *Project-based R&D (PB)*, copatenteamento e copublicação. A partir desses dados, o autor obteve as medidas de grau de centralidade regional e construiu mapas ilustrativos (*Spatial Network Maps*) das três redes de colaboração entre as regiões da Europa. O resultado das observações foi bastante similar aos outros estudos apresentados anteriormente, indicando grande concentração geográfica da atividade de copublicação e copatenteamento, com a primeira sendo mais presente dentro de fronteiras nacionais e a segunda mais centrada intrarregionalmente - o que indica grande dependência da distância geográfica.

Para além do contexto europeu e dos *Framework Programmes*, outros estudos abordam a temática de redes de colaboração tecnológica de forma globalizada - especialmente pela óptica do mapeamento do copatenteamento. Apesar de não discutirem a questão espacial e geográfica das redes, as pesquisas que serão brevemente apresentadas a seguir indicam

metodologias consideráveis e conclusões relevantes que potencialmente contribuem para o arcabouço teórico e empírico da presente dissertação.

Scherngell et al. (2023) abordaram as redes globais de colaboração em P&D no setor de robótica. Com esse objetivo, os autores utilizaram, como marcador de atividades de P&D, dados de patentes entre 2002 e 2016, com três cortes temporais (2002-2006, 2007-2011, 2012-2016). A partir desses dados, foi usado as informações de endereço - indexadas às partes - para traçar *hotspots* de inovação e para identificar geograficamente as relações de copatenteamento. A abordagem metodológica adotada consistiu em: 1) traçamento de *hotspots* de P&D; 2) utilização da técnica de análise *Revealed Technological Advantage* (RTA) para obter o grau de especialização em robótica de uma determinada região; 3) uso da técnica de *Social Network Analysis* (SNA) a partir de dados de copatenteamento para identificar a estrutura e dinâmica da rede, com obtenção de medida como *Average Degree*, *Density*, *Average Path Length*, *Clustering*, e *Degree Centralisation*. Para a visualização da rede de copatentes, os autores empregaram os algoritmos de visualização *Fruchterman-Rheingold*, que são capazes de organizar os “nós centrais no centro da imagem e posicionar os nós que possuem muitas interações e um mesmo conjunto de parceiros mais próximos uns dos outros” (Scherngell et al., pág. 12, 2023).

Em relação aos hotspots de inovação, os resultados obtidos apontaram que houve uma tendência geral de crescimento dos depósitos de patentes no setor de robótica desde 2002, com a maioria das regiões apresentando aumento de mais de 100%. Já a análise RTA indicou que as dez regiões que mais depositaram patentes de robótica no período apresentaram vantagens de especialização significativas, com valores variando de 8.83 e 20.09, indicando que existem algumas regiões excessivamente focada em atividades de P&D e que essa concentração espacial se tornou ainda maior no passado recente. Os autores também identificaram que a indústria automotiva foi responsável por parte significativa das patentes em robótica, especialmente a *Ford Global Technologies*, *GM Global Technology Operations*, *Daimler*, e *Toyota*; setores de eletroeletrônicos, indústria florestal e agricultura também se destacaram. Os dados sugeriram também que a participação de organizações públicas na geração de patentes é menor do que esperado na maioria das regiões - contrariando o que era esperado pelos autores -, com exceção de regiões situadas na China e Coréia do Sul.

Outras informações relevantes sobre a rede de inovação foram obtidas através do uso do SNA com dados de copatentes. Olhando as interações de colaboração entre as regiões, os autores identificaram que a rede se tornou muito mais densa entre 2002 e 2016, refletindo o grande aumento do número de conexões, que passaram de 885 em 2002-2006 para 1623 em

2012-2016. Além disso, foi possível observar que o grau médio (*Average Degree*) aumentou de forma expressiva ao longo desse período, passando de 1,90 para 3,48 conexões. Através da visualização da rede através dos algoritmos *Fruchterman-Rheingold*, foi possível inferir que as conexões são muito mais fortes (conexões mais fortes são representadas por arestas com maior espessura) entre regiões do mesmo país do que entre países diferentes.

Em relação a centralidade da rede, e utilizando três tipos de medidas de centralidade (*Degree*, *Betweenness* e *Eigenvector Centrality*), observou-se não só que em regiões mais estabelecidas há uma tendência de ter maior *Eigenvector Centrality*, uma vez que estão mais conectadas a um núcleo estabelecido há muito tempo do que em regiões emergentes, mas que também essas mesmas regiões funcionam como “pontes” na rede, o que é indicado pelo alto *Betweenness Centrality*. Em contrapartida, regiões emergentes apresentam maior *Degree Centrality*.

Em Scherngell et al. (2020), os autores se debruçaram sobre a caracterização da estrutura e dinâmica das redes globais de colaboração em P&D no setor de Tecnologia de Informação e Comunicação (ICT na sigla em inglês). Para isso, os autores empregaram indicadores SNA para analisar os dados de 77 mil copatenteamentos entre os anos de 2001 e 2014, desagregando esse período em três partes iguais. Ao todo, foram utilizados 8 indicadores SNA, sendo eles 1) Centralização de Grau; 2) Grau médio; 3) Densidade; 4) *Average Path Length*; 5) Clustering; 6) *Degree-based Centrality*; 7) Centralidade de Intermediação (*Betweenness Centrality*); e 8) Centralidade de Autovetor (*Eigenvector Centrality*). Foi observado que ao longo de todo o período, ocorreu aumento da quantidade de copatenteamentos, acompanhado de um crescimento da densidade da rede e da centralidade, indicando que a rede internacional de colaborações tecnológicas no setor de ICT não só cresceu consideravelmente, como também se tornou mais densamente conectada. Em contrapartida, constatou-se que o *Average Path Length* caiu marginalmente, indicando a ocorrência de um “*small-world phenomenon*”⁷.

⁷ Fenômeno comum descrito na literatura de ciência sociais, refere-se à ideia de que, em redes sociais e outras redes complexas, a maioria dos elementos pode ser alcançada a partir de qualquer outro nó através de um pequeno número de conexões intermediárias. Nesse sentido, não importa o tamanho da rede, todos os elementos estão conectados por pequenas cadeias de nós conhecidos – entende-se que *nós* opostos estão separados por, no máximo, 6 graus. Isso implica que independente de quanto a rede cresça, é esperado de o caminho médio (*Average Path Length*) não sofra grande oscilação.

Para a visão topológica da rede, os autores usaram o algoritmo de visualização *Yifan Hu*, que coloca os *nós* de maior centralidade no centro da rede, e *nós* com alta intensidade de interação e estrutura de conexão similar ficam localizados pertos uns dos outros. Notou-se que a rede, no primeiro período (2001-2005), tinha uma clara formação em “estrela”, com os EUA centralizando parte significativa das conexões e apresentando um grau muito superior a outros países com centralização relevante como França, Reino Unido, Canadá e Alemanha. Porém, no período três (2011-2015) houve clara descentralização das conexões, com o aumento significativo da participação de outros países nas conexões totais e aumento da diversidade das conexões, especialmente com países na periferia da rede.

No Brasil, estudos que avaliam as redes de colaboração tecnológica – tanto em termos regional como nacional – também são bastante escassos, evidenciando uma lacuna na literatura brasileira referente ao tema. O estudo de Araújo, Gonçalves e Taveira (2018), intitulado como “*The Role of Patent Co-inventorship Networks in Regional Inventive Performance*” representa um importante estudo na área. No artigo, os autores se debruçaram sobre o impacto das redes de colaboração tecnológica sobre a performance inventiva de regiões centrais e periféricas. Para tanto foram utilizados dados de patenteamento e copatenteamento, fornecidos pelo INPI, entre os anos de 2000 e 2011. A abordagem metodológica consistiu no uso de técnicas econométricas onde a variável dependente, a ser estimada, foi definida como sendo o número de aplicações de patentes per capita, e as variáveis independentes consistiram em indicadores como Centralidade de Intermediação, coeficiente de Clustering e Intensidade do fluxo de conhecimento. Primeiro, os autores realizaram uma breve análise das características da rede ao longo do período analisado e puderam constatar, dentre outros aspectos, que a atividade de copatenteamento aumentou em ritmo superior ao incremento dos depósitos de patentes; a rede se tornou mais conectada, com menos *nós* isolados (regiões sem copatenteamento externo) e componentes (conjunto de *nós* conectados) mais extensos; que a maioria dos copatenteamentos é realizado entre inventores da mesma região; o número de regiões envolvidas em copatenteamento, assim como as conexões, aumentaram; e as regiões periféricas tendem a não se conectar entre si e os copatenteamentos ficam concentrados em regiões com maior centralidade. Através da análise econométrica os autores sugerem que 1) A proximidade geográfica favorece a geração de conhecimento e a ocorrência de efeitos de derramamento de conhecimento entre as regiões brasileiras; 2) a colaboração inter-regional pode beneficiar as regiões menos desenvolvidas por meio da difusão de conhecimento criado em regiões mais avançadas; 3) a formação de redes de colaboração tecnológica pode ser crucial para aumentar a eficiência da atividade inventiva regional

Esses 6 estudos, apesar de representarem uma pequena parcela do universo que envolve o estudo de redes e, em particular, o estudo de redes espaciais, apresentam um rico conjunto teórico e metodológico, com inclusão de ferramentais analíticos modernos e arrojados, para abordagem econômica em relação a dinâmica das colaborações tecnológicas entre diferentes empresas. Desse modo, essa literatura corresponde a uma importante referência para o enfoque analítico da presente dissertação, como será mais bem detalhado na seção de metodologia a seguir.

4. METODOLOGIA

4.1. Base de dados

O presente estudo irá se utilizar de dados de copatenteamento entre empresas brasileiras para a elaboração de todas as análises pretendidas.

O copatenteamento – que representa a fonte principal de análise deste texto - pode ser definido como a criação de uma patente por dois ou mais depositantes. O uso desse tipo de métrica é especialmente vantajoso para esse tipo de estudo porque, além de evidenciar uma relação de colaboração em P&D - funcionando como uma *proxy* para cooperação -, expressa um desenvolvimento tecnológico explícito através da criação de uma nova tecnologia. Não obstante, o copatenteamento é uma prática utilizada pelo setor industrial para a geração de novas tecnologias (Powell e Giannella, 2010). Além disso, segundo Maggioni e Uberti (2008, pág. 695), “as patentes (e os pedidos de patentes) são um dos indicadores de resultado mais estabelecidos sobre as atividades inovadoras”.

É fundamental destacar que o copatenteamento é uma forma muito específica de colaboração em P&D, na qual a cooperação tecnológica é orientada para a criação de uma tecnologia para fins comerciais. Nesse sentido, é importante ressaltar que existem diversos outros tipos de colaboração tecnológica como copublicações ou Projetos conjuntos de P&D, mas estes indicam colaboração com objetivo científico, que não necessariamente se transformam em produtos comercializáveis (Scherngell et al, 2023).

Assim, para a investigação das redes de colaboração tecnológica entre empresas no Brasil, o uso de copatentes se mostra como uma métrica robusta para determinar o padrão e dinâmica da produção de novas tecnologias com o objetivo comercial a partir da interação entre diferentes empresas, uma vez que foca na demonstração - com palpável resultado competitivo - do esforço inovativo da rede. Ademais, Optou-se por essa abordagem devido à qualidade, integralidade e disponibilidade dos dados para o Brasil, além de ser uma aproximação amplamente adotada pela literatura de referência como em Scherngell et al (2023), Lata (2015), Maggioni e Uberti (2009) e Klauß (2019).

Para a obtenção dos dados de copatenteamento foi utilizada a Base de Dados sobre Propriedade Intelectual (BADEPI) e foram selecionadas as informações entre os anos de 1998 e 2021. Para a análise temporal, os dados foram agrupados em três diferentes períodos: 1) 1998-2005; 2) 2006-2013; 3) 2014–2021. Para efeitos de uma melhor extração de colaborações de

maior conteúdo inovativo, foi considerado só aquelas patentes que eram Patentes de Invenção (PI) e Modelo de Utilidade (MU), excluindo os Certificados de Adição (C).

Além disso, foi considerado apenas as copatentes de empresas com CNPJ diferentes, garantindo a identificação de fato de uma interação colaborativa em P&D entre empresas e não apenas uma coautoria de dois inventores que pertencem à mesma companhia. Exclui-se também da base utilizada todos os depositantes localizados internacionalmente, de modo que será considerado apenas empresas cuja sede ou subsidiária se localizam no Brasil. Nesse sentido, ressalta-se que participaram do conjunto de dados empresas e conglomerados estrangeiros - como é o caso da Whirlpool -, mas cuja fonte do copatenteamento adveio necessariamente de uma subsidiária localizada no Brasil. Com isso, espera-se observar apenas a colaboração nacional entre empresas localizadas nacionalmente.

Optou-se por essa abordagem - apenas colaborações entre empresas localizadas no Brasil - porque o presente estudo objetiva preencher uma lacuna na literatura analisando a estrutura das colaborações internas, de modo a destacar os fluxos de informações e conhecimentos que independem da simples parceria - com transmissão de tecnologia - com empresas estrangeiras. Essa perspectiva é importante porque um SNI desenvolvido demonstra não só uma menor dependência da transferência de informações, conhecimentos e tecnologias produzidas internacionalmente, como também apresenta uma rede de colaborações entre empresas nacionais ampla e diversificada (Lata, Scherngell e Brenner, 2015; Scherngell, 2013; Scherngell e Barber, 2008).

A base de dados utilizada contempla empresas de três setores da economia, sendo eles:

- Primário: atividades de Agricultura, Pecuária e Extrativismo animal, vegetal e mineral.
- Secundário: setor responsável pela transformação de matérias-primas em produtos intermediários ou finais. Compreende as atividades industriais e a Construção Civil.
- Terciário: engloba atividades de Comércio e Serviços.

Apesar de o presente estudo não fazer distinção entre os setores, é pertinente destacar que existe uma frequência significativamente maior do setor secundário, especialmente da atividade industrial, no conjunto de depositantes. Tal predomínio pode ser explicado pela maior facilidade da atividade industrial em decodificar conhecimento em novas tecnologias e produtos. A própria natureza produtiva da indústria, isto é, a sua essência transformativa - muitas vezes intensiva em tecnologia -, juntamente com a tangibilidade da sua produção, facilita a geração de patentes e copatenteamentos em quantidade maior ao de outros setores.

4.2. Identificação da dispersão espacial dos copatenteamentos

Como um primeiro passo para a análise da rede de copatenteamentos no Brasil, observa-se de forma mais aprofundada o padrão e a dinâmica da dispersão espacial dos copatenteamentos pelo território brasileiro. Essa abordagem preliminar, além de complementar uma lacuna existente na literatura brasileira sobre dispersão de copatentes empresa-empresa⁸, permite a identificação prévia da estrutura geral do copatenteamento, o que, na etapa de elaboração e observação da rede, proporciona uma exploração mais ampla e concisa sobre o fenômeno de colaboração tecnológica no Brasil.

Essa análise espacial das copatentes consiste, inicialmente, na organização dos dados de geolocalização da copatentes fornecidos pela BADEPI nas 558 microrregiões brasileiras. Em seguida, os dados são agrupados entre os três períodos estipulados (1998-2005; 2006-2013; e 2014–2021), para a observação temporal da dinâmica do copatenteamento.

A partir dessa organização, emprega-se uma abordagem descritiva, com a apresentação de tabelas e gráficos que mostram de forma sucinta as principais transformações espaço-temporais dos copatenteamentos. Realiza-se também a elaboração de mapas para a visualização gráfica da dispersão dos copatenteamentos pelo território, com a disposição simples das copatentes pelas microrregiões, de modo que localizações com maior quantidade de copatentes no período se destacam visualmente de outras regiões. Todo esse processo permite a identificação das principais microrregiões em termos de copatentes e a sua evolução ao longo do tempo.

Em seguida, faz-se uma análise de concentração espacial dos dados de copatenteamento, com o emprego de duas técnicas. A primeira se refere a curva de Lorenz, que permite identificar o grau de concentração de uma determinada distribuição e compará-la com diferentes períodos. E a segunda técnica, derivada do cálculo da curva de Lorenz, é o Índice de Gini, que permite mensurar a (des)igualdade de conjunto de dados a partir de um parâmetro pré-definido – nesse caso, dispersão espacial dos copatenteamentos.

Na sequência, é empregado técnicas relacionadas à Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). O uso dessa metodologia é especialmente valioso pois permite descrever a distribuição de uma determinada variável pelo espaço, revelando padrões de dependência e

⁸ Diversos estudos, como em Gonçalves (2007), Júnior et al. (2021) e Gonçalves e Fajardo (2011) abordam a temática de distribuição espacial das patentes pelo território brasileiro, entretanto, a literatura econômica brasileira é escassa quando se trata da distribuição de copatentes.

associações espaciais (*clusters*), heterogeneidade espacial e observações atípicas (*outliers*) (Gonçalves, 2007; Júnior et al., 2021). Para o presente estudo, serão utilizadas duas técnicas para a mensuração global de associação espacial. A primeira se refere a obtenção do Índice de Moran Global - também conhecido como medida de autocorrelação espacial – que mede o grau de correlação linear entre os dados amostrais em um determinado espaço geográfico (Cruz e Santos, 2011), de modo que no caso deste estudo, o Índice de Moran irá medir o grau de correlação global entre a quantidade de copatentes de uma microrregião com a quantidade de copatentes de seus vizinhos imediatos, isto é, que possuem fronteira em comum. A segunda abordagem, complementar a primeira, se trata do método *Local of Spatial Association* (LISA), que permite observar a associação espacial local entre as microrregiões com a presença de copatenteamentos. Essa técnica utiliza o nível de significância de correlação entre regiões vizinhas para a indicação dos pontos focais (*hotspots*).

4.3. Construção da rede de copatenteamento

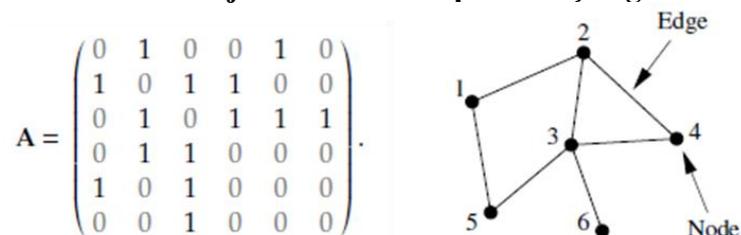
Antes de apresentar o conteúdo metodológico aplicado para a construção da rede de copatenteamentos, é relevante introduzir resumidamente o arcabouço geral de teoria de redes a fim de tornar o presente material mais inteligível para o público não familiarizado com essa abordagem.

A teoria de redes contempla diversas aplicações e interpretações, com um vasto conjunto de ferramentas e modelos, cada qual apropriado para inúmeras utilidades a depender do objeto de estudo. Nesse sentido, dada a inerente complexidade dessa teoria, os parágrafos subsequentes irão se debruçar sobre os principais conceitos e definições que tangem às análises envolvendo redes de colaboração tecnológica e que são caros para os resultados ao quais este estudo objetiva.

Redes podem ser entendidas como um sistema complexo composto conjunto de pontos, chamados de *nós* ou *vértices*, e *arestas*, que representam a ligação de pares desses pontos; agregados, esses *nós* e *arestas* formam uma rede (Barabási, 2016). De forma objetiva, os grafos podem refletir uma interação relacional ou associativa, de diferentes naturezas, entre os diversos objetos que se pretende analisar (Melo, 2014; Barabási, 2016). Dessa forma, apesar de os elementos básicos de teoria de redes serem de simples compreensão, a sua complexidade cresce à medida que se aumenta a sofisticação da análise, muda-se o modelo de geração de redes, e atribui-se diferentes características para os “*nós*” e as “*arestas*”.

Segundo Newman (2018), a representação matemática de uma rede é a Matriz de adjacência, onde cada elemento aij presente na matriz indica se há relação entre cada um dos vértices i e j da rede.

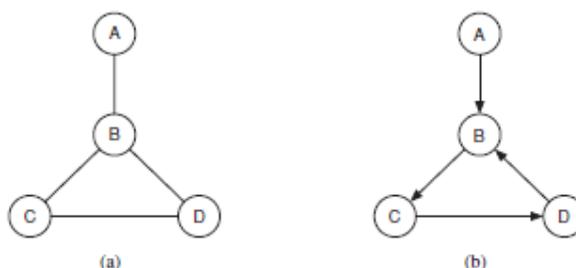
Figura 1: Matriz adjacência e sua representação gráfica



Fonte: Newman (pág. 107, 2013)

Os elementos aij podem ainda representar múltiplas arestas ou múltiplas conexões entre os nós. Para isso, atribui-se valores superiores a 1 que indicam a quantidade de vezes que os nós i e j se conectam na rede, representando o peso (*weight*) das conexões. Convém mencionar também que as arestas podem ser direcionadas (dígrafos) - que representa uma relação unidirecional entre os nós, com entrada e saída (*in* e *out*) - ou não direcionada - a relação entre os nós é mutuamente equivalente. A rede de copatentes que será abordada neste estudo é, por natureza, uma rede não direcionada.

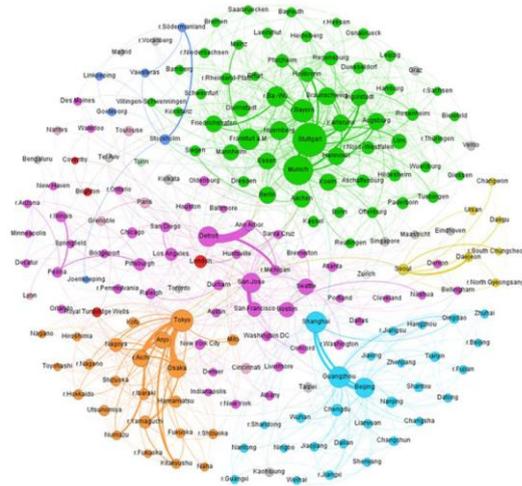
Figura 2: Rede não direcionada (a) e rede direcionada (b)



Fonte: Wesley e Klein (pág. 22, 2013)

A representação gráfica das estruturas da rede é fundamental para a identificação de padrões topológicos, especialmente à medida que a quantidade de elementos e conexões crescem, o que torna inviável a visualização das redes apenas através das matrizes adjacência ou tabelas (Franco, 2008). Na representação gráfica também é possível simbolizar características próprias da rede, podendo atribuir diferentes formatos, cores e tamanhos para refletir uma qualidade de nós e arestas.

Figura 3: Representação gráfica ilustrativa de uma rede de copatentes

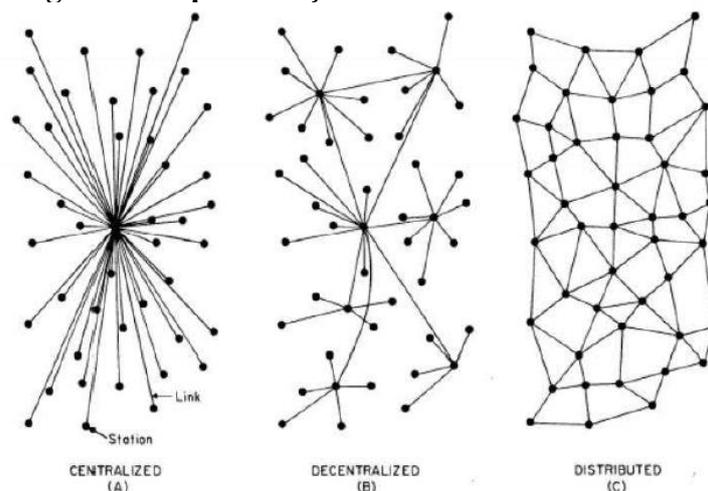


Fonte: Scherngell et al. (pág 13, 2023)

Nota: cor representa o país de origem; tamanho do nó corresponde ao grau; espessura das linhas espelha a intensidade de copatenteamento entre duas regiões

Ademais, a topologia das redes pode assumir diversas formas. Segundo Baran (1964), existem três tipos de classificações básicas possíveis para a estrutura da rede, podendo ser: A) Centralizada, onde há um nó central que centraliza grande parte das conexões criando um formato de “estrela”; B) Descentralizada, na qual existem diversos nós centrais que se conectam a nós periféricos e outros nós centrais - esse tipo de rede é o mais comum de ser observada em redes de copatenteamento; e C) Distribuída, que apresenta um padrão no qual todos os nós têm aproximadamente a mesma quantidade de conexões.

Figura 4: Representação das redes de Paul Baran



Fonte: Baran (pág. 2, 1964)

Além da representação gráfica e análise da topologia, uma interpretação holística da rede, assim como do fenômeno que se pretende observar, também depende do uso de métricas

e medidas matemáticas que permitem a mensuração das características dos elementos e de suas relações a partir de diferentes perspectivas. Como será visto adiante, de forma geral, essas medidas possibilitam investigar as estruturas da rede em detalhes que a simples visualização gráfica não permite detectar. Essa particularidade é especialmente importante para estudos que contemplam uma grande quantidade de dados e informações, como é o caso do copatenteamento.

É relevante citar que algumas dessas medidas tiveram como origem a área de Ciência Sociais, que desenvolveu a disciplina de Análise de Redes Sociais (do inglês *Social Network Analysis* - SNA) com o objetivo de organizar os dados de redes sociais para entender relações sociológicas definidas. Apesar disso, essas medidas são amplamente utilizadas por outras áreas do conhecimento, como biologia, física e economia, e representam uma parte importante dos ferramentais para o estudo de redes (Newman, 2018).

A abordagem empírica para a construção da rede de copatenteamento proposta neste trabalho emprega conceitos básicos da teoria dos grafos e a perspectiva da Análise de Redes Sociais (SNA) para determinar a estrutura e dinâmica das redes. Como explicado brevemente nos parágrafos anteriores, o SNA, apesar de ter sido inicialmente elaborado na área de ciências sociais para a análise da interação entre indivíduos humanos, o seu conjunto ferramental já é amplamente utilizado por outras áreas de pesquisas, inclusive por estudos que usam depósitos de patentes para traçar colaborações tecnológicas e em P&D, como em Scherngell et al. (2023), Hu et al. (2015), Scherngell et al. (2020), Hu et al. (2013), entre outros.

Se utilizando os dados de copatenteamento da BADEPI para a agregação das informações a nível individual, a rede foi construída seguindo os preceitos básicos da teoria dos grafos de interação relacional. No caso do presente trabalho, é definido o grafo $G = (N, A, P)$ onde $N = (N_1, N_2, \dots, N_g)$ é o conjunto de nós (nesse caso os municípios), $A = (A_1, A_2, \dots, A_g)$ é o conjunto de arestas, e $P = (P_1, P_2, \dots, P_g)$ o conjunto de peso para cada aresta, que representam o número de copatentes entre duas microrregiões. A representação desse grafo pode ser ilustrada por uma matriz adjacência:

$$X_t(i, j) = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{pmatrix} \quad i, j = 1, \dots, n$$

onde n representa o número de nós (microrregiões), e o x corresponde ao número de copatentes entre as microrregiões i e j no tempo t . A partir da definição dos parâmetros básicos e da

construção da matriz adjacência, é possível derivar uma série de medidas - incluindo os indicadores do SNA - para observar as estruturas e características da rede, tanto por uma perspectiva global da rede como também de um ângulo regionalizado. Os parágrafos abaixo destinam-se a definição de todos os indicadores selecionados para comporem a análise da rede de copatenteamento.

O primeiro indicador a ser definido é o caminho médio (*Average Path Length*). Essa medida deriva do conceito de *Walk*, que representa uma sequência de nós consecutivos que são conectados por uma aresta (Newman, 2018). Caso esse *walk* não contemple intersecções de si mesmo, tem-se a formação de um caminho (*path*) que, segundo Easley (2010, pág. 23), “é simplesmente uma sequência de nós com a propriedade de que cada par consecutivo na sequência é conectado por uma aresta”. A partir desse conceito amplo, é possível medir o caminho mais curto (*shortest path*) - também chamado de geodésica - entre dois nós, ou seja, o menor número de arestas que se precisa percorrer para conectar os dois elementos; ou o caminho mais curto entre os dois nós mais distantes da rede (*longest short path*). Com isso, pode-se obter o caminho médio (*Average Path Length*), que representa a média dos *Shortest path* (Jackson, 2008). O caminho médio (τ) pode ser escrito como:

$$\tau = \frac{1}{\frac{1}{2}n(n-1)} \sum_{i \geq j}^n d_{ij}$$

onde d_{ij} é o *shortest path* entre o i -ésimo e o j -ésimo elemento, e n é o número de nós na rede.

Como indicado por Mao e Zhang (2017) e König e Battiston (2009), o *Average Path Length* é uma medida importante em redes nas quais os agentes se beneficiam do conhecimento e das informações de outros, de modo que quanto menor for a medida da distância entre os elementos da rede, maior vai ser a interação entre eles.

A segunda medida utilizada nesse trabalho é o Grau médio (*Average Degree*), que representa a média de graus (*degree*), isto é, a média da quantidade de conexões, dos nós da rede. Em uma rede não direcionada – que é o caso da rede de copatenteamentos – o Grau médio (c) pode ser obtido através da seguinte equação:

$$c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i$$

onde k_i é o grau do i -ésimo nó da rede.

A terceira medida selecionada é a Densidade, que pode ser entendida como a “probabilidade de que um par de nós, escolhidos uniformemente e aleatoriamente em toda a rede, esteja conectado por uma aresta” (Newman, 2018, pág. 128). Em outras palavras, a

densidade representa a quantidade de conexões atualmente existentes em relação ao total de conexões potenciais entre os nós na rede. Nesse sentido, portanto, o valor da densidade está restrito a faixa $0 \leq \rho \leq 1$, onde a rede é dita *densa* quando à medida que n aumenta, o ρ continua maior que zero; e é considerada *esparsa* quando à medida que $n \rightarrow \infty$, $\rho \rightarrow 0$. Quanto maior o valor da densidade, mais os nós estão coesos na rede, ao passo que uma baixa densidade retrata uma menor associação entre o conjunto de nós. Em Redes Sociais, geralmente essa diferença impacta diretamente na facilidade e velocidade com que a informação é transmitida pela rede – quanto mais denso, maior a facilidade e velocidade da transmissão de informação. A densidade (ρ) pode ser obtida através da seguinte equação:

$$\rho = \frac{c}{n}$$

A quarta medida é o Agrupamento (*Clustering*) que pode ser definido como um “indicador que descreve o número de triângulos fechados de nós que produzem subgrafos fortemente conectados e conjuntos de conhecimento localizados” (Scherngell et al., pág.6, 2023). Segundo Newman (2018), o coeficiente C de *clustering* geral é definido como a fração de caminhos de tamanho dois que estão fechados e pode ser obtido através da seguinte equação:

$$C = \frac{(\text{number of triangles}) \times 3}{(\text{number of connect triples})}$$

O quinto indicador é a Assortatividade de grau (r). Essa medida deriva de um conceito mais amplo de Assortatividade que, em linhas gerais, se refere a tendência de indivíduos de características semelhantes estabelecerem conexões de maior intensidade entre si do que com elementos diferentes. Esse tipo de tendência pode ser observado na formação de diversas redes como as de amizade, interações de trabalho e relações comerciais, e pode ser baseada em várias características como idade, sexo, nacionalidade, língua, nível educacional etc. Essa ideia é fundamental para entender a dinâmica das redes de copatenteamento, visto que, como descrito no capítulo anterior, a partir do estudo de Lata et. al (2015), as empresas tendem a estabelecer laços de colaboração tecnológica com empresas que tenham qualidades próximas às suas, como nível de tecnologia, estrutura produtiva, ramo de atuação, área geográfica e proximidade linguística. A partir dessa definição, é possível derivar a Assortatividade de grau (r) que representa um caso especial onde os nós com grau alto tendem a se conectar com nós também de grau alto. O coeficiente desse tipo de Assortatividade (r) pode ser obtido por:

$$r = \frac{\sum_{ij} (A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m}) x_i x_j}{\sum_{ij} (k_i \delta_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m}) x_i x_j}$$

onde A_{ij} é a matriz adjacência, onde $A_{ij} = 1$ se existe uma aresta entre os vértices i e j , e $A_{ij} = 0$ caso contrário; δ_{ij} é o delta Kronecker, que é 1 se $i = j$ e 0 caso contrário; k_i e k_j são os graus de i e j , respectivamente; m é o número total de arestas do grafo; e x_i e x_j são os valores associados aos vértices i e j , respectivamente.

Os três últimos indicadores empregados para a análise da rede copatenteamento pertencem à mesma família de medidas de centralidade (*centrality*), porém cada medida possui uma particularidade e captura um aspecto diferente da relação entre os nós da rede, permitindo considerar o fenômeno de diversas perspectivas. Tais indicadores foram utilizados especificamente para identificar as microrregiões que se destacaram em termos de centralidade de copatenteamentos e que mostraram, portanto, grande relevância para a rede de copatenteamentos brasileira.

As três medidas de centralidade selecionados para este estudo foram: Centralidade de grau (*Degree Centrality*); Centralidade de Autovetor (*Eigenvector centrality*); e Centralidade de Intermediação (*Betweenes Centrality*).

A Centralidade de grau (d_i) é a medida mais comum e a mais simples para se calcular o grau de centralidade de uma rede. Essa métrica consiste na contagem da quantidade de arestas conectadas a um nó, ou seja, quanto maior for o grau de um vértice maior será o seu coeficiente de centralidade. Apesar da simplicidade, a Centralidade de Grau pode ser valiosa à medida que potencialmente mostra quais elementos têm maior influência, mais acesso à informação, ou mais prestígio na rede (Newman, 2018). No caso das redes de copatenteamento, pode-se supor que nós com alto *Degree Centrality* são indivíduos que mantêm muitas relações de colaboração tecnológica com outras empresas, o que pode eventualmente indicar maior grau de inovatividade desse elemento na rede. É possível obter a centralidade de grau de um nó i através da simples contagem das suas conexões d_i e para normalizar a equação é possível dividir por $n-1$ (Konig e Battiston, 2009), de modo que:

$$d_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n-1}$$

onde a_{ij} são os elementos da matriz adjacência, onde $a_{ij} = 1$ se há uma aresta entre i e j e 0 caso contrário.

A Centralidade de Autovetor (x_i) leva em consideração não só quantos vizinhos estão conectados ao nó, mas também o grau de centralidade desses vizinhos. A ideia por trás dessa métrica é que nem todos os vizinhos têm a mesma importância (leia-se centralidade) dentro da rede, de modo que a conexão com indivíduos que são eles mesmos importantes tem maior valor

e coloca o elemento conectado em um patamar superior em termos de centralidade em relação aos outros elementos. Nesse sentido, essa medida avalia de forma diferente os *nós* conectados, atribuindo uma pontuação proporcional para cada *nó* de acordo com a sua importância para rede. Para o cálculo da equação, assume-se que a importância de um *nó* i é medida por x_i , de modo que a Centralidade de Autovetor do *nó* i é proporcional a soma das Centralidades de Autovetor de todos os *nós* aos quais i é conectado:

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j \in N_i} x_j = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$$

Onde N_i é o conjunto de *nós* conectados com o *nó* i , n é o número total de *nós* e λ é uma constante.

A Centralidade de Intermediação (C_B) considera quantas vezes um *nó* se encontra no caminho entre outros elementos da rede. Essa medida é especialmente importante para redes onde há fluxo de conhecimento, já que permite calcular quais *nós* possuem um papel mais proeminente de controle e disseminação da informação para outros elementos da rede. Segundo Newman (2018), esses *nós* que possuem alto grau de centralidade são os mesmos que, caso retirados da rede, causarão uma disruptura no caminho da informação, forçando o redirecionamento da passagem de conhecimento por outra rota. O cálculo da Centralidade de Intermediação é feito com base no *Shortest path* entre dois *nós*, de maneira que n_{st}^i é 1 quando o *nó* i se encontra no caminho do *shortest path* entre s e t , e 0 caso contrário. Sendo assim, é possível encontrar o grau de centralidade através da seguinte equação:

$$C_B = \sum_{st} n_{st}^i$$

Com base no arcabouço teórico apresentado, foi construída efetivamente a rede de copatenteamentos entre empresas no Brasil, de forma a analisar as interconexões colaborativas entre elas. Todas as medidas apresentadas ao longo desta seção foram utilizadas na confecção dos dados e suas subsequentes interpretações.

Para o cálculo de todas as medidas foi utilizado o pacote *igraph* para a linguagem R (pacote disponível em <https://igraph.org/>). Para a construção dos dois tipos de visualização gráfica e topológica da rede – Ilustrações 1, 2, 3 e 4 e mapas 8,9, 10 e 11 - foi usado o software Gephi (disponível em <https://gephi.org/>), que permite a construção e manipulação de redes com grande quantidade de dados. Para plotar as ilustrações 1, 2, 3 e 4, foi empregado o Circular Layout. Já para os mapas 8,9, 10 e 11, a construção da imagem foi feita utilizando o Geo Layout, que organiza os *nós* e arestas a partir dos dados de longitude e latitude das

microrregiões envolvidas nos copatenteamentos e coloca o resultado do plot sobre o mapa do território brasileiro (disponível na coleção de mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)).

5. ANÁLISE DOS DADOS DE COPATENTEAMENTO

5.1. Análise descritiva dos dados

5.1.1. Evolução geral da atividade de copatenteamento

Como abordado na seção teórica e metodológica deste trabalho, os copatenteamentos são definidos como aquelas patentes que possuem dois ou mais titulares, onde a propriedade da patente é compartilhada entre diferentes empresas, organizações, entidades e pessoas (Lata et.al, 2015). Os copatenteamentos podem ser entendidos como uma relação formal de colaboração tecnológica entre dois ou mais agentes com o objetivo de gerar novas tecnologias – que poderão ou não ser comercializadas - a partir da troca de conhecimentos, habilidades, informações e capacitações, além da cooperação técnica.

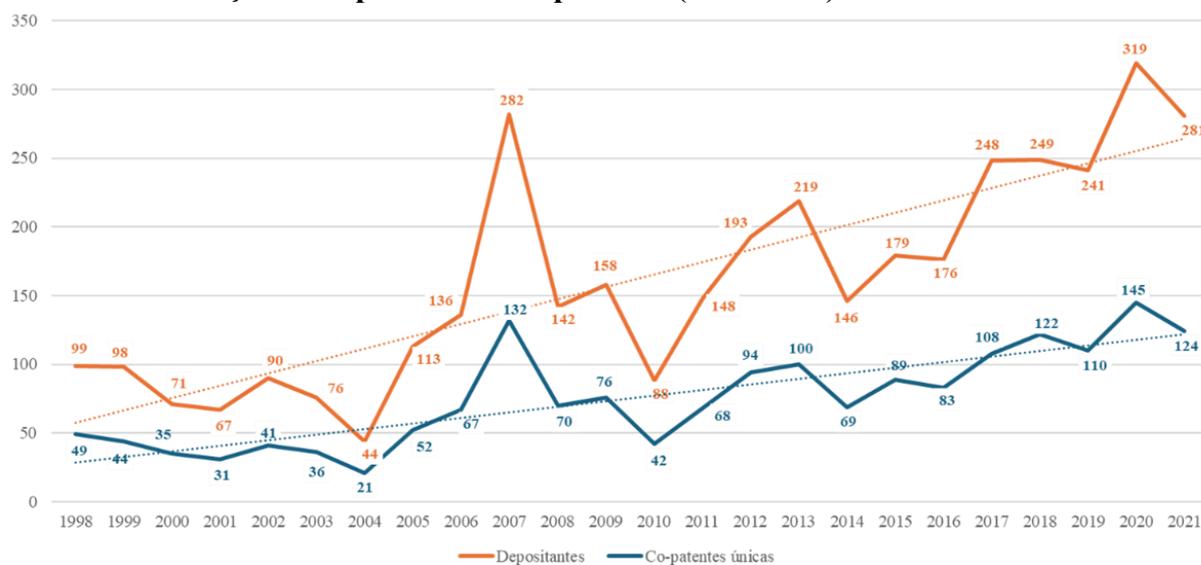
No Brasil, os copatenteamentos representaram menos de 5% de todas as patentes depositadas no período entre 1998 e 2021. Ao longo desse período, foram depositadas 645 mil patentes e, desse total, aproximadamente 28 mil (4,34%) foram fruto da colaboração tecnológica entre dois ou mais depositantes. Quando se exclui as patentes resultantes da colaboração tecnológica entre empresas e universidades, institutos de pesquisa e empresas sediadas em outros países, obtém-se a quantidade de 1808 (0,28%) copatentes. Esse número representa somente àquelas copatentes que foram resultado do esforço colaborativo entre duas ou mais empresas sediadas no Brasil, exprimindo de forma objetiva e direta a interação entre empresas brasileiras com o objetivo de inovar através da atividade de patenteamento de novas tecnologias. Observou-se também que as 1808 copatentes envolveram 3863 depositantes, que caracterizam o total de empresas que compartilham da propriedade de uma mesma patente.

Apesar dessa quantidade reduzida de copatentes entre empresas brasileiras, é possível observar que houve um aumento consistente ao longo do período analisado tanto no número de copatentes, como também no volume de depositantes, conforme pode ser visto de forma conjunta no gráfico 1 e na tabela 1. Enquanto o período 1998-2005 registrou 309 copatentes com 658 depositantes, os períodos 2006-2013 e 2014-2021 acumularam 649 (+110%) e 850 (+31%) copatentes com 1366 (+107%) e 1839 (+34,62%) depositantes, respectivamente. Essa diferença entre os três períodos apresenta um CAGR (Taxa de Crescimento Anual Composta) de 3,94% no copatenteamento e 4,44% na quantidade de depositantes. É possível observar também que a inclinação da curva de tendência dos dados de depositantes é superior a inclinação da curva de tendência dos dados de copatentes, demonstrando que ao longo do período analisado, a quantidade de depositantes aumentou em uma taxa superior ao número de

novas copatentes. Essa constatação pode ser mais bem observada a partir dos dados da tabela 1, na qual é possível perceber que a média de firmas envolvidas em uma mesma patente, passou de 2,1202 no período 1998-2005 para 2,1562 no período 2014-2021, com participação maior de patentes com mais de 3 depositantes. Essas observações em conjunto mostram, em última instância, que entre 1998 e 2021 houve uma tendência de aumento do total de empresas envolvidas na criação de uma mesma patente, de forma que é esperado que a rede de colaborações tecnológicas nesse período tenha se tornado mais extensa e complexa à medida que se aumentou o número de interações com o mesmo objetivo inovativo.

Esse movimento corrobora com a hipótese de que, com a evolução produtiva e tecnológica ao longo dos anos, o desenvolvimento de inovações se torna paulatinamente mais complexo, demandando um conjunto cada vez maior de conhecimentos, capacitações, habilidades e informações, que muitas vezes não é contemplado por departamentos de P&D individuais, tornando a colaboração tecnológica com outras empresas, institutos de pesquisa e universidades um caminho preferível (Nelson, 2018; Nelson, 2011; Chaminade e Vang, 2008; Freeman, 1995). Essa estratégia permite que as empresas compartilhem entre si todas as respectivas experiências acumuladas em P&D para desenvolvimento de tecnologias mais robustas e elaboradas que garantam diferencial competitivo.

Gráfico 1: Evolução de depositantes e copatentes (1998-2021)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Tabela 1: Quantidade de depositantes e copatentes (1998-2021)

Ano	Depositantes	Co-patentes únicas	Média	Número de depositantes por patente única			
				2	3	4	5 ou mais
1998	99	49	2,02	48	1	0	0
1999	98	44	2,23	38	3	2	1
2000	71	35	2,03	32	2	1	0
2001	67	31	2,16	27	3	1	0
2002	90	41	2,20	38	1	0	2
2003	76	36	2,11	32	4	0	0
2004	44	21	2,10	19	2	0	0
2005	113	52	2,17	44	7	1	0
2006	136	67	2,03	65	2	0	0
2007	282	132	2,14	117	15	0	0
2008	142	70	2,03	68	2	0	0
2009	158	76	2,08	71	4	1	0
2010	88	42	2,10	38	4	0	0
2011	148	68	2,18	57	10	1	0
2012	193	94	2,05	89	5	0	0
2013	219	100	2,19	91	4	2	3
2014	146	69	2,12	62	6	1	0
2015	179	89	2,01	88	1	0	0
2016	176	83	2,12	75	6	2	0
2017	248	108	2,30	89	14	2	3
2018	249	122	2,04	120	0	1	1
2019	241	110	2,19	95	11	2	2
2020	319	145	2,20	126	12	4	3
2021	281	124	2,27	100	15	9	0
Total	3863	1808	2,14	1631	137	34	15

Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

5.1.2. Análise espacial dos dados de copatenteamentos

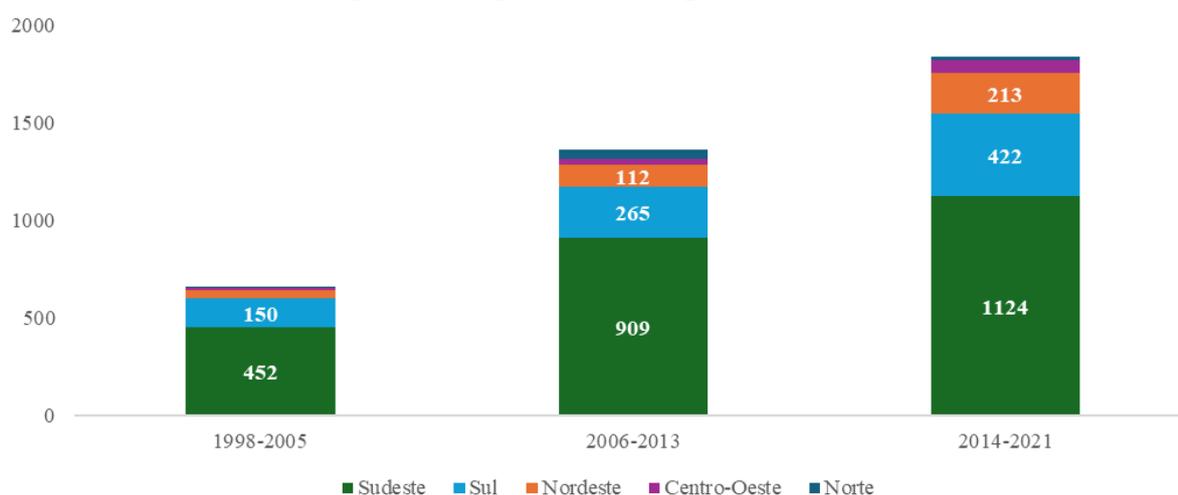
Uma vez identificada a tendência geral e os macro números referentes à atividade de copatenteamento entre empresas no Brasil, se faz pertinente uma análise descritiva sobre a distribuição espacial desses dados sobre o território brasileiro a fim de identificar padrões de concentração, presença de *hotspots*, e dinâmicas espaço-temporais de transformação na estrutura de colaboração tecnológica.

Inicialmente, é pertinente observar a distribuição dos depositantes de um ponto de vista geográfico mais amplo. Optou-se por focar a análise a partir do ponto de vista da quantidade de depositantes e não do número de copatentes, pois o trabalho objetiva observar as microrregiões a partir da quantidade de empresas que estão envolvidas em colaborações tecnológicas. Essa abordagem é importante porque permite realizar uma análise com foco maior na atividade de cooperação entre as empresas - aqui entendidas como as depositantes - ao invés do resultado dessas colaborações, ou seja, das copatentes em si.

O Gráfico 2 traz a evolução da quantidade de depositantes pelas 5 macrorregiões brasileiras ao longo dos três intervalos de tempo observados. A região Sudeste se destaca como a região com a maior concentração de depositantes de todo país, seguida pela região Sul e Nordeste. As regiões Norte e Centro-Oeste, apresentaram entre 1998 e 2005 uma quantidade bastante semelhante de depositante, ao passo que no período 2006-2013 se abriu uma diferença em favor da região Norte, especialmente por conta da quantidade de depositantes na microrregião de Manaus, onde está localizada a Zona Franca de Manaus, que contabilizou 50 participantes de copatenteamento. Apesar disso, a região Centro-Oeste superou no último período a região Norte, acumulando 65 depositantes no total.

É possível diagnosticar também um aumento da dispersão da quantidade de depositantes pelas macrorregiões brasileiras e perda significativa da importância relativa da região Sudeste no total de depositantes. Enquanto no primeiro período o Sudeste era responsável por 68% dos depositantes, esse número se reduziu para 61% entre 2014 e 2021, acumulando um crescimento de 148%. Em contrapartida, regiões como o Nordeste e Centro-Oeste ganharam participação ao longo do mesmo período, passando de 6% e 1,8% do total de depositantes no primeiro intervalo, para 12% e 3,5% no último período, respectivamente. Ambas as regiões acumularam crescimento da ordem de 432% (Nordeste) e 441% (Centro-Oeste).

Gráfico 2: Evolução de depositantes por macrorregiões brasileiras (1998-2021)

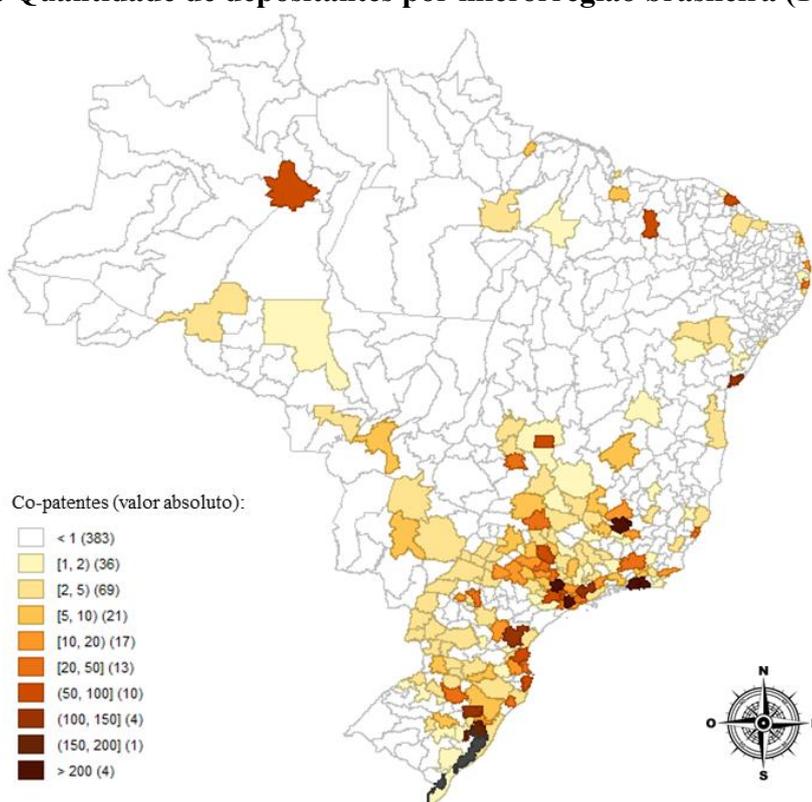


Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Os mapas a seguir ajudam a compreender essas transformações espaciais de uma perspectiva mais detalhada, com enfoque individual para cada microrregião.

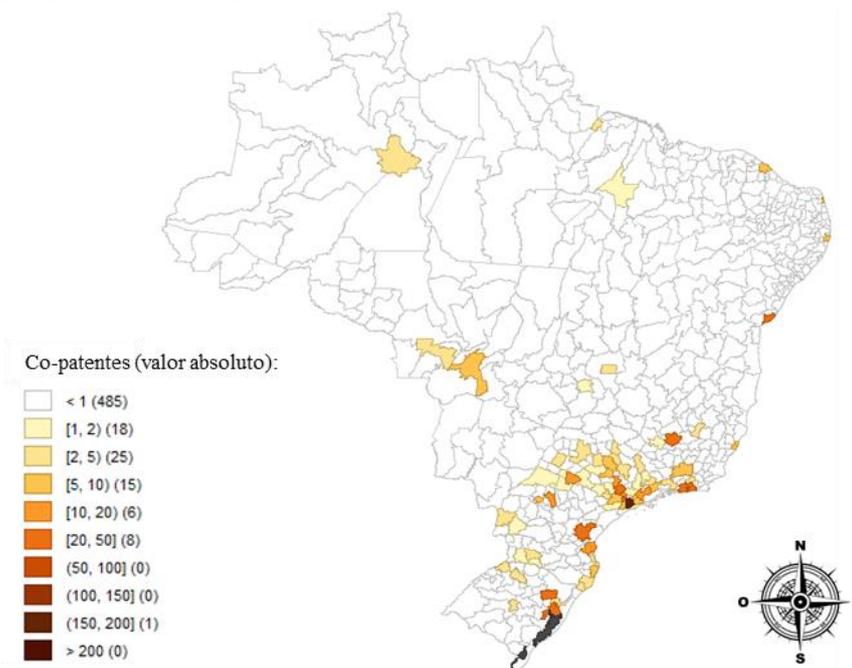
O Mapa 1 mostra a distribuição do volume de depositantes pelas 558 microrregiões brasileiras ao longo de todo o período analisado. Ao longo dos 24 anos analisados, 383 (68,6%) microrregiões brasileiras não apresentaram copatente alguma e 175 (31,4%) microrregiões fizeram pelo menos uma colaboração tecnológica. Desse último grupo, 72% apresentaram menos de 10 depositantes, com grande concentração de microrregiões (69) na faixa 2-5. Na faixa intermediária, que compreende aquelas regiões que exibiram entre 10 e 100 depositantes, identificou-se a presença de 40 microrregiões, cerca de 22,8% do total. Na faixa superior, de regiões com mais de 100 depositantes, registrou-se apenas 9 microrregiões, com destaque para as microrregiões de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Campinas que somaram mais de 200 depositantes no período.

Mapa 1: Quantidade de depositantes por microrregião brasileira (1998-2021)



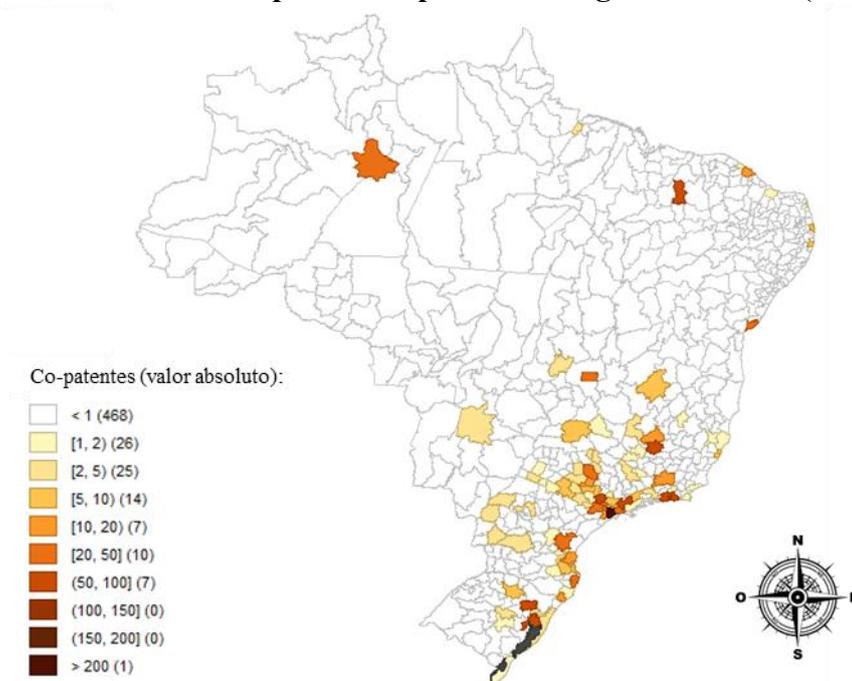
Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 2: Quantidade depositantes por microrregião brasileira (1998-2005)



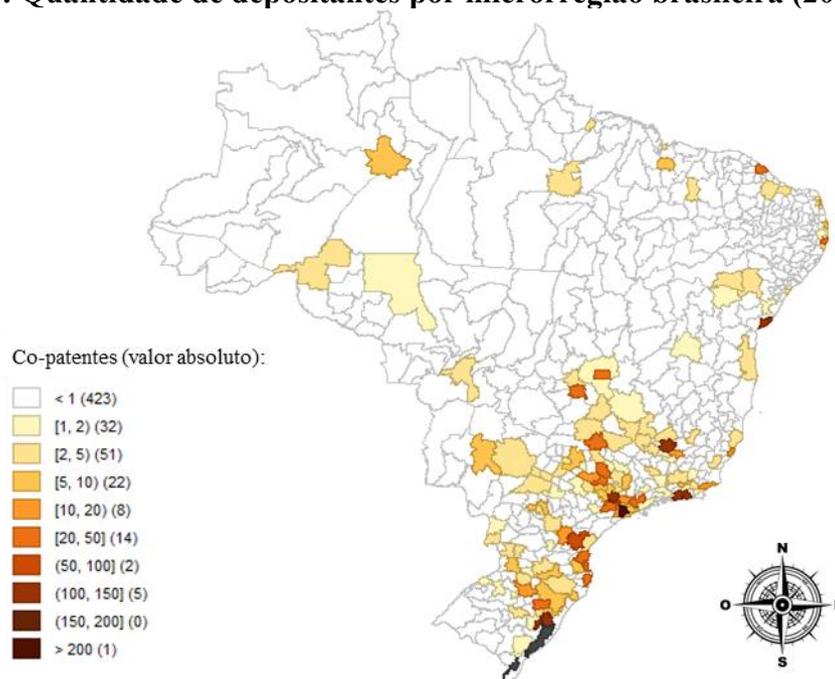
Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 3: Quantidade de depositantes por microrregião brasileira (2006-2013)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 4: Quantidade de depositantes por microrregião brasileira (2014-2021)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Os mapas 2, 3 e 4 apresentam a distribuição de depositantes acumulada ao longo de cada um dos períodos de análise (1998/2005, 2006/2013 e 2014/2021). Uma das primeiras características que é possível perceber ao comparar os três momentos é o aumento da quantidade de microrregiões que apresentam pelo menos um depositante. Enquanto no período 1998-2005, 485 microrregiões não tinham depositante algum, esse número caiu para 468 e 423 nos dois períodos seguintes. Movimento semelhante pode ser observado também nas faixas superiores com o aumento substancial na quantidade de microrregiões que apresentaram entre 1 e 10 depositantes, passando de um total de 58 e 65 nos dois primeiros períodos, respectivamente, para 106 entre 2014 e 2021. Nesse crescimento nas faixas iniciais destacam-se algumas microrregiões em localidades que historicamente não apresentavam depositantes, a notar o centro e sul da Bahia, Regiões costeiras do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco, Porto Velho em Rondônia, Campo Grande no Mato Grosso do Sul, e Cuiabá e Aripuanã no Mato Grosso. Também é possível apontar o aumento da quantidade de regiões nas faixas superiores, com 6 microrregiões com mais de 100 depositantes no último período, número superior quando comparado aos dois períodos anteriores nos quais apenas São Paulo apresentava tal soma.

Destaca-se também nos mapas mostrados acima - e reforçado pelo gráfico 2 -, a grande concentração de depositantes na região Sul e Sudeste, especialmente em localidades próximas

às capitais de cada estado, ao longo dos três períodos analisados. O Estado de São Paulo foi aquele que apresentou a maior concentração de regiões com empresas que realizaram colaboração tecnológica, com a presença de várias microrregiões em faixas superiores da legenda, especialmente no eixo São Paulo-Campinas. Percebe-se, ao longo dos três períodos, uma intensificação da quantidade de depositante em direção ao interior do estado, beneficiando regiões que, apesar de serem tradicionalmente industrializadas, apresentavam baixa concentração de depositantes nos dois primeiros períodos de análise. Na região Sudeste também se sobressaem as microrregiões de Belo Horizonte e Rio de Janeiro como *hotspots*, e a evolução dos seus entornos geográficos ao longo do tempo com microrregiões populadas por firmas envolvidas em copatenteamentos, especialmente no leste do estado de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Na região Sul, Porto Alegre e Curitiba se distinguem desde o primeiro período como *hotspots*. Porém, se verifica que houve um aumento importante na quantidade de microrregiões com a presença de depositantes nessa macrorregião, especialmente no intervalo 2014-2021, com destaque para o norte do Rio Grande do Sul e Sul de Santa Catarina.

O Centro-Oeste também apresentou uma evolução significativa na quantidade de microrregiões com a presença de empresas que fizeram copatenteamentos. Ao longo de todo o período analisado, se destaca o aumento da concentração de depositantes no Distrito Federal, e o aparecimento, entre 2014 e 2021, da microrregião de Goiânia como um *hotspot*. Nesse mesmo período se sobressaem também a região de Campo Grande e as microrregiões entre o eixo Goiânia-Brasília.

A região Nordeste merece especial realce, uma vez que se observa no terceiro período o aparecimento de diversas microrregiões com depositantes e aumento da quantidade de depositantes nas principais capitais, especialmente em Salvador, que se destaca como um hotspot regional e nacional⁹, com 150 a 200 empresas que realizaram copatenteamentos.

A região Norte apresenta o pior desempenho do país, apesar do aparecimento de microrregiões, especialmente em Rondônia e Pará, com a presença de depositantes. Manaus se sobressai pela diminuição significativa na quantidade de depositantes entre o período 2006-2013 e 2014-2021.

A tabela 2 apresenta as 20 microrregiões que mais concentram depositantes, com referência no período de 2014-2021, e as suas respectivas taxas de crescimento. Fica evidente

⁹ Isto é, microrregião que se destaca regional e nacionalmente por concentrar uma quantidade de depositantes bastante superior à outras microrregiões brasileiras.

a diminuição significativa na participação de São Paulo na quantidade de depositantes, com um crescimento inferior a todas as outras microrregião entre o primeiro e segundo período, e decréscimo de 16,57% do segundo ao terceiro período. Em contrapartida, todas as outras microrregiões apresentaram crescimento próximo ou superior a 100% entre o primeiro e segundo intervalos de tempo. Entre 2006/2013 e 2014/2021 o aumento foi menos expressivo em todas as microrregiões, mas todas apresentaram incremento na quantidade de depositante, com exceção de São Paulo e Joinville.

É válido salientar que, das 20 microrregiões com a maior quantidade de depositantes, apenas 4 (Salvador, Fortaleza, Brasília e Recife) não pertenciam à região Sul ou Sudeste. Observa-se também a forte presença na tabela de microrregiões de 3 principais estados, sendo eles: São Paulo, com 8; Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ambos com 2 microrregiões.

Além disso, nota-se que as 5 microrregiões mais bem colocadas – Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Campinas, Porto Alegre e Salvador -, com exceção de São Paulo, apresentaram crescimentos próximos a 100% entre cada um dos três períodos analisado, sendo que entre o segundo e o terceiro intervalo de tempo esse conjunto de microrregiões tiveram incrementos na quantidade de depositantes superior a qualquer outra microrregião.

Tabela 2: As 20 microrregiões com a maior quantidade de depositantes

Microrregião*	Número de depositantes (co-patentes)			Crescimento do número de depositantes (em %)	
	1998-2005	2006-2013	2014-2021	1998/2005 - 2006/2013	2006/2013 - 2014/2021
São Paulo	197	338	282	71,57	-16,57
Rio de Janeiro	37	73	134	97,30	83,56
Belo Horizonte	31	72	134	132,26	86,11
Campinas	30	64	120	113,33	87,50
Porto Alegre	29	58	113	100,00	94,83
Salvador	28	57	105	103,57	84,21
Curitiba	22	56	66	154,55	17,86
Jundiaí	21	53	57	152,38	7,55
Joinville	20	50	46	150,00	-8,00
Ribeirão Preto	16	38	39	137,50	2,63
São José dos Campos	13	37	38	184,62	2,70
Florianópolis	13	35	37	169,23	5,71
Osasco	12	31	34	158,33	9,68
Fortaleza	11	25	34	127,27	36,00
Uberaba	10	24	29	140,00	20,83
Sorocaba	9	23	27	155,56	17,39
Brasília	9	23	24	155,56	4,35
Recife	8	23	23	187,50	0,00
São Carlos	7	19	23	171,43	21,05
Caxias do Sul	7	18	22	157,14	22,22

Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

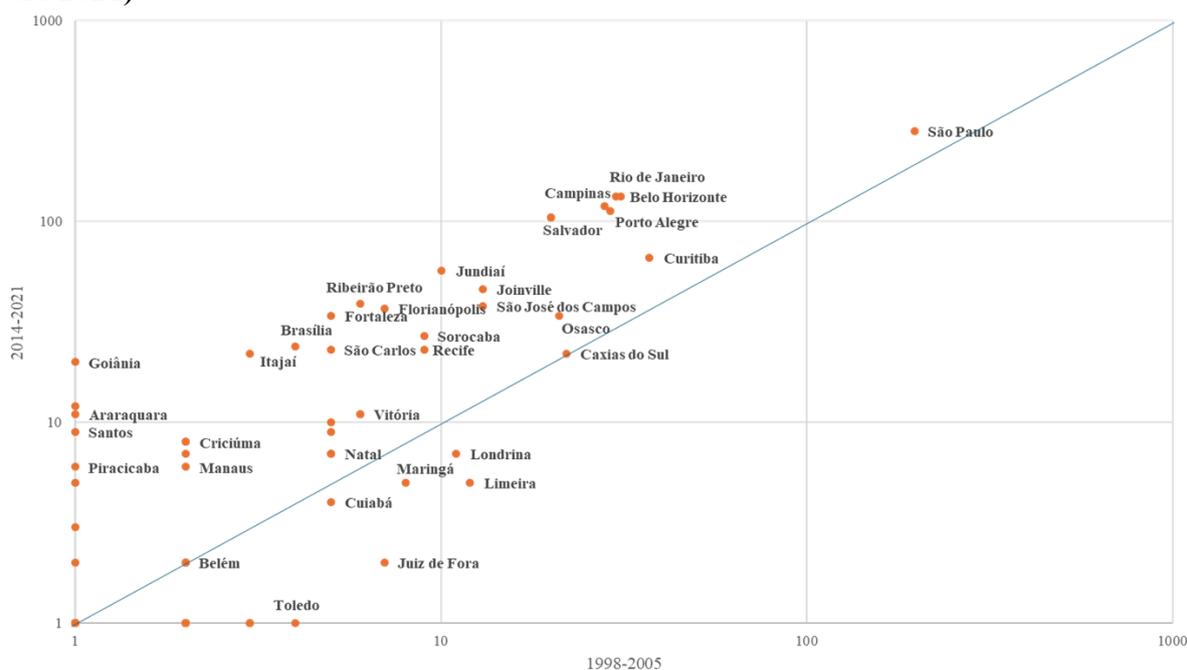
Notas: *20 maiores com base na quantidade de depositantes no período 2014-2021. Considera cada depositante que participou de um copatenteamento.

O gráfico 3 contribui para a visualização gráfica desse movimento ao comparar a quantidade de depositantes entre os dois períodos mais distantes (1998-2005 e 2014-2021).

Observando os movimentos ascendentes (acima da curva) e descendentes (abaixo da curva) é possível visualizar quais microrregiões ganharam ou perderam, respectivamente, mais depositantes ao longo do intervalo de estudo. Ao todo, foi identificado que 118 microrregiões aumentaram a quantidade de depositantes, ao passo que 410 tiveram desempenho neutro – número composto por boa parte de microrregiões que apresentaram nenhum copatenteamento nos dois períodos – e 30 microrregiões tiveram diminuição na quantidade de depositantes.

Assim, como indicado anteriormente, observa-se que aquelas regiões que mais ganharam depositantes ao longo do período analisado – localizadas nas posições mais elevadas do gráfico – se localizam sobretudo nas regiões Sul e Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo. As exceções ficam por conta de Manaus, Salvador, Natal, Fortaleza, Recife, Vitória, Brasília e Goiânia.

Gráfico 3: Evolução da quantidade de depositantes por microrregiões (1998/2005-2014/2021)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Essas observações, associada àquelas feitas a partir das alterações no padrão espacial dos depositantes ao longo do tempo explicitadas pelos mapas, indica que, apesar de haver indícios de uma desconcentração geográfica da quantidade de depositantes, com a diminuição da participação das regiões tradicionais e aumento da relevância de regiões que antes apresentavam nenhuma ou baixa concentração de depositantes, a atividade de inovação

medida a partir de copatenteamentos ainda continua muito concentrada nas regiões tradicionalmente industrializadas do Sudeste e Sul do país.

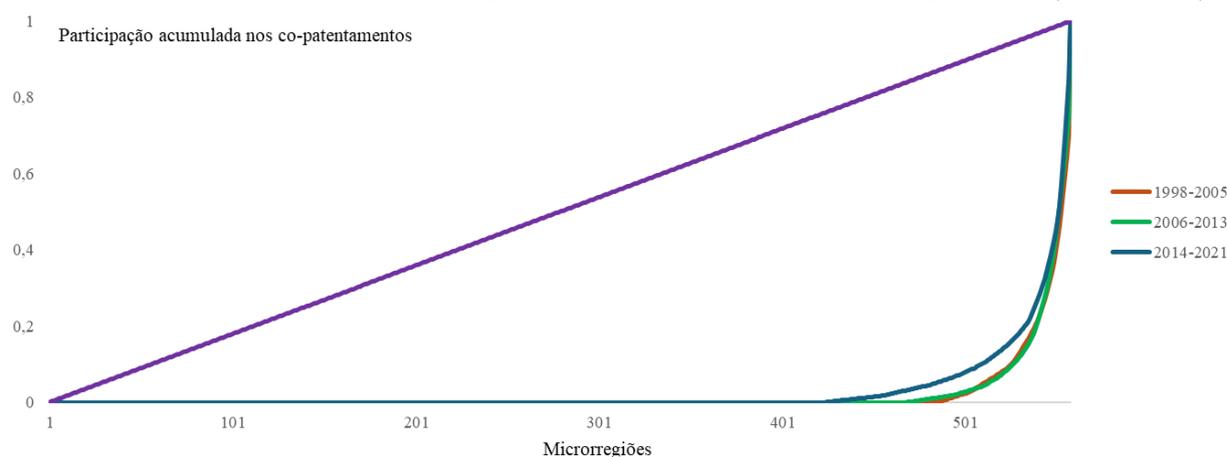
O próximo tópico traz uma breve análise, a partir da utilização de medidas de concentração, desse processo de desconcentração espacial dos depositantes pelo território brasileiro.

5.1.3. Desconcentração espacial dos depositantes de copatentes

Após a identificação de indícios de um processo progressivo e consistente de desconcentração da quantidade de empresas que realizaram copatenteamentos entre as microrregiões brasileira, é prudente realizar verificações adicionais para confirmar a ocorrência desse fenômeno.

Para tanto, serão utilizadas duas ferramentas de mensuração de concentração. A primeira é a curva de Lorenz, que se trata de um recurso gráfico e analítico que indica o grau de concentração de uma determinada distribuição. A curva de Lorenz é composta por uma função $L(P)$, sempre positiva e crescente, que representa a quantidade de depositantes acumulada pela p -ésima fração inferior da distribuição de microrregiões, considerando que as microrregiões estão ordenadas de forma crescente, e por uma linha $L(p)=p$, de 45° que representa a perfeita equidade na distribuição. Foram extraídas três curvas de Lorenz, uma para cada período de análise, de modo a permitir a comparação de concentração entre os intervalos de tempo.

Conforme pode ser visto no gráfico 4, os períodos 1998-2005 e 2006-2013 apresentaram concentrações espaciais na distribuição dos depositantes bastante semelhantes, ao passo que no período 2014-2021 é possível perceber uma diminuição significativa na concentração espacial dos dados. Ademais, destaca-se que as três curvas se caracterizam por um alto grau de concentração, dado a grande distância da reta de perfeita igualdade, reforçando ainda mais os argumentos de concentração regional expostos na parte anterior.

Gráfico 4: Curva de Lorenz para a quantidade de depositantes de copatentes (1998-2021)

Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

O segundo instrumento, que é obtido através da curva de Lorenz – representa a área entre a curva $L(P)$ e $L(p)=p$ – é o índice de Gini. Comum em estudos que medem a concentração de renda de uma determinada população, esse indicador pode ser usado para mensurar a (des)igualdade de qualquer conjunto de dados relacionados a um parâmetro, que no caso deste estudo, são os depositantes relacionados às microrregiões. Os valores do coeficiente podem variar entre 0 e 1, de forma que quanto mais próximo de 0, maior é a igualdade da distribuição.

A tabela 3 mostra os indicadores para cada período de análise. Confirmando as informações da curva de Lorenz, os dois primeiros períodos (1998-2005 e 2006-2013) apresentaram concentrações espaciais semelhantes, com queda marginal no segundo período, passando de 0,942 para 0,941. Já comparando o segundo e o terceiro intervalo, é possível identificar uma queda substancial na concentração espacial dos depositantes, com o conjunto de dados de 2014-2021 apresentando um coeficiente de Gini de 0,905. Apesar disso, a distribuição das firmas que realizaram copatenteamentos ainda continua sendo fortemente concentrada.

Tabela 3: Concentração espacial dos copatenteamentos

Medida de concentração espacial	1998-2005	2006-2013	2014-2021
Índice de Gini	0,942469	0,941211	0,905151

Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Esse conjunto de indicadores de concentração, associada às observações realizadas na parte anterior, demonstra fortes indícios de que a atividade de copatenteamento está se desconcentrando espacialmente, apesar de ainda estar fortemente centrada na região Centro-Sul do país. Nesse sentido, a desconcentração de copatenteadores pelo território está seguindo a tendência geral de desconcentração da atividade de patenteamento, descrita por autores como Rodriguez et al. (2017), que mostra que a atividade inventiva está se tornando menos concentrada no Estado de São Paulo e se está distribuindo de maneira mais uniforme pelas regiões Sul e Sudeste; e Oliveira et al. (2016), que indica que, entre 2000 e 2011, as microrregiões com menor quantidade de patentes no período inicial apresentaram taxas de crescimento de depósito superiores quando comparado a regiões que já apresentavam altas taxas de criação de patentes, de modo que aquelas ganharam participação relativa no total de patenteamento¹⁰.

Vale destacar que a forte concentração geográfica dos copatenteamento já era esperada, uma vez que a sua ocorrência já é amplamente discutida e evidenciada pela Geografia da Inovação, como foi abordado no segundo capítulo deste trabalho. Além disso, destaca-se que a disposição espacial da atividade de produção de patentes – e, portanto, também de copatentes - tende a ter correlação positiva significativa com a distribuição geográfica empresarial. Essa característica pode ser observada em praticamente todos os países com uma estrutura industrial-empresarial e um SNI minimamente desenvolvidos. No caso dos estudos já apresentados nesse trabalho, é possível verificar em Lata et al. (2015) essa particularidade na estrutura da rede de copatenteamentos da Europa, onde identifica-se concentração de atividades nos principais centros urbanos e industriais europeus, com destaque para a região do Vale do Reno-Ruhr, na Alemanha. De modo similar, como mostra o trabalho de Lata et al. (2017) é possível identificar forte concentração geográfica da atividade de copatenteamento também nos EUA. O mesmo padrão pode ser identificado também globalmente, como é apresentado pelos estudos de Scherngell et al. (2020) e Scherngell et al. (2023).

Porém, é importante destacar que essa correlação não necessariamente implica causalidade - apesar de as empresas privadas, sobretudo o setor industrial, serem efetivamente os maiores produtores de patentes –, uma vez que universidades e institutos de pesquisa também possuem importante papel no depósito de patentes. Porém tal correlação é facilmente identificada porque tanto as empresas como também universidades e institutos de pesquisas

¹⁰ Outros autores como Albuquerque et al. (2002), Gonçalves (2007) e Araújo et al. (2018) também trazem contribuições nesse sentido.

tendem a se localizar em regiões populosas, isto é, próximas a centros urbanos, favorecendo a concentração espacial desses agentes.

Ademais, é relevante considerar que essa constatação, tanto da significativa concentração como também do processo paulatino de desconcentração espacial dos copatenteamentos, é compatível com estudos recentes sobre o processo de desconcentração industrial no Brasil (Diniz, 1993; Pacheco, 1996; Prates et al., 2016; Abdal, 2017) e, mais especificamente, no Estado de São Paulo (Azzoni, 1986; Cleps, 2003; Coto, 2021). Essas pesquisas apontam que o processo de desconcentração industrial observado a partir da década de 1980 se trata de uma “desconcentração concentrada”, na qual há o espraiamento amplo de empresas, especialmente indústria, dentro de uma limitada região que compreende um polígono entre o Sul de Minas Gerais, Sul do Rio de Janeiro, Estado de São Paulo, parte leste dos estados do Paraná e Santa Catarina e norte do Rio Grande do Sul. Essas observações se relacionam com os argumentos expostos ao longo da análise descritiva dos dados de copatenteamento na medida em que a quantidade de depositantes tende a seguir o movimento de mudança de localidade das respectivas empresas.

5.1.4. Análise de associação espacial

A interpretação anterior sobre a forte concentração espacial das empresas que realizaram copatenteamentos abre margem para a suspeita de que os depositantes estão de alguma forma associados espacialmente. Com o fim de apreciar essa hipótese, é possível utilizar Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE) como forma de apresentar, por meio de indicadores numéricos e gráficos, evidências da existência ou não de dependência espacial e de heterogeneidade espacial entre as microrregiões com a presença de depositantes.

O AEDE se apresenta como uma importante ferramenta para estudos que consideram a distribuição espacial de dados, uma vez que é capaz de revelar “padrões de associações espaciais (clusters espaciais), indicações de como os dados estão distribuídos, ocorrência de diferentes regimes espaciais ou outras formas de instabilidade espacial (não estacionariedade) e ainda identificar observações atípicas (outliers)” (Júnior et.al, 2021).

Para o presente estudo, serão empregadas duas técnicas. A primeira consiste na extração do índice de Moran Global, que permite medir a autocorrelação da variável “depositantes” entre as microrregiões, isto é, se há dependências espacial ou se os dados estão distribuídos aleatoriamente. O Índice de Moran pode indicar independência espacial ($I = 0$), correlação positiva ($0 < I < +1$) e correlação negativa ($-1 < I < 0$).

Porém, segundo Anselin (1995), a estatística de Moran Global só é apta para indicar a autocorrelação de todo o conjunto da amostra, sendo incapaz de medir a autocorrelação local. Para a observação de clusters espaciais locais é utilizado, portanto, a estatística de *Local Indicator of Spartial Association* (LISA) como uma medida complementar. O método LISA é usado para indicar pontos de foco (*hot spots*) ou clusters, para avaliar “a influência de localizações individuais na magnitude da estatística global e para identificar outliers” (Anselin, 1995, pág. 93). Para o presente estudo foi considerado o nível de significância de 5% entre os dados das microrregiões vizinhas. O método Lisa apresenta as informações de autocorrelação espacial de forma gráfica utilizando 4 categorias de comparação:

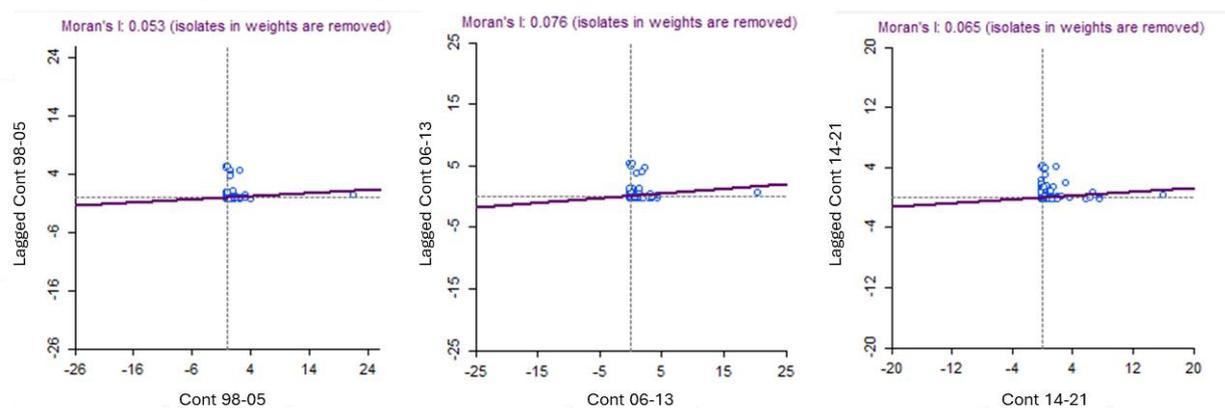
- 1) Alto-Alto (AA): microrregiões com elevada quantidade de depositantes cercadas de vizinhos também com elevada quantidade de depositantes
- 2) Alto-Baixo (AB): microrregiões com elevada quantidade de depositantes cercadas de vizinhos com baixa quantidade de depositantes.
- 3) Baixo-Baixo (BB): microrregiões com baixa quantidade de depositantes cercadas de microrregiões com o mesmo padrão.
- 4) Baixo-Alto (BA): municípios com baixa quantidade de depositantes cercadas de microrregiões com elevado número de depositantes.

Para a obtenção tanto do índice de Moran como também dos mapas LISA para os três períodos, foi utilizado a matriz de peso espacial do tipo Torre (*rook*), que leva em consideração apenas vizinhos que possuem fronteiras físicas com extensão diferente de zero.

O gráfico 5 mostra os diagramas de dispersão de Moran, com as respectivas estatísticas de Moran, para a quantidade de depositantes nos períodos 1998-2005, 2006-2013 e 2014-2021.

Todos os diagramas indicam índices de Moran positivos, de modo que em todos os períodos a autocorrelação espacial entre as microrregiões foi positiva, indicando que existe dependência espacial entre as microrregiões, isto é, microrregiões com depositantes tendem a influenciar que regiões vizinhas também tenham empresas que participam de copatenteamentos. Esse diagnóstico está em linha com a literatura econômica sobre concentração industrial – já tratada anteriormente neste trabalho – que diz que existem fatores que incentivam a concentração de empresas em torno de uma mesma localização, sendo um dos principais a difusão de conhecimento (*knowledge spillovers*) (Marshall, 1920), em outras palavras, as interações de colaboração tecnológica tende a ter uma certa dependência da distância geográfica, mesmo após a revolução recente nas telecomunicações (Feldman, 2002).

Gráfico 5: Diagrama de dispersão de Moran



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Para a observação dos agrupamentos espaciais locais (clusters), os mapas 5, 6 e 7 fornecem as análises LISA para os três períodos de análise, respectivamente.

Ao analisar os clusters AA presentes no Brasil entre 1998-2005, identifica-se a ocorrência de 11 microrregiões e é possível destacar três aglomerações, sendo a primeira, e maior, no Estado de São Paulo, representada pelas microrregiões de São Paulo, Mogi das Cruzes, Itapeperica da Serra, Guarulhos, Sorocaba, Osasco, Campinas, Jundiaí e Limeira; a segunda no Estado do Rio de Janeiro na microrregião de Serrana; e a terceira no Estado do Rio Grande do Sul na microrregião de Gramado-Canela

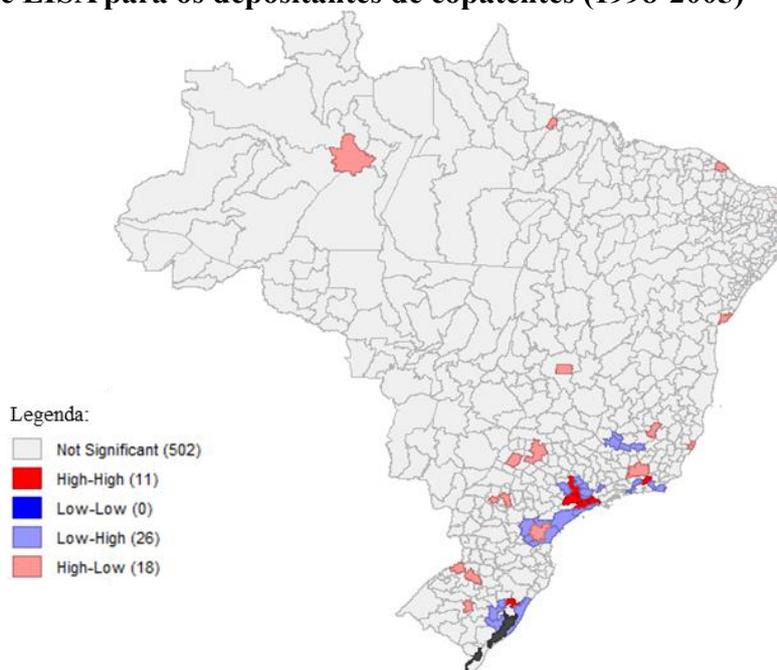
Para o período 2006-2013, observa-se que houve diminuição de uma microrregião no total de AA. Além disso, todos os clusters se encontram localizados no Estado de São Paulo e são compostos pelas microrregiões de São Paulo, Guarulhos, Sorocaba, Bragança Paulista, Osasco, Itapeperica da Serra, Mogi das Cruzes, Limeira, Franco da Rocha. Esse movimento mostra a expansão de uma região de alta atividade tecnológica próxima à microrregião de São Paulo, localidade tradicional que concentra parte significativa das firmas nacionais.

No intervalo de tempo de 2014-2021, a quantidade de microrregiões que pertenciam a clusters AA aumentou em 4, com o aparecimento de áreas de grande intensidade de copatenteamento nos Estados de Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No Estado de São Paulo, 9 microrregiões apresentaram cluster AA sendo elas Santos, Mogi das Cruzes, Guarulhos, Itapeperica da Serra, Bragança Paulista, Jundiaí, Piracicaba, Limeira e Mogi Mirim. Essa alteração marginal na disposição das microrregiões no Estado de São Paulo, com a exclusão da microrregião de São Paulo, indica um processo paulatino de interiorização – apesar de concentrado – no processo inovativo. Em Minas Gerais, a região de Ouro Preto se destacou como um cluster AA. Em Santa Catarina a microrregião de Itajaí surgiu como o primeiro *cluster*

de grande atividade de copatenteamento de Santa Catarina ao longo de todo o período de análise. Essa observação está em linha com os resultados obtidos por Júnior et.al (2021) e Rodriguez et al. (2017) que indicam o aumento da atividade inovativa do estado em anos recentes e o seu aumento da sua importância no Sistema Nacional de Inovação brasileiro. Já no Rio Grande do Sul, a microrregião de Gramado-Canela voltou a aparecer como um cluster AA.

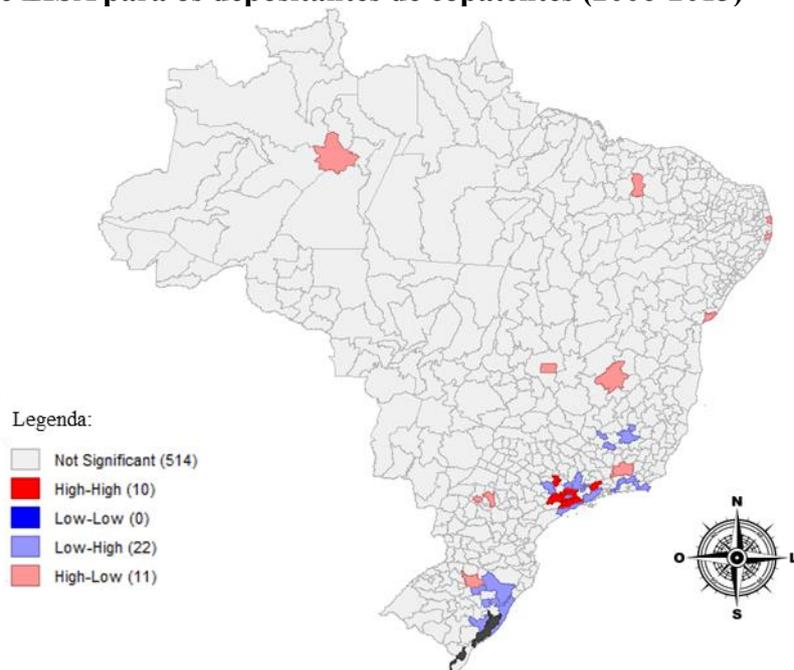
Ademais, é possível perceber que as microrregiões que apresentaram classificações BA se concentraram, ao longo dos três períodos, sobretudo no entorno de grandes centros urbanos e empresariais, como São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Porto Alegre. Com exceção de São Paulo, observa-se também que há uma tendência de aumento na quantidade de microrregiões em torno dessas capitais com empresas que realizam copatenteamentos, o que pode indicar um efeito de transbordamento da atividade de co-inovação para regiões geograficamente próximas dos centros tradicionais de industrialização. É pertinente destacar a microrregião de Curitiba e seus vizinhos que, no período 1998-2005, apresentavam classificações AB e BA, respectivamente, e já no período seguinte apareciam como regiões não significantes. Este apontamento está em concordância com a pesquisa de Júnior et. al (2021) que indiciou uma diminuição importante da atividade de patenteamento – que refletiu também no mapa LISA – no estado do Paraná, especialmente em regiões próximas a Curitiba, entre as décadas de 2000 e 2010.

Mapa 5: Análise LISA para os depositantes de copatentes (1998-2005)



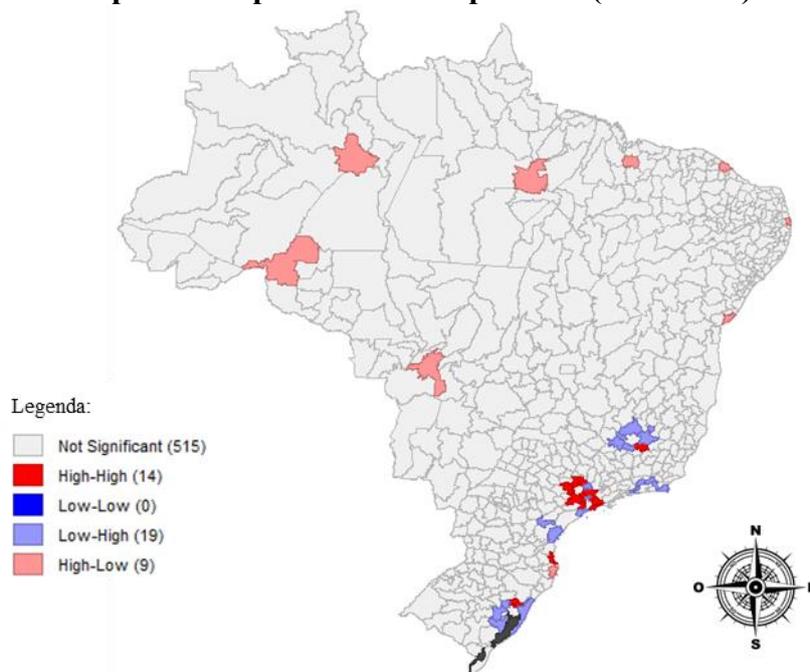
Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 6: Análise LISA para os depositantes de copatentes (2006-2013)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 7: Análise LISA para os depositantes de copatentes (2014-2021)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

5.2. Evolução da rede de copatenteamentos no Brasil

A colaboração tecnológica entre empresas pode ser observada através de diversos tipos de interações entre diferentes empresas. Essas interações, quando analisadas no agregado, formam redes complexas constituídas por diversos *nós* - que simbolizam as firmas envolvidas na atividade de colaboração tecnológica - e *arestas* - que representam o estabelecimento de atividade colaborativa entre os nós e a sua intensidade¹¹. A partir desse escopo, a presente seção tem como objetivo discutir a estrutura e a dinâmica das redes de colaboração tecnológica através da observação das atividades de copatenteamento entre as microrregiões brasileiras ao longo do período de 1998 a 2021, segmentado da mesma forma que a seção anterior. Para tanto, inicialmente é apresentado a evolução dos indicadores globais das redes de copatenteamento ao longo dos três períodos avaliados. Em seguida, complementa-se a análise com a observação topológica das redes utilizando dois tipos de *layouts*: primeiro, o *circular Layout*, que dispõem as microrregiões em um círculo concêntrico e agrupa as microrregiões de acordo com o atributo de macrorregião e; segundo, o *Geo Layout*, que organiza as microrregiões de acordo com os atributos geográficos de longitude e latitude, de forma que é possível visualizar a dispersão da rede sobre o território brasileiro. Por fim, é apresentado a classificação das 10 microrregiões mais relevantes da rede ao longo dos três períodos analisados de acordo com três indicadores de centralização - explicados de forma mais exaustiva no capítulo de metodologia.

Como já apontado na seção anterior e indicado pela tabela 4, houve ao longo dos três períodos analisados, um aumento contínuo tanto da quantidade de copatenteamentos - passando de 328 no período 1 para 849 no período 3, um aumento de 158% - como também do número de microrregiões envolvidas nessas atividades. Olhando mais detalhadamente a natureza desses copatenteamentos, observa-se que em todos os períodos há uma maior prevalência de *autoloops*, isto é, de colaborações entre empresas situadas na mesma microrregião. Essa característica da rede brasileira é convergente com estudos internacionais sobre as redes estadunidense e europeia, indicando que o copatenteamento é um tipo de colaboração tecnológica que privilegia as interações intrarregionais (Lata et al., 2017). Apesar disso, é possível perceber que ao decorrer do tempo, essa vantagem tendeu a diminuir em

¹¹ Como abordado de forma mais aprofundada na parte metodológica, as arestas representam conexões estabelecidas entre dois pontos A e B que, no caso desse trabalho, são as relações de copatenteamento. Essas arestas também podem representar a intensidade dessas conexões de acordo com diversos parâmetros e a visualização gráfica dessa intensidade se dá pelo maior ou menor diâmetro da aresta. No presente trabalho, tal intensidade é a quantidade de copatenteamento entre duas microrregiões distintas em um determinado período e quanto maior as colaborações tecnológicas, maior o diâmetro da aresta e vice e versa.

favor das conexões inter-regionais, ou seja, entre microrregiões diferentes, que passaram de uma proporção de 30,49% no primeiro período para 45,58% no último período. Esse movimento sugere que houve um aumento da interação com objetivo inovativo entre empresas localizadas em microrregiões diferentes com o decorrer do tempo.

O grau médio, que mede a média da quantidade conexões de copatenteamentos entre as microrregiões, aumentou de forma significativa, passando de um valor de 2,9393 no período 1 para 3,8700 no período 3. Na mesma orientação, o valor da densidade da rede diminuiu, indicando que a rede se tornou mais esparsa durante o período de análise. Objetivamente, isso indica que a proporção entre a quantidade de conexões efetivamente estabelecidas e a quantidade de conexões potenciais diminuiu entre 1998 e 2021, resultado que não é surpreendente, uma vez que a quantidade de arestas e grau médio não aumentaram na taxa necessária para acompanhar o aumento de possibilidade de conexões¹². Tal resultado sugere que os novos *nós* que aparecem ao longo do tempo na rede tendem a estabelecer conexões com poucas microrregiões que, como será confirmado mais adiante na análise topológica e de centralidade da rede, geralmente são àquelas que já possuem um grau de centralidade maior em comparação ao restante dos *nós*.

Já o *Average Path Length*, que indica a média dos caminhos mais curtos entre dois *nós*, mostra uma dinâmica diferentes dos outros indicadores globais analisados. Enquanto no período 1998-2005 o valor desse indicador era de 3,1601, houve uma queda para 2,8543 no período seguinte, e uma retomada para 3,0630 no último período. Isso indica que houve uma diminuição marginal da conectividade da rede entre os dois últimos períodos. Uma possível explicação para esse fenômeno pode ser também atribuída à desconcentração espacial dos depositantes, com o aparecimento de novas microrregiões e o aumento da importância de algumas que antes tinham relevância menor na rede. Nesse sentido, a diminuição relativa da centralidade de certos *nós* – com o aumento da centralidade de outras microrregiões – acaba tornando a rede mais dispersa, influenciando no aumento do *Average Path Length*.

Em contrapartida, o indicador de *Clustering*, que mostra a conexão entre três *nós* em um triângulo fechado, apresentou um aumento constante e significativo ao longo do tempo, passando de um valor de 0,1190 entre 1998-2005 para 0,1734 no último período. Essa

¹² A quantidade de *nós* cresce de forma linear e as possibilidades de conexões aumentam de forma quadrática. Em outras palavras, a quantidade de possíveis conexões segue a seguinte equação $C(n) = \frac{n(n-1)}{2}$, onde C representa a combinação de n itens e n representa a quantidade de *nós* na rede. A título de exemplo, no primeiro período, o acréscimo de um *nó* à rede, aumentaria as possibilidades de conexões em 73.

informação sugere um aumento relevante da formação de estruturas triádicas e do tipo clique, isto é, de estruturas de rede fortemente conectadas. Esse tipo de observação é particularmente importante porque indica o aumento de agrupamentos de microrregiões que apresentam uma tendência maior de estabelecer interconexões mais densas e frequentes entre si, o que, em linhas gerais, demonstra que subgrupos particulares de microrregiões estão mais coesos em termos de copatenteamentos.

A assortatividade de grau, que mede a tendência de nós de mesmo grau de se conectarem entre si, apresentou uma queda constante e significativa ao longo do período analisado, mas se manteve positivo - o que demonstra que há uma tendência positiva de nós de graus semelhantes se conectarem. Nesse sentido essa queda sugere que ao decorrer do tempo, nós de graus diferentes se conectaram mais entre si, indicando uma maior integração colaborativa entre microrregiões mais e menos centrais. Por fim, a centralização de grau, que mede a intensidade de centralização de nós que tem mais conexões, mostrou ao longo do período analisado uma leve diminuição gradual, indicando que os nós que possuíam mais interações no período 1 e 2 perderam parte de sua influência na rede no último período.

Tabela 4: Indicadores SNA globais da rede de copatenteamento

	1998-2005	2006-2013	2014-2021
Número de nós	73	90	135
Número de arestas	328	650	849
Número de conexões interregionais	100 (30,49%)	264 (40,62%)	387 (45,58%)
Número de auto loops	228 (69,51%)	386 (59,38%)	462 (54,42%)
Grau médio	2,9393	3,4000	3,8700
Densidade	0,0452	0,0382	0,0296
Average path length	3,1601	2,8543	3,0630
Clustering	0,1190	0,1474	0,1734
Assortatividade de grau	0,0602	0,0207	0,0134
Centralização de grau	0,2778	0,2764	0,2452

Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

A análise topológica da rede, tanto do período 1998-2021 como dos demais segmentos de tempo (1998-2005, 2006-2013 e 2014-2021), será realizada levando em consideração os dois tipos de *layout* (*Circular Layout* e *Geo Layout*) em conjunto, uma vez que ambas as figuras se completam em termos visuais e facilitam a interpretação.

A Ilustração 1 e o Mapa 8 mostram a rede de copatenteamentos realizados entre empresas das microrregiões brasileiras ao longo de todo o período 1998-2021. Assim, como observado na parte descritiva, percebe-se forte presença de microrregiões que realizaram

copatenteamentos no Sudeste e Sul do país, seguido pelo Nordeste, Centro-Oeste e Norte. A primeira característica que chama atenção na rede é o fato de as arestas de maior diâmetro – que representam maior frequência de copatenteamentos entre duas microrregiões – das regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste são conectadas às microrregiões da região Sudeste. Na região Sul, as maiores frequências de colaborações foram estabelecidas entre Porto Alegre-Campinas, Porto Alegre-São Paulo, e Florianópolis-São Paulo. Na região Centro-Oeste, destacam-se as conexões de Brasília com o Rio de Janeiro, São Carlos e São Paulo. Na região Nordeste, Salvador estabeleceu as maiores frequência de copatenteamento da região com as microrregiões de São Paulo, Macaé e Belo Horizonte. A região Norte se apresenta como uma exceção, estabelecendo maior colaboração tecnológica com a região Nordeste, com forte protagonismo da microrregião de Manaus.

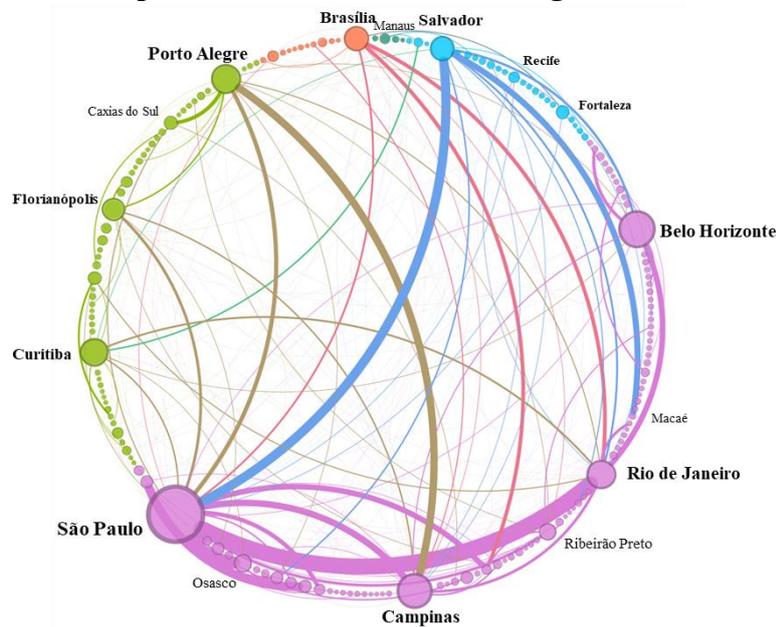
Adicionalmente, a região Sudeste se apresenta como a única região que possui conexões internas (dentro da macrorregião) mais intensas que suas conexões com outras regiões, sendo aquelas representadas pelas ligações São Paulo-Rio de Janeiro, São Paulo-Osasco e Mogi das Cruzes-Jundiaí. A forte integração da região Sudeste também é representada pela grande quantidade de conexões entre as suas próprias microrregiões que, apesar de serem de menor frequência que as três citadas anteriormente, ainda são muito relevantes quando se leva em consideração toda a rede nacional. Nesse ponto, a microrregião de São Paulo também assume forte liderança, com fortes ligações, além daquelas destacadas acima, com Campinas, São Carlos, Itapeverica da Serra, São José dos Campos, Ribeirão Preto e Sorocaba. Em relação às outras capitais, Rio de Janeiro tem fortes ligações com Campinas e com Belo Horizonte; e Belo Horizonte, além das conexões já citadas, apresenta relevantes laços de colaboração tecnológica com Montes Claros.

A região Sul também se sobressai em termos de integração entre suas microrregiões. Porto Alegre, além de ser a região com a maior quantidade de depositantes na região, é aquele que mais estabeleceu conexões com outras microrregiões da região Sul, em especial com Caxias do Sul. Em relação a Florianópolis e Curitiba, destacam-se a quantidade de copatenteamentos com Joinville, que, depois de Caxias do Sul, aparece como a segunda microrregião mais relevante da região. Nota-se que as interações entre as capitais dos Estados da região Sul são especialmente fracas, principalmente quando comparadas com o Sudeste.

Essas observações permitem inferir que a região sudeste, sobretudo, teve um papel fundamental na rede de copatenteamento entre 1998-2021. De forma geral, o Sudeste centralizou boa parte dos copatenteamentos entre macrorregiões do país, com destaque para a microrregião de São Paulo. Esse resultado já era esperado, especialmente após a análise

descritiva que mostrou uma grande concentração de depositantes nesta região, especialmente no Estado de São Paulo. Tais particularidades, além de poderem ser explicadas de forma satisfatória pela profunda concentração industrial da região (Coto, 2021), pode indicar que as empresas do Sudeste exibem um padrão mais elevado de inovação tecnológica ou ainda que essas empresas possuem uma inclinação maior para inovar através da colaboração. A integração intrarregional do Sudeste também se destaca, o que reforça a ideia de que o copatenteamento possui influência da proximidade geográfica, como foi indicado em estudos envolvendo a Europa (Scherngell, 2021) e os EUA (Lata et al., 2017).

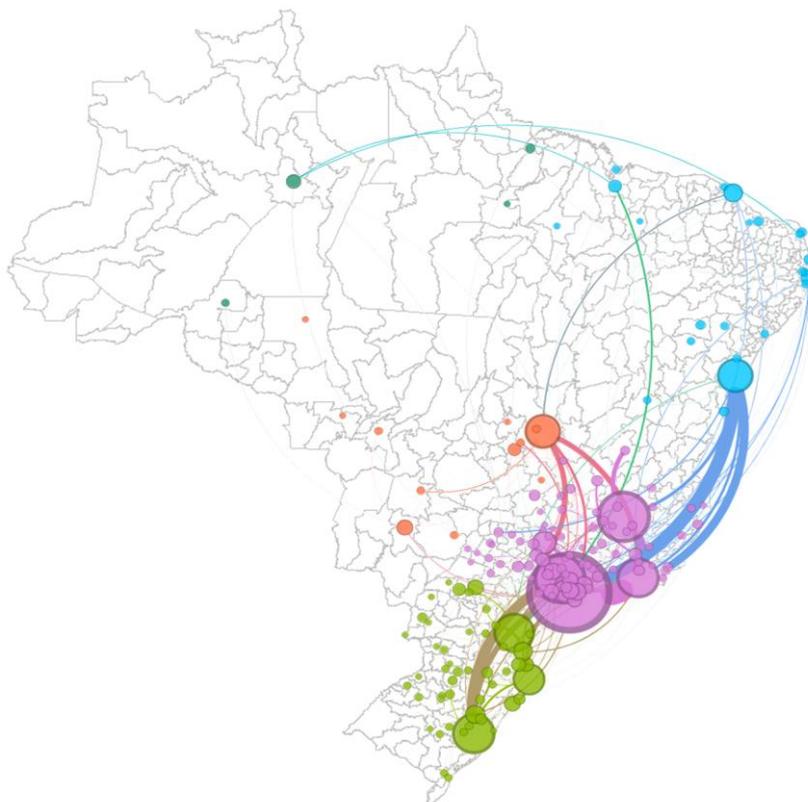
Ilustração 1: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (1998-2021)



Nota: cor representa a macrorregião; tamanho do nó corresponde ao grau (quantidade de copatentes); espessura das linhas espelha a intensidade de copatenteamento entre duas microrregiões

Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 8: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (1998-2021)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

As ilustrações 2 a 4 e os mapas 9 a 11 mostram as redes de copatenteamento estabelecidas entre as microrregiões ao longo dos três períodos de análise (1998-2005, 2006-2013 e 2014-2021). A visualização topológica da rede desses três períodos possibilita ter uma visão clara sobre as transformações espaço-temporais, tanto em termos dinâmicos como estruturais, do arranjo das colaborações tecnológicas entre as empresas de cada microrregião. Como resultado, a observação de tais mudanças permite inferir características relacionadas à evolução recente do Sistema Nacional de Inovação do Brasil.

A primeira característica que pode ser observada no período 1998-2005, representada pela ilustração 2 e mapa 9, além da baixa quantidade de copatenteamentos – característica já explorada anteriormente – é a quase inexistência de conexões dentro das macrorregiões, com exceção do Sudeste, com especial destaque para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, que apresentaram nenhuma ligação dessa natureza. A região Sul apresenta poucas interações desse tipo, concentradas sobretudo nas capitais e em Joinville. O Sudeste, por outro lado, apresenta conexões bastante robustas, principalmente no eixo São Paulo – Campinas, com especial protagonismo da microrregião de São Paulo.

Em termos de conexões entre macrorregiões, a região Sudeste foi responsável por capitalizar todas as conexões desse tipo, ou seja, não se constatou copatenteamento entre as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul, apenas dessas regiões com microrregiões do Sudeste. Nesse contexto, a microrregião de São Paulo aparece novamente como elemento central por estabelecer grande parte dessas colaborações tecnológicas, com destaques para as interações estabelecidas com Salvador, Manaus e Curitiba. A aresta São Paulo-Salvador faz-se notar por representar o maior fluxo de copatenteamentos entre microrregiões de todo o período. Parte relevante dessa quantidade pode ser explicado por uma quantidade elevada de copatenteamentos envolvendo a empresa Braskem, localizada em Camaçari, com empresas de São Paulo para o desenvolvimento de máquinas, ferramentas e produtos relacionados à atividade petroquímica. Ainda em termos que colaborações inter-regionais, vale destaque também para conexões importantes envolvendo Guarulhos – Florianópolis e Rio de Janeiro – Joinville.

O período 2006-2013, representado pela ilustração 3 e mapa 10, marca um forte contraste com o período anterior em termos da quantidade de copatenteamentos que, como mostrado anteriormente, quase duplicou ao mesmo tempo que 17 novas microrregiões apresentaram depositantes. Observa-se como uma das características mais marcantes desse segundo período o incremento das conexões dentro das macrorregiões, com exceção da região Norte, que não apresentou nenhuma conexão entre as duas únicas microrregiões que tiveram depositantes de copatentes. A região que mais mostrou avanço nesse sentido foi a região Sul, com o aumento de conexões entre regiões não capitais, como é exemplo os casos de Criciúma-Tubarão e Joinville–Rio do Sul. Apesar disso, as três capitais estaduais ainda foram responsáveis por concentrar a maioria das conexões, com destaque para Florianópolis. A região Centro-Oeste e Nordeste apresentaram uma conexão cada, sendo elas formadas por Brasília–Alta Taquari e Natal–Mossoró, respectivamente. O Sudeste, novamente, mostra-se como a região com a maior conectividade entre suas microrregiões do país, com o fortalecimento de conexões já antes relevantes e aparecimento de novas, especialmente entre microrregiões não capitais. Destacam-se a consolidação da conexão Belo Horizonte–Montes Claros, de São Paulo com as microrregiões do Rio de Janeiro, Campinas e Itaipava da Serra, com o aparecimento de novas colaborações substanciais com Limeira e Ribeirão Preto. Ressalta-se nesse período o grande fluxo de colaborações envolvendo as microrregiões de Mogi das Cruzes e Jundiaí, cuja natureza de grande parte das copatentes se baseou no desenvolvimento de equipamentos agrícolas.

É ainda mais notável a evolução das conexões entre as macrorregiões. Além do claro aumento das colaborações desse tipo, evidencia-se o aumento da diversidade dessas conexões, com mais microrregiões estabelecendo copatenteamentos com uma quantidade maior de regiões diferentes. Tal mudança pode ser verificada através da comparação entre as conexões das principais microrregiões com outras macrorregiões no primeiro e no segundo período: São Paulo, de 5 para 6; Rio de Janeiro, de 2 para 5; Brasília, de 2 para 9; Campinas, de 2 para 4. Esse padrão de diversificação também ocorreu com as microrregiões com menos depositantes, especialmente no Sul e no Nordeste. Na região Sul, 5 regiões faziam conexões com outras macrorregiões no primeiro período, ao passo que essa quantidade aumentou para 11 no segundo período. Já no Nordeste, apenas as microrregiões de Salvador e Fortaleza fizeram esse tipo de copatenteamento no primeiro período, enquanto no período 2, um total de 5 microrregiões estabeleceram colaborações com outras regiões.

Observa-se também que houve o estabelecimento de colaborações tecnológicas entre as regiões além do Sudeste, característica essa que não estava presente no período 1998-2005. Esse movimento foi encabeçado pela microrregião de Brasília, que apresentou conexões com o Baixo Curu¹³, no Nordeste, e Florianópolis, Blumenau, Cachoeira do Sul¹⁴ e Londrina, na região Sul. Apesar de ser um movimento pequeno, envolvendo poucas microrregiões, essa diversificação das colaborações entre macrorregiões sugere que, entre 2006-2013, houve a manifestação de um princípio de maior integração nacional relacionado a cocriação de tecnologias. Além disso, essa característica, somada àquelas citadas anteriormente para esse período, indicam a ocorrência de uma paulatina perda de importância relativa da região Sudeste como elemento central da rede, subscrevendo a análise realizada tanto na parte descritiva dos dados espaciais como também na seção destinada à observação dos indicadores SNA globais.

A ilustração 4 e o mapa 11, referentes ao período de 2014-2021, indicam de forma nítida que a estrutura e dinâmica da rede seguem a mesma tendência que já estava se desenhando no período anterior. Assim, é possível entender este último período como um momento de continuidade dos processos vistos anteriormente, com o aprofundamento da diversificação e conectividade.

Observa-se em todas as regiões, com exceção do Norte, uma multiplicação e fortalecimento das conexões dentro da própria macrorregião. Novamente, a região Sul se destacou nesse quesito, com um total de 26 microrregiões fazendo copatenteamento, sendo

¹³ Microrregião vizinha a Natal (RN) cuja cidade mais populosa é São Gonçalo do Amarante

¹⁴ Microrregião localizada na região central do Rio Grande do Sul a cerca de 160 km de Porto Alegre.

Porto Alegre e Curitiba as principais centralizadoras dessas colaborações. O Nordeste também apresentou uma evolução importante na conectividade interna, com 10 microrregiões estabelecendo esse tipo de conexões, com relativa centralização em Salvador, Recife e Fortaleza. No Centro-oeste, esse período foi marcado pelo aparecimento de algumas conexões intra-macrorregionais, especialmente envolvendo a microrregião de Campo Grande e o eixo Brasília – Goiânia. Apesar da evolução das outras regiões, o Sudeste continua apresentando a melhor conectividade interna.

O período 2014-2021 foi marcado pelo aparecimento de diversas conexões envolvendo novas microrregiões e fortalecimento daquelas conexões já tradicionais, marcando ao todo 48 microrregiões com interações internas (dentro das macrorregiões). Destaca-se a manutenção do intenso fluxo de copatenteamento de São Paulo com o Rio de Janeiro, e um aumento da colaboração envolvendo São Paulo e as microrregiões de Osasco e São Carlos. Pela primeira vez ao longo de todo o período analisado, foi estabelecido um fluxo de colaboração de Belo Horizonte com São Paulo e Rio de Janeiro.

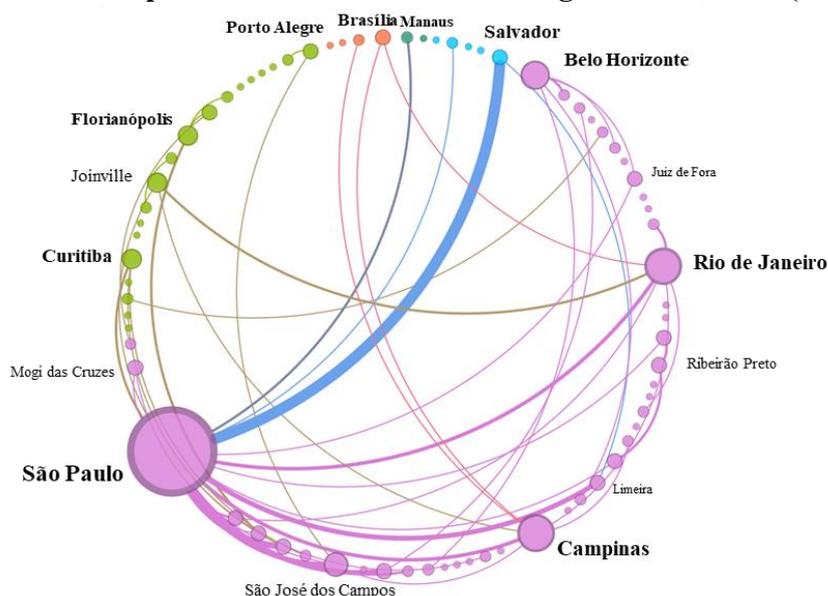
Como preconizado pelos indicadores SNA e a análise descritiva, as colaborações tecnológicas entre macrorregiões também apresentaram grande crescimento, tanto em número absoluto como também em diversidade de conexões. Observa-se nesse período, uma multiplicação de copatenteamentos entre regiões além do Sudeste, especialmente envolvendo microrregiões do Sul e Nordeste. A microrregião de Salvador, por exemplo, apresentou a maior quantidade de copatenteamentos entre as duas regiões, estabelecendo conexões com Curitiba, Londrina, Itajaí e Gramado-Canela. Verifica-se também, uma aproximação da região Norte, especialmente Manaus, com algumas microrregiões nordestinas, como Itapecuru e Fortaleza, e no Sul, com conexões com Porto Alegre. O Centro-Oeste também se destacou positivamente, estabelecendo relações com as regiões Nordeste e Sul.

Entretanto, a região Sudeste ainda continua sendo a grande canalizadora de copatenteamento entre as macrorregiões, com importantes microrregiões de outras regiões do país estabelecendo colaborações com diversas microrregiões do Sudeste: Salvador (10); Curitiba (8); Porto Alegre (7); e Brasília (7). Constata-se também que, apesar de as microrregiões tradicionais como São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro seguirem sendo as principais centralizadoras dessas conexões, observa-se nesse período o aumento tanto da quantidade de microrregiões com colaborações dessa natureza como também da intensidade dessas relações. Destaca-se a conexão entre Salvador e Macaé, que nesse período realizaram 14 copatenteamentos, a maioria envolvendo novas tecnologias para a extração de petróleo. Outras microrregiões que se destacam são Ribeirão Preto, com conexões com o Sul; São José

dos Campos, com intensa colaboração com Salvador; São Carlos com Brasília; e Belo Horizonte com copatenteamentos com Curitiba e Porto Alegre. Quando envolve as colaborações com as regiões que tradicionalmente centralizam as conexões entre as macrorregiões, nota-se o aumento da diversidade das interações, com São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro estabelecendo copatenteamento com diversas microrregiões do Nordeste, Centro-Oeste e Sul. As conexões com o Sul foram particularmente relevantes, com um intenso fluxo colaborativo envolvendo Capinas-Porto Alegre, com 17 copatenteamentos, e interações importante abrangendo as conexões de São Paulo com Porto Alegre e Florianópolis.

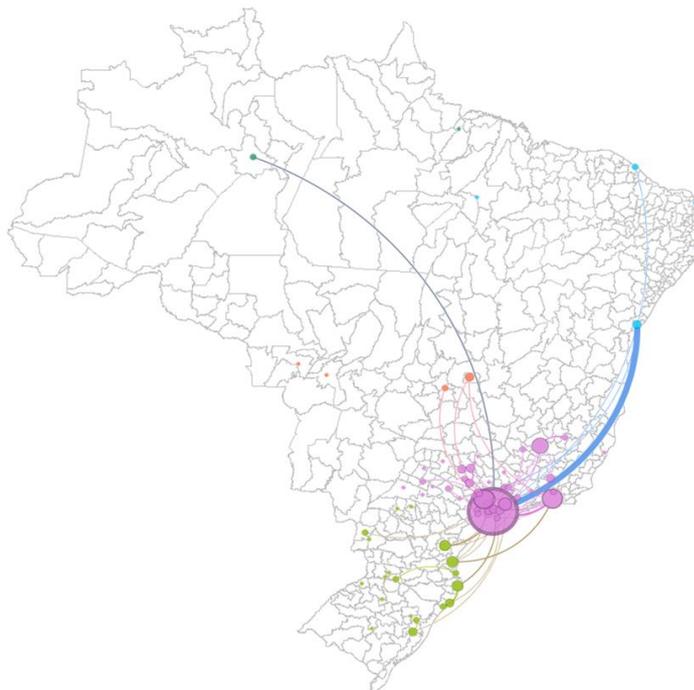
Como panorâmica geral, a observação da rede do período de 2014-2021 reforça o indicativo de perda paulatina, porém ainda tímida, da importância relativa da região Sudeste em favor de outras macrorregiões brasileira. Essa sugestão deriva do aumento, em outras regiões, da quantidade de depositantes - especialmente em microrregiões capitais -, do número de microrregiões envolvidas em copatenteamentos e na quantidade e intensidade das conexões internas (dentro da macrorregião) e externas (entre macrorregiões). Porém, o Sudeste ainda continua sendo a região mais fortemente conectada, com protagonismo de regiões tradicionalmente industrializadas e inovadoras como São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

Ilustração 2: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (1998-2005)



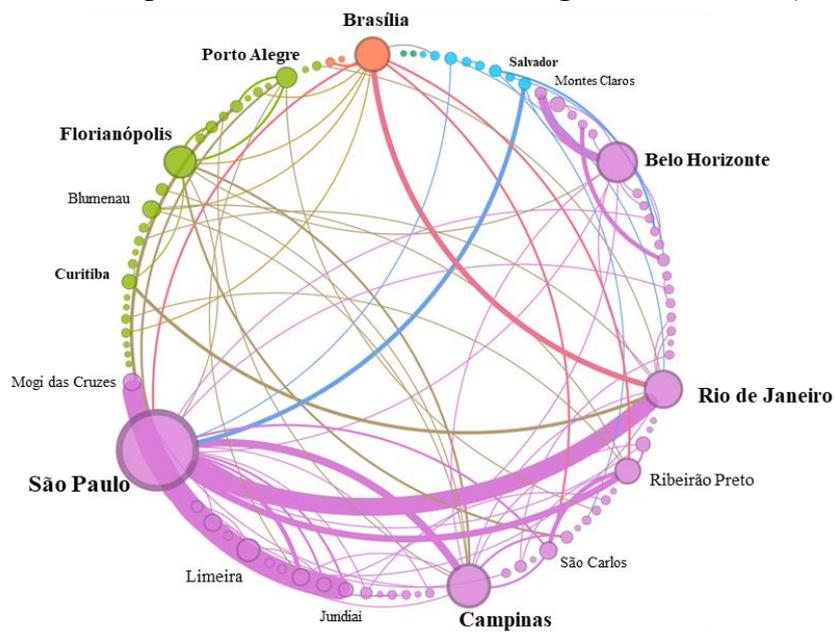
Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 9: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras – disposição territorial (1998-2005)



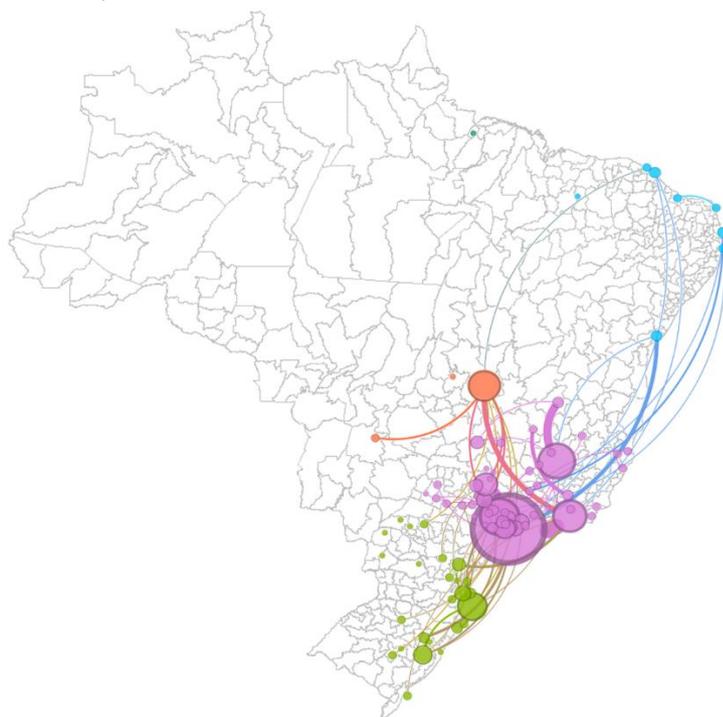
Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Ilustração 3: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (2006-2013)



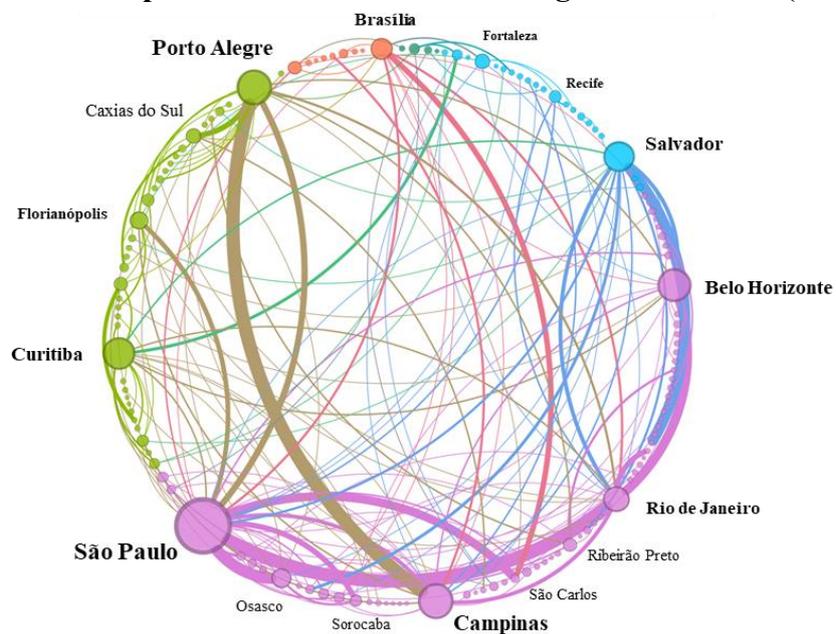
Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 10: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras – disposição territorial (2006-2013)



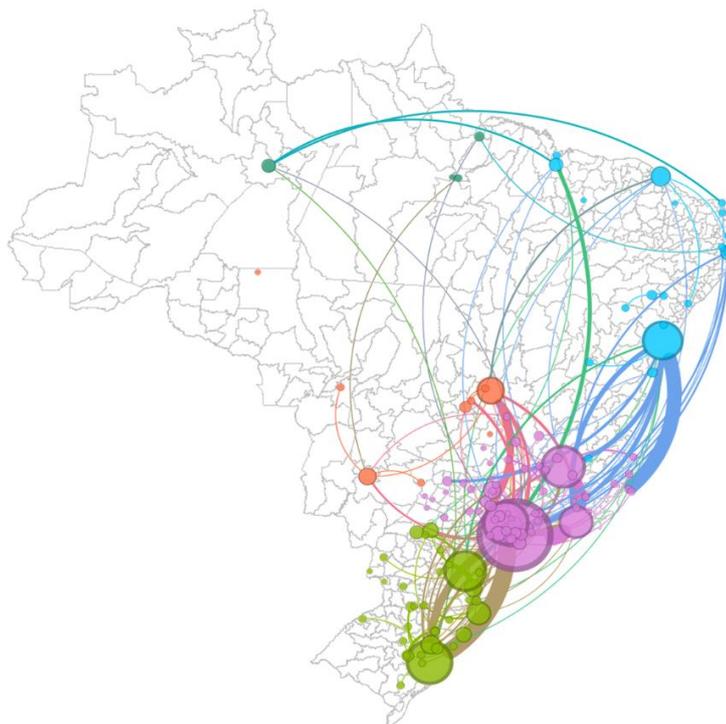
Fonte: BADEPI. Elaboração própria

Ilustração 4: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras (2014-2021)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

Mapa 11: Rede de copatenteamento entre microrregiões brasileiras – disposição territorial (2014-2021)



Fonte: BADEPI. Elaboração própria

Apesar da análise topológica da rede permitir análises valiosas sobre a dinâmica e estrutura das colaborações tecnológicas entre empresas situadas em diferentes microrregiões, uma interpretação mais precisa sobre a posição individual de cada microrregião e a sua decorrente importância na rede, necessita de uma investigação mais minuciosa que leve em consideração indicadores de centralidade locais. A tabela 5 traz uma relação das 10 microrregiões mais relevantes nas classificações de Centralidade de Grau, Centralidade de Intermediação e Centralidade de autovetor para os três períodos de tempos considerados nesse trabalho.

A análise de todos os indicadores de centralidade, de modo geral, confirma a maioria das impressões exploradas na visualização topológica realizada nos parágrafos anteriores. Em relação a Centralidade de Grau, que consiste na contagem da quantidade de arestas conectadas ao nó, uma das primeiras características que podem ser observadas é a forte presença de microrregiões do Sudeste, com 7 microrregiões no primeiro e segundo período e uma diminuição para 5 no terceiro período. Apesar da liderança de São Paulo ao longo de todo o período, ocorreu uma diminuição significativa da diferença relativa de grau em relação às outras microrregiões, de modo que a diferença em 1998-2005 entre São Paulo e o segundo e o último colocado era de 2,33 e 5,25 vezes, respectivamente, ao passo que no último período essa

diferença era de 1,63 e 3,27 vezes, respectivamente. Em relação às macrorregiões, verifica-se que no primeiro período apenas microrregiões do Sul e Sudeste compunham a tabela, ao passo que no segundo, há a introdução de Brasília, e no terceiro, Salvador. Esse conjunto de dados reforçam a sugestão anterior de que houve uma desconcentração regional paulatina dos copatenteamento em detrimento de São Paulo e do Sudeste e em favor do Nordeste, Centro-Oeste e, inclusive, do Sul.

Uma interpretação semelhante pode ser obtida através da visualização da Centralidade de Intermediação, que considera quantas vezes um nó se encontra no caminho entre outros elementos da rede. Observa-se como um primeiro elemento relevante, a diminuição da diferença dos indicadores de São Paulo em relação às outras microrregiões, demonstrando que ao longo do tempo, outras microrregiões ocuparam uma posição intermediária na rede entre uma quantidade maior de microrregiões. Essa observação decorre diretamente do aumento da diversidade de microrregiões conectadas entre si, tal como foi observado na visualização topológica. Entretanto, é notável que a microrregião de São Paulo conservou, assim como na Centralização de Grau, o seu papel central na estrutura da atividade de copatenteamentos do país, com um crescimento constante do indicador de Centralização de Intermediação, indicando que a microrregião preservou seu dinamismo tecnológico ao longo do tempo.

Os indicadores de Centralidade de Autovetor, que leva em consideração a quantidade de nós conectados e a centralidade desses nós, reforçam ainda mais as interpretações anteriores. A microrregião de São Paulo aparece em todos os períodos com a maior centralidade. Apesar disso, percebe-se um movimento semelhante aos outros indicadores de diminuição da diferença entre o primeiro colocado e o restante das microrregiões selecionadas, denotando um movimento de aumento da importância relativa de outras centralidades na rede brasileira de copatenteamento. Ademais, nota-se claramente a forte presença da região Sudeste em todos os períodos, com microrregiões como São José dos Campos, Itapeccerica da Serra, Mogi das Cruzes aparecendo especialmente pela intensidade das colaborações com São Paulo. Observa-se também a entrada de microrregiões ao longo do tempo, como são exemplos Brasília e Florianópolis no segundo período, e Salvador e Fortaleza no período seguinte.

Tabela 5: As 10 microrregiões mais importantes em cada classificação de centralização

1998-2005		2006-2013		2014-2021	
Microrregião	Grau	Microrregião	Grau	Microrregião	Grau
São Paulo	21	São Paulo	28	São paulo	36
Rio de Janeiro	9	Campinas	15	Porto Alegre	22
Campinas	9	Belo Horizonte	14	Campinas	22
Belo Horizonte	7	Rio de Janeiro	13	Belo Horizonte	21
São José dos Campos	6	Brasília	12	Curitiba	20
Joinville	5	Florianópolis	11	Salvador	19
Florianópolis	5	Ribeirão Preto	9	Rio de janeiro	16
Curitiba	5	Osasco	8	Brasília	13
Jundiaí	4	São José dos Campos	7	Osasco	12
Osasco	4	Porto Alegre	7	Florianópolis	11
1998-2005		2006-2013		2014-2021	
Microrregião	Intermediação	Microrregião	Intermediação	Microrregião	Intermediação
São Paulo	610,67	São Paulo	964,22	São Paulo	2192,55
Juiz de Fora	165,00	Belo Horizonte	401,47	Porto Alegre	1021,18
Belo Horizonte	142,00	Rio de Janeiro	349,37	Belo Horizonte	945,71
Guarulhos	136,00	Brasília	279,67	Curitiba	941,39
Florianópolis	107,00	Campinas	249,22	Salvador	762,69
Campinas	96,17	Florianópolis	236,07	Campinas	746,04
Rio de Janeiro	89,83	Ribeirão Preto	184,83	Osasco	429,65
São José dos Campos	73,83	São José dos Campos	117,00	Campo grande	402,00
Porto Alegre	37,00	Porto Alegre	66,53	Rio de janeiro	385,54
Curitiba	37,00	Blumenau	63,22	Ribeirão Preto	316,97
1998-2005		2006-2013		2014-2021	
Microrregião	Autovetor	Microrregião	Autovetor	Microrregião	Autovetor
São Paulo	1,00	São Paulo	1,00	São Paulo	1,00
Campinas	0,51	Campinas	0,65	Campinas	0,79
Rio de Janeiro	0,50	Belo Horizonte	0,49	Rio de janeiro	0,65
Joinville	0,40	Florianópolis	0,48	Belo Horizonte	0,62
São José dos Campos	0,37	Brasília	0,44	Salvador	0,59
Itapecerica da Serra	0,30	Osasco	0,36	Curitiba	0,57
Mogi das Cruzes	0,27	São Carlos	0,35	Brasília	0,50
Curitiba	0,26	Ribeirão preto	0,33	Osasco	0,49
Osasco	0,25	Mogi das Cruzes	0,31	Florianópolis	0,42
Salvador	0,25	São José dos Campos	0,29	Fortaleza	0,32

Fonte: BADEPI. Elaboração própria.

De modo geral, portanto, verifica-se que análise dos indicadores e da topologia da rede, além de reforçar algumas sugestões já apresentadas na parte destinada a análise descritiva dos dados espaciais, contribui para o entendimento mais amplo das macrotendências da rede de colaboração tecnológica no Brasil. Tais macrotendências sugerem um processo paulatino de perda de importância relativa das microrregiões do Sudeste em favor de outras localidades, indicando que pode existir um processo de *catching-up* tecnológico de regiões menos tradicionais. Apesar disso, a região Sudeste - especialmente a microrregião de São Paulo - ainda desempenha papel fundamental no Sistema Nacional de Inovação nos termos de colaboração

tecnológica entre empresas. Ademais, constata-se também um aumento bastante relevante da conectividade entre microrregiões envolvidas em copatenteamentos, com a inclusão de novos nós à rede e o aumento da quantidade e diversidade das conexões estabelecidas pelas microrregiões, especialmente entre aquelas menos tradicionais em termos de industrialização.

5.3. Considerações sobre os resultados

A partir dos resultados obtidos, é imprescindível que se explore com maior profundidade os principais resultados da pesquisa assim como as suas principais contribuições para a literatura econômica voltada ao desenvolvimento e ao Sistema Nacional de Inovação. Para tanto, será realizado nessa seção uma recapitulação geral dos principais elementos e características encontradas a partir da investigação da rede brasileira de copatenteamento e a discussão acerca do tema será estendida com a indicação das tendências mais relevantes no contexto da colaboração tecnológica entre firmas nacionais e a comparação dessas informações com a literatura nacional e internacional referente ao tema.

O primeiro aspecto que se destaca entre os principais resultados da pesquisa é o crescimento progressivo e robusto da atividade de copatenteamento entre empresas brasileiras, com o aumento tanto dos depositantes (183%) como também das copatentes (150%) entre 1998 e 2021. Tal crescimento é significativamente superior ao crescimento dos depósitos de patentes no Brasil que, segundo Ramos e Sartori (2023) foi da ordem de 73,5% entre 2000 e 2019 – nesse mesmo período as copatentes multiplicaram-se em mais de três vezes (214%). Essa diferença sugere que os copatenteamentos não só cresceram por influência direta do aumento geral de depósito de patentes, mas que a colaboração tecnológica entre as empresas efetivamente aumentou ao longo do período analisado. Além disso, o incremento da quantidade de depositantes em ordem superior ao crescimento das copatentes não só reforça esse argumento como também indica que existe uma tendência de as empresas coinovarem com um número maior de empresas para o desenvolvimento de uma tecnologia específica. Essa percepção é corroborada pelo aumento expressivo da quantidade de arestas, isto é, do número de conexões estabelecidas entre microrregiões com presença de depositantes.

É possível apontar possíveis explicações que potencialmente influenciaram no crescimento da atividade colaborativa. Um primeiro argumento que precisa ser considerado são as alterações regulatórias e legais que ganharam força ao longo das últimas duas décadas. Segundo Júnior et al. (2021) uma das mudanças mais importantes nesse sentido se deu com a promulgação da chamada Lei de Inovação Brasileira (Lei nº 10.973 de 2004), que teve como

principal objetivo estabelecer diretrizes legais que estimulassem ambientes especializados e cooperativos de pesquisas, com a criação instrumentos jurídicos definidos que assegurassem a colaboração tecnológica – e as suas respectivas trocas de informações) entre ICTs (Instituições de Ciência e Tecnologia) e empresas privadas de todos os setores. Fujino e Stal (2004) reforçam essa que essa lei foi o ponto de inflexão para a relação colaborativa entre setor público – representado pelas universidades e institutos de pesquisa - e privado – representado pelo conjunto de empresas privadas. Apesar de a Lei da inovação ser focada na colaboração público-privada, cuja abordagem não foi tratada neste trabalho, os Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) das universidades públicas – cuja obrigatoriedade foi estabelecida por esta lei – passaram a ter um papel crescente de *hubs* de inovação, onde diversas empresas com apetite de inovação se reúnem em torno do corpo acadêmico. Nesse sentido, os NITs podem ter tido um papel importante nesse processo de aumento dos copatenteamento à medida que estabeleceram conexões entre empresas cujas necessidades de inovação eram compatíveis.

Ainda de acordo com Júnior et al. (2021), a Lei da Inovação incentivou a criação de leis estaduais especificamente focadas no fomento da inovação, que levavam em conta as particularidades, desafios e oportunidades de cada região. Esse foi o caso de Santa Catarina (Lei de Inovação Tecnológica - Lei nº 14.328, de 15 de janeiro de 2008), São Paulo (Lei nº 1.049, de 19 de junho de 2008), Rio de Janeiro (Lei nº 5.361, de 29 de dezembro de 2008), Rio Grande do Sul (Lei nº 13.196, de 13 de julho de 2009), Paraná (Lei nº 17.314, de 24 de setembro de 2012), entre outros Estados.

Juntamente a promulgação da maioria das leis e decretos citados acima, voltados a incentivar a inovação e a colaboração tecnológica, foram incluídos dispositivos de financiamento governamental - muitas vezes indireto, via isenção fiscal – visando a expansão das áreas de P&D das empresas. Contemporaneamente, a Lei do Bem (Lei 11.196, de 2005) se destacou por dispor sobre a concessão de benefícios fiscais a empresas que realizassem investimentos em PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) com o objetivo de desenvolver novas tecnologias.

Os dois argumentos acima encontram similaridade com a experiência internacional, especialmente na União Europeia com os chamados *Frameworks Programmes*. Esse projeto estabeleceu uma melhora do ambiente institucional pan-europeu, com a introdução de mecanismos de financiamento estatal (diretos e indiretos) e harmonização dos diferentes Sistemas Nacionais de Inovação do bloco, criando assim um ambiente mais propício para a colaboração tecnológica em termos de Pesquisa Científica, projetos e copatenteamentos, como mostra os estudos de Scherngell (2013) e Lata et al. (2015).

O terceiro argumento que é possível considerar diz respeito a necessidade crescente de cooperação entre os agentes para a elaboração de novas tecnologias, uma vez que o desenvolvimento de novos produtos ou processos se tornam mais complexos ao longo do tempo (Nelson, 2018; Nelson, 2011; Chaminade e Vang, 2008; Freeman, 1995). Nesse cenário, empresas tendem a colaborar com o objetivo de completar a lacuna de capacitações, habilidades, conhecimentos e informações necessários para a criação de tecnologias mercadologicamente relevantes (Cuervo-Cazurra et al., 2008). Dessa forma, portanto, o aumento da complexidade tecnológica das novas inovações pode representar um dos fatores que impulsionaram o aumento de copatenteamentos observados neste estudo. É bem verdade que, dado o período curto dos dados analisados, esse componente tende a ser menos significativo que os outros dois motivos mencionados acima, porém a sua influência não pode ser omitida, uma vez que a literatura reconhece que a inovação é intrinsecamente um processo colaborativo com a troca de conhecimentos tácitos – como já elaborado anteriormente na seção destinada a revisão bibliográfica.

A segunda particularidade trazida pelos dados e indicadores apresentados é o nítido e significativo processo de desconcentração dos copatenteamentos pelo território brasileiro ao longo de todo o período abordado. Essa percepção foi sinalizada tanto pela análise descritiva da distribuição espacial dos depositantes como também pela análise da rede de copatenteamento, ambas indicando claro aumento da participação de microrregiões fora do eixo tradicional de industrialização – região Sudeste e Sul - no total de colaborações tecnológicas. Foi observado que as regiões Nordeste e Centro-Oeste se destacaram em termos de ganho de relevância na rede de copatenteamentos nacionais, especialmente as capitais de cada estado. Mesmo nas regiões Sudeste e Sul, viu-se um aumento da quantidade de microrregiões do interior dos estados, que inicialmente não realizavam copatenteamento, estabelecendo conexões de colaboração nos períodos seguintes (2006-2013 e 2014-2021). Esse processo de desconcentração também pode ser observado através dos dados de centralidade. Nos três indicadores utilizados (Grau, Intermediação e Autovetor), é evidenciado que, enquanto no primeiro período praticamente todas as 10 microrregiões com maior centralidade pertenciam às regiões Sudeste e Sul, ao longo do segundo e terceiro período ocorre o surgimento de destaques no Centro-Oeste (Brasília e Campo Grande) e Nordeste (Salvador). Além disso, fica claro que a distância entre o primeiro colocado – representado pela microrregião de São Paulo em todos os indicadores de centralidade e em todos os períodos – e o restante das regiões diminui de forma paulatina ao longo dos três períodos analisados, evidenciando um processo de

aumento da homogeneização da atividade de copatenteamento entre as principais microrregiões brasileiras.

Esse processo de desconcentração espacial de copatenteamentos não é um fenômeno exclusivo do caso brasileiro. Fang e Akyiama (2023) observaram que, entre 2001 e 2013, o ecossistema de copatenteamentos chinês se tornou mais descentralizado. Scherngell et al. (2020) constatou padrão semelhante em nível global em termos de colaboração tecnológica internacional no segmento de ICT (*Information and communication technology*). Em estudo mais recente, Scherngell et al. (2023) observaram o mesmo fenômeno em nível global para as colaborações em P&D envolvendo o setor de robótica. Porém, é importante salientar que a ocorrência de um processo de desconcentração tecnológica e colaborativa é resultado direto de um conjunto de fatores específicos e particulares de cada região ou país, podendo englobar aspectos macro e microeconômicos, culturais, sociais, políticos etc. Dessa forma, não é possível estabelecer equivalência em termos de causalidade entre o caso Brasileiro e internacional sem antes serem feitas as ponderações e análises pertinentes a cada uma das regiões, cuja pesquisa, apesar de muito relevante, foge ao escopo deste trabalho.

Vale destacar que, apesar de ter sido observado um processo paulatino de desconcentração, a atividade de copatenteamento ainda continua sendo muito concentrada nas regiões mais industrializadas da região Sul e Sudeste, especialmente nas capitais. Como indicado anteriormente, essa característica da distribuição espacial não surpreende, uma vez que, como visto no primeiro capítulo, a literatura da Geografia da Inovação preconiza a concentração geográfica da inovação, com vastas evidências empíricas a partir de diversas metodologias de mensuração da geração de conhecimento (projetos, publicações e patentes). Em relação às patentes – e copatentes – especificamente, Araújo, Gonçalves e Taveira (2018) apontaram que existe a tendência de as patentes terem correlação positiva com a localização geográfica das empresas, especialmente do segmento industrial. Além disso, estudos internacionais sobre as redes de copatenteamento da Europa (Lata et al., 2015; Maggioni e Uberti, 2005), EUA (Lata et al., 2017) e China (Fang e Akiyama, 2023), indicam padrão de concentração semelhante ao brasileiro.

Uma possível explicação de parte do fenômeno de desconcentração dos copatenteamentos é o processo progressivo de desconcentração da atividade industrial em processo no Brasil desde pelo menos a década de 1980, com aumento significativo dessa tendência ao longo das últimas duas décadas (Diniz, 1993; Pacheco, 1996; Prates et al., 2016; Abdal, 2017; Azzoni, 1986; Cleps, 2003; Coto, 2021).

O terceiro aspecto salientado pela análise dos dados diz respeito à dinâmica da integração intra e interregional em termos de colaborações tecnológicas ao longo de todo o período analisado. Evidencia-se como primeiro aspecto o crescimento significativo da quantidade de conexões estabelecidas entre microrregiões diferentes em detrimento daquelas colaborações realizadas entre empresas localizadas na mesma microrregião – definidas como *autoloops*. Além do aumento da participação das conexões interregionais no total de copatenteamento – passando de 30,49 % no primeiro período para 45,58% no terceiro período - os indicadores SNA também reforçaram essa constatação: o aumento do grau médio evidenciou que as microrregiões, em média, estabeleceram conexões colaborativas com mais microrregiões ao longo do tempo; e o crescimento do *clustering* indica que houve aumento de conexões mútuas envolvendo pelo menos três microrregiões distintas. Esse processo sugere que as empresas estão preferindo buscar parceiros mais distantes geograficamente para realizar inovação.

Além disso, foi identificado através da observação topológica da rede que houve crescimento das conexões entre microrregiões pertencentes a uma mesma macrorregião. Entre 1998 e 2013 era clara a tendência de as microrregiões brasileiras estabelecerem exclusivamente conexões com microrregiões da região Sudeste, especialmente São Paulo, Rio de Janeiro e Campinas. Até a região Sul, a segunda maior em número de depositantes e copatenteamentos, possuía uma quantidade superior de conexões com outras macrorregiões em comparação com as conexões envolvendo suas próprias microrregiões. Entretanto, no último período, de 2014 a 2021, observou-se que houve um crescimento muito significativo de microrregiões pertencentes à mesma macrorregião que estabeleceram copatenteamentos entre si, com destaque para as regiões Sul, Centro-Oeste e Nordeste. Esse aspecto, de modo geral, demonstra um processo de aumento da integração tecnológica e colaborativa entre empresas localizadas em microrregiões mais próximas geograficamente.

Diversos estudos internacionais [ver Maggioni e Uberti, 2005; Lata et al., 2015; e Maggioni e Uberti, 2008] que tentaram verificar quais elementos impactavam negativa ou positivamente a probabilidade de duas empresas estabelecerem relações de colaboração tecnológica, demonstraram que a distância geográfica impacta de forma significativamente negativa a probabilidade de as partes realizarem copatenteamentos. Segundo os autores, isso pode ser explicado pela necessidade de contato face-a-face – para a troca de conhecimentos tácitos – para a atividade de P&D. Nesse sentido, a característica dos dois primeiros períodos (1998-2005 e 2006-2013) se mostra bastante contraintuitiva e oposta ao que é esperado, uma vez que ao longo desses intervalos muitas empresas estabeleciam conexões com empresas

localizadas em microrregiões geograficamente distantes, especialmente de outras macrorregiões com a região Sudeste. Pode-se estabelecer duas possíveis explicações para esse fenômeno. A primeira diz respeito à própria concentração dos depositantes, ou seja, como a maioria das empresas inovadoras se localizavam na região Sudeste, é esperado que empresas de outras regiões procurem empresas do Sudeste para a realização de P&D conjunto. E a segunda se refere a uma possível concentração na região Sudeste de empresas com capacitações e tecnologias específicas que justificam a procura por empresas de outras regiões. Para a confirmação da última hipótese seria necessário avaliar qualitativamente a rede para verificar se há uma maior ocorrência de um tipo particular de colaboração ou tecnologia.

Ademais, no período 2014-2021 também é perceptível o incremento das interconexões entre macrorregiões além da região Sudeste, isto é, envolvendo as macrorregiões do Sul, Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Essa característica, quase inexistente nos períodos anteriores, demonstra que houve certa diversificação das relações de colaboração tecnológica, com menor protagonismo das empresas do Sudeste. A diminuição da Assortatividade de grau corrobora com essa constatação, indicando que houve uma tendência crescente de *nós* de graus (quantidade de conexões) diferentes se conectarem entre si, mostrando uma propensão menor dos novos *nós* se conectarem apenas a microrregiões de alta centralidade – que muitas vezes eram concentradas no Sul e Sudeste.

De modo geral, a partir dos três aspectos citados acima – aumento da atividade colaborativa, desconcentração dos depositantes e dos copatenteamentos, e diversificação das conexões – é possível constatar que a rede de colaboração tecnológica passou por um processo importante e relevante de amadurecimento. Tal evolução sugere que nos últimos 24 anos, o Sistema Nacional de Inovação brasileiro se tornou mais robusto do ponto de vista das interações e cooperações empresa-empresa, aproximando-se da estrutura vista em países econômica e tecnologicamente mais avançados. Apesar disso, ainda é significativa a distância que separa o Brasil do resto do mundo desenvolvido, tendo em vista não só a baixa participação do Brasil nos depósitos de patentes globais – 1% em 2019 (Ramos e Sartori, 2023) – como também pela pequena participação de copatentes entre empresas residentes no total de patentes gerais – 0,28% entre 1998 e 2021.

5. CONCLUSÃO

Desde os primórdios da teoria econômica o progresso tecnológico e a inovação são entendidos como elementos basilares para o avanço e desenvolvimento econômico. A partir do início do século XX, essa relação começou a ser explorada de forma mais sistemática e intensa tanto pela ortodoxia como pela heterodoxia econômica, sendo estudada por importantes autores como Joseph Schumpeter, Simon Kusnetz, Josef Steindl, Edith Penrose, Robert Solow e Moses Abramovitz.

Nas décadas de 1980 e 1990 ocorre um impulso de pesquisas relacionando a atividade inovativa ao crescimento e desenvolvimento econômico. No campo ortodoxo, Paul Romer e Bart Verspagen se destacam por introduzir à “Nova teoria do crescimento” a ideia de endogeneidade do progresso técnico. Na arena heterodoxa, autores Neo-schumpeteriano – ou Evolucionistas - expandiram os conceitos elaborados por Schumpeter para investigar a geração e difusão das inovações a partir de uma perspectiva evolutiva da economia. Esses autores introduziram a perspectiva de que a inovação era resultado direto de complexos processos relacionais e interativos entre os diversos agentes que compõe uma determinada economia. Dessa ideia derivou a abordagem do Sistema Nacional de Inovação (SNI), cuja estrutura é caracterizada pela existência de diversas instituições que contribuem com a inovação nas empresas. No cerne dessas interrelações, está a formação de redes de colaboração e comunicação entre empresas, consumidores, universidades e institutos de pesquisa, nas quais há uma intensa e sistemática troca de conhecimentos e informações com o objetivo de gerar inovações. A dinâmica e maturidade do SNI – medida em termos de complexidade e integração entre os agentes – dita a trajetória tecnológica de uma economia, influenciando diretamente na sua capacidade de se desenvolver e competir no mercado internacional.

Quando se aplica tal perspectiva à realidade brasileira, é possível verificar que o SNI do Brasil ainda é de pequena dimensão e pode ser classificado como de baixa maturidade. Segundo Albuquerque (1996, 2000) e Viotti (2001), o país apresenta profunda deficiência na capacidade de inovar, apresentando ineficiências sistêmicas, baixo envolvimento do setor privado na atividade de inovação, baixa produção científica, e dificuldade em estabelecer vínculos duradouros de colaboração tecnológica entre os diferentes agentes que compõem a economia. Cruz e Mello (2006) destacam que houve avanços importantes na construção de um SNI mais robusto nos últimos anos, com aumento significativo na quantidade de publicações e colaborações tecnológicas, mas o país ainda demonstra atrasos relevantes em relação aos países centrais. Para Cunha et al. (2009), essa situação prejudica profundamente o avanço tecnológico

e industrial do Brasil, retardando o processo de desenvolvimento econômico e *catching-up* em relação as economias desenvolvidas, sendo necessário, portanto, empreender esforços no sentido de promover um melhor ambiente institucional que incentive a construção de redes e conexões organizacionais com o objetivo de coinnovar.

Diante de tal problemática, o presente estudo objetivou analisar a formação, estrutura, características e dinâmica das redes de colaboração tecnológica especificamente entre as empresas brasileiras de um ponto de vista espaço-temporal entre os anos de 1998 e 2021. Para tanto, foram utilizados os dados de copatenteamento da Base de Dados de Propriedade Intelectual (BADEPI), e as informações foram agrupadas pelas 558 microrregiões brasileiras. Foi empregado inicialmente uma abordagem descritiva, com a elaboração de mapas, gráficos e tabelas para o mapeamento da dispersão das copatentes pelo território. Métodos de análise como Curva de Lorenz e Índice de Gini foram usados para identificar a concentração espacial dos copatenteamentos; e o método de *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) foi aplicado para identificação de pontos focais (*hotspots*). Em um segundo momento, foi construída a rede de copatenteamentos em si, onde foram utilizados recursos gráficos, como mapas e ilustrações, para facilitar a visualização das conexões. Além disso, empregou-se diversas medidas, baseadas na literatura do *Social Network Analysis* (SNA) para o cálculo de diferentes parâmetros a fim de identificar diversas características quantitativas e qualitativas sobre a rede de colaboração tecnológica.

Os resultados mostram um crescimento expressivo e paulatino da atividade de colaboração tecnológica entre as empresas brasileiras ao longo de todo o período analisado, com aumento relevante da complexidade e diversidade dessas conexões. De modo geral, é possível apontar sete aspectos importantes destacados pelo trabalho. Primeiro, houve um aumento da quantidade de copatenteamentos em uma ordem superior ao crescimento dos patenteamentos gerais, o que demonstra uma tendência progressiva de maior participação dos copatenteamento na criação de tecnologias.

Segundo, o crescimento do número de depositantes envolvidos em colaborações tecnológicas aumentou em ritmo superior ao incremento dos copatenteamento – 183% contra 150% - indicando que as empresas apresentaram uma tendência de procurar mais parceiros para o desenvolvimento de uma patente tecnológica.

Terceiro, observou-se um nítido e relevante processo de desconcentração espacial dos copatenteamentos, como indicado pela visualização da dispersão dos copatenteamentos pelo território brasileiro e pelo índice de Gini, que evoluiu de 0,942 no primeiro período (1998-2005) para 0,905 no último período (2014-2021). Essa desconcentração foi causada

principalmente pelo aumento da participação de microrregiões fora do eixo tradicional de industrialização – representado pela região Sul e Sudeste – no total de copatenteamento, sendo os maiores beneficiados as macrorregiões do Nordeste e Centro-Oeste.

Quarto, em relação aos diferentes indicadores de centralidade (Grau, Intermediação e Autovetor), observou-se não só a entrada de microrregiões do Centro-Oeste (Brasília e Campo Grande) e Nordeste (Salvador) como também foi verificado uma diminuição da disparidade de todas as medidas entre as dez microrregiões mais bem colocadas. Isso sugere um processo de homogeneização da atividade de copatenteamento, com um maior nivelamento do protagonismo de cada uma das principais microrregiões dentro da rede brasileira de co-inovação.

Quinto, verificou-se o aumento das conexões entre empresas localizadas em microrregiões diferentes em detrimento das colaborações realizadas entre empresas pertencentes à mesma microrregião. Entre o primeiro e último período analisado, a participação das conexões inter-regionais (entre duas microrregiões diferentes) aumentou de 30,49% para 45,58%, indicando que as empresas, de modo geral, estão buscando parceiros tecnológicos mais distantes geograficamente do que antes.

Sexto, constatou-se o crescimento das conexões estabelecidas entre microrregiões pertencentes a mesma macrorregião, especialmente na região Sul, Nordeste e Centro-Oeste. Entre 1998-2013, observava-se que as microrregiões fora da região Sudeste tendiam a se conectar majoritariamente com microrregiões do Sudeste, especialmente São Paulo, ao passo que no terceiro período, foi verificado que as empresas tinham estabelecido conexões com uma quantidade maior de empresas localizadas na mesma macrorregião. Esse aspecto, além de indicar que as empresas começaram a realizar copatenteamentos com firmas mais geograficamente próximas – algo preconizado pela geografia da inovação – pode também sugerir que as competências buscadas pelas empresas para inovar podem estar espacialmente mais desconcentradas.

Sétimo, foi observado o incremento das interconexões estabelecidas entre as macrorregiões do Sul, Centro-Oeste e Nordeste. Enquanto entre 1998 e 2013, todas as microrregiões tendiam a coinnovar com microrregiões do Sudeste, verificou-se que entre 2014 e 2021 houve um aumento de copatenteamentos entre as microrregiões de outras macrorregiões brasileiras, especialmente entre o Sul, Centro-Oeste e Nordeste. Essa observação reforça a sugestão de que as firmas com as competências buscadas por outras empresas para a realização de colaborações tecnológicas estão geograficamente mais dispersas pelo território.

Dessa forma, pode-se concluir que, pela perspectiva dos copatenteamentos, houve, em termos gerais, uma melhora significativa nos últimos anos de dois principais aspectos que se destacam entre todas as características observadas: a quantidade de colaborações tecnológicas e a diversidade dessas conexões, com uma maior participação de outras regiões além do Sul e Sudeste na atividade de copatenteamento. Esse entendimento indica que, do ponto de vista das interações colaborativas empresa-empresa, o SNI brasileiro se tornou mais maduro e robusto ao longo dos últimos 24 anos.

Nesse sentido, os resultados do presente trabalho potencialmente contribuem para um maior entendimento de cinco principais aspectos sobre a rede de copatenteamento empresa-empresa no Brasil a partir de uma perspectiva espaço-temporal: 1) a evolução e estado atual das colaborações tecnológicas, incluindo a quantidade de copatenteamentos e depositantes; 2) o padrão da dispersão espacial dos depositantes; 3) Concentração geográfica e os hotspots da atividade de copatenteamento; 4) estrutura e padrão da rede de copatenteamento brasileira; 5) Centralidade e protagonismo de cada região na rede de copatenteamentos.

Esse estudo apresenta algumas limitações do ponto de vista tanto analítico como metodológico. O primeiro aspecto que pode ser apontado é a escolha pela utilização apenas dos dados de copatenteamento como uma aproximação das atividades de colaboração tecnológica. Apesar de ser uma técnica amplamente difundida em pesquisas semelhantes, os dados de patenteamento não são capazes de captar a totalidade da atividade de inovação das empresas. Nesse sentido, outras informações como copublicações poderiam trazer mais luz à questão da colaboração tecnológica, apesar de os dados dessa natureza serem bastante escassos no Brasil.

Outra limitação do estudo se refere a ausência de informações completas das patentes na base de dados da BADEPI. Apesar de ser bastante ampla, a base apresenta uma quantidade relevante de patentes que não possuem informações cruciais para a análise proposta neste estudo, tais como CEP, informação sobre CNPJ ou CPF, data de depósito e país de origem, o que prejudicou marginalmente os resultados.

Ademais, o presente estudo, por abordar um aspecto específico do universo de elementos e temas que compõem fundamentalmente o SNI – colaborações tecnológicas empresa-empresa -, deixa em aberto diversas possibilidades de pesquisa futura. Um primeiro aspecto que pode ser explorado se refere a análise da rede de copatenteamento por campo tecnológico, categorizado pela Classificação Internacional de Patentes (IPC). Essa abordagem do tema oportuniza realizar observações relevantes sobre as colaborações tecnológicas do ponto de vista estritamente setorial, permitindo investigar, por exemplo, quais setores

tecnológicos têm maior propensão a estabelecer interações cooperativas com empresas de mesmo e diferente perfil tecnológico.

Outra perspectiva que pode ser explorada em estudos futuros é a das relações de colaboração entre empresas brasileiras e estrangeiras a partir de uma perspectiva espaço-temporal. Tal aproximação permite observar a estrutura, o padrão e a evolução das interações inovativas entre o Brasil e outros países. Em última análise, isso cria oportunidades para analisar como as empresas nacionais adquirem tecnologias, conhecimentos e capacidades de a partir da interação com empresas localizadas internacionalmente.

O estudo apresenta um conjunto de informações que podem auxiliar na elaboração de políticas públicas que visem expandir e consolidar o SNI brasileiro, especialmente de uma perspectiva de interações colaborativas entre empresas. Tais políticas públicas pró-colaboração podem ser pensadas a partir de três principais perspectivas, sendo elas: 1) Financeira, com a elaboração de programas de financiamento, isenção tributária e de transferência de fundos (direto e indireto) para projetos de inovação que envolvam dois ou mais atores, condicionados a determinados objetivos e resultados; 2) Absorção Tecnológica, com a criação de estímulos à projetos, pesquisas e publicações que envolvam a transferência de tecnologia de organizações estrangeiras para empresas nacionais – presumindo que parte relevante das colaborações tecnológicas envolvem empresas localizadas em diferentes países; 3) Ambiente colaborativo, a partir do fomento à formação de hubs de inovação – tais como centros de pesquisa – com a participação de empresas de elevado dinamismo tecnológico e inovativo – desde startups até grandes empresas -, de modo a facilitar a interação entre os agentes.

BIBLIOGRAFIA

- ABDAL, Alexandre. **Desenvolvimento regional no Brasil contemporâneo: Para uma qualificação do debate sobre desconcentração industrial.** Novos Estudos – CEBRAP, vol. 36, n° 2, pág. 107-126, 2017.
- ABRAMOVITZ, M. *Resources and Output Trends in the United States since 1870.* In: ROSENBERG, N. (Ed.). *The economics of technological change.* United Kingdom: Penguin Books, pág. 320-343, [1956]1971.
- ALBUQUERQUE, E. **Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre ciência e a tecnologia.** Revista de Economia Política, vol. 16, n° 3 (63), pp. 387-404, 1996.
- ALBUQUERQUE, E. **Patentes domésticas: avaliando estatísticas internacionais para localizar o caso brasileiro.** Ensaios FEE, Porto Alegre, vol. 21, n° 1, pág. 119-143, 2000.
- ALBUQUERQUE, E. M.; SIMÕES, R.; BAESSA, A.; CAMPOLINA, B.; SILVA, L. **A Distribuição Espacial da Produção Científica e Tecnológica Brasileira: uma Descrição de Estatísticas de Produção Local de Patentes e Artigos Científicos.** Revista Brasileira de Inovação, Vol. 1, n° 2, pág. 225-251, 2002.
- ALMEIDA, P.; KOGUT, B. 1997. *The exploration of technological diversity and the geographic localization of innovation.* *Small Business Economics*, vol. 9, pág. 21–31, 1997.
- AMOROSO, S.; COAD, A.; GRASSANO, N. *European R&D networks: a snapshot from the 7th EU Framework Programme.* *JRC Working Papers on Corporate R&D and Innovation*, n° 05, 2017
- ANSELIN, Luc. *Local Indicators of Spatial Association - LISA.* *Geographical Analysis*, Ohio State University Press, Vol. 27, N° 2, 1995
- ARAÚJO, V. C.; GARCIA, R. **Transbordamentos locais de conhecimento por meio de contatos informais: uma análise a partir do sistema local de indústrias TIC de Campinas.** Revista Brasileira de Inovação, Campinas (SP), vol. 12, N° 1, pág. 105-132, 2013.
- ARAÚJO, I. F.; GOLÇALVES, E.; TAVEIRA, J. *The Role of Patent Co-inventorship Networks in Regional Inventive Performance.* *International Regional Science Review*, vol. 42 (3-4), pág. 235-280, 2018.
- BARABÁSI, AL., OLTVAI, Z. *Network biology: understanding the cell's functional organization.* *Nature Reviews Genetics*, vol. 5, pág. 101–113, 2004.
- BARABÁSI, AL., GULBAHCE, N. & LOSCALZO, J. *Network medicine: a network-based approach to human disease.* *Nature Reviews Genetics*, vol. 12, pág. 56–68, 2011.

- BORGATTI, S. P.; MEHRA, A.; BRASS, D. J.; LABIANCA, G.. *Network Analysis in the Social Sciences*. *Science*, vol. 323, n° 5916, pág. 892-895, 2009.
- BRESCHI, S.; MALERBA, F. *The geography of innovation and economic clustering: some introductory notes*. *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, n° 4, pág 817-833, 2001.
- BRUE, S. L. **História do pensamento econômico**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.
- CARVALHO, F. J. C.; CASTRO, A. C. **Progresso técnico e economia**. *Revista USP*, São Paulo, vol. 76, pág. 26-33, 2008.
- CHAMINADE, C; VANG, J. *Upgrading in Asian clusters: rethinking the importance of interactive-learning*. *Science, Technology and Society*, vol. 13, n° 1, pág. 61–94, 2008.
- CHAMINADE, C., LUNDVALL, B.-Å., VANG, J., JOSEPH, K. *Designing innovation policies for development: towards a systemic experimentation-based approach*. In: CHESBROUGH, H. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Publishing Corporation, 2003.
- CLEPS, G. D. G. **A desconcentração industrial no Estado de São Paulo e a expansão do comércio e do setor de serviços**. *Caminhos de Geografia – Instituto de Geografia – UFU*, vol. 4, n° 9, pág. 66-89, 2003.
- COTO, V. F. **Desconcentração industrial e mudanças no mercado de trabalho na Região Metropolitana de São Paulo: 1990 a 2010**. Monografia (Graduação em Ciência Econômicas) - Escola Paulista de Economia, Política e Negócios (EPPEN) – Unifesp, 2021.
- COSTA, A. B. **Teoria Econômica e Política de Inovação**. *Revista de Economia Contemporânea*, vol. 20, n° 2, pág. 281-307, 2016.
- COUTINHO, L.; FERRAZ, J. **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. Campinas: Papirus; Editora Unicamp, 1994.
- COZZENS, S.; KAPLINSKY, R. *Innovation, poverty and inequality: cause, coincidence, or co-evolutions?* In: LUNDVALL, B.-Å.; JOSEPH, K.J.; CHAMINADE, C.; VANG, J. (org.). *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar, pág. 2–47., 2009
- CRUZ, B. O.; SANTOS, I. R. S. **Dinâmica do emprego industrial no brasil entre 1990 e 2009: uma visão regional da desindustrialização**. (texto para discussão, edição 1673) - IPEA. Rio de Janeiro, 2011.
- CRUZ, C.; MELLO, L. *Boosting innovation performance in Brazil*. OCDE - Economics Department, Working Paper, n° 5, 2006.

- CUERVO-CAZURRO, A.; ASAKAWA, K.; Un, C. A. *R&D Collaborations and Product Innovation*. *Journal of Product Innovation Management*, vol. 27, n° 5, pág. 673-689, 2008.
- CUNHA, S.; BULGACOV, Y.; MEZA, M.; BALBONOT, Z. **O sistema nacional de inovação e a ação empreendedora no Brasil**. BASE - Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos, vol. 6, n° 2, pág. 120-137, 2009.
- DAHL, M. S.; PEDERSON, C. R. *Social networks in the R&D process: The case of wireless communication industry around Aalborg, Denmark*. *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 22, pág. 75-92, 2005.
- DE-CARLI, E.; SEGATTO, A. P.; FREGA, J. R.; ALVES, F. S. **Caracterização da produção de depósitos de patentes de universidades brasileiras**. XVI Congresso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica, 2015.
- DOSI, G.; PEREIRA, M.C.; ROVENTINI, A.; VIRGILLITO, M.E. *Technological paradigms, labor creation and destruction on a multi-sector agent-based model*. Instituto de Economia da Unicamp, Texto para Discussão, n° 412, 2021.
- DOSI, G. *Technological paradigms and technological trajectories*. *Research Policy*, vol. 11, n° 3, pág. 147-162, 1982
- DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: A teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Tradução: Carlos D. Szlak. Campinas - SP: Editora da Unicamp, [1984] 2006.
- EASLEY, D.; KLEINBERG, J. *Networks crowds and market: reasoning about a highly connected world*. Cambridge University Press, 2010.
- ESTRADA, E. *Graph and Network in Physics: A short Introduction*. In: GRINFIELD, M. (org). *Mathematical Tools for Physicists*. Wiley-VCH, 2014
- FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. *Innovation systems, technology and development: unpacking the relationships*. In: LUNDVALL, B.-Å.; JOSEPH, K.J.; CHAMINADE, C.; VANG, J. (org.). *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar, pág. 83–115, 2009.
- FANG, B.; AKIYAMA, T. *Evolution of co-patent network and patent citation network centering on Chinese firms*. 2023
- FELDMAN, M. *The Internet Revolution and the Geography of Innovation*. *International Social Sciences Journal*, vol. 54, pág. 47-56, 2002.
- FELDMAN, M. *Geography of innovation*. *The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management*, 2016.

- FISCHER, M. M. *Innovation, Knowledge Creation and Systems of Innovation*. *Annals of Regional Science*, vol. 35, pág. 199–216, 2001.
- FISCHER, M. M.; GRIFFITH, D. *Modeling Spatial Autocorrelation in Spatial Interaction Data: An Application to Patent Citation Data in the European Union*. *Journal of Regional Science*, vol. 48, pág. 969–89, 2008.
- FISCHER, M. M., LESAGE, J. *Spatial Econometric Methods for Modeling Origin Destination Flows*. In: FISCHER, M. M.; ARTHUR, G. (org.). *Handbook of Applied Spatial Analysis*. Berlin and Heidelberg: Springer, pág. 409–32, 2010
- FISCHER, M. M., WANG, J. *Spatial Data Analysis. Models, Methods and Techniques*. Heidelberg, Dordrecht, London and New York: Springer, 2011.
- FREEMAN, C. *The national system of innovation in historical perspective*. Cambridge Journal of Economics, v. 19, n. 1, pág. 5-24, 1995.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Editora da Unicamp, [1997] 2008.
- GARCIA, R. **Geografia da inovação**. In: RAPINI, M.; RUFFONI J.; Silva L.; ALBUQUERQUE E. (Org.). *Economia da ciência, tecnologia e inovação – Fundamentos teóricos e a economia global*. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2020. (Coleção População e Economia).
- GERTLER, M. S. *Tacit knowledge and the economic geography of context or The undefinable tacitness of being (there)*. *Journal of Economic Geography*, vol. 3, n° 1, pág. 75–99, 2003.
- GONÇALVES, E.; FAJARDO, B. A. G. **A influência da proximidade tecnológica e geográfica sobre a inovação regional no Brasil**. *Revista de Economia Contemporânea*, vol. 15, n° 1, pág. 112-142, 2011.
- GONÇALVES, E. **O Padrão Espacial da Atividade Inovadora Brasileira: Uma Análise Exploratória**. *Estudos Econômicos*, vol. 37, n° 2, pág. 405-433, 2007.
- GRILICHES, Z. *Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth*. *Bell Journal of Economics*, vol. 10, n° 1, pág. 92-116, 1979.
- HOOVER. E. M. *The Location of Economic Activity*. McGraw-Hill, 1948
- HU Y.; SCHERNGELL, T.; MAN, S. N.; WANG, Y. *Is the United States still dominant in the global pharmaceutical innovation network?* PLoS One, vol. 8, n° 11, 2013.
- HU Y.; SCHERNGELL T.; QIU, L.; WANG, Y. *R&D internationalization patterns in the global pharmaceutical industry: evidence from a network analytic perspective*. *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 27, n° 5, pág. 532–549, 2015

JAFFE, A. B. *Real Effects of Academic Research*. *The American Economic Review*, vol. 79, n° 5, pág. 957-970, 1989.

JÚNIOR, A. M. F.; BARROS, P. H. B.; STEGE, A. L.; SANTOS, C. V.; HILGEMBERG, C. M. A. T. **Distribuição Espacial da Inovação na Região Sul do Brasil de 2005 a 2015, a partir da Análise Exploratória de Dados Espaciais**. *Revista de Desenvolvimento Econômico - RDE - Ano XXIII*, vol. 1, n° 48, pág. 31-59, 2021.

LA ROVERE, R. L. **Paradigmas e Trajetórias tecnológicas. Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: HUCITEC, pág. 285-301, 2006.

LATA, R.; SCHERNGELL, T.; BRENNER, T. *Observing Integration Process in European R&D Networks: A comparative Spatial Interaction Approach Using Project Based R&D Networks and Co-patent Networks*. In: SCHERNGELL, T. (org.). *The Geography of Networks and R&D Collaborations: Advances in Spatial Science*. Springer International Publishing Switzerland, 2013.

LATA, R.; SCHERNGELL, T.; BRENNER, T. *Integration processes in European R&D: a comparative spatial interaction approach using project based R&D networks, co-patent networks and co-publication networks*. *Geographical Analysis*, vol. 47, n° 2, pág. 349–375, 2015

LATA, R.; VON PROFF, S.; BRENNER, T. *The influence of distance types on co-patenting and co-publishing in the USA and Europe over time*. *The Annals of Regional Science*, vol. 61, pág. 49-71. 2017.

LUNDVALL, B. *The Learning Economy and The Economics of Hope*. Anthem Press, 2016.

LUNDVALL, B.-Å., JOSEPH, K.J., CHAMINADE, C., VANG, J. (org.). *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar, pág. 360–79, 2009.

KECK, O. *The National System for Technical Innovation in Germany*. In: NELSON, R. R. (org.). *National Innovation System: A comparative Analysis*. Oxford University Press, pág. 115-157, 1993.

KLEPPER, S. *Spinoffs: A review and synthesis*. *European Management Review*, vol. 6, pág. 159–171, 2009.

KONIG, M.; BATTISTON, S. *From Graph Theory to Models of Economic Networks: A Tutorial*. In: NAIMZADA, A. K.; STEFANI, S.; TORRIERO, A. (org.). *Networks, Topology and Dynamics: Theory and Applications to Economics and Social Systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pág. 23-62, 2009.

- KRAUSE, J.; CROFT, D. P.; JAMES, R. ***Social network theory in the behavioral sciences: potential applications.*** Behavioral Ecology Sociobiology, vol. 62, pág. 15-27, 2007.
- KUZNETS, S. ***Secular Movements in Production and Prices.*** Mifflin, Boston: Houghton, 1930.
- KUZNETS, S. ***Innovations and adjustments in Economic Growth.*** The Swedish Journal of Economics, vol. 74, n° 4, pág. 431-451, 1972.
- MACHADO, H. P. V.; SARTORI, R.; CURBELLATE, J. M. **Institucionalização de núcleos de inovação tecnológica em instituições de ciência e tecnologia da região Sul do Brasil.** Revista Eletrônica De Administração, vol. 23, n° 3, pág. 5-31, 2017.
- MAGGIONI, M. A.; UBERTI, T. E. ***International networks of knowledge flows: an econometric analysis.*** Papers on economics and evolution, N°. 0519, pág. 1-29, 2005.
- MAGGIONI, M. A.; UBERTI, T. E. ***Knowledge networks across Europe: which distance matters?*** The Annals of Regional Science, vol. 43, n° 3, pág. 691-720, 2008.
- MAGGIONI, M. A.; NOSVELLI, M.; UBERTI, T. E. ***Space versus networks in the geography of innovation: A European analysis.*** Papers In Regional Science, vol. 83, n°3, pág. 471-493, 2007.
- MALERBA, F.; VONORTAS, N. ***Innovation Networks in Industries and Sectoral Systems: An Introduction.*** In: MALERBA, F.; VONORTAS, N. (Org.). *Innovation Networks in Industries.* Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009.
- MAO, G.; ZHANG, N. ***Fast approximation of average shortest path length of directed BA networks.*** Physica A: Statistical Mechanics and Its applications, vol. 466, pág. 243-248, 2017.
- MARX, K. **O Capital: Crítica da Economia Política.** Os economistas, Editora Nova Cultura, vol.1, Tomo 2, [1867] 1996.
- MARSHALL, A. ***Principles of Economics.*** Palgrave Classics in Economics, 8th ed., 1920.
- MCCANN, P. ***Modern Urban and Regional Economics.*** Oxford University Press, 2013.
- MELO, G. S. **Introdução à Teoria dos Grafos.** Dissertação (Mestrado em Matemática) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Departamento de Matemática, Universidade Federal da Paraíba, 2014
- METZ, J.; CALVO, R.; SENO, E. R. M.; ROMERO, R. A. F.; LIANG, Z. **Redes complexas: conceito e aplicações.** São Carlos: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - Relatórios Técnicos do ICMC, n° 290, 2007.
- MORETTI, E. ***The New Geography of Jobs.*** Mariner books houghton Mifflin harcourt, 2013
- NEGRI, F. D.; ZUCOLOTO, G.; MIRANDA, P.; KOELLER, P.; RAUEN, A.; SZIGETHY, L. **Redução drástica na inovação e no investimento em P&D no Brasil: o que dizem os indicadores**

da pesquisa de inovação 2017. IPEA – Nota Técnica – Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura, n° 60, 2020.

NELSON, R. R. *The agenda for growth theory: a different point of view*. *Cambridge Journal of Economics*, vol. 22, pág. 497-520, 1998.

NELSON, R. *Human Behavior and Cognition in Evolutionary Economics*. *Biological Theory, Dordrecht*, vol. 6, pág. 293-300, 2011.

NELSON, R. *Economics from a evolutionary perspective*. In: NELSON, R. et al. (Org.). *Modern evolutionary economics: an overview*. Cambridge, Cambridge University Press, 2018.

NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. *Technical Innovation and National Systems*. In: NELSON, R. R. (org.). *National Innovation System: A comparative Analysis*. Oxford University Press, pág. 3-21, 1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA/ London: The Belknap Press of Harvard University Press, [1982]2006.

ODAGUIRI, H.; GOTO, A. *The Japanese System of Innovation: Past, Present, and Future*. In: NELSON, R. R. (org.). *National Innovation System: A comparative Analysis*. Oxford University Press, pág. 76-114, 1993.

OLIVEIRA, P. M.; GONÇALVES, E.; ALMEIDA, E. **Existe convergência de patenteamento no Brasil?** Revista Brasileira de Inovação, Campinas (SP), vol. 15, n° 2, pág. 335-364, 2016.

PAKES, A.; GRILICHES, Z. *Patents and R&D at the Firm Level: A First Look*. In: GRILICHES, Z. (Org.). *R&D, Patents and Productivity*. Chicago: University of Chicago Press, ch. 3, 1984.

PEREZ, C. *Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change*. In: REINERT, E. (org.). *Globalization, Economic Development and Inequality: An alternative Perspective*. Edward Elgar: UK, pág. 217-242, 2004

PERROUX, F. *Economic Space: Theory and Applications*. *Institut de Science Economique Appliquée - Quaterly Journal of Economics*, vol. 64, n° 1, pág. 89 – 104, 1950.

PENROSE, E. T. *The Theory of the Growth of the Firm*. Oxford Basil Blackwell, [1959] 1980.

PINTAR, N.; SCHERNGELL, T. *The complex nature of regional knowledge production: Evidence on European region*. *Research Policy*, Vol. 51, 2022.

PRATES, R.C; REZENDE, A.A.; TRIPOLI, A.C.K; RODRIGUES, M. **Desconcentração Industrial no Brasil: uma análise do PIB municipal entre 1996 e 2010**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, vol. 37, n° 131, pág. 159-176, 2016

PONDS, R; OORT, F. V.; FRENKEN, K. *The Geographical and Institutional Proximity of Research Collaboration*. *Papers in Regional Science*, vol. 86, n° 3, pág. 423-443, 2007.

- POOT, J.; ALIMI, O.; CAMERON, M. P.; MARÉ, D. C. ***The Gravity Model of Migration: The Successful Comeback of an Ageing Superstar in Regional Science.*** *Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit Institute for the Study of Labor, Discussion Paper*, N° 10329, 2016.
- POWELL, W. W.; GRODAL, S. ***Networks of Innovators.*** In: FAGERBERG, D.; MOWERY, C.; NELSON, R. (Org.). *The Oxford Handbook of Innovation.* Oxford: Oxford University Press, pág. 56-85, 2005.
- RAINATTO, G. C.; ANDRADE, N. A.; SILVA, F. R.; SILVA, O. R. **O investimento na pesquisa: um estudo sobre a produção de patentes das universidades federais.** *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, vol. 17, n° 1, pág. 576-595, 2022.
- RAMOS, I.V.C.; SARTORI, R. **Análise Evolutiva dos Depósitos de Pedidos de Patentes no Sul do Brasil à Luz da Lei de Inovação.** *Cadernos de Prospecção*, vol. 16, n° 1, pág. 312-325, 2023.
- RECUERO, R. **Teoria das redes e redes sociais na internet: Considerações sobre o Orkut, os Weblogs e os Fotologs.** Núcleo de Pesquisa (NP-08) de Tecnologias da Comunicação e Informação do do IV Encontro dos Núcleos de Pesquisa da XXVII INTERCOM, 2004
- REGGIANI, A.; NIJKAMP, P. ***Simplicity in Complex Spatial Systems.*** In: REGGIANI, A.; NIJKAMP, P (org.). *Complexity and Spatial Networks: In Search of Simplicity.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- RICARDO, D. ***The Principles of Political Economy and Taxation.*** *The Electric Book Company*, Reino Unido, [1817] 2001.
- RODRIGUEZ, A.; DAHLMAN, C.; SALMI, J. **Conhecimento e inovação para a competitividade.** Brasília: Banco Mundial; Confederação Nacional da Indústria (CNI), 2008.
- RODRIGUEZ, R. S. GONÇALVES, E. **Hierarquia e concentração na distribuição regional brasileira de invenções por tipos de tecnologias.** *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas (SP), vol. 16, n° 2, pág. 225-266, 2017.
- ROMER, P. M. ***Endogenous Technological Change.*** *Journal of Political Economy*, vol. 98, n° 5, pág. 71-102, 1990.
- ROMER, P. M. ***Increasing Returns and Long-Run Growth.*** *The Journal of Political Economy*, vol. 94, n° 5, pág. 1002-1037, 1986.
- ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta.** Campinas: Editora Unicamp, 2006.
- ROSEGGER, G. ***Technical Change Without Humans: Innovation into Classical Economic Theory.*** In: GOTSCHL, J.(Org.). *Revolutionary Changes in Understanding Man and Society: Scopes and limits. Theory and decision library, Series A. Philosophy and methodology of social sciences*, vol. 21, pág. 39-51. Springer Science+Business Media Dordrecht, 1995

- SCHERNGELL, T.; BARBER, M. *Spatial interaction modelling of cross-region R&D collaborations. Empirical evidence from the 5th EU Framework Programme. Papers in Regional Science*, vol. 88, n° 3, pág. 531–546, 2008.
- SCHERNGELL, T.; ROHDE, C.; NEULANDTNER, M. *The dynamics of global R&D collaboration networks in ICT: Does China catch up with US?* PLoS ONE, vol. 15, n° 9, 2020.
- SCHERNGELL, T.; SCHWEGMANN, K.; ZAHRADNIK, G. *The geographical dynamics of global R&D collaboration networks in robotics: Evidence from co-patenting activities across urban areas worldwide.* PLoS ONE, vol. 18, n° 4, 2023.
- SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico.** Tradução: Maria Silva Possas. São Paulo: Abril Cultural, [1911] 1982.
- SCHUMPETER, J. A. *Business Cycles: A Theoretical, historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process.* McGraw-Hill Book Company, 1939
- SCHUMPETER, J.A. *Capitalismo, Socialismo e Democracia.* Tradução: Luiz Antônio Oliveira de Araújo. São Paulo: Editora Unesp, [1943] 2017.
- SCHWEITZER, F.; FAGIOLO, G.; SORNETTE, D.; VEGA-REDONDO, F.; VESPIGNANI, A.; WHITE, D. R. *Economic Networks: New Challenges.* Science, vol. 325, n° 5939, pág. 422-425, 2009.
- SMITH, A. *An Inquiry into the Nature and Causes of The Wealth of Nations.* University of Chicago Press, [1776] 1977.
- SONG, J.; ALMEIDA, P; WU, G. *Learning-by-hiring: When is mobility more likely to facilitate interfirm knowledge transfer?* Management Science, vol. 49, pág. 351–365, 2003.
- SOLOW, R. *Technical Change and the Aggregate Production Function.* In: ROSENBERG, N. (org.). *The economics of technological change.* Reino Unido: Penguin Books, pág. 344-362 [1956]1971.
- STAL, E.; FUJINO, A. **As relações universidade-empresa no Brasil sob a ótica da lei de inovação.** Revista de Administração e Inovação, vol. 2, n° 1, pág. 5-19, 2005.
- STOPER.M.; VENABLES, A. *Buzz: face-to-face Contact and the Urban Economy.* Journal of Economic Geography, n° 4, vol. 4, pág. 351-370, 2004.
- STORPER, M.; VENABLES, A. J. *Buzz: Face-to-face contact and the urban economy.* Journal of Economic Geography, vol. 4, n° 4, pág. 351–370, 2004.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R.; SAMPAIO, S. E. K. **Inovação e conhecimento: indicadores regionalizados e aplicação a São Paulo**. Revista de Economia Contemporânea, vol. 10, n° 2, pág. 323–356, 2006.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação: a Economia da Tecnologia no Brasil**. Editora: Campus, 2014.

VERSPAGEN, B. *Endogenous innovation in neoclassical growth models: a survey*. *Journal of Macroeconomics*, vol. 14, n° 4, pág. 631-662, 1992.

VIOTTI, E. *National learning systems: a new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea*. Center for International Development, Harvard University. *science, Technology and Innovation discussion Paper*, n° 12, 2001.

WEBER, A. *Theory of location of industries*. Edited by C.J. Friedrich, The University of Chicago Press, 1929.