

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PRISCILA MEDEIROS DE OLIVEIRA

**DETERMINANTES ESPACIAIS DA CAPACIDADE DE INVENÇÃO NO BRASIL:
O PAPEL DAS REDES DE INVENTORES**

**Juiz de Fora
2016**

PRISCILA MEDEIROS DE OLIVEIRA

**DETERMINANTES ESPACIAIS DA CAPACIDADE DE INVENÇÃO NO
BRASIL: O PAPEL DAS REDES DE INVENTORES**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves
Co-Orientador: Prof. Dr. Eduardo Simões Almeida

**Juiz de Fora
2016**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Oliveira, Priscila Medeiros de.

Determinantes Espaciais da Capacidade de Invenção no Brasil: O Papel das Redes de Inventores / Priscila Medeiros de Oliveira. -- 2016.

112 f. : il.

Orientador: Eduardo Gonçalves

Coorientador: Eduardo Simões Almeida

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2016.

1. Redes. 2. Inventores. 3. Patentes. 4. Painel Espacial. 5. Microrregiões Brasileiras. I. Gonçalves, Eduardo, orient. II. Almeida, Eduardo Simões, coorient. III. Título.

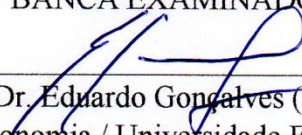
PRISCILA MEDEIROS DE OLIVEIRA

**DETERMINANTES ESPACIAIS DA CAPACIDADE DE INVENÇÃO NO
BRASIL: UMA ANÁLISE DO PAPEL DAS REDES DE INVENTORES**

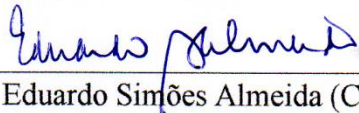
Dissertação referente ao programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para obtenção de grau de Mestre.

Aprovada em 29/3/2016

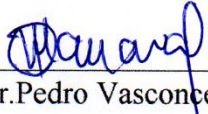
BANCA EXAMINADORA



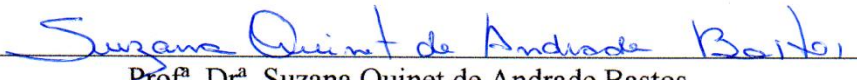
Prof. Dr. Eduardo Gonçalves (Orientador)
Faculdade de Economia / Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Eduardo Simões Almeida (Co-Orientador)
Faculdade de Economia / Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Pedro Vasconcelos Maia do Amaral
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional / Universidade Federal de Minas Gerais



Profª. Drª. Suzana Quinet de Andrade Bastos
Faculdade de Economia / Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me iluminou, protegeu e que principalmente colocou pessoas tão especiais no meu caminho, sem elas nada disso seria possível.

Aos meus mestres, em especial ao meu orientador Eduardo Gonçalves pelas excelentes ideias, críticas, sugestões e, acima de tudo, importantes ensinamentos. Ao Professor Eduardo Almeida meu co-orientador, que com suas sugestões certeiras deu mais qualidade ao meu trabalho. Aos professores Fernando Perobelli, Suzana Quinet e Pedro Amaral pelos comentários valiosos e análise minuciosa do trabalho.

A FAPEMIG, pelo apoio financeiro. A coordenação e secretaria do curso sempre presente em todas as minhas solicitações e a todos os funcionários da Universidade Federal de Juiz de Fora e, em especial, aos funcionários da Faculdade de Economia.

Aos amigos do mestrado, em especial a galera do bolo, com quem tive a sorte de conviver e sem os quais não teria completado essa etapa da minha formação. Em especial Ana Paula, Alexandre, Ananias, Carol, Leo, Inácio, Elder, Andressa e Rodrigo. Obrigada pelos transbordamentos de conhecimento, por dividirem comigo as angústias e alegrias e pelo empenho em me ajudar a qualquer hora do dia.

Ao meu namorado Bruno, sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Seu amor, amizade, paciência, compreensão e alegria foram fundamentais na concretização deste trabalho. Obrigada por ter feito do meu sonho o nosso sonho.

Aos meus irmãos, Hugo e Bruninho pelo apoio, companheirismo e amor incondicional, não apenas nesta fase de minha caminhada, mas ao longo da minha vida. A Jéssica e ao Enzo, cunhada e sobrinho que apesar de estarem a menos tempo em minha vida já possuem um lugar cativo no meu coração.

Por último e com destaque mais que merecido tenho que agradecer a minha mãe Maria Lúcia e a Vó Eni, que me criaram e me moldaram essa pessoa alegre e realizada que sou hoje, esse trabalho e todas as minhas demais conquistas foram possíveis graças aos conselhos que me guiaram e continuarão a me guiar no longo caminho que ainda tenho para trilhar.

A todos, enfim, reitero o meu apreço e a minha eterna gratidão.

RESUMO

O trabalho se baseia na Função de Produção de Conhecimento (FPC) para investigar o papel das ligações entre inventores na produção tecnológica das microrregiões brasileiras, controlando-se tanto para outros insumos da invenção (com *proxies* para P&D industrial, universitário e grau de escolaridade de trabalhadores) quanto para características econômicas regionais, que são capazes de influenciar a criação de invenções. Para isso, utilizam-se, principalmente, informações fornecidas pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) que permitiram construir uma base de dados longitudinal para as microrregiões brasileiras no período 2001-2011, que foram analisados por meio de técnicas econométricas baseadas em um painel espacial. Os principais resultados mostram que o número de ligações entre inventores (coinvenções) é positivamente associado à produção tecnológica regional. As ligações externas parecem não exercer influência sobre o desempenho tecnológico regional, o que pode indicar que a concentração do patenteamento privilegie as ligações internas, dado que estas são mais importantes que as ligações externas na geração de novo conhecimento para o Brasil. A densidade da rede apresentou-se prejudicial à atividade tecnológica.

Palavras-chave: redes; inventores; patentes; painel espacial; microrregiões brasileiras.

ABSTRACT

Based on the Knowledge Production Function (KPF), this article is aimed at investigating the role of inventor links over technological production of Brazilian microregions, controlling for both other invention inputs (with proxies for manufacturing and academic R&D, and workers' schooling) and regional economic characteristics, which are able to influence the creation of inventions. To do so, we use a Brazilian patent database stemming from Brazilian Patent Office (INPI) and the Brazilian Labor Ministry (RAIS/MTE) in order to construct a spatial panel data model over the period 2000-2011. The database was analyzed by means of econometric techniques based on spatial panel data models. The main findings show that the amount of inventor links (coinventions) is positively associated to regional technological production, whereas the network density might be harmful to technological activity. External links do not seem to influence the regional technological performance, which may indicate that the concentration of patenting favors internal links, as these are more important than the external links to generate new knowledge for Brazil. The density of the network had to be detrimental to technological activity.

Key Words: network; inventors; spatial panel data; Brazilian microregions

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Patentes por 1.000 habitantes por microrregiões brasileiras.....	47
Figura 2: Passo a passo da construção das redes de inventores.....	50
Figura 3: Mapa das redes entre as microrregiões brasileiras no período 2000-2011	51
Figura 4: Ligações por inventores em microrregiões brasileiras.....	55
Figura 5: Redes de Inventores: destaque para densidade de ligações na região Sudeste	56
Figura 6: Mapa de <i>clusters</i> LISA para patentes per capita no Brasil em quatro períodos	74
Figura 7: Mapa de <i>clusters</i> LISA para ligações totais no Brasil em quatro períodos	76
Figura 8: Sobreposição - Mapa de <i>clusters</i> LISA para ligações totais 2000-2011 e Redes.....	77

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Distribuição dos depósitos de patentes entre modelo de utilidade e patentes de invenção por microrregiões brasileiras (2000-2011).....	44
Gráfico 2: Proporção das cinco principais microrregiões em relação aos depósitos de patente	45
Gráfico 3: Média de inventores por patentes no Brasil. Período: 2000-2011.	52
Gráfico 4: Principais regiões em relação ao patenteamento e as ligações entre inventores (2000-2011)	53
Gráfico 5: Proporção de ligações internas x externas.....	57
Gráfico 6: Ligações Externas e Internas em relação às regiões patenteadoras: Total do período 2000 – 2011	59

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: 30 maiores microrregiões em patentes por 1.000 habitantes no Brasil: média de 2000-2011	46
Tabela 2: Análise descritiva de redes internas e externas de inventores no Brasil	58
Tabela 3: Resultado da estatística <i>I</i> de Moran	73
Tabela 4: Estatísticas descritivas	81
Tabela 5: Regressões em painel para os condicionantes das patentes per capita em microrregiões brasileiras no período 2001-2011. Modelo1 e Modelo2	83
Tabela 6: Resultados das regressões de painel espacial para os condicionantes das patentes por microrregiões brasileiras no período 2001-2011. Modelo1 e Modelo2	84
Quadro 1: Descrição das variáveis	79
Quadro 1: Descrição das variáveis (continuação)	80

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Inovação e Crescimento Econômico.....	14
2.2 A Função de Produção do Conhecimento (FPC)	18
2.3 Determinantes regionais da inovação	21
2.3.1 Insumos para pesquisa local.....	21
2.3.2 Transbordamentos	22
2.3.3 Características da região	27
2.4 Redes de Colaboração.....	32
3. METODOLOGIA	39
3.1 Abordagem da FPC.....	39
3.2 Dados	41
3.2.1 Variável dependente: Patente per capita	42
3.2.2 Vetor Z: Ligações Relativas.....	48
3.2.3 Vetor I: Insumos da Invenção	61
3.2.4 Vetor C: Características urbanas e setoriais da região	63
3.3 Estratégia empírica.....	67
4. RESULTADOS.....	72
4.1 AEDE	72
4.2 Estimções e Análise dos Resultados	78
4.2.1 Estimção dos modelos	82
4.2.2 Análise dos resultados.....	85
4.2.3 Teste de Robustez	90
5. REFERÊNCIA	96

ANEXOS.....	110
ANEXO 1: Compatibilização das ocupações técnico-científicas CBOs1994-2002.....	110
ANEXO 2 – Tabela de Correlação entre as variáveis.....	111
ANEXO 3 – <i>I de Moran</i> dos resíduos dos modelos.....	112

1. INTRODUÇÃO

Uma maneira amplamente difundida na literatura para estudar a inovação diz respeito à Função de Produção do Conhecimento (FPC). Essa foi introduzida por Griliches (1979), ao nível de empresa, para estudar a relação funcional entre os insumos e produtos da inovação e, em seguida, foi estendida por Jaffe (1989) para o nível regional. A vantagem dessa abordagem é conseguir reunir tanto características internas quanto externas à região que contribuem para a criação de conhecimento tecnológico.

Gonçalves e Almeida (2009) apresentam um estudo transversal a respeito das características que afetam a capacidade de inovação de microrregiões brasileiras, investigando a influência dos transbordamentos de conhecimento tecnológico e das características tecnológicas, urbanas e industriais das microrregiões sobre o patenteamento per capita. Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) utilizam um painel dinâmico espacial, referente ao período 1996-2003, para medir o impacto do grau de especialização e de diversificação industriais sobre o desempenho inovativo de microrregiões do estado de São Paulo. Araújo (2013) utiliza a metodologia de Tobit-Espacial para estudar os determinantes locais da inovação no Brasil e avaliar sua dinâmica espacial nas 558 microrregiões brasileiras no período de 2001 a 2005.

Nenhum dos trabalhos citados, porém, aborda as redes, ou ligações entre inventores de uma mesma patente, como forma de verificar o impacto das conexões inter e intrarregionais sobre o desempenho inventivo de uma região. Redes de colaboração tendem a difundir conhecimento, e devem ser mais produtivas que pesquisas individuais, já que o conhecimento debatido e pensado por mais pesquisadores pode se expandir de forma muito mais rápida do que com pessoas trabalhando isoladamente (GRANOVETTER, 1973; SINGH, 2005).

Estudos empíricos que investigam redes de colaboração impulsionando a capacidade tecnológica das regiões têm-se proliferado dada a disponibilidade recente de dados a respeito de copatenteamento e também devido à redução de limites computacionais (BETTENCOURT *et al.*, 2007; LOBO e STRUMSKY, 2008; MIGUELÉZ e MORENO, 2012, 2013, HE e FALLAH, 2014). Segundo Breschi e Lissoni (2009), as redes formais de colaboração, analisadas por meio do copatenteamento, são um canal de transferência de tecnologia que, muitas vezes, explica grande parte dos fluxos de conhecimento localizados. Esse tipo de

pesquisa tem sido implementado, principalmente, nos casos da Europa e Estados Unidos, de forma que a investigação a respeito de ligações entre inventores como canal de transferência regional de conhecimento ainda é incipiente para países em desenvolvimento. Assim, espera-se que o presente estudo contribua para o debate sobre canais de transferência de conhecimento tecnológico e seus impactos sobre a produção inventiva das regiões de países em desenvolvimento, em especial para o caso brasileiro.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é abordar, no contexto da FPC, os fluxos de conhecimento representados por redes de colaboração, e como estes afetam a capacidade inventiva de microrregiões brasileiras. Além disso, é analisada a influência de outros insumos regionais para geração de conhecimento inventivo, medido por patentes per capita, como: capacidade de P&D privado, capacidade de P&D universitário, capital humano, densidade de trabalhadores, escala urbana, grau de competição local, grau de diversificação e especialização das atividades econômicas, grau de industrialização e presença de serviços produtivos.

O estudo utiliza, principalmente, dados de depósitos de patentes provenientes do Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI), como *proxy* para o produto da invenção, além disso, a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) é adotada para construir as demais variáveis do modelo. Os dados do INPI também foram utilizados para construir as variáveis de ligações, formando um painel de dados espaciais para o período 2001-2011. Técnicas de painel espacial de dados são aplicadas para tratar, ao mesmo tempo, as dependências, espacial e temporal dos dados, que podem enviesar as estimativas dos coeficientes do modelo empírico da FPC.

Após controlar os efeitos da dependência espacial e também controlar os efeitos fixos no tempo correlacionados com as variáveis explicativas, foi possível sustentar que, de fato, as ligações entre inventores têm um impacto significativo e positivo na capacidade regional de invenção no Brasil. No entanto, redes muito densas despontam como prejudiciais ao produto da invenção, medida por meio das patentes per capita. Este fato é explicado pela redundância de informação que circula em uma rede muito fechada. Ademais, os esforços de P&D industrial e universitário, o grau de adensamento econômico das regiões e a diversificação da estrutura produtiva também são fatores que explicam a capacidade tecnológica das microrregiões brasileiras.

Além desta introdução, o presente trabalho está estruturado como se segue. Na segunda seção, tem-se a revisão de literatura que aborda uma discussão a respeito dos principais determinantes regionais da inovação, além de uma visão sobre a importância das redes de colaboração para capacidade inventiva de uma região. A terceira seção aborda a metodologia implementada para o presente estudo, uma discussão sobre a base de dados utilizada nesta pesquisa, bem como as estratégias empíricas utilizadas. Cabe à quarta seção a discussão dos resultados. E, finalmente, na última seção, são apresentadas as conclusões do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Inovação e Crescimento Econômico

Sob inspiração dos trabalhos de Schumpeter (1983), a abordagem neo-schumpeteriana, que criticou representações neoclássicas da tecnologia e do progresso técnico, oferece uma análise da mudança tecnológica por meio de alguns fatos estilizados descritos em Dosi (1988) e baseados nos trabalhos de Nelson e Winter (1977), Rosenberg (1976), Freeman (1982), Sahal (1985), Pavitt (1984) e também Dosi (1982, 1984).

Entre eles destacam-se o caráter de incerteza das atividades inventivas, repletas de possibilidades desconhecidas e ignoradas, que podem se transformar em sucessos ou fracassos. Para Rosenberg (1996), a inovação é a combinação de consequências não intencionais e resultados desconhecidos. Essa incerteza faz com que a ciência se transforme em uma fonte de oportunidades. Avanços tecnológicos sem precedentes ao longo do século XX, por exemplo, permitiram o progresso científico em diversas áreas simultaneamente. Esses avanços tornaram as pesquisas cada vez mais complexas, havendo então a necessidade de buscar organizações formais, a saber, laboratórios de P&D das firmas, laboratórios governamentais, universidades, como meio mais eficiente para produção de inovação, ao invés de inovadores individuais. Outro fato estilizado diz respeito a uma maneira diferente de aprendizado e de adquirir conhecimento, *learning-by-doing* e *learning-by-using*, ou seja, as firmas ou organizações aprendem com a rotina do processo produtivo, por meio das atividades informais, encontram soluções quotidianas dos problemas de produção, organização ou manejo de novas técnicas ou processos. Como consequência, surge o quinto fato estilizado, a característica da mudança tecnológica como um processo ou atividade cumulativa.

Dosi (1988) define ainda o processo de inovação como a procura, a descoberta, a experimentação, o desenvolvimento, a imitação e a adoção de novos produtos, processos de produção ou novas formas de organização. Essa análise coloca a inovação e a mudança técnica como ingredientes fundamentais do processo de crescimento e de transformação da economia.

Outra definição de inovação, na mesma linha da citada anteriormente, é feita por parte da OCDE (2005), e baseia-se na implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, um novo processo, um método de marketing, um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

Schumpeter (1983) se refere à inovação como o componente central de uma tríade “invenção-inovação-difusão”. Segundo Fagerberg (2003), invenção é a primeira ocorrência da ideia para um novo produto ou processo, enquanto inovação é a comercialização desta ideia; já a difusão, é a propagação da inovação. A inovação introduz novidade e variedade para a esfera econômica. Nesse sentido, Niosi *et al.* (1993) utilizam um conceito de inovação que ressalta o processo gerador de novos e melhores produtos, processos e formas organizacionais, além de novos recursos e novos mercados. Se o fluxo de novidade (inovação) secar, a economia vai estabelecer-se em um "estado estacionário", com pouco ou nenhum crescimento (METCALFE, 1998). Por isso, a inovação é fundamental para o crescimento econômico de longo prazo.

Autores como Freeman e Perez (1988) e Lundvall (1992) sugeriram estudar inovação, por meio do Sistema Nacional de Inovação (SNI) de cada país. A definição de SNI para estes autores relaciona um conjunto de instituições, tanto do setor público quanto privado, localizadas dentro das fronteiras de uma nação. As atividades e interações destes levam à descoberta, à modificação e à difusão de novas ideias e conhecimentos economicamente úteis.

Para Acs, Anselin e Varga (2002), um SNI inclui não apenas redes de empresas inovadoras com laboratórios de pesquisa, fornecedores e clientes, mas também vários fatores institucionais, como a forma em que a pesquisa é financiada, o sistema de escolaridade do país, a formação de instituições financeiras entre outros. O SNI insere a inovação em um contexto de tempo e espaço. Ela passa a depender de uma trajetória passada, determinada por especificidades institucionais e pelo contexto espacial ou setorial (VARGAS, 2002).

Autores como Coutinho e Ferraz (1994) e Albuquerque (1996) destacam o atraso relativo do Brasil no que se refere ao SNI. De acordo com uma tipologia criada por Albuquerque (1996) para comparar diferenças nos arranjos que configuram o SNI, o Brasil pertenceria a uma terceira categoria definida como aqueles sistemas que ainda não se completaram. Os países desse grupo, periféricos e semi-industrializados, possuiriam uma infraestrutura incapaz de transformar um sistema de ciência e tecnologia em um sistema de inovação.

Segundo Albuquerque *et al.* (2002) e Gonçalves e Almeida (2009), várias características contribuem para essa classificação, entre elas estão: participação elevada de indivíduos no sistema de patenteamento em oposição a firmas, como acontece nos países desenvolvidos; atividades inventivas caracterizadas por falta de continuidade, ou seja, menos da metade das firmas fazem P&D de forma contínua; baixo grau de sofisticação na divisão tecnológica entre firmas; inovações brasileiras não são totalmente novas, pois muitas vezes o grau de novidade é apenas nacional.

Para Abramovitz (1986), uma maneira de países “seguidores”, como o Brasil, emergirem no cenário mundial e se aproximarem da fronteira tecnológica¹, deve ser por meio de uma evolução em seus SNI. Maior interesse tanto por parte do governo quanto por parte da iniciativa privada em desenvolver capacidade tecnológica do país deve se tornar uma prioridade para aqueles que buscam o desenvolvimento, dado que, de acordo com estes autores, entre as causas “profundas” do progresso econômico das nações, encontra-se a capacitação tecnológica e científica de cada país.

Apesar de haver diversas discordâncias² entre as correntes neo-shumpeteriana e neoclássica a respeito de inovação, a atividade inventiva para as duas, no tocante ao crescimento econômico, toma lugar de destaque na literatura.

O trabalho de Solow (1956) aponta que, enquanto poupança e crescimento da força de trabalho afetam em nível a renda dos países, o progresso tecnológico é que, de fato, tem impacto no crescimento do produto nacional. No entanto, este último era considerado

1 Para Abramovitz (1986) um acúmulo de tecnologias, em uso nos EUA, ao final da segunda guerra mundial, não estava disponível em mais nenhum outro lugar, de modo que este país se tornou uma espécie de “líder”, enquanto todos os outros, os “seguidores”, deveriam percorrer um caminho até alcançar o “líder”. Assim o esforço de recuperar o atraso, conhecido como “catching-up” seria para Abramovitz (1986) o responsável pelo crescimento da produtividade desses “seguidores”. Este crescimento deveria ser maior inclusive do que o do próprio “líder”.

2 As críticas neo-shumpeterianas à teoria neoclássica recaem principalmente sobre os fortes pressupostos que esta última utiliza para formalizar seus modelos, produto homogêneo, concorrência perfeita e equilíbrio são ideias que não condizem com inovação segundo Rosenberg (1976), Freeman (1982) e Nelson e Winter (1982). Para Rosenberg (1976), no processo dinâmico do desenvolvimento tecnológico, o surgimento de desajustes ou desequilíbrios torna-se um elemento fundamental para a introdução de uma mudança técnica que possa alavancar o crescimento econômico. Freeman (1982) concentrou esforços nas estratégias tecnológicas verificadas nas empresas, e afirma que esses esforços levam à diferenciação de produtos e consequentemente estruturas de mercado diferente de concorrência perfeita. Nelson e Winter (1982) destacam a questão da concorrência, mas focam na concorrência schumpeteriana que tende a produzir vencedores e perdedores, de forma que algumas firmas certamente tirarão maior proveito das oportunidades técnicas do que outras. Isso deve provocar um aumento no grau de concentração do mercado.

exógeno, de forma que o cálculo do progresso técnico era feito através do chamado resíduo de Solow, a parte não explicada da função de produção neoclássica. Segundo Cruz (1988), mensurar a mudança técnica por meio do resíduo de uma função de produção mostra-se vulnerável³. Problemas de mensuração dos fatores de produção podem ser refletidos no resíduo, tornando-o uma medida enviesada de progresso técnico.

Assim, buscando endogeneizar o progresso técnico, Lucas (1988) e Romer (1990) iniciam a corrente conhecida como modelos de crescimento endógeno, que buscam introduzir a tecnologia, não mais exógena, nos modelos formais neoclássicos. Estes autores apontam que o conhecimento está sujeito a retornos crescentes por causa das externalidades inerentes à sua produção e utilização na chamada Economia do Conhecimento, com características principais de ser não rival, ou seja, o fato de alguém estar utilizando uma ideia não impede que outra pessoa também a utilize e apenas parcialmente excludente. Desse modo, Romer (1986, 1990) modela o conhecimento como um transbordamento generalizado dependente do nível de acumulação de capital humano e de acumulação de conhecimento (HENDERSON, 2007).

Lucas (1988) traçou um quadro em que tais transbordamentos foram espacialmente localizados, além de serem considerados parte de um processo de crescimento urbano, onde as cidades impulsionam o crescimento econômico nacional, e são o foco da disseminação de conhecimentos.

Assim, a partir desses modelos, a acumulação de conhecimento e transbordamentos se tornaram a base da teoria do crescimento endógeno na economia. As principais linhas de trabalhos empíricos que investigam os transbordamentos de conhecimento e também determinantes regionais da inovação são segundo Feldman (1999): 1) estudos empíricos sobre as ligações feitas por meio de citações de patentes, definidas como um rastro de citação (JAFFE, TRAJTENBERG e HENDERSON, 1993; ALMEIDA e KOGUT, 1997); 2) estudos que medem a mobilidade de mão de obra qualificada na inovação com base na noção de que os conhecimentos são divulgados e transmitidos através das pessoas (ZUCKER E DARBY, 1996; SKOLOFF, 1988; AUDRETSCH e SEPHAN, 1996; GLAESER *et al.*, 1992); 3) estudos empíricos com base na noção de que a divulgação de conhecimentos são incorporados nos bens comercializados (COE E HELPMAN, 1995; KELLER, 1998; BRANSTETTLER,

³ Prescott (1986) encontrou que o resíduo de Solow seria responsável por aproximadamente 75% das flutuações econômicas dos Estados Unidos no período pós-guerra. Uma importância tão expressiva dada ao resíduo foi considerada como uma medida da ignorância a respeito das causas do crescimento técnico, como já havia sido citado antes por Abramovitz (1956).

1996); e 4) estudos empíricos que empregam Funções de Produção do Conhecimento (FPC). Estes últimos devem receber atenção especial neste estudo, dado que se pretende utilizar essa abordagem metodológica.

2.2 A Função de Produção do Conhecimento (FPC)

A Função de Produção do Conhecimento foi introduzida por Griliches (1979). A abordagem tem por mérito estudar a capacidade de produzir inovações, como uma relação funcional entre os insumos do processo de produção do conhecimento e o seu produto que gera novos conhecimentos tecnológicos e economicamente úteis.

Desde os primeiros estudos de Griliches (1979) e Pakes e Griliches (1984), os dispêndios das empresas em P&D têm sido usados para representar os insumos do conhecimento, enquanto as patentes têm sido utilizadas para representar os produtos destes insumos. Pakes e Griliches (1984) estudaram, por exemplo, patentes de 121 empresas norte-americanas representativas e seus esforços de P&D, encontrando forte correlação positiva entre os gastos em P&D e a inovação.

Posteriormente, Jaffe (1989) altera a unidade de análise da FPC, de empresas para unidades geográficas, utilizando em seu estudo 29 estados norte-americanos para explorar a existência de transbordamentos de pesquisa universitária beneficiando a inovação, além do P&D privado de cada região. Seguindo este trabalho, autores como Anselin, Varga e Acs (1997) também buscaram pesquisar a relevância da pesquisa universitária, tanto da região quanto de regiões vizinhas, no tocante à difusão de conhecimento.

A partir de então muitas variáveis têm sido incluídas como insumos do novo conhecimento, além de P&D privado e da pesquisa universitária. De fato, novos vetores foram surgindo, cada um para enfatizar características específicas que afetam atividade inventiva regional. Os principais vetores incluem características internas da região, como questões de aglomeração, características industriais e econômicas.

Feldman (1994) e Feldman e Florida (1994), tomando a inovação como resultado de esforços de P&D, incluíram além de pesquisa privada e universitária, duas novas variáveis na FPC. A primeira foi a presença de indústria e a segunda, serviços empresariais relacionados.

Bania, Calkins e Dalenberg (1992) também estenderam a função de Jaffe (1989) incluindo uma série de fatores de aglomeração como, por exemplo, variáveis de políticas públicas.

Varga (1998) e Acs *et al.* (2002) incluíram em sua FPC um vetor de características locais das áreas metropolitanas dos EUA, com três variáveis para representar o impacto das características econômicas locais sobre a inovação. Além do P&D privado e a pesquisa universitária, os autores utilizaram também um quociente de localização, para medir a concentração da produção de alta tecnologia, levando em conta efeitos da rede local de empresas de produção.

Outra variável sugerida por Feldman (1994) foi a presença de serviços voltados às empresas, como intermediação financeira, serviços de marketing, informação jurídica, fundamentais na fase de comercialização de uma nova ideia técnica. Para testar se as empresas pequenas ou grandes são mais inovadoras, uma variável medida por meio da porcentagem do número de empresas com mais de 500 funcionários, também foi incluída seguindo Acs e Audretsch (1990).

Varga (1998) insere variáveis de acessibilidade, chamadas anéis (“rings”), que de alguma forma representam um controle espacial e pretendem contar pesquisa universitária e de laboratórios privados dentro de certa distância⁴, incluindo áreas fora da região de análise. Essas mesmas variáveis foram utilizadas por Acs *et al.* (2002) para comparar dados de patente contra dados de contagem de inovação.

Migueléz e Moreno (2012) inserem na FPC variáveis para mensurar redes com padrão de colaboração entre inventores, utilizando como justificativa o fato de esse tipo de ligação ter significativo impacto na atividade de inovação de empresas. Indicadores sobre publicações, patentes ou parcerias mostram que essas redes são cada vez mais importantes, dado o benefício advindo da troca de ideias e de conhecimento tácito proporcionado pelos transbordamentos via trocas deliberadas. Apesar da importância, estudos para o Brasil relacionando as redes de colaborações de inventores de patente, ainda não haviam sido

⁴ Dado que a unidade de análise utilizada por Varga (1998) possuíam menor agregação, *Metropolitan Statistical Area* - MSA nos Estados Unidos, as distâncias utilizadas na construção das variáveis de “anéis” (*rings*) foram 50 ou 75 milhas a partir do centro das MSAs.

reportados⁵. Dada a recente disponibilidade de dados e a crescente importância do tema nos estudos relacionados à difusão do conhecimento, este estudo tem a possibilidade de ser tratado para um país em desenvolvimento como o Brasil.

A FPC foi testada empiricamente para o Brasil nos trabalhos de Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011), Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) e Araújo (2013). Gonçalves e Almeida (2009) analisaram, simultaneamente, características tecnológicas, industriais, urbanas e institucionais para 558 microrregiões brasileiras. Gonçalves e Fajardo (2011) buscaram testar a influência, tanto da distância geográfica quanto da tecnológica para as mesorregiões brasileiras. Eles encontram que ambas são de fato relevantes, confirmando, desse modo, que os transbordamentos de conhecimento ocorrem por intermédio tanto de fronteiras geográficas quanto tecnológicas.

Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) estudaram especificamente as microrregiões do estado de São Paulo, devido à sua importância na área de inovação no Brasil. Os autores utilizaram um painel dinâmico espacial para investigar os determinantes da inovação para o estado. Apesar de utilizar *proxies* para P&D privado, pesquisa universitária, além de inserir também a discussão dos transbordamentos de conhecimento, o enfoque maior foi dado às variáveis que controlam o grau de especialização ou diversidade de uma região. O resultado mostra que ambas, especialização e diversificação, são igualmente importantes para o desempenho inovador de uma microrregião.

Araújo (2013) analisa os determinantes nacionais da inovação, a saber, P&D das empresas locais, pesquisa universitária na região, nível de aglomeração urbano e a especialização/diversificação do sistema produtivo local. No entanto, trabalhos que utilizam patentes para representar a capacidade inovativa de uma região, em geral, trabalham com uma parcela alta de zero na variável dependente. Os autores utilizam, dessa forma, uma abordagem TobitEspacial para contornar problemas envolvendo a censura de dados, além de estudar as características espaciais da inovação nas 558 microrregiões brasileiras.

⁵ Como será mencionado na seção 2.4 deste estudo, existem estudos sobre redes no Brasil considerando colaboração científica (SIDONE, HADDAD E MENA-CHALCO, 2015). No entanto, redes de inventores de patente pelo que se sabe até o presente momento ainda não foram investigadas para o Brasil.

2.3 Determinantes regionais da inovação

Na seção anterior, pretendeu-se apresentar a Função de Produção do Conhecimento, expondo algumas das principais variáveis inseridas na FPC. Nesta seção o objetivo é apresentar a discussão teórica e empírica acerca dessas principais variáveis determinantes da inovação regional, além de outras, que serão abordadas na FPC proposta neste trabalho.

2.3.1 Insumos para pesquisa local

Gastos com P&D têm sido amplamente utilizados para representar o principal insumo na geração de novos conhecimentos economicamente úteis. Essa importância reflete o fato de a prática de P&D por parte de uma firma, ou um laboratório de pesquisa do governo, poder aumentar a produtividade destes devido a uma melhora na qualidade ou redução do custo de um produto/processo e até mesmo descoberta de novos bens ou novos procedimentos organizacionais (HALL *et al.*, 2010).

Diversos trabalhos confirmaram que P&D privado explica, de forma significativa, o produto da inovação, muitas vezes representado pela atividade de patenteamento da firma ou região (GRILICHES, 1979; PAKES e GRILICHES, 1984; JAFFE, 1989; ANSELIN, VARGA e ACS, 1997; RODRÍGUEZ-POSE e CRESCENZI, 2006; USAI, 2011).

Outra discussão recorrente na literatura relaciona a pesquisa universitária com a capacidade inovativa. As universidades são vistas cada vez mais como motores que são capazes de impulsionar a inovação e o crescimento econômico por meio, principalmente, do aumento do estoque de conhecimento (JAFFE, 1989; VARGA, 1998; ANSELIN, VARGA e ACS, 2000). Assim como ocorre com a P&D privada, a grande maioria dos trabalhos mais recentes também incluem pesquisa universitária como um insumo fundamental da FPC.

Para completar a subseção em que estão representados os principais insumos para pesquisa local, é preciso mencionar o capital humano ou a qualificação dos trabalhadores. O capital humano foi inserido na função de produção neoclássica inicialmente por Lucas (1988). No entanto, foi Benhabib e Spiegel (1994) que primeiro apresentou resultados empíricos sobre a relação entre capital humano e inovação, utilizando para isso um modelo no qual a

taxa de crescimento da produtividade total dos fatores depende do nível de estoque de capital humano de uma nação.

A qualificação dos trabalhadores é, na maior parte dos trabalhos empíricos que a utilizam na FPC, mensurada pela parcela da população de pessoas com 25 anos de idade ou mais que possuíam, pelo menos, graduação completa, ou algum outro grau de instrução, dependendo do trabalho. Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) encontram evidências de que, quanto maior o nível educacional, maior a capacidade para criar e aplicar novos conhecimentos e, dessa forma, mais acentuada seria a produção tecnológica. Usai (2011) também encontra relação positiva entre capital humano e patenteamento, afirmando que o impacto deste é maior do que o dobro do impacto da P&D.

2.3.2 Transbordamentos

Arrow (1962) introduziu na literatura neoclássica a ideia de que o conhecimento pode, por meio da compra ou imitação, ser utilizado por um agente, embora seja desenvolvido por outro (VERSPAGEN, 2005). De fato, os produtos de inovação possuem algumas características de um bem público, ou seja, são não rivais, embora sejam parcialmente excludentes, por causa da existência de direitos de propriedade. Suas características de bem público fazem com que possam ser usados em mais de um lugar e por mais de um agente ao mesmo tempo, sem que se perca seu valor. Isso ocorre, segundo Griliches (1992), porque muitos investimentos privados aplicados no desenvolvimento de novas tecnologias podem aumentar o conhecimento e a produtividade de outros setores, esse fenômeno é conhecido como transbordamento de tecnologia.

Os transbordamentos ocorrem, por exemplo, quando P&D, realizado em uma empresa ou em laboratórios de pesquisa públicos, afeta a produtividade de outras empresas do mesmo setor, de outras empresas de outros setores ou até mesmo de empresas fora da região/país, e não há para isso uma transação monetária envolvida, nem mesmo acordos deliberados (GRILICHES, 1992). As formas pelas quais os transbordamentos ocorrem são diversas. Entretanto, deve-se ter cuidado para não confundir transbordamentos com transferência de tecnologia, este último ocorre quando há comercialização das ideias, ou seja, quando um agente vende um produto de tecnologia com um preço atrelado à transação (HALL *et al.*, 2010).

Outra definição utilizada por Cohen e Levinthal (1989) considera, como produto de um transbordamento, qualquer conhecimento útil, seja uma inovação ou mesmo um conhecimento de natureza mais intermediária, que se torna acessível ao público.

Existem dois grandes problemas envolvendo os transbordamentos de conhecimento. O primeiro está relacionado à falta de incentivos econômicos para se investir em pesquisa e desenvolvimento (P&D) dado que esforços de pesquisa podem, simplesmente, tornarem-se públicos com alguma facilidade. Ou seja, pode-se afirmar que os transbordamentos de conhecimento surgem da apropriabilidade imperfeita dos retornos da invenção (MACDISSI e NEGASSI, 2002). A solução encontrada para este problema é a proteção intelectual garantida por meio do direito de patente a um inventor, ou firma. A vantagem econômica das patentes é que elas oferecem uma barganha entre a sociedade e o inventor: em troca de um período limitado de exclusividade, o inventor concorda em trazer a público a sua invenção ao invés de mantê-la em segredo (HALL e HARHOFF, 2012).

O segundo problema envolvendo os transbordamentos é que para uma empresa, uma região ou mesmo um país se beneficiar dos transbordamentos é necessário um nível mínimo de capacidade de absorção daquele conhecimento. Cohen e Levinthal (1990) argumentam que é fundamental para as pretensões inovadoras de uma empresa que ela seja capaz de reconhecer o valor de uma nova informação externa, assimilá-la e aplicá-la para fins comerciais. Estes autores mostram ainda que o desenvolvimento da capacidade de absorção e o consequente desempenho inovador dependem muito da trajetória passada da empresa. Para Cohen e Levinthal (1989), os transbordamentos de conhecimento e o desenvolvimento de conhecimento próprio não são bens substitutos e sim complementares.

O trabalho de Migueléz e Moreno (2015) busca testar a hipótese de que o impacto do fluxo de conhecimento sobre a inovação regional depende da capacidade de absorção de cada região. Os autores pretenderam mostrar que regiões, que absorvem conhecimento com maior facilidade, conseguem maximizar sua capacidade tecnológica por meio de mobilidade e redes de colaboração. Se dois lugares possuem uma mesma quantidade de redes de colaboração e/ou mobilidade de trabalhadores, mas, um deles possui capacidade de absorção maior, então, este deve ser mais eficiente na produção de novos conhecimentos.

Migueléz e Moreno (2015) afirmam que gastos com P&D são uma boa *proxy* para representar locais que tenham uma alta capacidade de absorção. Dessa forma, o que eles fazem é criar variáveis de interação, entre redes de colaboração e gastos em P&D e entre mobilidade de

trabalhadores e gastos com P&D. O resultado mostrou que ambas variáveis de interação são significativas, de acordo com a hipótese do trabalho.

Hall, Mairesse e Mohnen (2010) mostram, de fato, que o investimento em áreas de P&D pode contribuir tanto de maneira direta para o desempenho inovativo de uma firma, melhorando a qualidade e/ou reduzindo custos de produção, quanto indiretamente, ao fazer com que a firma tenha uma capacidade mais alta de absorver informações externas.

Os autores também classificam os transbordamentos em pecuniários e puros. O primeiro ocorre quando existe vantagem econômica por se pagar um preço inferior ao que corresponderia ao ganho de produtividade que o conhecimento novo gera para o agente comprador. Por exemplo, quando uma firma compra uma máquina, pode ser que o preço desta não reflita toda a tecnologia embutida nela, de forma que essa firma compradora está recebendo um transbordamento pecuniário, ou seja, uma vantagem econômica com essa compra. O transbordamento puro ou de conhecimento ocorre quando uma inovação feita por uma firma pode ser usada para a P&D de outra firma, ou seja, a tecnologia privada se torna ao menos parcialmente pública com os transbordamentos e faz com que haja um aumento no esforço de produtividade de todas as firmas. Segundo Los e Verspagen (2000), os transbordamentos de conhecimento puro são mais centrais para o debate sobre crescimento endógeno, pois envolve o caráter, em parte, público do conhecimento, o que acaba gerando retornos crescentes de escala a que se referiam Romer (1990) e Lucas (1988).

Dado o contexto de globalização e um mercado mundial cada vez mais competitivo, os transbordamentos internacionais também têm merecido destaque na literatura de inovação. Keller (2010) destaca o fluxo de conhecimento por meio do comércio internacional e do Investimento Estrangeiro Direto (IED) como determinantes importantes para desempenho econômico. Coe, Elhanan e Alexander (1997) e Keller (1998) também já alertavam para a relação positiva entre comércio internacional e progresso técnico.

Outra forma de transbordamento é das universidades para empresas. Sendo que esta pode ocorrer por intermédio de artigos científicos, seminários universitários, conferências acadêmicas, consultorias, parques industriais, *spin-offs*⁶, mercado de trabalho de cientistas e engenheiros, entre outros. Varga (1998) acredita que alguns desses canais prescindem da

⁶ Esse termo é utilizado para descrever uma nova empresa que nasceu a partir de um grupo de pesquisa de uma empresa, universidade ou centro de pesquisa público ou privado, normalmente com o objetivo de explorar um novo produto ou serviço de alta tecnologia (LEMOS, 2008).

distância, isto é, os transbordamentos ocorrem mesmo quando as duas partes residem em cidades diferentes e afastadas. Estes seriam publicações, facilmente acessadas de qualquer lugar do mundo, consultorias, que possuem uma conexão mais generalizada, sendo mais difíceis de serem identificadas. Esse tipo de transbordamento ocorre quando o conhecimento é codificado, ou seja, refere-se à informação técnica que pode ser encontrada em publicações e que pode ser facilmente comunicada por meios convencionais e, portanto, tem um alcance espacial prolongado.

No entanto, grande parte dos canais de transmissão dos transbordamentos, tanto das universidades quanto de outras fontes, necessita de certa proximidade para se concretizar. Assistir a seminários frequentemente, estar em uma localidade onde o mercado de trabalho possua mão de obra qualificada, ou mesmo ter a possibilidade de um contato mais informal, em que possa haver troca de experiências e ideias, são formas de transbordamento que só ocorrem quando existe proximidade física. Estes canais possuem um fator em comum, todos lidam mais diretamente com o capital humano, indivíduos que são capazes de compreender, integrar e gerar novas ideias, ou seja, estão carregados de conhecimento tácito.

Van Oort e Lambooy (2014) definem o conhecimento tácito como o conhecimento específico da pessoa que foi desenvolvido por intermédio de um processo de aprendizagem “*learning-by-using*”. Gertler (2003) também define conhecimento tácito como aquele que se constitui da capacidade específica do indivíduo, e que é passado apenas em contextos sociais e institucionais encontrados dentro de um determinado lugar. Este último é melhor transferido através do contato face a face e, em geral, é difícil de se trocar a longas distâncias.

Relações informais facilitam trocas de informações técnicas e organizacionais que podem auxiliar na melhoria de produtos e processos da indústria local. Essas interações são viabilizadas e permitidas pela proximidade geográfica. Além disso, segundo Bilbao-Osorio e Rodríguez-Pose (2004), as regiões carregam características sociais, políticas e econômicas específicas que podem influenciar a sua capacidade de transformar o P&D em inovação e, conseqüentemente, gerar crescimento econômico.

De acordo com a hipótese de Marshall (1982), a proximidade geográfica aumenta a probabilidade de transbordamentos de conhecimento. Dessa forma, uma maneira que Rodríguez-Pose e Crescenzi (2006) encontraram para medir transbordamentos considera um índice de acessibilidade para inovação. Esse índice é construído considerando o custo de deslocamento, baseado no tempo de viagem gasto de uma localidade até a outra.

Assim, medidas potenciais de atividades inovadoras nos vizinhos são ponderadas por esse índice. Os autores mostram que, para a União Europeia, apenas os esforços inovadores feitos dentro de um raio de viagens de 180 minutos têm impacto positivo e significativo sobre o desempenho do crescimento regional. As variáveis de “anéis” sugeridas por Varga (1998) seguem a mesma ideia, com a diferença desta última utilizar uma ponderação pela distância, ao invés de tempo de viagem.

Outra abordagem muito utilizada para mensurar transbordamentos, que tem impacto direto sobre externalidades inter-regionais na geração de invenção, quando a unidade de análise é geográfica, acontece por meio de utilização de técnicas de econometria espacial. Trabalhos como os de Usai (2011) e Gonçalves e Almeida (2009), utilizam a defasagem espacial da variável dependente como *proxy* para transbordamentos. A hipótese é a de que, quanto maior a atividade inventiva em regiões vizinhas, mais transbordamentos poderão impactar a região em questão. Em outras palavras, a variável representa uma medida ponderada das patentes nas regiões com as quais a região *i* tem maior proximidade física. Uma influência dessa variável sobre a FPC é interpretada como evidência de transbordamentos de conhecimento inter-regionais, ao passo que a falta de significância indicaria que a produção de novos conhecimentos apenas é gerada internamente.

Rodríguez-Pose e Crescenzi (2006) estudam não o patenteamento nas regiões vizinhas, mas sim os esforços de inovação nos vizinhos, influenciando a capacidade de inovação de cada região. Ou seja, essa abordagem permite discriminar a influência sobre o crescimento econômico regional de fatores como investimentos em P&D, Sistemas Nacionais de Inovação e condições iniciais do processo de inovação, tanto internos quanto externos à região. Os resultados empíricos destacam como a interação entre a pesquisa local e externa determinam o potencial de cada região, a fim de maximizar a sua capacidade de inovação.

Audretsch e Feldman (2004) sugerem, no entanto, que uma análise mais refinada dos fluxos de conhecimento envolvendo as externalidades deste não deve acontecer somente por meio da medição de estoque externos de P&D, mas também através da análise de fenômenos como a mobilidade dos pesquisadores, colaborações de P&D ou atividades de empreendedorismo (AUTANT-BERNARD *et al.*, 2007).

Para Bettencourt *et al.* (2007), a criação de novas ideias está ligada ao fato de inventores e inovadores interagirem e recombinares conhecimentos já existentes. Para tanto, uma região inovadora deve, muitas vezes, recorrer a fontes externas para obter novas ideias, percepções e

conhecimentos. A própria importância dos transbordamentos de conhecimento para a capacidade de inovação revela que nem todo conhecimento é interno às firmas ou regiões. A possibilidade de absorção externa de conhecimento é um dos principais fatores por trás do dinamismo econômico de qualquer território (FELDMAN e KOGLER, 2010).

2.3.3 Características da região

Marshall (1982) acreditava que a concentração da atividade inventiva se devia à reunião em um mesmo espaço de infraestrutura, ou seja, redes de clientes e fornecedores (*input sharing*); concentração de trabalhadores especializados (*labor market pooling*), e transbordamento de conhecimento incorporado que facilita a difusão do conhecimento técnico (*knowledge spillover*).

O primeiro se refere mais à atividade produtiva, mas o segundo e terceiro são fundamentalmente ligados à questão da aquisição de novos conhecimentos que geram inovação. Essa discussão relaciona o espaço com conhecimento tácito, de forma que a conectividade entre os agentes criativos em um mesmo espaço permite a exposição a novos conhecimentos e perspectivas que permitem o aumento da criatividade (COWAN e JONARD, 2004). Dado esse aumento de produtividade do conhecimento, Krugman (1991) afirma que a aglomeração ou concentração geográfica do conhecimento deve ser uma fonte de retornos crescentes. Por esta razão, a localização pode aumentar a geração de inovação e produzir maiores taxas de avanço tecnológico e do crescimento econômico (FELDMAN 1999).

Atualmente, a discussão a respeito da importância geográfica da inovação se desenvolveu o suficiente para que esteja organizada em torno de certos fatos estilizados estabelecidos por Feldman e Kogler (2010). Alguns deles são: 1) inovação é espacialmente concentrada, e isso se deve entre outros fatores a toda uma infraestrutura existente em certos lugares⁷ com um conjunto de instituições, serviços, mercados além de maior facilidade de colaborações entre agente e firmas que propiciam a inovação; 2) os lugares não são iguais, esse fato está ligado às questões de urbanização, englobando aglomeração, que relaciona tanto

⁷ Os autores citam, por exemplo, Florença sob o governo Médici, Paris na década de 1920, Inglaterra durante a revolução industrial, o Vale do Silício mais recentemente como lugares e épocas onde a atividade criativa tem-se concentrado.

às externalidades quanto os retornos crescentes à escala, especialização ou localização, que estuda a concentração de uma indústria específica em um determinado lugar e também a diversidade urbana como fonte de insumos que impulsionam a criatividade e posteriormente a atividade econômica através da fertilização cruzada de ideias; 3) os transbordamentos de conhecimento estão geograficamente localizados e são difíceis de mensurar, como já visto na seção anterior, os transbordamentos estão muito relacionados ao conhecimento tácito e, portanto, definidos por proximidade física.

Entre as vantagens de um ambiente de inovação regional, Johansson (2014) cita a atração de recursos humanos (indivíduos talentosos, criativo e de conhecimento intensivo) e a atração de empresas que se beneficiem do acesso a fontes de conhecimento e atividades de P&D em empresas e universidades da região. Essas empresas podem possuir redes extensas de exportação e importação, além de experiências associadas.

De acordo com este autor, o ambiente regional funciona como uma arena que propicia o contato face-a-face. Esse contato permite que as empresas tenham acesso ao conhecimento em seu ambiente próximo, que é facilitado pela qualidade do mercado de trabalho, encontro de oferta e demanda, além de ricas oportunidades para troca de conhecimento e interações criativas entre os atores em uma região. Para Johansson (2014), os fluxos de conhecimento e os transbordamentos são concentrados espacialmente. Fisher e Varga (2003) encontram que os transbordamentos então sujeitos a um decaimento espacial, ou seja, distâncias mais longas transmitem menos conhecimento do que aquelas mais próximas.

Portanto, a proximidade geográfica pode agir como um facilitador da produção de inovação, dado principalmente o caráter tácito do conhecimento, transmitido face-a-face. Segundo Storper e Venables (2004), não é apenas com as vantagens de aglomeração que as cidades impactam a criação de novos conhecimentos, mas também por meio da facilitação da interação entre os indivíduos, tanto no mercado como no estabelecimento de redes.

Muitos estudos têm confirmado a importância de um ambiente metropolitano para o processo criativo. Jaffe, Trajtenberg e Henderson (1993), em uma análise de citações de patentes, mostram que novas patentes citam de 5 a 10 vezes mais patentes da mesma região metropolitana. O'hUallachain (1999) confirmou que a maioria das patentes concedidas nos Estados Unidos é concedida a residentes em áreas metropolitanas. Acs, Anselin e Varga (2002) também acham que o patenteamento nos Estados Unidos está, sobretudo, concentrado em municípios metropolitanos, enquanto Carlino, Chatterjee e Hunt (2005) reafirmam que

tanto o tamanho quanto a densidade metropolitana favoreceriam o patenteamento. Para o Brasil, Gonçalves e Almeida (2009) também encontraram que um ambiente urbano afeta positivamente a atividade tecnológica regional.

Centros urbanos promovem com mais facilidade interações interpessoais, criando maiores oportunidades para os fluxos de informação, de forma que as cidades, e suas características peculiares, passam a ter um papel fundamental no desenvolvimento da capacidade tecnológica de uma região. Entre essas características, Audretsch (1998) destaca concentração de profissionais qualificados no trabalho, fornecedores e grande quantidade de instituições de pesquisa regionais, tais como: universidades, associações comerciais e organizações de negócios locais.

A reunião dessas características faz com que existam dois grandes benefícios da aglomeração, as externalidades e as economias de escala. Como citado anteriormente, Marshall (1982) salienta três diferentes tipos de externalidades geradas por aglomerações. Uma delas está relacionada ao mercado de trabalho e à existência de uma alta densidade de mão-de-obra qualificada. A externalidade gerada por uma maior disseminação de conhecimento leva a um processo de aprendizado e inovação mais eficiente, e esta gera os transbordamentos de conhecimento. A outra externalidade ocorre quando produtores têm acesso a um maior número de fornecedores, matérias primas, serviços especializados, além de uma rede de clientes. A concentração de todas essas características em um mesmo ambiente acaba reduzindo custos de transporte e de comunicação, facilitando interações entre usuários, fornecedores, o que acaba atraindo ainda mais empresas, em um ciclo que intensifica a densidade de empresas da região. Rosenthal e Strange (2004) acreditam que esses benefícios possam gerar retornos crescentes de escala.

A investigação empírica passa a trilhar outros caminhos. Uma linha de estudo muito utilizada pela literatura de inovação está ligada às externalidades de MAR *versus* Jacobs. Os trabalhos de Marshall (1982), Arrow (1962) e Romer (1986), que dão origem ao acrônimo MAR, enfatizam as externalidades advindas da especialização da cidade em um mesmo setor industrial. Essa visão diz que a concentração de uma indústria em uma cidade ajuda a divulgação de conhecimentos entre as empresas e, portanto, o crescimento dessa indústria e daquela cidade. De outro lado, as evidências de Jacobs (1969) apontam que as transferências mais importantes de conhecimento vêm de fora, ou seja, de outros setores. Desse modo, a

variedade e a diversidade de indústrias geograficamente próximas promovem a inovação e o crescimento (GLAESER *et al.*, 1992).

Muitos autores, aplicando diferentes abordagens metodológicas e recortes geográficos, investigam a eficiência das aglomerações especializadas ou diversificadas. Mesmo assim, as evidências empíricas sobre a inovação e as externalidades do tipo especialização *versus* diversificação permanecem inconclusivas. Trabalhos como os de Glaeser *et al.*(1992), Feldman e Audretsch (1999) e Carlino, Chatterjee e Hunt (2001) encontram forte evidência para externalidade de diversificação. Esses resultados implicam que os transbordamentos de conhecimento que ocorrem entre setores sejam mais importantes para inovação do que aqueles que ocorrem dentro do setor, corroborando a hipótese de Jacobs. Por outro lado, existem muitos trabalhos que encontraram que as externalidades de especialização são mais relevantes (KOO, 2005; MORENO, PACI e USAI, 2005; PANNE, 2004). Neste caso, a especialização de determinado setor tende a aumentar a inovação na região.

Para o Brasil, os trabalhos de Gonçalves e Almeida (2009) e Araújo (2013) corroboram a hipótese de Jacobs (1969), ao encontrarem que externalidades de diversificação são mais relevantes para explicar o desenvolvimento inventivo da região. Contudo, esses autores têm em comum o fato de utilizarem apenas um índice para representar especialização e diversificação da economia. Esse fato implica que essas duas evidências deveriam ser mutuamente excludentes, o que não é necessariamente verdade. No trabalho de Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011), os autores utilizam dois índices, um para representar a evidência de especialização e um segundo para diversificação produtiva, como resultado, encontram especialização e diversificação são igualmente importantes para um melhor desempenho inventivo das microrregiões brasileiras.

Para mensurar as externalidades de especialização/diversificação os trabalhos citados anteriormente utilizam índices como Herfindhal-Hirschman, Theil, Gini, Krugman ou outro com mesmo propósito. O primeiro índice, Herfindhal-Hirschman, mede a diversidade industrial (e/ou econômica) das regiões, por meio de setores industriais e serviços, respectivamente. O índice varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de zero, maior é o grau de diversidade das indústrias existentes. A entropia Theil segue a mesma lógica do índice anterior, ou seja, quando o índice assume valor zero tem-se igualdade perfeita. Neste caso, todas as classes tecnológicas de uma região geram um número igual de patentes.

Outro ponto que tem merecido atenção especial da literatura diz respeito ao componente da economia de aglomeração que incide sobre o tamanho de um lugar para explicar diferentes níveis de produtividade, independentemente da concorrência. A investigação nesta corrente sugere diversos resultados, mas em média eles indicam que a duplicação do tamanho de uma cidade geralmente cria um aumento de produtividade que varia cerca de 3% a 8% (SEGAL, 1976; SVEIKAUSKAS, 1975; TABUCHI, 1986). Mais recentemente, Bettencourt *et al.* (2007) investigaram as economias de urbanização em termos de produção inventiva ao invés de níveis gerais de produtividade. Estes autores constataram que grandes áreas metropolitanas têm desproporcionalmente mais inventores que cidades menores, e que geram mais patentes, o que indica que os retornos crescentes de patenteamento existem como uma função de escala do tamanho da cidade. Os autores encontram também que grandes áreas metropolitanas atraem ou geram mais inventores, em relação a cidades menores.

Para mensurar forças de aglomeração, os trabalhos empíricos têm utilizado densidade da população (BANIA, CALKINS e DALENBERG, 1992; CICCONE e HALL, 1996; USAI, 2011); densidade de trabalhadores (CARLINO, CHATTERJEE e HUNT, 2007; GONÇALVES e ALMEIDA, 2009); ou densidade de inventores (LOBO E STRUMSKY, 2008). Outras variáveis, como porcentagem da população vivendo em regiões metropolitanas, porcentagem da população urbana de uma região e *dummies* para regiões metropolitanas, também são utilizadas para controlar questões de aglomeração (ÓHUALLACHÁIN e LESLIE, 2005; 2007; GONÇALVES e ALMEIDA, 2009).

Para o Brasil, Gonçalves e Almeida (2009) encontram que a base industrial, ambiente urbano e infraestrutura tecnológica possuem um papel fundamental na atividade tecnológica local. O resultado sugere ainda que as políticas industriais e regionais devam ser integradas para resolver os problemas de disparidades entre regiões brasileiras. Segundo Lemos *et al.* (2005), a distribuição da atividade produtiva brasileira mostra um grau de concentração muito grande nas regiões Sudeste e Sul. O valor adicionado na manufatura dessas duas regiões, por exemplo, somam 79% do total do país. Albuquerque *et al.* (2002) também encontram relação positiva entre a escala econômico-urbana e a produção de artigos científicos com respeito à produção esperada de patentes.

Com essa subseção pretendeu-se mostrar a importância das características internas da região, dentro de seus limites geográficos, para uma melhor dinâmica de fluxos de conhecimento, gerando um maior potencial inventivo e, conseqüentemente, maior desenvolvimento

econômico da região. A literatura tem dado relevante ênfase ao tema, por causa da necessidade de compreender a relação entre a difusão de conhecimento tecnológico, a geração regional de invenções e como esses fatores estão ligados ao desenvolvimento regional (JOHANSSON, 2014). Combes, Mayer e Thiesse (2008) acreditam que o crescimento urbano é propiciado, entre outras variáveis, pelo acúmulo de pessoas criativas e, conseqüentemente, pelo desenvolvimento de novos conhecimentos.

Um ambiente inovativo sugere que a questão espacial está no centro da produção de inovação, não só porque reduz o custo de transação, expresso pelos custos de transporte, mas, principalmente, porque facilita a troca de informações por meio de interações e similaridades culturais (TRANOS, 2014). Ainda de acordo com o autor supracitado, as duas principais características de um ambiente inovativo são: a redução de incertezas e processo de aprendizagem coletivo. Ambas podem estar relacionadas às redes de colaboração. Este tema, central neste estudo, é abordado na próxima seção.

2.4 Redes de Colaboração

A definição de redes segundo Tissen's (1998) considera um sistema de dependência mútua, evoluindo com base em relações. Atividades dentro de uma rede envolvem a criação, combinação, troca, transformação, absorção e aproveitamento dos recursos dentro de uma ampla gama de relacionamentos formais e informais.

Fisher (2006) define diferentes tipos de redes, entre fornecedores e clientes, também chamada por esse autor de redes verticais, de cooperação, tecnológicas, de P&D, além de alianças estratégicas, ditas redes horizontais. As redes podem ligar empresas, universidades, órgãos do governo, a fim de facilitar a produção tecnológica e desenvolvimento de processos em conjunto. Mas deve-se ressaltar que as ligações são especialmente um canal de transmissão de conhecimento baseado em relações interpessoais, que surge a partir do caráter tácito do conhecimento, unido à confiança entre as partes envolvidas, encontradas em comunidades locais (TRANOS, 2014).

No caso deste trabalho, a ênfase será no fluxo de conhecimento provocado por essas redes de colaboração interpessoais. A justificativa é que essas são uma forma de transmissão de conhecimentos que aumenta a capacidade de inovação regional. Esse aumento se apresenta

tanto de forma direta, dada a maior disposição a aprender uns com os outros, quanto indireta, devido à maior difusão de um conhecimento mais complexo e com alto componente tácito.

Entre os motivos pelos quais se esperam mais conexões e, conseqüentemente, maior produção para interação em redes, para Katz e Martin (1997) e Powell e Grodal (2005), destacam-se: i) a fertilização cruzada de ideias simples; ii) a necessidade de se beneficiar do conhecimento e da tecnologia tácita dos outros; iii) a complexidade das novas invenções que exige conhecimento além da fronteira; iv) divisão do trabalho e especialização científica e tecnológica de mão de obra; v) níveis de financiamento, a fim de alcançar avanços significativos em invenções valiosas; vi) redução dos custos por meio de economias de escala; vii) redução da duplicação de esforços; e viii) redução da incerteza entre os participantes na rede.

Saxenian (1990) realça a experiência do Vale do Silício para mostrar que redes sociais, profissionais, além das relações comerciais, foram ao menos tão importantes quanto um mercado irrestrito ou políticas nacionais para o desenvolvimento tanto intelectual quanto econômico da região. A autora destaca ainda que existe um senso de comunidade que distingue a região. Segundo a autora, a densidade e a abertura das redes, tanto sociais quanto profissionais, é uma vantagem bem exclusiva do Vale.

As discussões sobre redes de colaboração afetando os fluxos de conhecimento iniciaram-se no campo da sociologia (GRANOVETTER 1973, UZZI, 1996; WHITE, 2002). No entanto, evidências empíricas sobre a importância de redes de colaboração sobre os fluxos de conhecimento dentro de uma região e, conseqüentemente, sobre a atividade inovativa, passaram a ser mais tratadas recentemente. Um dos principais motivos para esse relativo atraso foi a falta de dados adequados para construção das redes e também problemas computacionais.

Praticamente todos os trabalhos pesquisados nessa revisão utilizam copatenteamento para construir as variáveis de rede. Excetuando-se os trabalhos de Fleming *et al.* (2003), que apresentam entrevistas de campo com cientistas e engenheiros no Vale do Silício. No entanto, estes trabalhos encontraram que colaborações gravadas em documentos de patentes conseguem capturar os laços interpessoais pessoais e profissionais de forma significativa entre inventores, embora não perfeitamente.

Breschi e Lissoni (2009), seguindo Mowery e Ziedonis (2004), consideram o copatenteamento um canal de transferência de tecnologia baseado no mercado, representando redes formais de colaboração e, com isso, conseguem um resultado que diminui a importância de fluxos de conhecimento não-baseados no mercado (como contatos informais), dado que as atividades de coautoria entre inventores explicam grande parte dos fluxos de conhecimento localizados.

Singh (2005) encontra que as redes de coautoria de patentes são significativas para explicar o aumento do fluxo de informações medido como citações de patentes, diretas e indiretas. Os resultados se mantêm mesmo depois de controlada econometricamente a maior probabilidade de uma citação ser decorrente simplesmente do fato de se tratar de tecnologias semelhantes. Este autor passa a demonstrar que quase todos os transbordamentos geográficos advindos de citações dos Estados Unidos (por exemplo, Jaffe, Trajtenberg e Henderson, 1993) são resultados de redes de coautoria. Breschi e Lissoni (2005) encontram resultados semelhantes para os inventores europeus. Assim, a aglomeração de conexões entre inventores deve provocar um aumento de inventividade dado que a conectividade de fato melhora a divulgação de conhecimentos e de fluxo de informações.

Outra linha investiga se as redes de colaboração são mais importantes no desempenho inventivo de uma região ou se quem cumpre esse papel são as questões relacionadas à aglomeração. Para Bettencourt *et al.*(2007), a criação de novas ideias é um processo que envolve integração e recombinação de conhecimento existente, originando-se de diferentes indivíduos, instituições e até mesmo outra localização. Esses autores buscam então investigar se essa integração citada acima é bem explicada através de redes de colaboração ou se o tamanho e a densidade dos centros urbanos por si só já promovem encontros casuais, criando maiores oportunidade para o fluxo de informações.

Os resultados apontam que a concentração de inventores em grandes áreas metropolitanas não aumenta em média a produtividade do inventor individual, mas aumenta o número de inventores. É como se inventores gerassem mais inventores e não mais inventos. Com isso, concluem que deve haver uma gama de efeitos informais de interação que não são captados por copatenteamento, mas que estão presentes em uma população maior que levam mais profissionais criativos a se concentrar de forma desproporcional em espaços metropolitanos maiores. Ou seja, a presença de uma rede social informal de inventores em uma área metropolitana pode desempenhar um papel fundamental.

Seguindo esta ideia, Lobo e Strumsky (2008) se propõem a responder a seguinte pergunta: quais as características das sociedades urbanas que fomentam ou dificultam a invenção? Com quatro medidas diferentes para redes e duas para aglomeração produtiva os autores se propõem a investigar a produtividade do patenteamento, além de inserirem controle para redes e para características econômicas. Seus resultados são próximos de Bettencourt *et al.*(2007), dado que a aglomeração de inventores em áreas metropolitanas possui consequência maior para a produtividade do patenteamento do que se esses inventores metropolitanos estivessem ligados um ao outro em uma rede social.

Quanto à força das ligações, Cowan e Jonard (2004) argumentam que redes muito densas podem ser prejudiciais na difusão do conhecimento. Isso acontece porque as ideias que circulam dentro de uma rede muito densa acabam se tornando redundante. Granovetter (1973) já alertava para a “força dos laços fracos”, pois para este autor existe um paradoxo em relação às ligações fortes, dado que ao mesmo tempo que são reprodutores da coesão local, também conduzem à uma fragmentação global. Strumsky e Thill (2013) também encontraram que a densidade das ligações é controversa. Se, de um lado, ela pode ser vista como facilitadora dos transbordamentos de conhecimento e fluxos de informações; de outro, as informações que circulam em redes muito densas, tornam-se obsoletas, redundantes e, conseqüentemente, menos criativas com o tempo.

Uma maneira de manter um grau de novidade talvez possa envolver ligações externas de redes. Segundo Owen-Smith e Powell (2004), o acesso ao conhecimento não é apenas resultado de interações locais/regionais, também pode ser resultado de parcerias e ligações externas. De acordo com Strumsky e Thill (2013), em uma rede densamente ligada, conexões externas podem ter um efeito positivo sobre a criatividade, dado que podem trazer novas informações para os inventores de outra região.

No estudo de Magioni, Nosvelli e Uberti (2007), os autores procuram responder se redes não espaciais entre inventores possuem uma relevância maior que o padrão de difusão baseado na proximidade espacial das regiões europeias. Ou seja, eles pretendem, por meio de duas técnicas econométricas, responder se o contato face-a-face, mobilidade de trabalhadores e outras formas de fluxos de conhecimentos localizadas são mais importantes para a atividade inventiva de uma região que as redes que conectam *clusters* com outros agrupamentos, independente da distância geográfica.

Como resultado, os autores encontram que ambas as forças, tanto geográfica quanto relacional, podem coexistir e que, apesar de as redes relacionais influenciarem o comportamento de sistemas regionais de inovação, a proximidade espacial desempenha um papel mais relevante na determinação de seu desempenho.

Outros estudos também investigam se, de fato, as redes de colaboração podem superar limitações geográficas. É o caso do trabalho de Rosenkopf e Almeida (2003), que sugere que os mecanismos de mobilidade dos trabalhadores e redes podem, além de aumentar a capacidade de inovação em uma região, superar as limitações geográficas e tecnológicas. Espera-se que possa haver ligações externas de regiões, mesmo que elas não estejam próximas geograficamente.

Estes autores utilizam citações de patente na indústria de semicondutores nos EUA para mostrar a importância da mobilidade de trabalhadores e de alianças para que as empresas superem limitações da pesquisa localizada. Os autores não encontram qualquer efeito para variável de aliança, explicando o resultado por meio do caráter ambíguo da própria variável, dado que alianças podem levar tanto à convergência quanto à divergência da base de conhecimento. Esse resultado não deve ser generalizado dado que é considerado para um setor específico.

Além do setor de semicondutores, pesquisas que relacionam redes de colaborações inter-regionais com aumento do conhecimento, têm sido feitas para o setor de biotecnologia, como é o caso do trabalho de Gertler e Levitte (2005) que investiga recursos e capacidades internas da empresa, bem como fluxos locais e globais de conhecimento para 358 empresas do núcleo de biotecnologia do Canadá.

Estes autores enfatizam a importância de fluxos de conhecimento não-locais, afirmando que regiões dinâmicas economicamente devem ser caracterizadas tanto pela interação densa local e pela interação social e circulação de conhecimento, também conhecida por "*local buzz*", bem como por meio de fortes ligações inter-regionais e/ou internacionais "*global pipelines*" (BATHELT, MALMBERG e MASKELL, 2004).

Esses trabalhos que investigam a importância de redes de colaboração sobre os fluxos de conhecimento extrarregionais realçam a importância do conhecimento externo para que a região supere o que Boschma (2005) chama de morte entrópica, que é quando uma localidade não consegue se desfazer de ideias e conceitos antigos. De fato, Torre (2008) acredita que o

estabelecimento de laços com parceiros não locais para obter novo conhecimento, ou ideias que não estão acessíveis na região, é um modo de facilitar os fluxos de conhecimento.

Segundo Autant-Bernard, Mairesse e Massard (2007), essas redes estão se tornando mais intersetoriais, mais inter-organizacionais (que ligam universidade à indústria, por exemplo) e mais internacionais. Desse modo, é cada vez mais importante o estudo destas ligações englobando também uma análise da geografia da inovação.

Uma hipótese muito relevante levantada por Migueléz e Moreno (2013) diz que o conhecimento importado é tão relevante para inovação quanto aquele advindo da própria região, dado o grau de novidade passível de absorção. O trabalho destes autores consegue integrar a discussão sobre redes de colaboração tanto internas quanto externas à região.

No que diz respeito ao estudo das redes de colaboração para o Brasil, Sidone, Haddad e Mena-Chalco (2015) investigam de forma descritiva as colaborações científicas, ou seja, coautoria de artigos científicos, registrados na plataforma lattes. O objetivo desses autores é apresentar elementos sobre o papel da geografia na evolução da produção científica no Brasil, com enfoque para o grau de interação colaborativa entre as regiões. Entretanto, o estudo do copatenteamento traz particularidades em relação ao de coautoria de artigos científicos, tendo em vista que as razões para formação de redes entre inventores podem diferir das razões para redes de cientistas⁸.

As redes de colaboração formadas por meio da coautoria de patentes, utilizadas nesta dissertação, são consideradas um canal formal de transferência de conhecimento. No entanto, Araújo e Garcia (2013), por meio de um *survey* de engenheiros, desenvolvedores e programadores de diversas empresas, discutem o papel dos transbordamentos locais de conhecimento por intermédio do contato informal mantido pelos trabalhadores da região de Campinas. Como resultado, os autores encontram que o compartilhamento do conhecimento por intermédio do contato informal foi considerado de alto valor para estes trabalhadores.

⁸Coautoria e coinvenção de dados devem ser interpretados com alguma cautela uma vez que as regras que determinam a autoria e de invenção pode ser diferente (Ducor, 2000). Enquanto o *status* de autor de um artigo científico é o resultado de um processo de negociação, que pode envolver numerosos membros de uma equipe de pesquisa e podem variar de acordo com as regras em relação à matéria disciplinar específica, a noção de autoria da invenção, pelo menos em princípio, tem um significado jurídico mais preciso.

Como pôde ser visto, embora haja alguma iniciativa em estudar redes de colaboração para o Brasil, um estudo empírico que identifique inventores individuais e consiga mapear as relações de copatenteamento entre as regiões brasileiras ainda não foi realizado. Assim, este estudo pretende preencher esta lacuna ao inserir variáveis de redes de colaboração na FPC e testar sua importância em relação à capacidade tecnológica das microrregiões brasileiras.

3. METODOLOGIA

3.1 Abordagem da FPC

Como dito a FPC, foi introduzida por Griliches (1979) ao nível de empresa e, posteriormente, aumentada por Jaffe (1986 e 1989) para nível regional. Desde então tem sido utilizada para estudar a influência de esforços regionais de inovação, servindo como uma ferramenta que representa a capacidade de produzir inovações com uma relação funcional entre os insumos do processo de produção do conhecimento e o seu produto que gere novos conhecimentos tecnológica e economicamente úteis.

Neste estudo, a FPC, abordada ao nível regional, é estendida para incluir medidas de ligações entre inventores para testar, desse modo, a hipótese de que as ligações entre inventores possam ter uma influência direta sobre a capacidade de invenção. Para isso, um vetor contendo diferentes medidas de redes foi incluído na função – vetor Z. Além deste, o vetor I com os principais insumos de inovação e o vetor C com características setoriais e urbanas da região também são inseridos na FPC. Como os dados são regionalizados, torna-se necessário controlar efeitos espaciais. Desse modo, um vetor contendo as defasagens espaciais da variável dependente e de algumas variáveis explicativas também é empregado – vetor E. A dependência do erro também é testada. A função pode ser então expressa por:

$$Y_{it} = Z_{it}\gamma + I_{it}\alpha + C_{it}\beta + E_{it}\rho + e_{it}$$

$$e_{it} = \lambda W e_{it} + \epsilon_{it} \tag{1}$$

Onde Y_{it} é o produto do conhecimento tecnológico economicamente útil e é representado pelas patentes per capita de cada região. O vetor Z possui as variáveis de ligações entre inventores. As duas primeiras medidas mensuram, respectivamente o tamanho relativo das redes de colaboração (LIG_{REL}) e a força das ligações, ou seja, a densidade da rede (LIG_{DENS}). Para inserir a terceira variável, que busca capturar o quanto ligações extrarregionais contribuem para o desenvolvimento da capacidade de invenção da região, é necessário um novo vetor Z. Isso ocorre porque a variável de ligações relativas (LIG_{REL}) é composta pela soma das ligações internas e externas em relação ao número de inventores da região. Para capturar somente o efeito de ligações inter-regionais é necessário decompor LIG_{REL} em LIG_{IN}

e LIG_{EX} . Desse modo, pretende-se estimar dois modelos, o primeiro leva em conta o vetor Z_1 em que são consideradas as ligações totais da região em relação ao número de inventores. O segundo modelo deve considerar o vetor Z_2 , que além da variável de densidade da rede, decompõe as ligações totais em ligações internas (LIG_{IN}) e ligações externas (LIG_{EX}).

$$Z_1 = \{LIG_{REL}; LIG_{DENS}\} \quad (2)$$

$$Z_2 = \{LIG_{IN}; LIG_{EX}; LIG_{DENS}\} \quad (3)$$

Em relação aos demais vetores, mantêm-se mesmos, tanto para o modelo 1 quanto para o modelo 2. O vetor I contém os principais insumos do conhecimento, a saber, uma *proxy* para capacidade de P&D privado ($P\&D_p$), uma *proxy* para capacidade de P&D universitário ($P\&D_u$), uma *proxy* para o capital humano (CH), que captura a proporção dos trabalhadores com ensino superior completo e por fim considera a defasagem espacial da variável dependente (W_y) como *proxy* para os transbordamentos de conhecimento. Também deve ser testado se existe algum padrão espacial manifestado no termo de erro causado por efeitos não modelados neste estudo que podem estar autocorrelacionados espacialmente.

$$I = \{P\&D_p; P\&D_u; CH; W_y\} \quad (4)$$

No vetor C estão representadas características urbanas e setoriais que podem influenciar a produção de invenções regionais. Como características urbanas, há a densidade de trabalhadores da região ($DENS$) e a escala urbana a partir de sua população ($ESCALA$ e $ESCALA^2$). Como características setoriais, são incluídas as seguintes variáveis: competição local ($COMP$), grau de industrialização (IND), porcentagem de serviços direcionados às empresas ($SERV$) e graus de especialização (ESP) e diversificação (DIV) da região.

$$C = \{DENS; ESCALA; ESCALA^2; COMP; IND; SERV; ESP; DIV\} \quad (5)$$

Desse modo, a FPC deve assumir duas formas. Na equação (7), o vetor Z_1 é incluído, sendo chamado de Modelo1.

$$\begin{aligned}
PATpc_{it} = & c + \gamma_1 LIG_{rel_{it-1}} + \gamma_2 LIG_{dens_{it-1}} + \alpha_1 P\&Dp_{it-1} + \alpha_2 P\&Du_{it-1} + \alpha_3 CH_{it-1} \\
& + \rho W_{PATpc_{it}} + \beta_1 DENS_{it} + \beta_2 ESCALA_{it} + \beta_3 ESCALA_{it}^2 + \beta_4 COMP_{it} \\
& + \beta_5 IND_{it} + \beta_6 SERV_{it} + \beta_7 ESP_{it} + \beta_8 DIV_{it}
\end{aligned}$$

$$e_{it} = \lambda W e_{it} + \epsilon_{it} \quad (6)$$

Enquanto Z_2 é representado na equação (8) e receberá o nome de Modelo 2.

$$\begin{aligned}
PATpc_{it} = & c + \gamma_1 LIG_{in_{it-1}} + \gamma_2 LIG_{ex_{it-1}} + \gamma_3 LIG_{dens_{it-1}} + \alpha_1 P\&Dp_{it-1} + \alpha_2 P\&Du_{it-1} \\
& + \alpha_3 CH_{it-1} + \rho W_{PATpc_{it}} + \beta_1 DENS_{it} + \beta_2 ESCALA_{it} + \beta_3 ESCALA_{it}^2 \\
& + \beta_4 COMP_{it} + \beta_5 IND_{it} + \beta_6 SERV_{it} + \beta_7 ESP_{it} + \beta_8 DIV_{it}
\end{aligned}$$

$$e_{it} = \lambda W e_{it} + \epsilon_{it} \quad (7)$$

Como os dados estão organizados em um painel, o subscrito t denota a dimensão do tempo, enquanto i representa as 558 microrregiões estudadas. Para evitar problemas de endogeneidade as variáveis dos vetores Z_1 , Z_2 e I , excetuando-se W_y , foram defasadas um período. Trabalhos como O'hualacháine Leslie (2007), Gonçalves e Almeida (2009) e Migueléz e Moreno (2013) indicam que a defasagem temporal de algumas variáveis explicativas funciona para evitar questões relativas à direção de causalidade com a variável dependente, o que gera endogeneidade. Além disso, espera-se que seja necessário um período de tempo para que insumos da invenção influenciem, de fato, produto desta, representado aqui pelas patentes (ANSELIN, VARGA e ACS, 1997; USAI, 2011).

3.2 Dados

Os dados para implementar o estudo em questão foram extraídos de diversas fontes, entre elas, a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), que possui informação sobre número de empregados, número de firmas, grau de instrução dos trabalhadores, utilizadas neste

estudo. Dados de população e área da microrregião foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Os dados de patente foram concedidos pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI. A unidade espacial de análise é a microrregião geográfica.

Para permitir comparação entre os coeficientes, medidos originalmente em diferentes escalas, os dados foram submetidos à normalização, ou seja, foi realizada uma padronização realizada da seguinte maneira: o valor da observação menos a média da variável, dividida pelo seu desvio padrão. Esta é uma transformação monotônica, ou seja, um modo de transformar os números mantendo a ordem original dos números.

3.2.1 Variável dependente: Patente per capita

Para medir o produto da FPC são considerados depósitos de patentes por 1.000 habitantes. Para obter o número de depósitos de patentes de uma microrregião, no caso de um processo de patente ter mais que um inventor, uma fração proporcional de cada patente é designada a cada região de residência do inventor, como é sugerido nos estudos da literatura da área (MORENO, PACI e USAI, 2005).

Uma patente refere-se a uma propriedade temporária sobre uma invenção. A patente prevê o direito, mas não uma garantia de excluir terceiros de produzir, usar ou vender o produto do patenteamento, em troca desses direitos de exclusão, o titular da patente deve divulgar a invenção como parte de um documento de patente à disposição do público (ROCKETT, 2010). A concessão de uma patente só é emitida para o inventor que prove um grau de novidade e de utilidade para o dispositivo do processo. Essa característica faz com que elas representem o resultado do processo inventivo que possui aplicabilidade e principalmente novidade (GRILICHES, 1990).

A literatura adota amplamente estatísticas de patente para representar o produto da invenção ou inovação. Como *proxy* de inovação, a patente possui limitações usuais relacionadas à subestimação do processo inovativo, falta de valor econômico de algumas patentes e falta de conexão com o valor econômico da tecnologia (NAGAOKA, 2010). Como *proxy* de invenção, é possível que haja subestimação, em algum grau, da capacidade inventiva regional. Entretanto, por exigir que os proponentes despendam recursos no seu depósito e por

possibilitar comparabilidade regional, essas estatísticas constituem importante forma de mensuração e comparação do potencial criativo (inventivo) regional. Além disso, estatísticas de coinvenção permitem que se mapeiem redes de colaboração para invenção.

No Brasil, como em outros países em desenvolvimento, o número total de patentes é relativamente baixo. O INPI, no entanto, vem registrando um aumento de pedidos de patentes 1,6 pontos percentuais acima da taxa mundial (4,5%), ou seja, em média 6,1% anuais no período de 2002 a 2011 (WIPO, 2014).

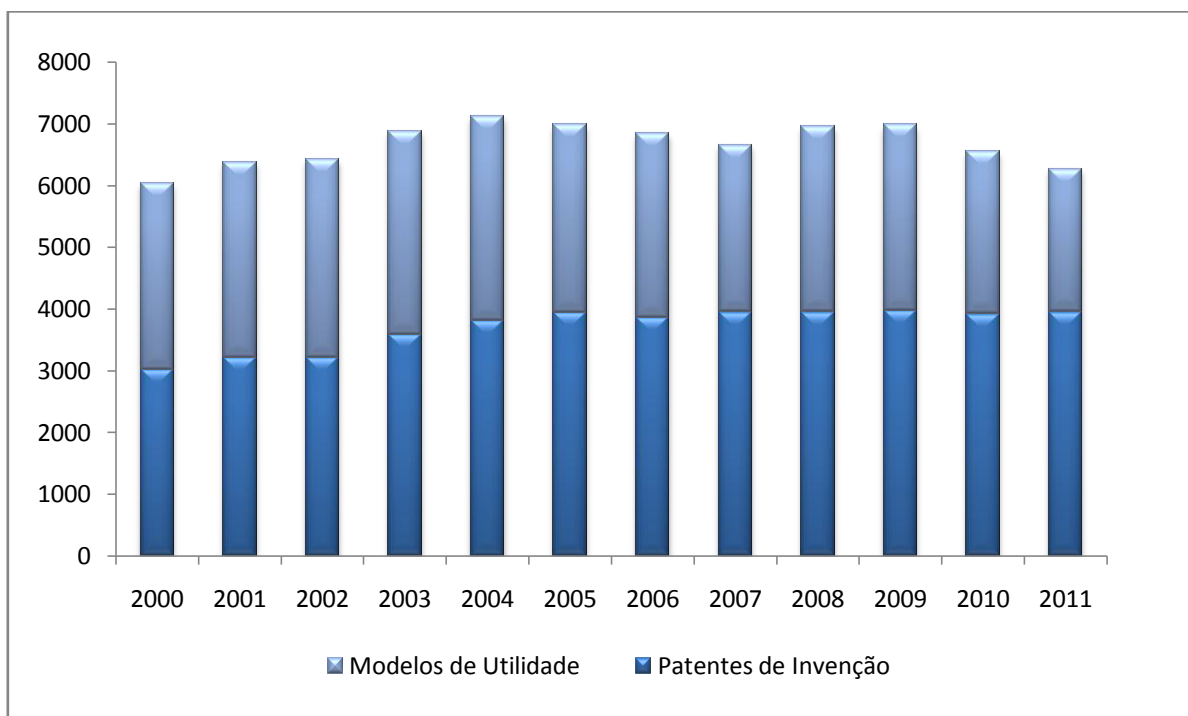
O número de depósitos de patentes do período 2000-2011 cedidas pelo INPI totalizava 87.755 registros no Brasil. Desses, 80.051 depósitos de patente possuíam informações sobre o município dos inventores, ou seja, aproximadamente 91% do total desses processos.

Por meio dos dados cedidos pela BADEPI/INPI v 1.0. têm-se informações sobre patentes de invenção e modelo de utilidade. A principal diferenciação entre essas duas formas de proteção intelectual é que as patentes de invenção visam à proteção de criações de caráter técnico, e representam uma solução nova para um problema existente, devendo possuir requisitos de novidade e aplicabilidade. As patentes de modelo de utilidade possuem o objetivo de melhorar o uso de um objeto, já existente e de aplicação industrial, gerando uma maior eficiência ou comodidade no uso ou fabricação do mesmo.

No Brasil, para o período de 2000 a 2001, cerca de 41.500 patentes representavam modelos de utilidade, ou seja, aproximadamente 38% do total, enquanto que as patentes de invenção somavam 62% do total. Neste estudo, inicialmente utilizam-se os dois tipos de registros de patentes. No entanto, a fim de facilitar comparações internacionais, alguns modelos referem-se apenas às patentes de invenção, enquanto as patentes de modelo de utilidade são apresentadas separadamente.

Os dados do Gráfico 1 mostram que, no Brasil, durante todos os anos analisados, as patentes de invenção foram dominantes em relação aos modelos de utilidade, mesmo que nos primeiros anos da análise essa diferença tenha sido muito pequena.

Gráfico 1: Distribuição dos depósitos de patentes entre modelo de utilidade e patentes de invenção por microrregiões brasileiras (2000-2011)



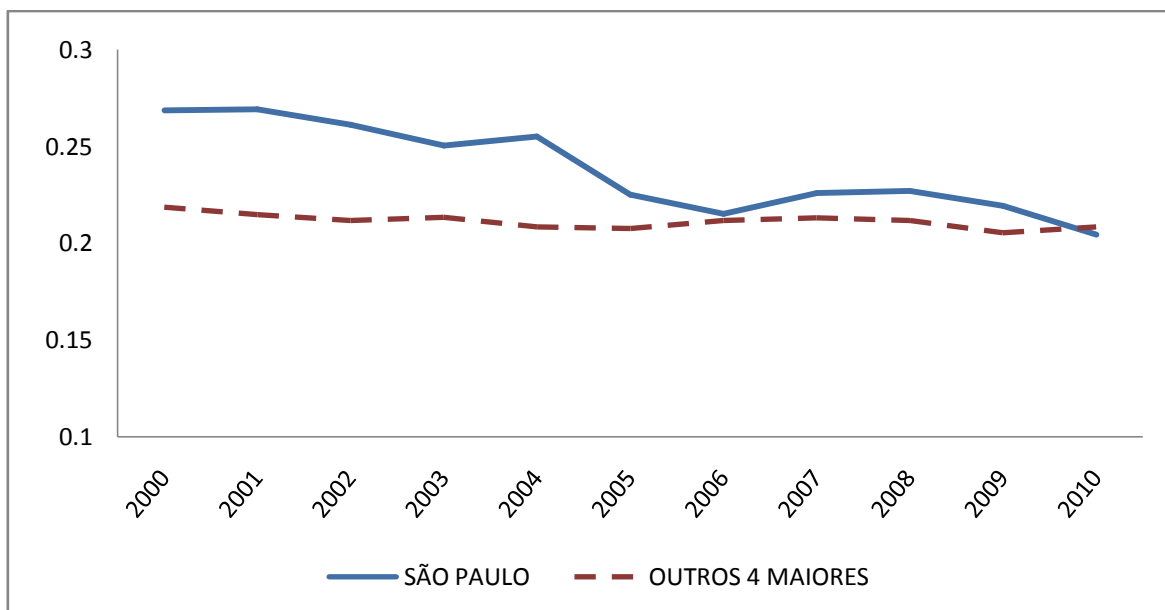
Fonte: Elaboração própria com dados do BADEPI/INPI v. 1. 0.

Argumenta-se que as patentes de invenção são mais relevantes, pois possuem uma maior exigência de conhecimento para sua criação (WIPO, 2014).

A concentração da atividade de patenteamento é uma forte característica do Sistema de Inovação do Brasil (ALBUQUERQUE, 2005 e 2011; GONÇALVES, 2007). Para o período de 2000 a 2011, a microrregião de São Paulo foi responsável por quase um quarto de todos os depósitos de patente do período. Contudo, pode-se observar, no Gráfico 2, que a proporção de patentes para esta microrregião possui uma trajetória descendente, principalmente a partir de 2004. Se em 2000, a microrregião de São Paulo era responsável por 27% do patenteamento, em 2010 essa proporção cai 7 pontos percentuais, passando a ser 20%, no final da série.

Não apenas a microrregião de São Paulo concentra a atividade inventiva no Brasil, mas também o polo Centro-Sul como um todo é o grande responsável pela capacidade tecnológica de todo o país.

Gráfico 2: Proporção das cinco principais microrregiões em relação aos depósitos de patente



Fonte: Elaboração própria com dados do BADEPI/INPI v. 1. 0.

Nota: As outras quatro maiores microrregiões são: Rio de Janeiro, Curitiba, Belo Horizonte e Porto Alegre.

Ao tratar a importância de cada microrregião em relação ao patenteamento, é necessário normalizar pela população da região, como feitos nos estudos de Moreno, Paci e Usai (2005), Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011), Araújo (2013).

Desse modo, a Tabela 1 apresenta as 30 maiores microrregiões em relação ao índice de patentes por 1.000 habitantes. Dessas, todas estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste.

Tabela 1: 30 maiores microrregiões em patentes por 1.000 habitantes no Brasil: média de 2000-2011

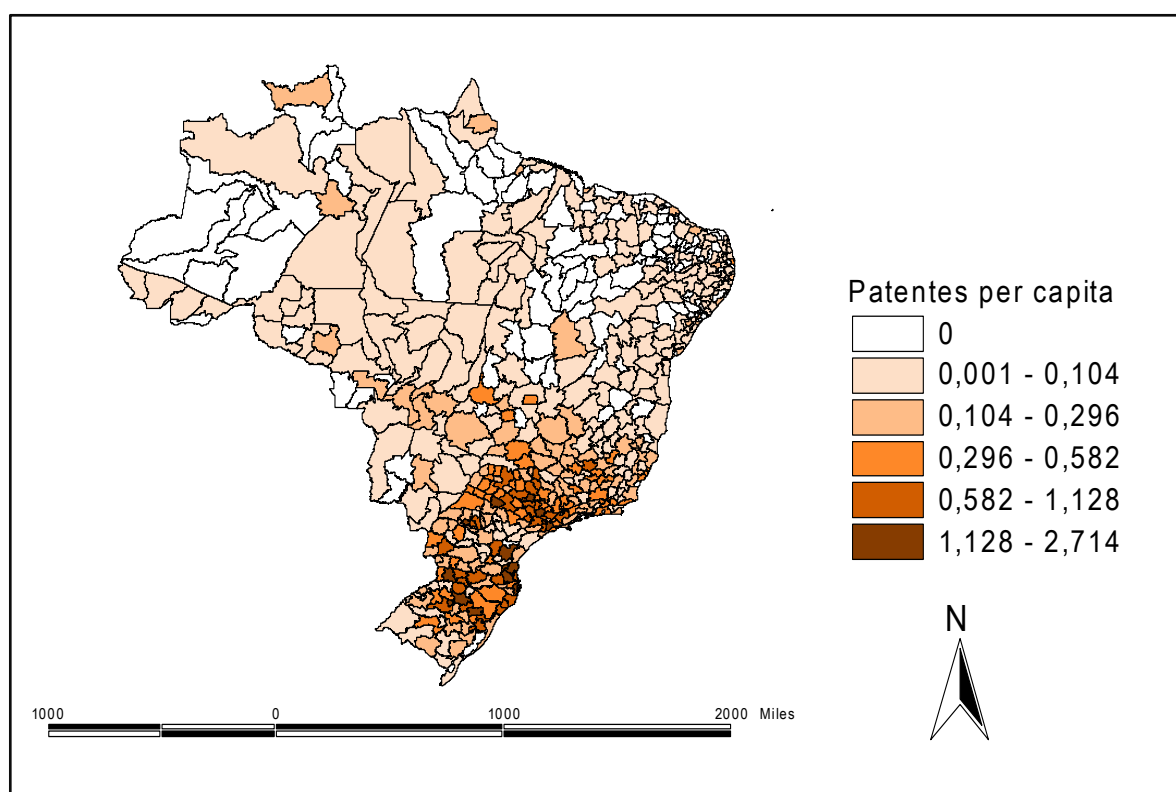
Microrregião	UF	Patentes per capita	Patentes
Caxias do Sul	RS	2,266	162,88
Joinville	SC	1,832	141,04
São Carlos	SP	1,796	53,49
Blumenau	SC	1,382	85,06
Marília	SP	1,313	42,54
Florianópolis	SC	1,274	102,02
Curitiba	PR	1,190	355,10
São Paulo	SP	1,180	1569,39
Campinas	SP	1,176	288,47
Não-me-Toque	RS	1,148	4,82
São Bento do Sul	SC	1,144	14,53
Chapecó	SC	1,067	41,02
Maringá	PR	1,055	52,88
Passo Fundo	RS	1,027	32,59
Jundiaí	SP	0,944	55,20
Porto Alegre	RS	0,846	305,67
Londrina	PR	0,810	55,80
Limeira	SP	0,773	42,65
Piracicaba	SP	0,765	40,84
Rio Claro	SP	0,761	18,11
Batatais	SP	0,756	7,84
Criciúma	SC	0,755	26,51
Ribeirão Preto	SP	0,717	68,24
Tatuí	SP	0,708	16,70
Araraquara	SP	0,703	33,71
São José dos Campos	SP	0,687	91,86
Belo Horizonte	MG	0,682	318,07
Bragança Paulista	SP	0,673	31,20
Concórdia	SC	0,658	9,22
Itajaí	SC	0,647	31,49
Percentual dos 30 primeiros			61%

Fonte: Elaboração própria com dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

Nota-se que nesta lista estão presentes regiões industriais e aglomeradas como as de São Paulo, Curitiba e Campinas bem como regiões com parques industriais relativamente menores, mas relevantes no âmbito nacional, como o de Caxias do Sul, segundo maior polo metal-mecânico do Brasil, Joinville, com foco na indústria tecnológica de *software* e São Carlos, importante polo tecnológico, educacional e científico que abriga inclusive o parque tecnológico, ParqTec onde surgiu a primeira incubadora da América Latina em 1984 (TORKOMIAN, 1994).

A concentração da atividade inventiva nas microrregiões brasileiras também pode ser observada por meio dos dados de regiões sem patentes. Das 119 microrregiões que não realizaram nenhum depósito entre 2000 e 2011, 103 são das regiões Norte e Nordeste, como pode ser visto na Figura 1 que identifica as microrregiões com maior patenteamento per capita. A primeira microrregião do Nordeste, João Pessoa (PB) ocupa apenas a 103ª posição entre as regiões com maior índice de patentes per capita. Por outro lado, no Sul e Sudeste, uma ampla área com níveis mais altos de patentes se estende do centro de Minas Gerais até a região central do Rio Grande do Sul.

Figura 1: Patentes por 1.000 habitantes por microrregiões brasileiras
(média do período 2000-2011)



Fonte: Elaboração própria no *software* Arcview 3.2, dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

Após apresentar a distribuição das patentes, variável dependente do estudo, nos próximos tópicos serão descritas as variáveis explicativas do modelo. Subdividas dentro dos vetores Z, I e C, respectivamente de ligações relativas, insumos da invenção e características urbanas e setoriais da região.

3.2.2 Vetor Z: Ligações Relativas

Os estudos que investigam as redes colaborativas em economia da inovação tem se expandido muito nos últimos anos. As variáveis que têm sido utilizadas para representar estas redes são construídas em sua maioria sobre a teoria da SNA (Análise de Redes Sociais⁹). Esta não é uma teoria formal em sociologia, mas sim uma estratégia para a investigação de estruturas sociais e tem sido aplicada em diversos campos. Uma de suas principais aplicabilidades é estudar redes de publicação, citação, estruturas de colaboração e outras formas de redes de interação social.

Três tipos de medidas são amplamente utilizados pela literatura para construção das variáveis de redes de colaboração nos trabalhos empíricos que estudam as relações entre coautores de patentes. Medidas de conectividade, extensão e densidade das ligações são estudadas nos trabalhos de Bettencourt *et al.* (2007), Lobo e Strumsky (2008), Miguelléz e Moreno (2013), Strumsky e Thill (2013), He e Fallah (2014), Breschi, Lissoni e Malerba (2003). Além dessas, uma linha crescente de trabalhos investiga também as ligações extrarregionais.

Para representar a conectividade da rede é utilizado o número de ligações de cada região, absoluto ou relativo ao número de inventores (BETTENCOURT *et al.*, 2007; MIGUELLÉZ e MORENO, 2012 e 2013; HE e FALLAH, 2014). Essa variável indica que, quanto maior seu valor, maior o número de ligações entre inventores e, conseqüentemente, maior o fluxo de informação que deve circular dentro da microrregião.

A medida de densidade é calculada segundo Miguelléz e Moreno (2013), Lobo e Strumsky (2008), Flaming *et al.*(2007), levando em conta o número de ligações dividido pelo número de possíveis ligações na região. Uma localidade com ligações densas indica que a informação circula com muita intensidade, e que os laços nessas localidades são fortes. As evidências para esse tipo de variável ainda são muito ambíguas. Ao mesmo tempo em que se argumenta que redes densas e fortes transmitem uma confiança maior e, portanto, talvez um fluxo maior. Por outro lado, o conhecimento em uma rede muito densa pode se tornar obsoleto com certa facilidade.

⁹ Tradução livre de Social Network Analysis.

A última medida, que aborda a extensão da rede é representada pelo conceito de componentes. Um componente é formado por todos os inventores da rede que estão ligados de tal maneira que exista um caminho contínuo entre eles, compreendendo então ligações diretas e indiretas. Cada inventor representa um nó na rede e a ligação entre eles forma uma espécie de laço, que liga esses nós até formar um componente onde mais nenhum inventor se liga a outro e/ou onde todos os inventores estejam de alguma forma, conectados. O objetivo desta medida é conhecer a extensão em que inventores de uma região estejam ligados ou isolados uns dos outros. A partir do conceito de componente, algumas variáveis podem ser criadas, como número de componentes, tamanho médio dos componentes, porcentagem de nós do maior componente, entre outras. Bettencourt *et al.* (2007), Miguelléz e Moreno (2013), Strumsky e Thill (2013), He e Fallah (2014) utilizam esse tipo de medida.

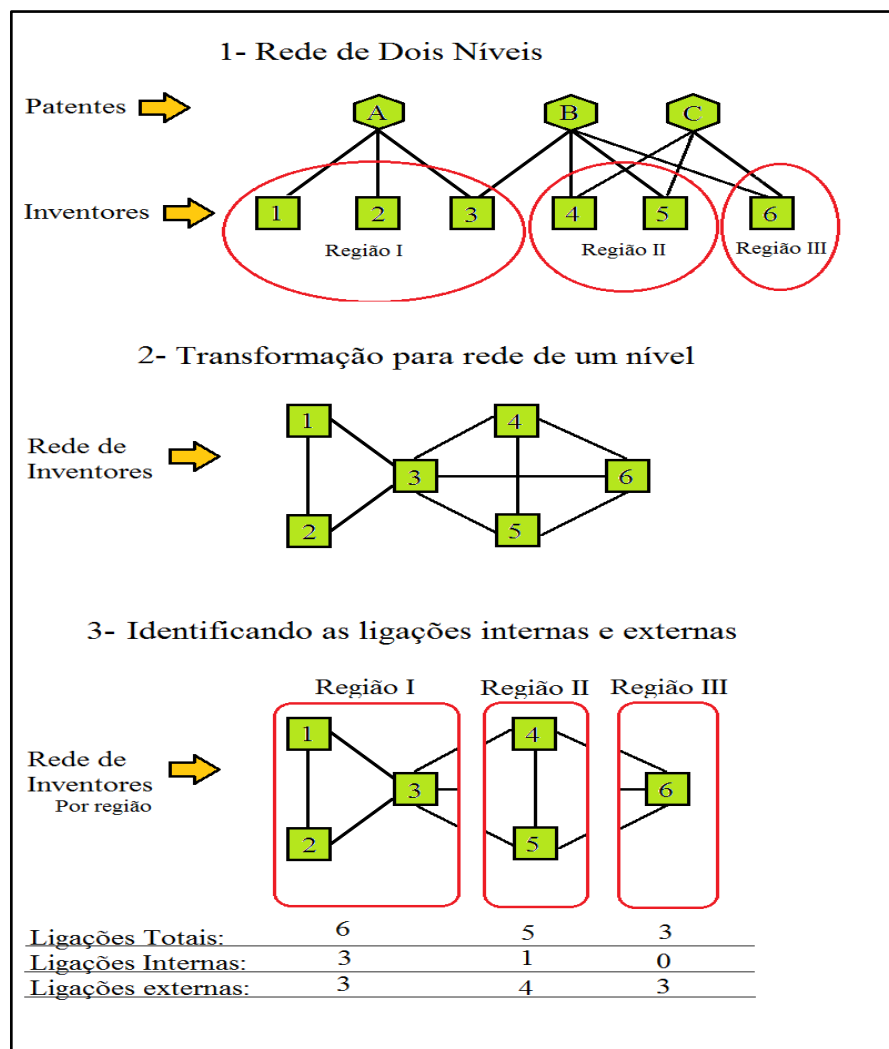
Evidências empíricas para a Europa mostram que as redes de pesquisa entre inventores de patente aumentam a capacidade de inovação regional (MIGUÉLEZ e MORENO, 2012; 2013). No entanto, a evidência para os Estados Unidos é fraca. Bettencourt *et al.* (2007) e Fleming, King e Juda (2007) não encontram resultados significativos entre o patenteamento e as variáveis de rede de colaboração. Lobo e Strumsky (2008), estudando a aglomeração de inventores, encontram efeito pequeno das redes e ainda encontram que ligações muito densas podem ser prejudiciais à produtividade inventiva. Gao, Guan e Rousseau (2011) encontram que, para a China, as redes são importantes na geração de novo conhecimento e que as ligações intrarregionais e internacionais têm relativo destaque se comparadas com as ligações inter-regionais. O objetivo, ao inserir o vetor Z na FPC, é testar se para o Brasil, ligações entre inventores de patente atuam como importantes insumos para produção de conhecimento e se as redes entre as regiões são de fato um propulsor da atividade técnica para as microrregiões.

As redes de colaboração são formadas a partir de nós e arestas. Neste estudo, os nós são os inventores e as relações de copatenteamento, as arestas ou laços entre eles. Ou seja, a relação de diferentes inventores que criaram uma mesma patente em conjunto forma uma ligação entre dois ou mais inventores. Dado que o estudo é feito por regiões, torna-se importante destacar que essas ligações podem ser realizadas tanto entre inventores da mesma região quanto de regiões diferentes. Um depósito de patente que envolve, por exemplo, quatro inventores, constituem seis ligações.

A Figura 2, construída de acordo com He e Fallah (2014), mostra como foi feita a transformação das informações da base original de patentes do INPI para construção das variáveis de ligação por microrregião. De acordo com esses autores, inicialmente possui-se uma rede de dois níveis, com informações de cada patente e seus inventores. A transformação não muda a natureza das relações, mas é capaz de mudar o enfoque dos nós e das ligações para uma rede de apenas um nível. Desse modo, todas as relações de coautoria de patente devem ser capturadas ao nível de inventor.

Além disso, na medida em que existem redes de colaboração que ligam inventores dentro e entre as regiões, os pedidos de patente podem ser utilizados para identificar a região de origem de cada inventor e vincular as regiões dos coinventores, sejam elas as mesmas ou não. Desse modo, torna-se quantificável as conexões de rede entre todos os inventores de uma região e suas ligações, como pode ser visto na terceira parte da Figura 2.

Figura 2: Passo a passo da construção das redes de inventores

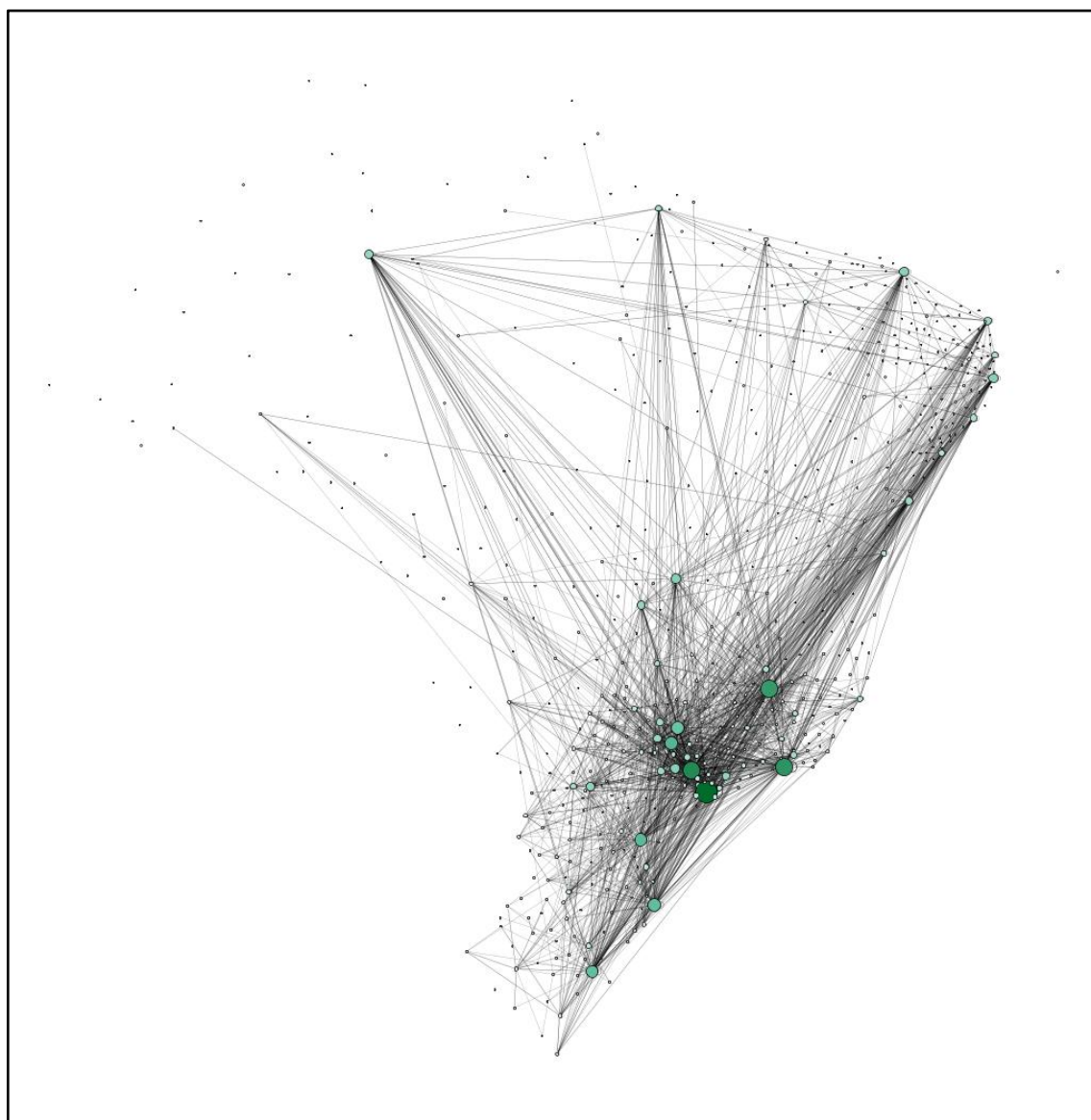


Fonte: Elaboração própria com base em He e Fallah (2014).

Como neste estudo o enfoque é dado para as microrregiões brasileiras, é importante destacar que as variáveis utilizadas contabilizam o número de arestas totais, internas e externas a estas regiões, ou seja, focando na terceira parte da Figura 2. Desse modo, é possível explorar, tanto descritiva quanto estatisticamente, como estas medidas estão ligadas à capacidade inventiva de cada região.

Para facilitar a visualização das redes para o período de 2000 a 2011, foi elaborada a Figura 3 em que cada nó representa uma microrregião brasileira e as arestas são as ligações entre inventores daquelas regiões. As ligações internas são representadas por meio do tamanho do nó e a cor mais forte das arestas indica que aquela ligação possui um peso maior, ou seja, ocorreram mais de uma vez ligações entre aquelas regiões.

Figura 3: Mapa das redes entre as microrregiões brasileiras no período 2000-2011

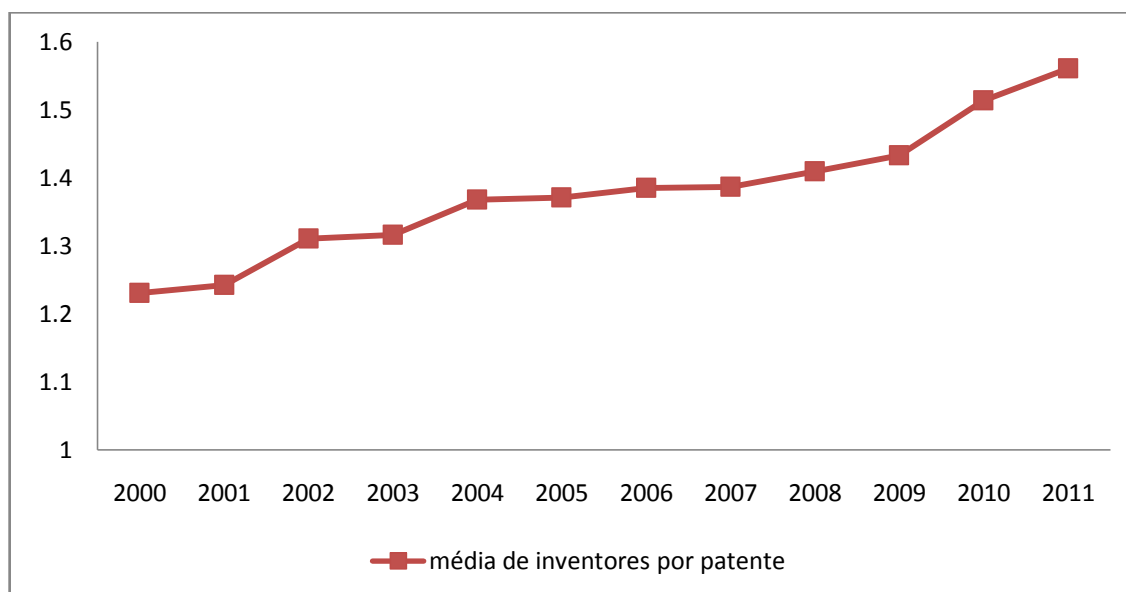


Fonte: Elaboração própria no software Gephy 0.8.2, dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

Como pode ser notado, as regiões Sul/Sudeste apresentam as ligações mais fortes, tanto internas quanto externas. Como mencionado acima, o tamanho do nó indica o número de ligações internas de cada microrregião. Na Figura 3, os maiores nós representam as microrregiões de Campinas, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, seguidas pelas microrregiões do Sul, Curitiba, Florianópolis, Joinville e Porto Alegre que também concentram as arestas com cores mais fortes, indicando grande número de ligações externas também. Vale ressaltar a importância das capitais nas Regiões Norte/Nordeste. Manaus, Belém, São Luiz, Fortaleza, Natal, João Pessoa, Recife, Maceió, Aracajú e Salvador são as principais microrregiões que conectam inventores entre o Norte e o Sul do Brasil. Brasília e Goiânia também possuem destaque quando se refere à região Centro-Oeste.

O desenho das ligações, representado na Figura 3, é próximo daquele que exhibe as principais regiões em relação ao patenteamento - Figura 1. Contudo, a correlação entre o patenteamento per capita e o número de ligações entre inventores ainda é relativamente baixa, (0,37). No Brasil, a formação dos inventores em redes de colaboração, representada pelo copatenteamento, ainda é incipiente. Dos 80.051 processos de patentes analisados neste estudo, apenas 15.889 possuem mais de um colaborador, ou seja, um pouco menos de 20%. Este número pode indicar que as redes ainda são um canal de difusão do conhecimento pouco explorado no País. Apesar desses números, o Gráfico 3 mostra uma tendência crescente no tamanho médio das equipes de inventores no Brasil.

Gráfico 3: Média de inventores por patentes no Brasil. Período: 2000-2011.

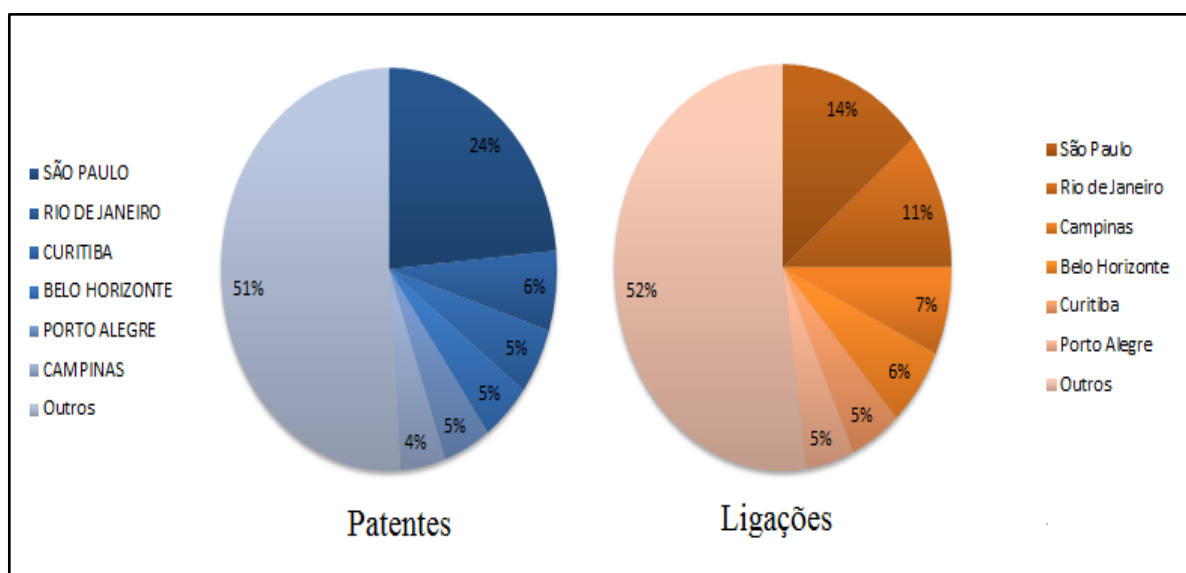


Fonte: Elaboração própria com dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

Desde 2000, primeiro ano da análise, a média de inventores por patentes tem crescido, de maneira lenta, mas constante. No entanto, se comparada com países desenvolvidos, o tamanho médio de uma equipe de inventores no Brasil ainda é reduzido. No estudo de Crescenzi, Natan e Rodríguez-Poze (2016), os autores indicam que o tamanho dos times de inventores em 1973 no Reino Unido era 1,7 inventores, chegando a uma média de quase 5 inventores em 2007. No Brasil, em 2011, o número de inventores médios de um processo de patente¹⁰ ainda não havia alcançado a média de 1,7 do início da série de Crescenzi, Natan e Rodríguez-Poze (2016).

Outra semelhança entre o patenteamento e as ligações entre os inventores é a relação com a concentração. Em valores absolutos, as microrregiões com mais depósitos de patentes são também as que possuem mais ligações. São Paulo e Rio de Janeiro são, respectivamente, a primeira e a segunda microrregião em ambos os casos. Da 3ª a 6ª posição revezam Campinas, Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre. Dessa forma, é possível perceber que a concentração geográfica das ligações é tão elevada quanto o nível do patenteamento. Considerando todo o período, cerca de 48% das ligações entre os inventores ocorrem nas 6 principais microrregiões do Brasil, como pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4: Principais regiões em relação ao patenteamento e as ligações entre inventores (2000-2011)



Fonte: Elaboração própria com dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

¹⁰ Os dados não levam em consideração processos depositados no Brasil que só possuam inventores estrangeiros.

Considerando este fato e as evidências empíricas já observadas em outros países, que encontraram relação positiva e significativa para a influência das redes de colaboração sobre a atividade inventiva (MIGUELLÉZ e MORENO, 2012; 2013; HE e FALLAH, 2014), pode-se propor a primeira hipótese deste estudo, que pode ser formulada da seguinte forma:

H1: Um maior número de ligações relativas entre inventores aumenta a capacidade de invenção das microrregiões brasileiras.

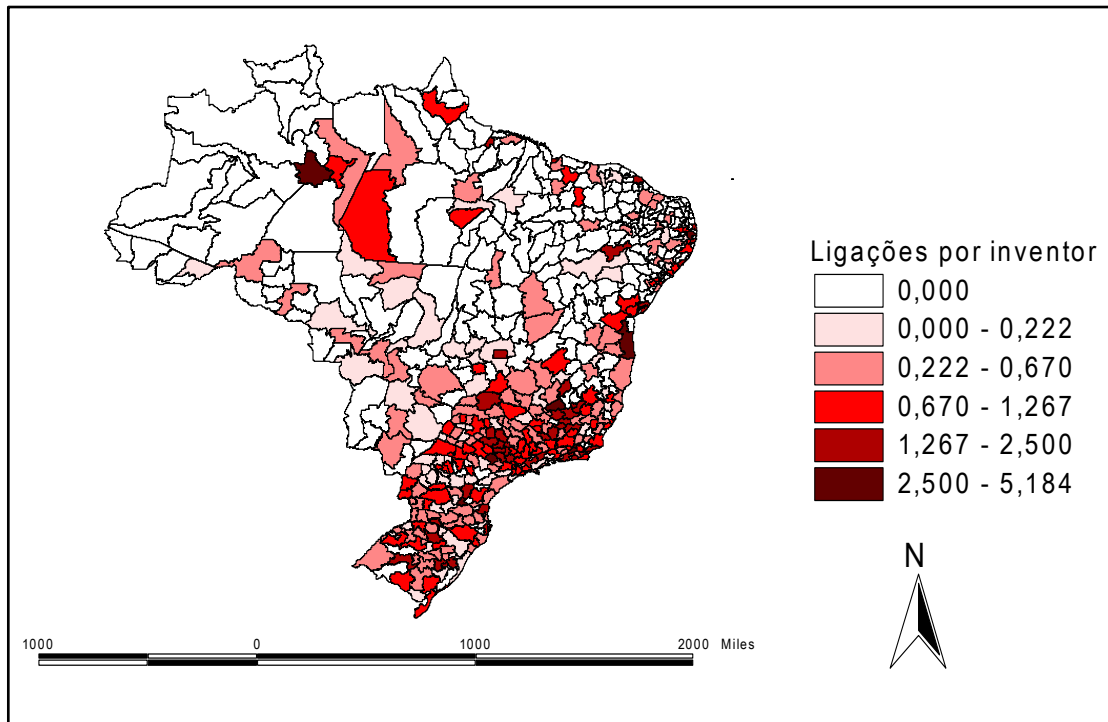
A variável “Ligações Relativas” - LIG_{rel} é utilizada para representar a conectividade da rede, como já havia sido mencionado, e representa o número de ligações totais, internas e externas, em relação ao número de inventores da região (BETTENCOURT *et al.*, 2007; MIGUELLÉZ e MORENO, 2012 e 2013; HE e FALLAH, 2014). Ela é medida em termos relativos para que não ocorram problemas de correlação entre variáveis absolutas do estudo.

$$LIG_{rel_{it}} = \frac{N^{\circ} \text{ de Ligações da região}}{N^{\circ} \text{ de Inventores da região}} \quad (8)$$

Segundo Hoekman, Frenken e Van Oort (2009), as redes de inventores aumentam a capacidade inventiva de uma região dado que estes inventores possuem influência maior em seus respectivos campos do que se estivessem trabalhando individualmente. O fato de um maior número de ligações aumentar os fluxos de conhecimento e permitir um aumento da confiança entre inventores é considerado por Migueléz e Moreno (2013) um efeito indireto das redes de colaboração.

A distribuição do número de ligações em relação ao número de inventores nas regiões brasileiras é bem similar ao número de ligações absolutas. Uma comparação entre a Figura 4 e Figura 3 mostra que, em ambos os casos, microrregiões no Sul e Sudeste apresentam ligações acima da média, em sua maioria. É também observado que microrregiões que se situam nas capitais de alguns Estados do Norte e Nordeste, em geral, também possuem ligações tanto absolutas quanto relativas acima da média.

Figura 4: Ligações por inventores em microrregiões brasileiras
(média do período 2000-2011)



Fonte: Elaboração própria no *software* ArcView 3.2, dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

Além da medida de conectividade, este estudo pretende investigar a força dos laços entre os inventores brasileiros. A medida de densidade é calculada segundo Lobo e Strumsky (2008), Flaminget *al.* (2007) e Strumsky e Thill (2013), levando-se em conta o número de ligações dividido pelo número de possíveis ligações na região.

$$LIG_{dens\ it} = \frac{LIG_{it}}{N_{it}(N_{it}-1)/2} \quad (9)$$

Onde LIG_{it} é o número de ligações na região i no período t e N_{it} é o número total de inventores dentro da região. Uma região com ligações densas indica que a informação circula com muita intensidade, os laços nessas localidades são fortes. Uma segunda hipótese pode ser formulada como se segue:

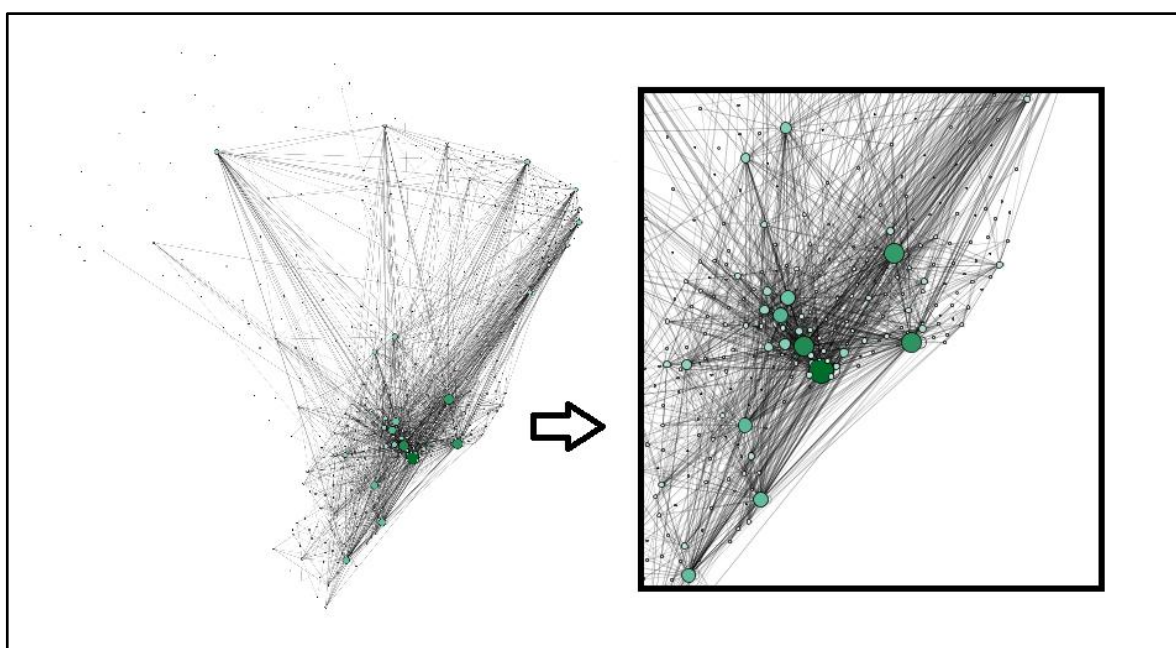
H2: A força das ligações possui influência sobre a capacidade tecnológica de uma região.

Note que não foi realizada afirmação quanto à direção do efeito da densidade das redes. Isso acontece porque as evidências para esse tipo de variável ainda são muito ambíguas. Por um lado, argumenta-se que redes densas e fortes transmitem confiança maior e, portanto,

talvez um maior fluxo de conhecimento. Por outro lado, o conhecimento em uma rede muito densa pode se tornar obsoleto com certa facilidade.

As regiões onde as redes são mais fortes, ou seja, onde existem mais ligações entre os mesmos parceiros, sejam eles inventores ou microrregiões, estão localizadas no eixo São Paulo, Campinas, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. Estas regiões são caracterizadas não apenas pelo desenvolvimento científico-tecnológico, mas também pela sua capacidade produtiva, a saber, mais de um quarto do PIB brasileiro está concentrado nestas quatro microrregiões. A Figura 5 exibe com maior precisão como as redes nesse eixo são intensas em relação ao restante do País.

Figura 5: Redes de Inventores: destaque para densidade de ligações na região Sudeste



Fonte: Elaboração própria no *software* Gephy 0.8.2; dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

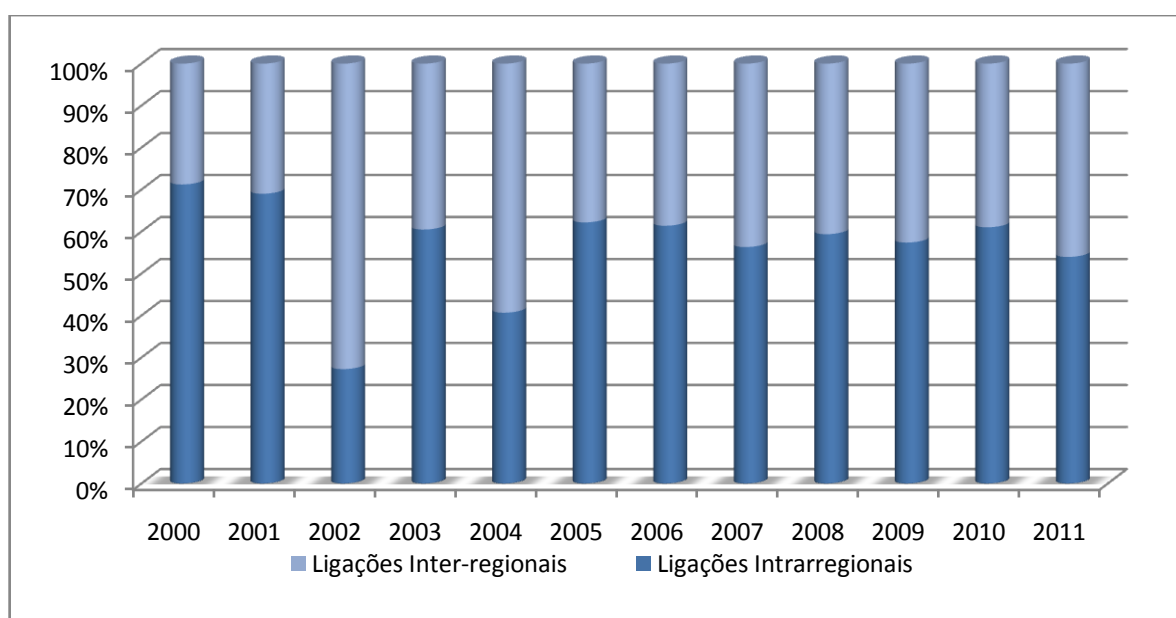
A cor mais escura das linhas que representam as redes nesta região indica exatamente que estas ligações possuem uma força maior por se repetirem com maior frequência. Não coincidentemente foi visto que estas regiões também apresentam maior patenteamento e ligações relativas.

Ao inserir as variáveis LIG_{dens} e $eLIG_{rel}$ na FPC deve ser possível distinguir os efeitos da conectividade entre os inventores e a da densidade, ou seja, o que mais afeta o patenteamento: o fato de haver mais colaboradores de patente atuando juntos em uma microrregião ou se estes colaboradores atuarem em uma rede com laços fortes que se repetem em diversos processos

de patente? Deve-se acrescentar que as duas medidas não são excludentes, podendo as duas afetar a atividade inventiva da microrregião.

As ligações entre os inventores, no entanto, podem ocorrer tanto dentro da microrregião quanto fora delas. Dado que um dos objetivos deste estudo é investigar as ligações externas é importante desmembrar as ligações em internas e externas. Os dados para o Brasil indicam que a maioria das coinvenções é realizada por inventores na mesma microrregião, como mostra o Gráfico 5.

Gráfico 5: Proporção de ligações internas x externas



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

As exceções nos anos de 2002 e 2004 são devidas a dois processos de patente que possuíam 82 inventores no ano de 2002 e 52 no ano de 2004. Dado que estes inventores eram de regiões diferentes, o número de ligações externas aumentou de forma significativa. Apesar deste fato, nos demais anos estudados a proporção de ligações internas sempre foi superior a 50% do total.

Em relação à concentração das ligações internas e externas (Tabela 2), calcula-se o coeficiente de Gini, que varia de 0 (igualdade perfeita) a 1 (desigualdade perfeita). Miguélez e Moreno (2015) acreditam que para a Europa exista uma forte concentração, com Gini de aproximadamente 0,7, no entanto, esse valor para o Brasil chega aos 0,82 para ligações

internas da região, apontando concentração ainda maior para o País. A comparação entre as ligações internas e externas, considerando as regiões com patente, mostra que as ligações externas são um pouco menos concentradas do que as internas, o que faz com que a concentração das ligações totais seja uma espécie de média entre as duas. De fato, quando se considera as 20 maiores regiões brasileiras que possuem ligações, elas representam 72,37% do total de laços, enquanto para a Europa os autores consideram os 50%, que encontraram um sinal de concentração das redes.

Tabela 2: Análise descritiva de redes internas e externas de inventores no Brasil (Total 2000-2011)

	Ligações totais	Ligações Internas	Ligações Externas
Ligações nas regiões top 20	72,37%	78,34%	68,16%
Índice de Gini	0,81	0,84	0,80
Todas as regiões			
Regiões com 0 laços	42,83%	55,56%	45,88%
Regiões com 5 ou menos laços	56,99%	71,86%	61,47%
Regiões com patente			
Regiões com 0 laços	27,33%	43,51%	31,21%
Regiões com 5 ou menos laços	45,33%	64,24%	51,03%

Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI v. 1.0.

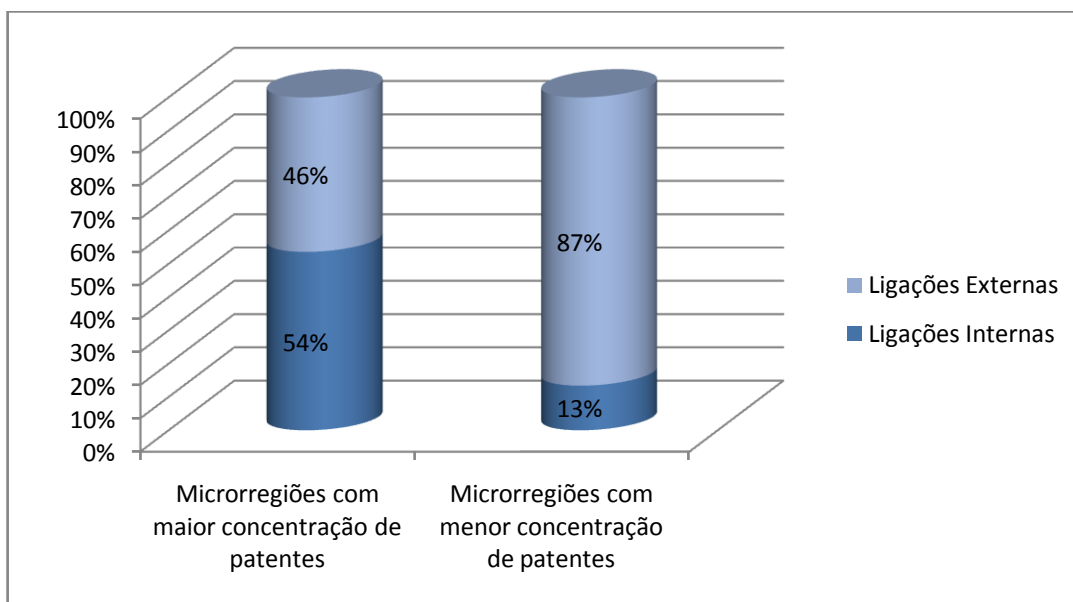
O trabalho de Migueléz e Moreno (2015) apresenta dados para a Europa, no período de 2001 a 2005, que mostram que as redes de copatenteamento tem um alcance muito grande entre as regiões europeias. Apenas 1,46% das regiões não possuem inventores de patentes com laços em outras regiões e apenas 3% possuem 5 ou menos ligações desse tipo. Considerando apenas as regiões brasileiras com patente, essa proporção para o Brasil é muito maior, com 27,33% das microrregiões não possuindo nenhuma ligação e 45,33% possuindo 5 ou menos. Em relação aos laços externos apenas, essa proporção aumenta para 31,21% e 51,03%, respectivamente¹¹.

¹¹ É importante salientar que a comparação está sendo feita entre regiões brasileiras e regiões europeias, que envolvem diferentes países. No entanto, pelo menos quanto à extensão territorial, o Brasil se equipara à Europa. A definição de laços externos utilizada é a mesma, o que não invalida a comparação.

Quanto à distribuição entre as regiões em relação às redes inter-regionais e intrarregionais, para aquelas com maiores níveis de patenteamento¹², a proporção de ligações externas e internas é bem equilibrada, com uma tendência a apresentar um número de ligações internas um pouco superior às ligações externas, com uma média de 54% para o primeiro caso, como pode ser observado no Gráfico 6. As regiões com menor ocorrência de patentes, ao contrário, apresentam as ligações externas como a predominante. Cerca de 87% das ligações de microrregiões periféricas em termos de taxa de invenção é realizada com inventores de fora.

Uma hipótese desta distribuição é de que inventores de regiões com capacidade inventiva menor necessitem de coinventores de regiões maiores para desenvolver novo conhecimento.

Gráfico 6: Ligações Externas e Internas em relação às regiões patenteadoras: Total do período 2000 – 2011



Fonte: Elaboração própria com dados do BADEPI/INPI v. 1.0.

Existem alguns trabalhos empíricos que investigam a importância de redes de colaboração sobre os fluxos de conhecimento extrarregionais. Estes estudos realçam a importância do conhecimento externo para que a firma supere o que Boschma (2005) chama de morte entrópica ou *lock-in* regional, que ocorre quando combinações e recombinações da mesma

¹² Definidas por meio da mediana da série de ligações totais, ou seja, as 279 microrregiões com maior número de ligações totais. Idem para microrregiões com menor número de ligações.

parcela de conhecimento fazem com que empresas acabem presas em estruturas sociais que tendem a resistir a mudanças (MIGUELÉZ e MORENO, 2012).

Rosenkopf e Almeida (2003), para a indústria de semicondutores nos EUA, e Gertler e Levitte (2005), para o núcleo de biotecnologia do Canadá, enfatizam a importância de fluxos de conhecimento não-locais, afirmando que regiões dinâmicas economicamente devem ser caracterizadas tanto pela interação densa local, social e circulação de conhecimento, bem como por meio de fortes ligações inter-regionais e/ou internacionais.

Desse modo, dada a estrutura das ligações externas nas microrregiões brasileiras, aliada aos resultados encontrados por Migueléz e Moreno (2012), Gertler e Levitte (2005), Rosenkopf e Almeida (2003) para outros países, a hipótese que se constrói para as redes externas indica que:

H3: As ligações inter-regionais auxiliam no aumento da criatividade de um determinado lugar, dado que dão acesso a novas ideias e a novo conhecimento que não estavam acessíveis para região.

Com este trabalho pretende-se testar exatamente essa hipótese, sugerida por Bathelt, Malmberg e Maskell (2004), que afirma que deve haver uma combinação de um “*local buzz*” e “*global pipeline*”, ou seja, um local onde os fluxos de conhecimentos podem e devem estar associados a uma busca de conhecimento global.

Para investigar especificamente as ligações inter-regionais, ou seja, o “*global pipeline*” e também o “*local buzz*” é necessário desmembrar a variável de ligações totais em duas partes, como foi mencionado na seção 3.1. Desse modo, a variável utilizada para representar as redes externas é calculada como o número de ligações externas sobre o número de inventores daquela região.

$$LIG_{ex_{it}} = \frac{LIG_{ex_{it}}}{N_{it}} \quad (10)$$

Esta variável deve ser inserida na equação juntamente com a variável de ligações internas relativas. Caso contrário, a variável de Ligações totais relativas LIG_{rel} pode capturar os efeitos das ligações externas.

3.2.3 Vetor I: Insumos da Invenção

Desde que a FPC começou a ser utilizada, em Griliches (1979) e Pakes e Griliches (1984), os gastos das empresas com P&D têm sido usados para representar os insumos do conhecimento.

A realização de P&D tem grande influência dentro da empresa onde é praticada, e também pode afetar o desempenho produtivo de outras firmas. Segundo Hall, Mairesse e Mohnen (2010), uma descoberta em uma empresa ou setor pode desencadear uma nova linha de pesquisa, inspirando novos projetos ou novas aplicações inclusive em outros setores ou outros países. O conhecimento advindo da P&D pode, desse modo, transbordar. Outra característica que torna a prática de P&D benéfica para firmas é a manutenção de uma capacidade de absorver conhecimentos externos, que seria uma espécie de vantagem indireta resultante de um transbordamento que pode ocorrer de outras firmas, ou de laboratórios de pesquisa governamentais, de dentro da região ou mesmo de fora dela (COEH e LEVINTHAL, 1990).

Contudo, os dados de gastos das firmas com P&D não são acessíveis para muitos países, principalmente em extratos regionais mais desagregados. De acordo com Araújo, Cavalcante e Alves (2009), esse tipo de gasto é medido no Brasil pela Pesquisa de Inovação – PINTEC, que é realizada a cada três anos. Uma primeira dificuldade se refere à aplicação trienal da pesquisa que impossibilita a evolução anual dos gastos em P&D do setor produtivo. O outro problema está ligado à unidade geográfica de análise, que não possui representatividade ao nível local, como em pesquisas de dados censitários como a Pesquisa Industrial Anual (PIA).

Dessa maneira Araújo, Cavalcante e Alves (2009), seguindo Gusso (2006), propõem a criação de uma variável chamada “pessoal ocupado técnico-científico” - PoTec¹³ - que representa o extrato de trabalhadores que potencialmente envolvem-se em atividades de P&D. De acordo com estes autores, existe cerca de 90% de correlação entre os gastos de P&D externos e internos e a PoTec, o que indica que essa variável é uma *proxy* adequada para capacidade de P&D privado.

13 As ocupações definidas por Araújo, Cavalcante e Alves (2009), segundo a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) de 2002 foram: profissionais da biotecnologia e biomédicos, engenheiros, pesquisadores, profissionais da matemática e de estatística, analistas de sistemas computacionais, físicos, químicos, profissionais do espaço e da atmosfera, arquitetos.

A Classificação Brasileira das Ocupações (CBO) para ocupações técnico-científicas, utilizada por Araújo, Cavalcante e Alves (2009), foi elaborada em 2002. No entanto, como parte dos anos de análise deste trabalho são anteriores a 2002, foi necessário compatibilizar a CBO 2002 com a de 1994 para os anos de 2000, 2001 e 2002. Esta compatibilização foi realizada por meio do Relatório da Tábua de Conversão CBO2002 - CBO94¹⁴.

Portanto, a *proxy* para capacidade de P&D privado utilizada neste trabalho é definida como a porcentagem de empregados em profissões técnico-científicas definidas pela PoTec de Araújo, Cavalcante e Alves (2009) para a microrregião, construída a partir de dados da RAIS.

De acordo com Varga (1998) e Jaffe (1989), a inclusão da variável de P&D universitário na FPC deve-se a fortes evidências de um efeito positivo, direto e indireto, causado pela pesquisa universitária sobre a produtividade de P&D empresarial.

A importância das universidades no processo de produção do conhecimento pode ser direta e indireta. Enquanto a relação indireta ocorre por intermédio da atração de firmas de alta tecnologia por causa do mercado de mão-de-obra qualificado, a direta se dá por meio de transferências de conhecimento das universidades para o mercado e isso implica em novos produtos que carregam a influência da pesquisa universitária (VARGA, 1998). Essas transferências podem ocorrer de diversas formas. Os principais canais de transmissão são enumerados de acordo com Varga (1998), como: i) cooperação formal; ii) seminários acadêmicos; iii) publicações; iv) consultoria; v) programa de associação industrial; vi) parques industriais; vii) *spin-offs* viii) licença tecnológica; ix) mercado de trabalho de cientistas e engenheiros e x) associações de cientistas.

Da mesma forma que para a P&D privada, os dados de P&D universitário não se encontram disponíveis. Seguindo Gonçalves e Almeida (2009), a *proxy* para esta variável é então o número de professores doutores atuando em centros de pós-graduação *stricto sensu* em áreas relevantes para criação e transferência de novas técnicas para o setor produtivo. A variável foi construída a partir de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. O número desses professores foi normalizado pela população de cada microrregião. São considerados os docentes permanentes e visitantes dos cursos de mestrado e

¹⁴ Em anexo a compatibilização das Ocupações técnico-científicas para CBO1994-2002. Basta acrescentar que duas profissões não encontraram correspondência, são elas: Profissionais da Metrologia e Diretores de P&D, dado o pequeno número de empregados nessas áreas acredita-se sua exclusão não provoque impacto nos resultados referentes à variável de capacidade de P&D privado.

doutorado nas grandes áreas de formação tecnológica, a saber, Engenharias, Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e da Saúde.

Espera-se uma relação positiva entre capital humano e invenção. Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) encontram evidências de que, quanto maior o nível educacional, maior a capacidade para criar e aplicar novos conhecimentos e, dessa forma, mais acentuada seria a produção tecnológica. Usai (2011) também encontra relação positiva entre capital humano e patenteamento, afirmando que o impacto deste é maior do que o dobro do impacto da P&D.

Essa importância é devida à capacidade criativa de uma força de trabalho educada e mais experiente. Além disso, o capital humano é responsável por grande parte dos transbordamentos que acontecem, dado o caráter tácito do conhecimento, de modo que a qualificação dos trabalhadores é parte fundamental no processo de produção de novo conhecimento e, por isso, é incluída como um dos principais insumos da FPC. A variável que representa a qualificação dos trabalhadores é criada a partir dos dados da RAIS e representa a parcela dos trabalhadores com ensino superior completo.

A última variável do vetor I diz respeito à defasagem espacial da variável dependente, pois esta variável possui uma intuição teórica que a diferencia das demais. Trabalhos como os de Usai (2011), Gonçalves e Almeida (2009) e Araújo (2013) utilizam a defasagem espacial da variável dependente como *proxy* para transbordamentos. A hipótese é a de que, quanto maior atividade inventiva em regiões vizinhas, mais transbordamentos poderão impactar a região em questão. Em outras palavras, a variável representa uma medida ponderada de patentes nas regiões com as quais a região *i* tem maior proximidade física. Uma influência dessa variável sobre a FPC é interpretada como evidência de transbordamentos de conhecimento inter-regionais, ao passo que a falta de significância indicaria que a produção de novos conhecimentos apenas é gerada internamente.

3.2.4 Vetor C: Características urbanas e setoriais da região

As três primeiras variáveis desse vetor pretendem capturar a influência de características urbanas sobre a capacidade de inovação da região. O indicador de densidade do emprego reflete o tamanho da economia local. A utilização desse indicador tenta captar a influência da grande concentração espacial de empregados de funções semelhantes e/ou diferentes em uma mesma unidade territorial (SIMMIE, 2001). Em geral, as áreas mais densas são as mais

propensas à propagação das externalidades, além de ser uma das principais características dos centros urbanos. Seguindo Combes (2000) e Gonçalves e Almeida (2009), essa variável foi criada dividindo o número de empregados total pela área em km² da microrregião. O número de pessoas ocupadas foi obtido da RAIS, enquanto a área das microrregiões foi obtida a partir da informação das áreas dos municípios e retirada do sítio institucional do IBGE.

Várias razões podem explicar a importância da escala urbana para o processo inovador. Segundo Duranton e Puga (2004), existem vantagens de compartilhamento (“*sharing*”), de combinação (“*matching*”) e de aprendizado (“*learning*”) que são propiciadas por um ambiente urbano de grandes escalas. As vantagens de compartilhamento estão relacionadas à diluição de ganhos e de riscos, dada a indivisibilidade natural de alguns ativos. A vantagem da combinação estuda mecanismos pelos quais a aglomeração melhora as interações e relações entre agentes em atividades econômicas como fornecedor-produtor, produtor-cliente, empresa-empregado, entre outros. As vantagens baseadas na aprendizagem discutem mecanismos de geração, difusão e acumulação de conhecimento.

Centros urbanos promovem com mais facilidade interações interpessoais, criando maiores oportunidades para os fluxos de informação, de forma que as cidades, e suas características peculiares passam a ter um papel fundamental no desenvolvimento da capacidade tecnológica de uma região. Entre essas características, Audretsch (1998) destaca a concentração de profissionais qualificados no trabalho, fornecedores e grande quantidade de instituições de pesquisa regionais, tais como universidades, associações comerciais e organizações de negócios locais.

A variável de escala pretende capturar os benefícios advindos da reunião dessas características em uma aglomeração urbana, de forma que se espera um sinal positivo para a escala urbana. Essa variável é construída como a população total da região em relação à população total do Brasil.

Contudo, existem problemas advindos do aumento do adensamento populacional, expresso pelos custos de congestionamento, também chamados deseconomias de aglomeração. Estes são causados pelo aumento dos custos de fatores, como, preço de imóveis, serviços básicos, como transporte e aumento de problemas sociais, como violência e pobreza. Assim, a fim de verificar se a escala urbana e invenção possuem uma relação não linear, o quadrado de escala é calculado. Um sinal negativo e significativo indica que custos de congestionamento são um problema nas grandes cidades.

Quanto às características setoriais, construiu-se o indicador de competição local. A variável foi construída seguindo Carlino, Chatterjee e Hunt (2001) e Gonçalves e Almeida (2009) e representa o número de firmas sobre o número de empregados na região em relação aos mesmos indicadores para o Brasil. Tanto o número de estabelecimentos quanto o número de empregados foram obtidos a partir dos dados da RAIS.

Se a sua relação com o patenteamento for positiva, significa que um maior nível de competição potencializa as externalidades. Neste caso, estas economias externas estão de acordo com a teoria de Porter e também com os resultados encontrados em Jacobs (1969) e Glaeser *et al.* (1992). Caso contrário, se sua relação com o patenteamento for negativa, de acordo com a teoria MAR, a estrutura monopolista tende a proporcionar melhores resultados. Ou seja, a questão que se deseja responder, ao inserir essa variável na FPC, é se uma microrregião com uma estrutura de concorrência é mais produtiva no sentido de inovar do que uma microrregião onde exista o predomínio de uma estrutura de monopólio.

Outra variável do vetor C, o grau de industrialização, representa a parcela de empregos gerados na indústria extrativa e de transformação em relação ao total de trabalhadores da microrregião. Esta variável pretende controlar o fato de a indústria ter maior propensão a patentear que o setor de serviços, por gerar invenções que atendem aos critérios de patenteamento dos escritórios de patentes.

A variável de serviços prestados às empresas mede a parcela de empregados alocados no setor de serviços prestados às empresas, seção K da CNAE 1.0. Entre esses serviços destacam-se: atividade imobiliária, aluguel de veículos, máquinas e equipamentos; atividades de informática, pesquisa e desenvolvimento, atividades jurídicas, contábeis e de acessória empresarial, publicidade entre outros. A importância dessa variável está relacionada ao fato de estes serviços serem fundamentais para na fase de comercialização de uma nova ideia técnica, além de capturar as interações relacionadas entre invenção e conhecimento local (FELDMAN e FLORIDA, 1994; ACS, ANSELIN e VARGA, 2002; VARGA, 1998).

As externalidades advindas da especialização e/ou diversificação dos setores econômicos também impactam a capacidade inventiva de uma região. Marshall (1992) acreditava que a concentração de firmas de setores específicos teria vantagem de concentrar também mão de obra especializada que, devido à proximidade geográfica, poderia transbordar conhecimento tácito, beneficiando o processo inventivo de toda a região. Trabalhos como Koo (2005), Moreno, Paci e Usai (2005) e Panne (2004) corroboram essa hipótese. Por outro lado, Jacobs

(1969) acreditava que a diversidade de setores econômicos promovesse a fertilização cruzada de ideias impulsionando a criatividade e a atividade inventiva, conseqüentemente. Uma gama significativa de trabalhos empíricos legitima essa teoria (GLAESER *et al.*, 1992; FELDMAN e AUDRETSCH, 1999; CARLINO, CHATTERJEE e HUNT, 2001).

Ibrahim, Fallah e Reilly (2009) realçam que esses tipos de externalidades não são fenômenos mutuamente excludentes, podendo ser complementares e desempenhar papéis muito diferentes em termos do tipo de inovação que eles produzem, radical ou incremental. Seguindo essa linha este estudo, pretende-se utilizar um índice para especialização e outro para diversificação.

Dessa maneira, o índice de especialização regional, em termos de empregados, utilizado neste estudo é o quociente locacional, que mede a especialização do setor i na região j em relação à especialização do setor i em todas as regiões. De acordo com Nakamura e Paul (2009), a média desse quociente locacional entre todas as indústrias pode ser calculado como:

$$ESP_j = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \frac{S_{ij}}{S_i} \quad (11)$$

Onde:

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^J x_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}} \quad (12)$$

$$S_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^I x_{ij}} \quad (13)$$

Em que x_{ij} é o número de trabalhadores do setor i na região j e os setores relacionados, apenas os setores da indústria e serviços foram considerados, excluindo-se a agricultura. Quando ESP_j assume valores maiores que um, têm-se indícios de que o nível de especialização na região j é relativamente alto.

O índice de diversificação utilizado é o inverso do índice Hirschman-Herfindhal.

$$DIV_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^I (S_{ij})^2} \quad (14)$$

Onde S_{ij} é o mesmo de (14) e x_{ij} continua sendo o número de trabalhadores do setor i na região j . O índice Hirschman-Herfindhal varia de zero a um e quanto mais perto de zero mais

diversificado é a região. Dessa forma, espera-se que quanto maior o inverso do índice Hirschman-Herfindhal mais diversificada a região. Desse modo, um coeficiente positivo e significativo dessa variável indica que a diversificação de um sistema local contribui para o esforço inovador. Ao se ter duas medidas, uma para ESP e outra para DIV, não se exclui o fato de regiões serem, ao mesmo tempo, especializadas e diversificadas.

3.3 Estratégia empírica

Definidas as variáveis, deve-se acrescentar que a estratégia empírica deste trabalho consiste em realizar inicialmente uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para descrever a distribuição da atividade inventiva das microrregiões brasileiras juntamente com a distribuição das redes de inventores. Em seguida, pretende-se estimar um painel de dados espaciais. O método de painel tem o intuito de evitar as consequências de efeitos não observados, que podem causar inconsistência do estimador ao violar a hipótese de exogeneidade, no caso de efeitos fixos. Além disso, mesmo se o erro não for correlacionado com nenhuma variável explicativa, no caso dos efeitos aleatórios, esse método corrige o problema de autocorrelação serial do termo de erro, o que conduzirá a estatísticas de testes mais eficientes. Outro benefício da utilização de dados longitudinais é o aumento significativo dos graus de liberdade na estimação. Por fim deve ser realizado um teste de robustez que tem por objetivo oferecer maior segurança quanto aos resultados encontrados. Esse teste consiste em estimar as equações 7 e 8 usando uma unidade regional diferente de microrregiões. Mais especificamente, pretende-se utilizar a divisão urbano-regional a partir das Regiões de Influência das Cidades (REGIC) construídas pelo IBGE. O REGIC tem como base os estudos de centralidade e hierarquia da rede urbana, sua proposta método lógica é baseada na teoria de Christaller (1966) que postula que a centralidade urbana decorre do papel da distribuição de bens e serviços para a população.

Segundo Wooldridge (2002), existem três métodos de trabalhar com dados longitudinais. A primeira a ser considerada é o chamado MQO Agrupado ou *pooled*, que considera as observações para os anos de 2000 a 2011 indistintamente, como se fosse um grande corte transversal. Apesar de ser um método frequentemente utilizado, seu principal problema está relacionado à validade da hipótese de que o erro não esteja correlacionado com as variáveis explicativas. Desse modo, deve-se decidir entre a utilização de efeitos fixos ou efeitos aleatórios.

Assumindo uma equação estrutural representada da seguinte maneira:

$$y_{it} = \mathbf{X}_{it}\beta + c_i + u_{it} \quad (15)$$

Onde c_i é um efeito não observado constante no tempo, o método de efeito fixo é o mais indicado, pois dessa forma não é necessário assumir que c_i seja não correlacionado com as variáveis independentes. Os efeitos fixos pretendem capturar o fato de as regiões não serem homogêneas, ou seja, o fato de existir heterogeneidade não observável nas estruturas econômicas, sociais, institucionais e políticas entre as regiões, permitindo que tais diferenças sejam tratadas de forma sistemática. O efeito fixo permite controlar esses componentes não observados, além de eliminar o viés das variáveis relevantes omitidas, que não variam como transcorrer do tempo.

O método de efeito aleatório também assume a existência de um erro não observável na equação de interesse assim como em (16). Entretanto, neste caso c_i não pode estar correlacionado com nenhuma variável explicativa em todos os períodos de tempo. A vantagem deste último consiste em produzir estimadores mais eficientes caso a hipótese de c_i ser exógeno se verifique.

Por meio do teste de Hausman é possível verificar se existe correlação entre c_i e ex_{it} assumindo que os erros idiossincráticos e as variáveis explicativas são não-correlacionadas ao longo do tempo. A hipótese nula do teste indica, então, que o método de efeitos aleatórios seria indicado.

No entanto, dados em painel pressupõem independência entre as unidades de *cross section* e se este pressuposto for violado, são violadas as hipóteses básicas de Gauss-Markov, não garantindo que o estimador de Mínimos Quadrados Ordinário (MQO) seja o melhor estimador não viesado. Desse modo, torna-se necessário testar a dependência entre as unidades de *cross section* em todos os períodos ao mesmo tempo. Para isso, é utilizado o teste CD de Pesaran (2004). Este teste é baseado em uma média simples de todos os coeficientes de correlação par a par dos resíduos de MQO para regressões individuais no painel. Pesaran (2004) mostra que este teste está centrado corretamente para N grande e T pequeno¹⁵. Como

¹⁵Pesaran (2004) utiliza experimentos de Monte Carlo e realiza comparações entre o teste CD de Pesaran com o teste de Multiplicador de Lagrange de Breusch e Pagan(1980), encontrando que o primeiro possui a vantagem de ser robusto para períodos de tempo mais curtos e unidades de corte transversal grandes, ou seja, T pequeno e N grande.

no caso deste trabalho, essas unidades são microrregiões, a rejeição da hipótese nula pode implicar que a dependência esteja sendo causada por algum efeito espacial, que, se não for tratada adequadamente, pode tornar as estimativas, inconsistentes e/ou ineficientes (DE HOYOS e SARAFIDIS, 2006).

Confirmada a existência de dependência espacial, torna-se necessário captar tais efeitos. Uma das maneiras para se fazer isto é construir um modelo econométrico-espacial, incluindo defasagens espaciais. Segundo Anselin e Bera (1998), o padrão espacial nos dados pode ser explicado por efeitos de interação endógenos (Wy), exógenos (Wx), e também correlacionados com o erro ($W\varepsilon$). Embora, a melhor estratégia deveria ser incluir todas as defasagens simultaneamente, é argumentado que no mínimo uma delas deve ser excluída para que os parâmetros de interação sejam identificados (MANSKY, 1993).

Levando em conta este fato mencionado acima e que a defasagem espacial da variável dependente é parte fundamental na teoria apresentada por representar os transbordamentos de conhecimento externos à região, os modelos espaciais analisados devem sempre incluir Wy , testando-se os seguintes modelos: i) o modelo de Defasagem Espacial ou SAR que considera além das variáveis explicativas propostas, a defasagem espacial da variável dependente; ii) modelo de Defasagem com Erro Espacial ou SAC, deve ser considerado quando o fenômeno estudado apresenta ao mesmo tempo a defasagem da variável dependente e o erro autorregressivo espacial.

Dada a estrutura longitudinal dos dados, o modelo de Defasagem Espacial ou SAR pode ser escrito da seguinte maneira:

$$y_{it} = \rho W y_t + X_{it} \beta + c_i + u_{it} \quad (16)$$

Onde ρ é chamado de coeficiente espacial autorregressivo e W_{ij} é a matriz de ponderação espacial. Este modelo, também chamado SAR, indica que a variável dependente de um modelo é influenciada pelas variáveis dependentes das regiões vizinhas, além de um conjunto de características locais observados (ELHORST, 2014). Não considerar a defasagem espacial da variável dependente quando ela é, de fato, relevante para explicar o modelo causa problemas de inconsistência.

O modelo, chamado modelo de Defasagem com Erro Espacial ou SAC deve ser considerado quando o fenômeno estudado apresenta ao mesmo tempo a defasagem da variável dependente e o erro autorregressivo espacial. Neste caso, a influência dos vizinhos se manifesta tanto na variável de interesse quanto no termo de erro. Quando o processo gerador dos dados tem essa característica, mas ela não é modelada, incorre-se tanto em ineficiência quanto em inconsistência.

$$y_{it} = \rho W y_t + X_{it} \beta + c_i + \epsilon_{it} \quad (17a)$$

$$\epsilon_{it} = \lambda W \epsilon_t + u_{ij} \quad (17b)$$

O procedimento de especificação, para selecionar o melhor modelo espacial, seguindo Almeida (2012), consiste em estimar os modelos explicitados acima e, então, por meio de duas condições sequenciais, escolher o que atende a ambas. A primeira condição é que o modelo adequado não deve apresentar sinais de autocorrelação espacial em seus resíduos. Caso mais de um modelo consiga eliminar a dependência espacial, seleciona-se aquele que apresentar o menor critério de informação, a saber, AKAIKE e SCHWARZ¹⁶. Este procedimento, no entanto, é proposto para análise em dados de corte transversal, e deve ser analisado com cautela quando aplicado para dados longitudinais. Calcular o *I de Moran* dos resíduos de cada período do painel é considerado apenas um indício de eliminação da dependência para este tipo de dados. Esta certeza só seria confirmada se o teste CD Pesaran pudesse ser aplicado sobre os modelos espaciais, o que não ocorre ainda. Apesar disso, como este procedimento é de fácil aplicação, e pode gerar algum indício de correção do problema de dependência espacial, ele será utilizado neste estudo.

Portanto, a estratégia empírica deste trabalho, resumidamente, consiste em selecionar por intermédio do teste de Hausman o método de dados em painel apropriado, ou efeito fixo ou efeito aleatório. Em seguida, pelo teste CD de Pesaran (2004), verifica-se a presença de dependência espacial nos dados longitudinais. Se confirmada, parte-se para a escolha do modelo espacial apropriado, utilizando o procedimento de especificação detalhado acima.

A estimação dos modelos espaciais por Mínimos Quadrados Ordinários – MQO – é inconsistente nos modelos de painel espacial. Segundo Almeida (2012), isso acontece devido à natureza multidimensional da dependência no espaço, denotando simultaneidade da

¹⁶ Os critérios de informação AKAIKE e SCHWARZ foram calculados seguindo Gujaratti (2011), adaptando-as para um painel de dados.

interação. Desse modo, os modelos de painel espacial podem ser estimados por Máxima Verossimilhança – MV e também pelo Método Generalizado dos Momentos – GMM.

De acordo com estudos de Franzene e Hays (2007), o estimador de MV possui um desempenho sólido em relação ao viés e domina fracamente o método de GMM em relação à eficiência. Outra vantagem do estimador de MV é que ele restringe o coeficiente dentro do espaço de seu parâmetro através do termo jacobiano e por GMM isso não é feito (ELHORST, 2014). Porém, o estimador de MV assume a hipótese de normalidade dos resíduos. Esta pode ser investigada pelo teste Jarque-Bera (1980), que, embora seja informativo, não foi desenvolvido no contexto de um modelo com efeitos de interação espacial.

Desse modo, pretende-se estimar o painel espacial por MV. Assumindo que a amostra é suficientemente grande para que a distribuição da média dos resíduos convirja para a distribuição normal, conforme o Teorema do Limite Central. Além disso, o número de estudos considerando estimações por GMM em um contexto de painel espacial ainda é incipiente, de modo que, as estimações por MV podem ser mais facilmente comparáveis.

A matriz de ponderação W , que busca refletir um determinado arranjo espacial resultante do fenômeno a ser estudado, considerada aqui, é a matriz de distância inversa ao quadrado, porque considera o fato estilizado do decaimento espacial dos transbordamentos de conhecimento, ou seja, quanto mais distante uma região se encontra de outra, menos ela está apta a absorver e/ou transbordar conhecimento uma da outra (ROSENTHAL e STRANGE, 2004). O termo exponencial representa um parâmetro de amortecimento da influência da distância sobre a força de interação¹⁷.

¹⁷ É importante, contudo, salientar que LeSage e Pace (2014) afirmam que o maior mito da econometria espacial é acreditar que as estimativas e inferências de regressões dos modelos espaciais são sensíveis às matrizes de pesos espaciais.

4. RESULTADOS

O principal objetivo deste estudo é verificar o impacto das redes de inventores sobre a capacidade tecnológica das microrregiões brasileiras. Para tanto, foi definida uma estratégia baseada nos fundamentos teóricos e empíricos descritos anteriormente. Os resultados desta análise devem ser apresentados nesta seção.

Inicialmente foi realizada uma AEDE que pretende identificar e explorar as características espaciais da variável dependente, patentes por 1.000 habitantes e também da variável que mensura o número de ligações entre coinventores de patentes. A principal finalidade desta técnica é detectar padrões de associações espaciais dessas duas variáveis e poder compará-las.

No próximo passo, foram estimados os modelos empíricos propostos pelas equações (7) e (8) apresentadas anteriormente, por meio da estratégia empírica também já descrita. Os resultados devem apontar a relação entre o nível da atividade inventiva e das ligações entre coinventores de patentes, bem como a relação com os demais fatores, já estilizados pela literatura, como capacidade de P&D privado e universitário, capital humano, características urbanas e setoriais, que também influenciam a atividade inventiva no Brasil.

4.1 AEDE

A AEDE é uma ferramenta que busca encontrar padrões de associação no espaço. Em geral, é aplicada sobre a variável dependente dos modelos estudados. Neste estudo, o foco será tanto para variável dependente, patenteamento per capita quanto para variável de ligações totais. O interesse sobre as redes de inventores de patentes decorre do grau de ineditismo desse tipo de estudo para o Brasil. Diversos trabalhos já se propuseram a analisar a dependência espacial do patenteamento (GONÇALVES, 2007; ARAÚJO, 2013). Contudo este, até o que se sabe no momento, deve ser o primeiro estudo a verificar a distribuição espacial das redes dos inventores brasileiros, medida por patentes.

Inicialmente, deve-se confirmar a existência de dependência espacial, além de buscar identificar padrões de associações espaciais. Esse procedimento consiste em calcular o *I de Moran* das variáveis mencionadas anteriormente. Essa estatística de autocorrelação espacial global nos fornece três informações sobre os dados analisados: primeiro, se a dependência espacial existe de fato nos dados por meio da significância da estatística, em que a hipótese nula é de aleatoriedade espacial; segundo, o padrão que seguem: concentração ou dispersão

por meio do sinal, se positivo temos um padrão de concentração e; terceiro, identifica se a concentração ou dispersão é forte ou fraca dependendo da magnitude da estatística; quanto mais perto de um, mais forte. A Tabela 3 apresenta os resultados desta estatística para patentes per capita e ligações totais.

Tabela 3: Resultado da estatística *I* de Moran

Ano	Patente per capita	Ligações Totais
2001	0,303***	0,047***
2002	0,340***	-0,003
2003	0,338***	0,121***
2004	0,341***	0,033**
2005	0,339***	0,050***
2006	0,395***	0,118***
2007	0,316***	0,103***
2008	0,371***	0,134***
2009	0,346***	0,042***
2010	0,305***	0,079***
2011	0,309***	0,033**

Nota: Matriz de pesos espaciais: "distância inversa ao quadrado".

Pseudo-significância baseada em 999 permutações: *** 0,01; ** 0,05; *

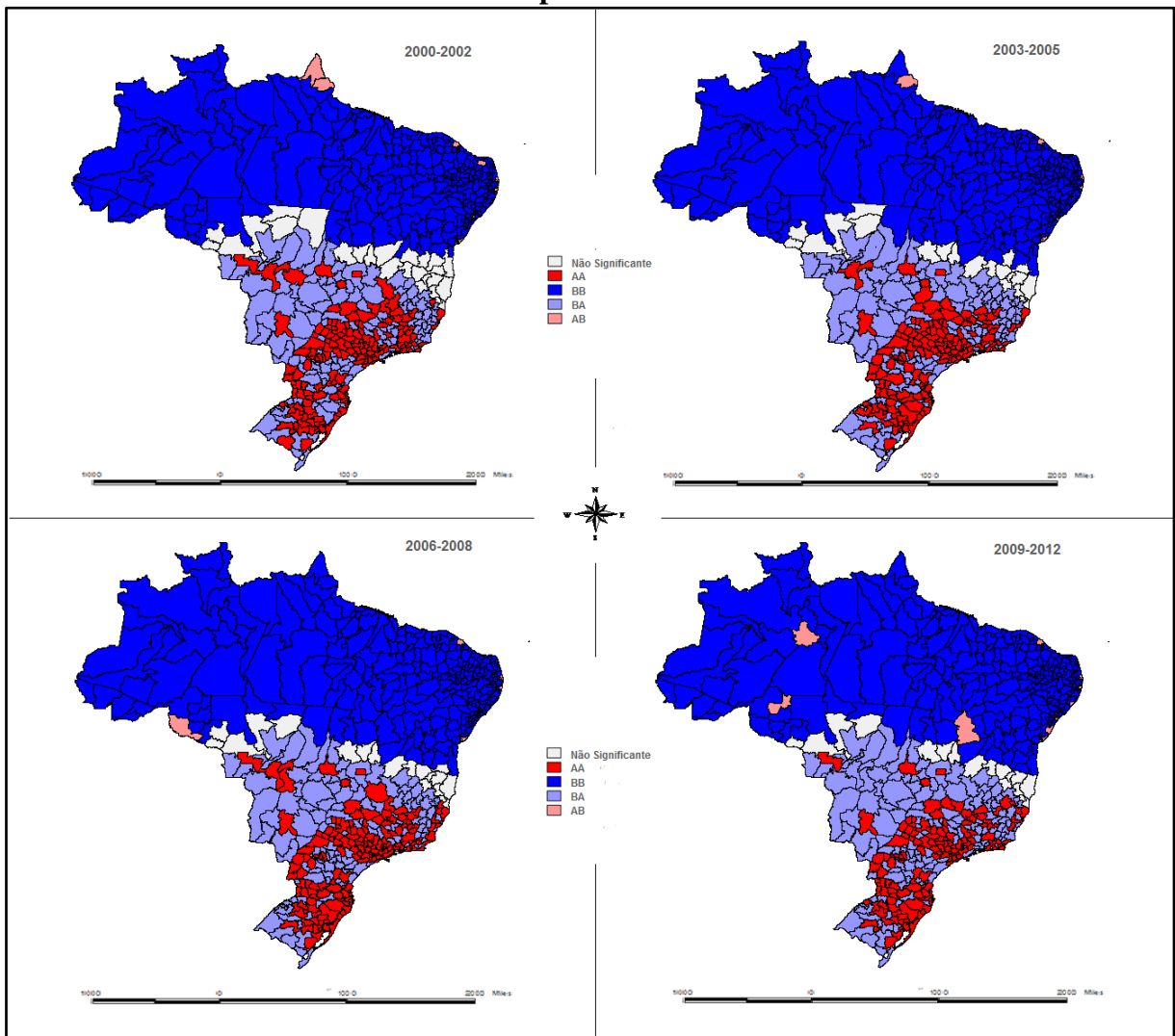
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software R versão

Como pode ser observado na Tabela 3, é encontrada forte presença de dependência espacial, com um padrão de concentração para patentes per capita, em todos os anos. Isso indica que microrregiões com alto patenteamento per capita estão cercadas por outras que também tem sucesso em patentear, enquanto regiões que patenteiam pouco estão próximas de microrregiões na mesma situação. Essa evidência corrobora os trabalhos empíricos de mesmo tema (GONÇALVES, 2007; ARAÚJO, 2013).

A variável de ligações totais foi significativa, exceto para o ano de 2002, indicando, contudo, coeficientes do *I de Moran* relativamente baixos. Essa evidência indica que a concentração espacial das redes é menor do que a que ocorre com o patenteamento per capita. Ou seja, parece que as ligações dos vizinhos influenciam menos umas às outras.

Uma análise de cluster com base no *Local Indicator of Spatial Association* (LISA) permite que se definam sobre um mapa de *clusters* os pontos alto-alto, alto-baixo, baixo-alto e baixo-baixo, que permite verificar a localização das concentrações geográficas. Desse modo, torna-se mais fácil analisar quais regiões estão concentrando maior desempenho inventivo e se estas se encontram próximas umas às outras. A Figura 6 representa o mapa de *clusters* para a variável patentes per capita.

Figura 6: Mapa de *clusters* LISA para patentes per capita no Brasil em quatro períodos



Fonte: Elaboração própria a partir do *software* OpenGeoda 1.2.0.

Para construir os mapas da Figura 6 foram definidos quatro triênios: 2000-2002, 2003-2005, 2006-2008 e 2009-2011, seguindo-se a recomendação da literatura em se trabalhar com a soma trienal tanto de patentes per capita quanto para as ligações. Esses mapas mostram um grande *cluster* baixo-baixo que engloba regiões do Norte e Nordeste, com algumas exceções definidas como alto-baixo. Entre essas exceções encontram-se as capitais de alguns Estados nordestinos como: Fortaleza (CE), João Pessoa (PB) e Recife (PE), que se apresentam significativos em quase todos os períodos. Em relação aos *clusters* alto-alto, engloba a maioria das microrregiões dos estados de São Paulo iniciando-se no interior do estado Jaboticabal (SP) e Catanduva (SP) e se estendendo até o litoral de Santos (SP), incluindo grandes polos tecnológicos como Campinas (SP), Osasco (SP) e São Carlos (SP), entre outros. Estados como Paraná e Santa Catarina também possuem a maioria das microrregiões

com um padrão alto-alto, enquanto Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul apresentam as principais microrregiões sob este padrão. Além dessas, no Centro-Oeste microrregiões de Brasília, Goiânia (GO) e Campo Grande (MS) também são significativas e encontram-se no cluster alto-alto. O padrão baixo-alto prevaleceu nas demais microrregiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste brasileiros. As demais microrregiões, em branco na figura 6, não apresentaram índices significativos.

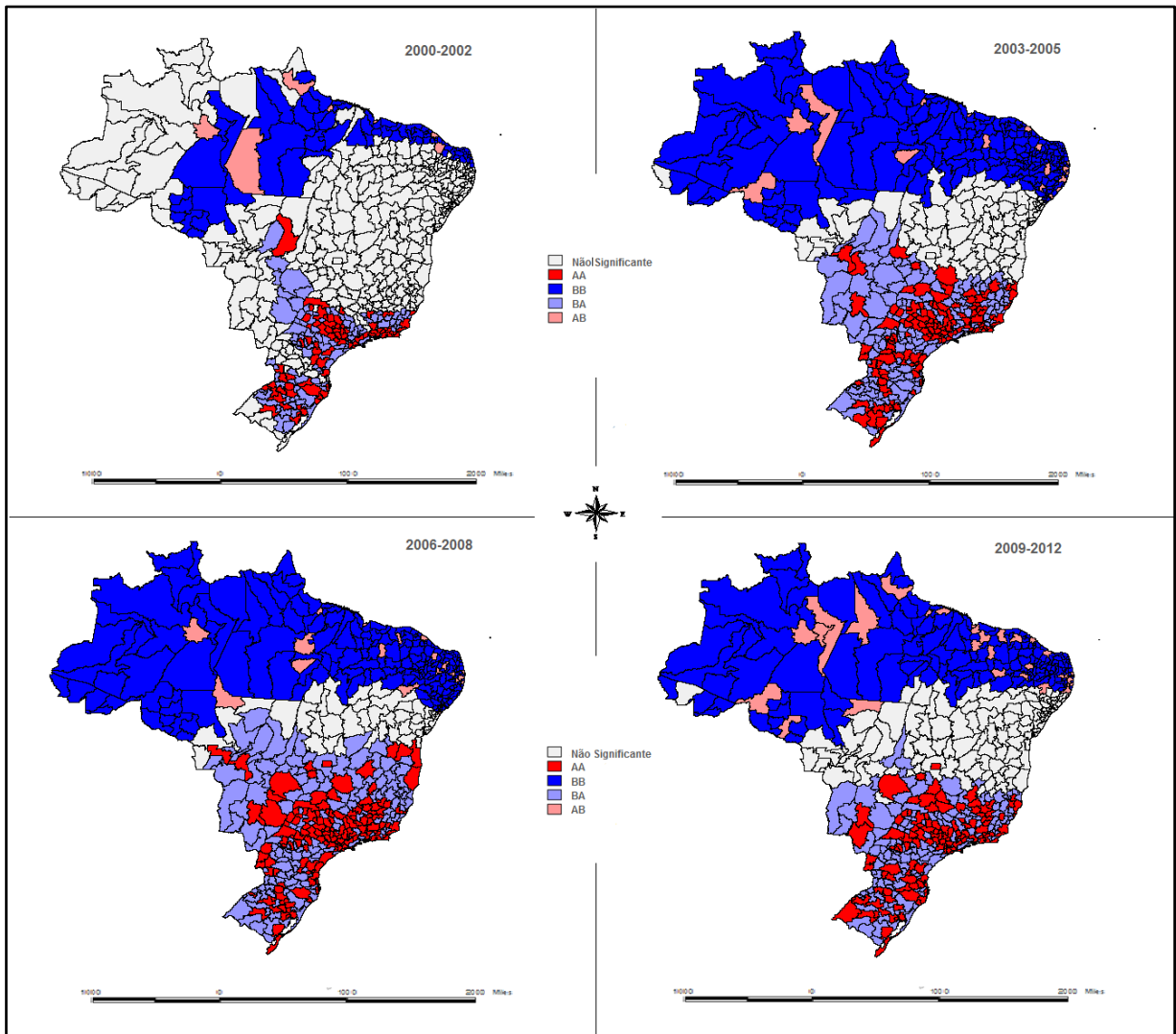
Os resultados apresentados se assemelham aos encontrados por Gonçalves (2007) e Araújo (2013). Este estudo possui a vantagem de dispor de um período de análise mais extenso de modo que consegue acompanhar o patenteamento por mais de uma década. Apesar deste fato, parece não haver mudanças significativas no padrão de concentração espacial do patenteamento per capita.

Em relação às ligações totais, já foi constatado as evidências sobre a concentração espacial são global são mais fracas. O padrão espacial que esta variável apresenta é semelhante ao patenteamento por possuir padrão baixo-baixo para Norte e Nordeste, apesar de possuir algumas microrregiões nestas regiões com valores muito altos para as ligações entre os inventores. Este fato deve significar que regiões periféricas no sentido inventivo devem buscar se conectar em redes para difundir e absorver novo conhecimento. Além disso o cluster alto-alto se repete para as regiões Sul-Sudeste. A Figura 7 apresenta os mapas de *clusters* LISA para ligações totais.

O número de regiões com índices significativos se reduz na análise de *clusters* para a variável que representa as redes de inventores. O destaque vai para as regiões isoladas, com padrão Alto-Baixo, mais uma vez algumas capitais dos estados Norte e Nordeste apresentam valores altos de ligações cercados por valores baixos, verdadeiros polos que concentram as redes, da mesma forma em que foi possível observar na Figura 3 deste estudo.

Entre elas destacam-se Manaus (AM), que só apareceu como alto-baixo no mapa LISA para patentes per capita no último período, Belém e Belém (PA), Fortaleza (CE), João Pessoa (PB) e Natal (RN) foram às microrregiões que apareceram como alto-baixo nos quatro períodos analisados. As regiões do *cluster* baixo-baixo encontram-se concentradas na região Norte e Nordeste com exceção das microrregiões citadas.

Figura 7: Mapa de *clusters* LISA para ligações totais no Brasil em quatro períodos

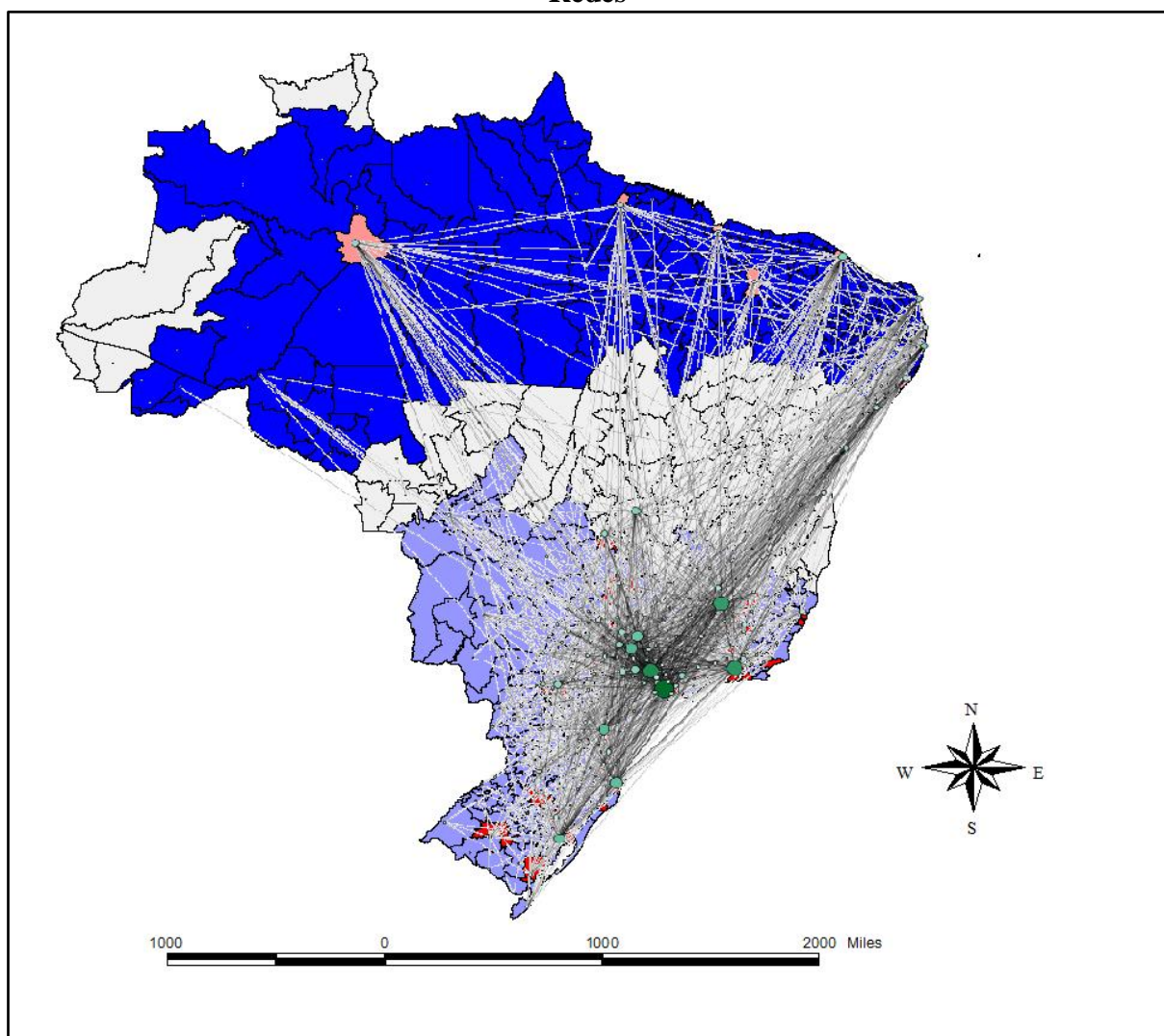


Fonte: Elaboração própria a partir do *software* OpenGeoda 1.2.0.

No primeiro período a concentração das microrregiões com padrão alto-alto significativas estavam dispostas essencialmente pelo Sul-Sudeste, com *clusters* no entorno de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A partir do segundo período é possível constatar o aumento de microrregiões com padrão alto-alto para o estado de Minas Gérias, bem como para microrregiões da região Centro-Oeste como o Distrito Federal, Goiânia (GO) e Campo Grande (MS).

Neste ponto da análise é conveniente sobrepor a Figura 3 sobre os mapas de *clusters* apresentados na Figura 7. A Figura 8 indica claramente o porquê do padrão alto-baixo para algumas regiões no Norte e Nordeste.

Figura 8: Sobreposição - Mapa de *clusters* LISA para ligações totais 2000-2011 e Redes



Fonte: Elaboração própria a partir dos softwares OpenGeoda 1.2.0 e Gephy 0.8.2

Manaus, por exemplo, além de estar cercado por regiões que não possuem ligações, ainda possui inventores com fortes laços com outros inventores, tanto da região Sudeste, quanto da região Nordeste. Essa força parece ainda maior com as capitais de Pernambuco e Ceará. Recife e Fortaleza estão entre as quinze regiões com mais ligações no Brasil. A Figura 8 também esclarece a localização dos *clusters* alto-alto na região Sudeste. Acontece que as

quatro maiores regiões em relação às ligações se encontram no eixo Rio – São Paulo – Campinas – Belo Horizonte.

Em suma, a análise descritiva realizada indica forte concentração do patenteamento nas regiões Sudeste e Sul, como já havia sido encontrado por Gonçalves (2007) e Araújo (2013). Esta evidência sugere que o tratamento da dependência espacial, na análise econométrica deve, de fato, ser necessário para que se tenham estimativas consistentes e eficientes. Em relação à variável de ligações, mostrou-se que, apesar de não apresentar dependência espacial forte, existe um padrão, em parte semelhante ao do patenteamento, quanto às maiores regiões e também às regiões mais distantes fisicamente sendo mais conectadas, como é o caso de Manaus, Fortaleza e Recife.

4.2 Estimações e Análise dos Resultados

Esta dissertação apresenta um estudo empírico que pretende investigar como os insumos da invenção, em especial, as redes de inventores, afetam a capacidade tecnológica das 558 microrregiões brasileiras para o período de 2000 a 2011. Essa amostra possibilita a construção de um painel com 6.696 observações. Não obstante, ao inserir uma defasagem temporal de um período em algumas variáveis explicativas, com intuito de evitar problema de endogeneidade, acaba se perdendo um ano de informações. Dado que a série temporal é relativamente longa, mais de uma década, acredita-se que não há prejuízos nesta abordagem. Assim, o número de observações passa para 6.138, representando 558 regiões por 11 anos – 2001 a 2011.

Como definido na seção 3.1, a respeito da abordagem da FPC, dois modelos devem ser estimados. O primeiro é a equação 7, que pretende capturar os efeitos das ligações totais e também da densidade das ligações sobre a capacidade inventiva das microrregiões brasileiras, além das demais variáveis dos outros vetores. Este modelo de forma compactada pode ser representado por:

$$PATpc_{it}1 = c + \gamma_1LIG_{rel_{it-1}} + \gamma_2LIG_{dens_{it-1}} + (VetorI_{it-1})\alpha + (VetorC_{it})\beta \quad (6)$$

O segundo modelo pretende investigar mais especificamente as redes inter-regionais, ou seja, aqueles laços entre inventores de regiões diferentes. De acordo com a literatura, esse tipo de rede possui impacto relevante sobre a atividade inventiva dado que envolve um fluxo de ideias com alto grau de novidade, isto é, o conhecimento que não estava disponível naquela

região pode ser acessado de maneira facilitada (TORRE, 2008). Para realizar esta investigação, torna-se necessário desagregar a variável de ligações relativas em ligações internas e externas. Caso essas variáveis fossem inseridas em um mesmo modelo, as ligações relativas poderiam capturar os efeitos dos laços externos, dado que a construção da primeira é feita a partir da segunda. Desse modo, o modelo 2, é composto da seguinte forma:

$$PATpc_{it}2 = c + \gamma_1 LIG_{in_{it-1}} + \gamma_2 LIG_{ex_{it-1}} + \gamma_3 LIG_{dens_{it-1}} + (VetorI_{it-1})\alpha + (VetorC_{it})\beta \quad (7)$$

Os demais vetores se mantêm os mesmos para os dois modelos. Para retomar o significado das variáveis é apresentado o Quadro 1, com a descrição de todas as variáveis.

Quadro 1: Descrição das variáveis

	Variável	Descrição	Fonte
Dependente	PATpc	Proxy para Capacidade Tecnológica	
		Patentes depositadas por mil habitantes da microrregião	INPI, 2000 - 2011
Vetor Z	LIGrel	Ligações Relativas Número de ligações totais da microrregião em relação ao número de inventores dela	Elaboração própria com dados do INPI, 2000 - 2011
	LIGdens	Densidade das Ligações Número de ligações totais dividido pelo número de possíveis ligações na região. O quociente é construído seguindo: $(N*(N-1))/2$ onde N são os inventores	Elaboração própria com dados do INPI, 2000 - 2011
	LIGex	Ligações Externas Número de ligações externas à região (do tipo: inventor interno - inventor externo) em relação ao total de inventores	Elaboração própria com dados do INPI, 2000 - 2011
	LIGin	Ligações Internas Número de ligações internas à região (do tipo: inventor interno - inventor interno) em relação ao total de inventores	Elaboração própria com dados do INPI, 2000 - 2011
Vetor I	PeDp	Proxy para P&D privada Porcentagem de empregados em profissões técnico-científicas definidas pela PoTec de Araújo (2009)	RAIS, 2000 - 2011
	PeDu	Proxy para P&D universitário Professores doutores em áreas tecnológicas por 1000 habitantes da microrregião	GeoCapes, 2000 - 2011
	CH	Capital humano Parcela dos trabalhadores com ensino superior completo	RAIS, 2000 - 2011

(Continua)

Quadro 2: Descrição das variáveis (continuação)

Variável	Descrição	Fonte
DENS	Densidade de emprego Número de empregados sobre a área da microrregião	RAIS e IBGE, 2000 – 2011
ESCALA	Escala - Medida de tamanho População da microrregião sobre a população total do Brasil	IBGE, 2000 - 2011
ESCALA ²	Escala ao quadrado - Medida dos efeitos de congestionamento População da microrregião sobre a população total do Brasil elevado ao quadrado	IBGE, 2000 - 2011
DIV	Indicador de diversificação Inverso do índice Hirschman-Herfindhal calculado com o emprego das divisões CNAE 1.0 - Exceto Agricultura	Elaboração Própria com dados da RAIS, 2000 - 2011
ESP	Indicador de Especialização Cociente Locacional calculado com o emprego das divisões CNAE 1.0 - Exceto Agricultura	Elaboração Própria com dados da RAIS, 2000 - 2011
COMP	Competição Número de firmas sobre o número de empregados da microrregião em relação aos mesmos indicadores para o Brasil	RAIS, 2000 - 2011
IND	Grau de Industrialização Proporção de empregos na indústria de transformação e extração	RAIS, 2000 - 2011
SER	Serviços às empresas Proporção de empregos no setor de atividades imobiliárias, alugueis e serviços prestados as empresas (Sessão K - CNAE 1.0)	RAIS, 2000 - 2011

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, antes das estimações, faz-se necessário conhecer melhor as variáveis inseridas nos modelos¹⁸. Uma análise descritiva é apresentada para servir a este propósito. Como tal análise não considera defasagens temporais, ela pode ser realizada para as 6.696 observações, considerando $N = 558$ e $T = 12$. Estas estatísticas são apresentadas na Tabela 4.

¹⁸ Uma tabela com as correlações entre todas as variáveis encontra-se em anexo.

Tabela 4: Estatísticas descritivas

Vetor	Variável	Observações	Média	Desv. Pad.	Min.	Max.
Dependente	PATpc	6696	0,015	0,029	0,000	0,273
Vetor Z	LIGdens	6696	0,134	0,814	0,000	27,167
	LIGrel	6696	0,340	1,152	0,000	40,750
	LIGin	6696	0,103	0,301	0,000	5,714
	LIGex	6696	0,238	1,065	0,000	40,000
Vetor I	PeDp	6696	0,004	0,004	0,000	0,068
	PeDu	6696	0,779	2,896	0,000	48,489
	CH	6696	0,084	0,045	0,000	0,399
Vetor C	DENS	6696	30,411	152,450	0,000	3867,726
	ESCALA	6696	0,002	0,005	0,000	0,075
	ESCALA2	6696	0,000	0,000	0,000	0,006
	SERV	6696	0,046	0,066	0,000	0,870
	IND	6696	0,183	0,133	0,000	0,746
	COMP	6696	1,313	0,600	0,087	16,809
	ESP	6696	0,708	0,471	0,036	6,993
	DIV	6696	14,797	12,378	1,000	113,590

Fonte: Elaboração própria a partir do software STATA 13. Dados da: RAIS, IBGE, INPI e GeoCapes.

A média de patentes por mil habitantes é baixa, devido principalmente, ao número de microrregiões que não possuem patentes e acabam puxando essa média para baixo. As ligações em relação aos inventores, todavia, apresentam valores maiores. Tanto as ligações internas quanto externas apresentam médias acima de 0,10 ligações por inventores. O máximo de ligações externas, por exemplo, chega a 40 por inventor.

Em relação à capacidade de P&D privado, a média também é muito baixa, isso indica que a participação de trabalhadores em áreas técnico-científicas nas microrregiões brasileiras é muito pequena. A variação, representada pelo desvio padrão desta variável, também é pequena, sugerindo que grande parte das microrregiões possuem poucos trabalhadores, relativamente, alocados nas áreas técnico-científicas indicadas pela POTEC. Da mesma maneira, a variável que representa capital humano também apresenta média baixa, menos de 10% dos trabalhadores possuem ensino superior completo. Na região com maior índice de capital humano, essa proporção não chega a 40%, ou seja, nem metade dos trabalhadores possui ensino superior completo. A capacidade de P&D universitário por 1.000 habitantes possui uma média mais alta, com dispersão também elevada. Isso ocorre porque muitas

regiões não têm professores doutores, mas aquelas que têm possuem uma concentração alta deles.

No vetor C, destacam-se os índices de especialização e diversificação. O inverso do índice de Herfindhal-Hirschman assume valores altos, indicando alto padrão de diversificação entre os setores econômicos nas microrregiões brasileiras. A especialização, representada pela média do quociente locacional, indica média menor que um, o que sugere baixo grau de especialização entre os setores econômicos. Ademais a média da porcentagem de trabalhadores na indústria é baixa, sendo que nos serviços especializados às empresas é ainda menor.

4.2.1 Estimação dos modelos

Para tratar o painel de dados, foi aplicado inicialmente o teste de Breusch-Pagan para comprovar a existência de efeitos não observados. Esse teste, mostrado na Tabela 5, rejeita a hipótese nula de que o *pooled* seja o melhor método a ser utilizado¹⁹. Por sua vez, o teste de Hausman, também apresentado na Tabela 5, rejeita a hipótese nula de que efeitos aleatórios seriam mais adequados. Desse modo, como opção os resultados para efeitos fixos devem tornar as estimativas consistentes.

No entanto, a dependência espacial é confirmada para os dados longitudinais, por meio do teste CD de Pesaran (2004), que rejeita a hipótese de independência das unidades de corte transversal. Isso faz com que seja necessário utilizar procedimentos que dêem conta da dependência espacial. Em outras palavras, os coeficientes das variáveis no modelo de efeitos fixos sem tratamento espacial, apresentados na Tabela 5, são enviesados e não devem ser interpretados.

¹⁹ Todos os resultados mencionados neste parágrafo, incluindo os teste de Breusch-Pagan, Hausman e CD de Pesaran rejeitaram as hipóteses nulas tanto para o modelo 1 quanto para o modelo 2, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5: Regressões em painel para os condicionantes das patentes per capita em microrregiões brasileiras no período 2001-2011. Modelo1 e Modelo2

Variáveis	Modelo 1			Modelo 2		
	Pooled-Mod1	EA-Mod1	EF-Mod1	Pooled-Mod2	EA-Mod2	EF-Mod2
Intercepto	0,029*** (0,010)	0,007 (0,040)		0,024** (0,010)	0,007 (0,040)	
LIGrel _{t-1}	0,041*** (0,014)	0,010 (0,008)	0,007 (0,008)			
LIGdens _{t-1}	-0,058*** (0,013)	-0,010 (0,007)	-0,008 (0,008)	-0,043*** (0,013)	-0,008 (0,007)	-0,006 (0,008)
LIGex _{t-1}				-0,010 (0,013)	-0,000 (0,008)	-0,002 (0,008)
LIGin _{t-1}				0,141*** (0,011)	0,035*** (0,007)	0,031*** (0,007)
PDp _{t-1}	0,073*** (0,013)	-0,001 (0,009)	-0,011 (0,010)	0,067*** (0,013)	-0,000 (0,009)	-0,011 (0,010)
Pdu _{t-1}	0,247*** (0,011)	0,078*** (0,018)	0,034* (0,020)	0,219*** (0,011)	0,068*** (0,018)	0,025 (0,020)
CH _{t-1}	0,433*** (0,066)	0,021 (0,048)	0,002 (0,049)	0,393*** (0,065)	0,020 (0,048)	0,002 (0,049)
DENS _t	0,088*** (0,017)	-0,076*** (0,023)	-0,063* (0,035)	0,090*** (0,017)	-0,082*** (0,023)	-0,073** (0,035)
Escala _t	0,191*** (0,029)	0,589*** (0,098)	-0,151 (0,404)	0,130*** (0,029)	0,576*** (0,099)	-0,180 (0,403)
Escala ² _t	-0,159*** (0,027)	-0,313*** (0,093)	0,293 (0,352)	-0,115*** (0,027)	-0,299** (0,094)	0,271 (0,351)
IND _t	0,255*** (0,011)	0,071*** (0,018)	-0,006 (0,021)	0,252*** (0,011)	0,071*** (0,018)	-0,005 (0,021)
SERV _t	0,105*** (0,012)	0,034*** (0,012)	0,009 (0,012)	0,100*** (0,012)	0,033*** (0,012)	0,008 (0,012)
COMP _t	0,041*** (0,011)	0,012 (0,012)	0,004 (0,013)	0,041*** (0,011)	0,012 (0,012)	0,004 (0,013)
ESP _t	0,260*** (0,011)	0,066*** (0,021)	-0,045* (0,024)	0,251*** (0,011)	0,065*** (0,021)	-0,044* (0,024)
DIV _t	0,015 (0,012)	0,028** (0,012)	0,026** (0,013)	0,007 (0,012)	0,027** (0,012)	0,026** (0,013)
Testes						
Breusch-Pagan		488,432		540,663		
p-valor		0,000		0,000		
Hausman		150,124		151,016		
p-valor		0,000		0,000		
CD de Pesaran		2,903		3,491		
p-valor		0,003		0,000		

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do *software* R versão 3.2.1.

Nota: n=558, T=11, N=6.138. Erro padrão da estatística entre parênteses. Significância:*** 0,01; ** 0,05; * 0,10.

Tabela 6: Resultados das regressões de painel espacial para os condicionantes das patentes por microrregiões brasileiras no período 2001-2011. Modelo1 e Modelo2

Variáveis	Modelo 1		Modelo 2	
	SAR-EF	SAC-EF	SAR-EF	SAC-EF
LIGrel _{t-1}	0,039 ** (0,012)	0,035 ** (0,011)		
LIGdens _{t-1}	-0,052 *** (0,011)	-0,038 *** (0,011)	-0,041 *** (0,011)	-0,031*** (0,011)
LIGin _{t-1}			0,102 *** (0,010)	0,095*** (0,010)
LIGex _{t-1}			0,002 (0,012)	0,004 (0,011)
W _{PATpc}	0,764 *** (0,013)	0,397 *** (0,046)	0,753 *** (0,013)	0,398*** (0,045)
PDp _{t-1}	0,061 *** (0,011)	0,080 *** (0,012)	0,056 *** (0,011)	0,077*** (0,012)
Pdu _{t-1}	0,175 *** (0,010)	0,217 *** (0,012)	0,155 *** (0,010)	0,196*** (0,012)
CH _{t-1}	0,382 *** (0,056)	0,347 *** (0,060)	0,349 *** (0,056)	0,316*** (0,060)
DENS _t	0,040 ** (0,015)	0,077 *** (0,019)	0,041 *** (0,015)	0,076*** (0,019)
Escala _t	0,094 *** (0,025)	0,091 ** (0,030)	0,054** (0,025)	0,053* (0,030)
Escala ² _t	-0,072 ** (0,024)	-0,079 ** (0,028)	-0,042* (0,024)	-0,050 (0,028)
IND _t	0,185 *** (0,010)	0,223 *** (0,011)	0,183 *** (0,010)	0,221*** (0,011)
SERV _t	0,097 *** (0,011)	0,128 *** (0,012)	0,094 *** (0,011)	0,124*** (0,012)
COMP _t	0,049 *** (0,010)	0,064 *** (0,011)	0,049 *** (0,010)	0,064*** (0,011)
DIV _t	0,200 *** (0,010)	0,254 *** (0,012)	0,195 *** (0,010)	0,247*** (0,012)
ESP _t	0,024 * (0,011)	0,004 (0,012)	0,018* (0,011)	-0,001 (0,012)
W _{err}		0,786 *** (0,032)		0,775*** (0,033)
AIC	-0,399	-0,357	-0,405	-0,364
SC	-0,396	-0,352	-0,401	-0,360

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software R versão333.2.1.

Nota: n=558, T=11, N=6138. Erro padrão da estatística entre parênteses. Significância:*** 0,01; ** 0,05; * 0,10.

Assim, o próximo passo foi estimar os modelos espaciais SAR e SAC por máxima verossimilhança, utilizando o método de efeitos fixos. Os resultados dessas regressões são apresentados na Tabela 6 para os modelos 1 e 2.

Seguindo o procedimento de especificação indicado por Almeida (2012), ao analisar o *I de Moran* dos resíduos dos modelos espaciais e sua significância²⁰, foi possível obter indícios de que os modelos citados acima conseguiram controlar a dependência espacial para todos os períodos. Além disso, na Tabela 6, é possível observar que o sinal e a significância de todas as variáveis se mantiveram inalteradas para modelos espaciais apresentados, com pequenas variações nos coeficientes estimados. Os critérios de informação apontaram o modelo SAR como o mais parcimonioso. Desse modo, apenas os transbordamentos espaciais da variável dependente devem ser analisados à luz da teoria.

4.2.2 Análise dos resultados

Após a apresentação dos resultados, analisa-se o impacto das variáveis explicativas sobre a capacidade inventiva das microrregiões brasileiras. Esta análise deve considerar a modelagem econométrica dos Efeitos Fixos com Modelo de Defasagem Espacial (SAR-EF)²¹, definido como o melhor modelo por meio da estratégia empírica do estudo. Torna-se importante ressaltar inicialmente que a maioria dos coeficientes apresentou sinal de acordo com o previsto pela teoria, além de apresentar também alta significância, com p-valor menores do que 0,001.

O principal objetivo deste estudo era verificar o impacto que as redes de inventores possuem sobre a capacidade inventiva das microrregiões brasileiras para o período de análise e, então, responder as hipóteses propostas (H1 a H3). Para isso, medidas de ligações foram inseridas na FPC das microrregiões brasileiras. No modelo 1, para representar a conectividade foram utilizadas as ligações em relação ao número de inventores ($LIGrel_{t-1}$) e, para controlar a densidade das ligações, foi utilizado o número de ligações entre inventores sobre o número de ligações potenciais de uma região ($LIGdens_{t-1}$). Ambas foram defasadas em um período de tempo para evitar problemas de endogeneidade causados por possível causalidade reversa.

²⁰ Tabela com o *I de Moran* dos resíduos em anexo

²¹ Os resultados do SAR-FE se encontram na primeira e terceira coluna da Tabela 6.

A primeira hipótese está relacionada a variável $LIGrel_{t-1}$ e postula que “um maior número de ligações relativas entre inventores deve aumentar a capacidade de invenção das microrregiões brasileiras”. Dado o coeficiente positivo e significativo a 5%, apresentado na primeira coluna da Tabela 6 para a variável $LIGrel_{t-1}$, pode-se confirmar a Hipótese 1 deste estudo. De fato, as ligações entre inventores são um insumo relevante para produção de novo conhecimento no Brasil. Resultados semelhantes foram encontrados por Miguélez e Moreno (2012, 2013) para regiões europeias e também por Lobo e Strumsky (2008) para áreas metropolitanas nos Estados Unidos. Enquanto os primeiros autores, para ambos os estudos, encontram forte evidência do efeito das redes sobre o patenteamento, Lobo e Strumsky (2008) encontram significância, mas coeficientes muito baixos para as redes. Para o Brasil, a evidência empírica apresentada neste estudo mostra um coeficiente relativamente baixo também, se comparado às outras variáveis.

A Hipótese 2 versa sobre a densidade das ligações, ou a sua força. Esperava-se que a variável fosse importante para a capacidade de invenção, mas não se fez afirmações sobre a direção deste efeito devido às evidências ambíguas encontradas por diferentes autores para esta variável. A medida de densidade das ligações ($LIGdens_{t-1}$) apresentou sinal negativo para as microrregiões brasileiras. Resultado similar ao encontrado para regiões europeias (MIGUÉLEZ e MORENO, 2013) e também para áreas metropolitanas dos Estados Unidos (STRUMSKY e THILL, 2013).

Dessa maneira, o resultado apoia a hipótese 2 deste estudo e indica ainda a direção em que a força das ligações afeta a capacidade inventiva para o Brasil. Redes muito densas são prejudiciais para atividade tecnológica das microrregiões brasileiras. Este resultado sugere que este tipo de rede, ou seja, com laços muito fortes, pode transmitir informações redundantes. Cowan e Jonard (2004) e Fleming, King e Juda (2007) acreditam que é necessário compreender a arquitetura das redes de comunicação e como isso afeta o desempenho agregado do sistema de inovação. Esses autores argumentam que redes muito densas podem ser prejudiciais na difusão do conhecimento. Por exemplo, de fato, após a formação de uma nova equipe, existe um período em que inventores e cientistas constroem a coesão da equipe e aprendem uns com os outros. Nesta fase inicial, provavelmente, ocorre melhora na produtividade inventiva do cluster. Contudo, depois de algum tempo, um grupo que deixa de importar novos componentes, perspectivas ou informações vai envelhecer e a produtividade irá diminuir (KATZ, 1982).

Uma maneira de manter o grau de novidade poderia envolver ligações inter-regionais e fluxo de conhecimento novo para a região. Para testar essa hipótese, a terceira do estudo, foi proposta a inclusão da variável de ligações externas na FPC. Não obstante, essa variável compunha, juntamente com ligações internas, a variável ligações totais, utilizada na construção de LIGrel. Para evitar que uma variável acabasse capturando a significância da outra foi proposto estimar um segundo modelo em que LIGrel fosse desmembrada para capturar tanto os efeitos das ligações internas quanto das ligações externas²². Desse modo, o modelo 2 contém todas as variáveis que o modelo 1, inclusive LIGdens, com o diferencial de distinguir ligações internas (LIGin) das ligações externas (LIGex). Os resultados, na terceira coluna da Tabela 6, indicam forte relação positiva entre o patenteamento e as ligações intrarregionais – LIGin. O coeficiente desta variável é inclusive três vezes maior do que o encontrado no modelo 1 para LIGrel. Contudo, a variável que representa os laços inter-regionais não se apresentou significativa, indicando que as ligações externas, que envolvem troca de conhecimento entre distâncias mais longas, não possuem impacto na atividade inventiva das regiões.

Portanto, para o Brasil, com os dados referentes ao período 2000-2011, ainda não é possível confirmar a hipótese 3, que estabelece a importância das ligações extrarregionais no aumento da criatividade local. Breschi e Lissoni (2001) acreditam que os custos de se manter em uma rede extrarregional podem ser a razão pela qual a maioria das equipes de patentes nos Estados Unidos envolvem apenas colaboradores que estão localizados dentro da mesma área metropolitana e até mesmo dentro da mesma organização. De fato, menos de 50% das microrregiões brasileiras possuem patentes compartilhadas com outras microrregiões, de modo, que se torna uma forma de transferência de conhecimento ainda pouco utilizada no Brasil. Esse fato pode ajudar a explicar porque redes muito densas acabam concentrando muito conhecimento redundante e impactando negativamente a capacidade inventiva das microrregiões brasileiras.

Caso semelhante é apresentado por Gao, Guan e Rousseau (2003) para a China. Ao investigar o impacto das redes inter e intrarregionais, além das ligações internacionais sobre a atividade inventiva do país, os autores encontram que a troca de conhecimento mais frequente ocorre entre membros de grupos mais centrais, compostos por províncias mais avançadas. Por outro

²² De fato, este procedimento estava correto, pois evitou o problema de multicolinearidade que provavelmente ocorreria se as duas variáveis estivessem no mesmo modelo. Uma comprovação para isto é o alto valor da correlação entre as variáveis (0,96), que pode ser consultada no Anexo 1 da dissertação.

lado, grupos de regiões mais periféricas têm pouca ou nenhuma troca de conhecimento local ou mesmo extra-local.

Neste aspecto, o caso da China se assemelha muito com o caso brasileiro. A distribuição espacial das redes, apresentadas na seção 3.2.2 e também 4.1, indica exatamente a diminuição da frequência de redes nas regiões mais afastadas do centro-sul do país. Um exemplo é Manaus, a cidade que polariza ligações na região Norte. Enquanto que suas microrregiões vizinhas, em muitos casos, não possuem sequer uma ligação, nem extra nem intrarregional. Mesmo se for considerado todo o território nacional, a Figura 3 exibe a concentração forte das ligações nas microrregiões do Sudeste, ao passo que no interior do Brasil essa concentração vai diminuindo de forma rápida.

Quanto aos coeficientes das demais variáveis, praticamente todos mantiveram seus sinais e significâncias preservados nos dois modelos estimados, com exceção para escala e escala ao quadrado que perde ligeiramente poder explicativo sobre atividade inventiva no segundo modelo, mas mesmo assim ambas se mantêm significativas se considerar um nível de confiança de 90%. Considerando a hipótese de que $LIGrel$ é afetada pela união de uma variável significativa e positiva ($LIGin$) e outra que não possui relevância para o modelo ($LIGex$)²³, as estimativas das demais variáveis serão analisadas à luz do modelo 2.

Os coeficientes das variáveis que compõem o vetor de insumos, como a capacidade de realizar P&D universitário e industrial e o capital humano e os transbordamentos espaciais são positivos e significativos. O coeficiente da defasagem da patente per capita foi significativo com coeficiente positivo alto, o que reforça e amplia a evidência de transbordamento de conhecimento tecnológico, já constatada por Gonçalves e Almeida (2009) e Araújo (2013).

Considerando a magnitude dos coeficientes, P&D universitário (0,16) e capital humano (0,39), exercem uma influência maior sobre a capacidade inventiva das microrregiões brasileiras do que P&D privada (0,05). Esse resultado implica que o fato de uma microrregião possuir um número alto de professores doutores em “áreas tecnológicas” tem impacto positivo na capacidade de inventar desta região. Da mesma forma, trabalhadores bem qualificados também exercem forte influência sobre a atividade inventiva das microrregiões brasileiras.

²³ Talvez o coeficiente baixo de $LIGrel$ tenha sido causado pela parcela que representa as ligações externas, dado que esta variável não foi significativa no modelo.

Autores como Jaffe (1989), Varga, (1998) e Anselin, Varga e Acs (2000) Usai (2011) e Carlino, Chatterjee e Hunt(2007) encontraram resultados semelhantes.

Mesmo com coeficiente menor, a capacidade de realizar P&D privado apresentou sinal e significância de acordo com a literatura internacional (Griliches, 1979; Pakes e Griliches, 1984; Jaffe, 1989; Anselin, Varga e Acs,1997; Rodríguez-Pose e Crescenzi, 2006). Para o Brasil, o resultado também está em consonância com resultados anteriores de Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011) e Araújo (2013).

As variáveis do vetor C, que buscam relacionar o ambiente urbano à capacidade de invenção, são importantes determinantes da atividade tecnológica, medidos por patentes per capita. Os coeficientes das variáveis de ESCALA e ESCALA², apesar de serem significativos apenas a 5 e 10% respectivamente indicam em conjunto com a variável densidade do emprego (DENS) que regiões maiores propagam com mais facilidade externalidades, dada a maior facilidade com que ambientes urbanos promovem interações interpessoais e criam maiores oportunidades para os fluxos de informação. No entanto, deseconomias de aglomeração parecem atuar a partir de determinando tamanho da região, dado o coeficiente negativo de ESCALA².

Quanto às variáveis do vetor C, que buscam mensurar características setoriais, notam-se sinais previstos pela teoria. O indicador de competição mostra que uma estrutura de mercado mais competitiva é mais favorável à invenção regional, conforme já havia indicado os resultados de Gonçalves e Almeida (2009). Quanto maior a presença de serviços direcionados às empresas e maior o grau de industrialização, maiores são os impactos sobre o patenteamento per capita.

As externalidades de especialização são fracas para explicar o aumento da capacidade inventiva das microrregiões brasileiras, de modo que o quociente locacional é significativo apenas a 10%. Em contrapartida, o índice de diversificação é altamente significativo. Este é um forte indício de que as externalidades do tipo Jacobs possuem influência sobre a capacidade de invenção das microrregiões brasileiras, implicando que transbordamentos que ocorrem entre setores são mais importantes do que aqueles que ocorrem dentro do setor.

Para o Brasil, Gonçalves e Almeida (2009) e Araújo (2013) também encontram este resultado. Contudo, a evidência para as microrregiões do estado de São Paulo apresentada por Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) difere da apresentada neste artigo. Para estes

autores, tanto especialização quanto diversificação são importantes para o desenvolvimento do estado de São Paulo.

Da mesma forma que em Araújo (2013), a evidência empírica destaca quatro fatores locais principais que atuam promovendo a capacidade tecnológica das microrregiões brasileiras. São elas: os esforços de P&D industrial e universitário, o grau de adensamento das regiões e a diversificação da estrutura produtiva das regiões. Este estudo, no entanto, vai além e busca inserir um fator novo para o caso da FPC brasileira, que impacta tanto no fluxo quanto na absorção de novos conhecimentos, os quais não necessariamente estão limitados às fronteiras geográficas regionais. Esse fator é representado pelas ligações entre inventores num mesmo processo de patente, formando redes de colaboração nas quais a informação circula com maior facilidade e novos conhecimentos são compartilhados, de forma intrarregional e inter-regional, aumentando então a capacidade de inovação na região.

4.2.3 Teste de Robustez

Para assegurar a confiabilidade dos resultados apresentados na seção anterior foi proposto um teste de robustez que consiste em estimar as equações 7 e 8 para as Regiões de Influência das Cidades (REGIC).

O conceito de REGIC foi constituído a partir de uma visão que combina o processo de urbanização e o processo de integração do mercado nacional, com o surgimento de estruturas verticais que estabelecem relações em rede e interconexões da gestão, da infraestrutura e das atividades produtivas (IBGE, 2013). As REGICs são identificadas a partir de uma cidade polo que lidera a sua região estabelecendo relacionamento entre os agentes e empresas nos respectivos territórios. Os critérios adotados para a identificação de um polo são: (1) a classificação dos centros de gestão do território; (2) a intensidade de relacionamentos e a dimensão da região de influência de cada centro; (3) diferenciações regionais.

Nesse novo quadro territorial, são apresentados três níveis de articulação urbana do território brasileiro, as Regiões Ampliadas de Articulação Urbana – 14 unidades regionais; as Regiões Intermediárias de Articulação Urbana – 161 unidades; e as Regiões Imediatas de Articulação Urbana – 182 unidades regionais. Neste estudo foi utilizada a definição de Regiões Intermediárias de Articulação Urbana, que se distinguem principalmente por polarizar

municípios que se relacionam por meio do consumo de bens e serviços de alta complexidade, concentrando atividades de gestão pública e privada e na escala regional.

Esse teste foi proposto principalmente porque existe um grande problema em se agregar dados espaciais, que é deixar de considerar heterogeneidades fundamentais para a análise desse tipo de dados. Esse problema é conhecido na literatura por Problema da Unidade de Área Modificável - MAUP. A principal consequência desse problema é a sensibilidade dos coeficientes estudados com a variação da unidade regional estudada (ALMEIDA, 2012). A manutenção dos coeficientes das variáveis mesmo alterando a unidade regional de análise é um indício de que os dados da FPC brasileira estendida para analisar a relação funcional entre o patenteamento e as ligações entre inventores sejam robustos.

A Tabela 7 apresenta os resultados das estimações do painel espacial²⁴ da FPC para os modelos 1 e 2 levando em conta o recorte regional das 161 regiões intermediárias de articulação urbana. A estimação que adota o recorte geográfico REGIC apresenta um comportamento similar ao modelo principal de microrregiões e reforça a percepção de que os resultados obtidos anteriormente são robustos.

Em relação às influências das redes de inventores sobre a capacidade inventiva das regiões, apesar de no modelo 1 as ligações relativas perderem poder de explicação, o modelo 2 apresenta resultados similares da estimação para microrregiões. As ligações internas são significativas e positivas. As ligações externas não apresentam influência sobre patenteamento das REGICs e a densidade das ligações possui efeito negativo.

Novamente, os esforços locais de P&D industrial, universitária são relevantes para a inovação local, bem como a densidade de trabalhadores, presença de indústria e serviços relacionados às empresas. Capital humano e Escala perderam significância tanto para o modelo 1 quanto para o modelo 2. A redução do coeficiente da defasagem espacial do patenteamento pode ser explicado pelo fato de uma REGIC concentrar municípios e mesmo microrregiões que se relacionam por meio do consumo de bens e serviços de alta complexidade, concentrando

²⁴Assim como as estimações para microrregiões, foram calculados os efeitos fixos e aleatórios, o teste de Hausman indicou os efeitos fixos, o teste de CD indicou presença de dependência espacial, sendo necessária a inserção de regressores espaciais. Novamente o modelo SAR apresentou o menor critério de informação além de controlar a dependência espacial, por meio *do I de Moran* dos resíduos e, portanto, ter seus coeficientes analisados.

atividades de empresas e instituições, de modo que, os transbordamentos ocorram dentro da região.

Tabela 7: Resultados das regressões de Painel Espacial para os condicionantes das patentes per capita nas REGICS Intermediárias no período 2001-2011. Modelo1 e Modelo2

Variáveis	Modelo 1		Modelo 2	
	SAR-EF	SAC-EF	SAR-EF	SAC-EF
LIGrel _{t-1}	0,023 (0,021)	0,018 (0,019)		
LIGdens _{t-1}	-0,051** (0,02)	-0,041** (0,018)	-0,044** (0,020)	-0,038** (0,019)
LIGex _{t-1}			0,008 (0,020)	0,010 (0,018)
LIGin _{t-1}			0,040** (0,018)	0,021 (0,017)
PDp _{t-1}	0,050** (0,022)	0,087*** (0,022)	0,049** (0,022)	0,087*** (0,022)
Pdu _{t-1}	0,165*** (0,016)	0,246*** (0,017)	0,159*** (0,016)	0,243*** (0,018)
CH _{t-1}	0,011 (0,016)	0,008 (0,016)	0,008 (0,016)	0,006 (0,016)
DENS _t	0,184*** (0,040)	0,205*** (0,040)	0,185*** (0,040)	0,205*** (0,040)
Escala _t	0,047 (0,048)	0,053 (0,053)	0,037 (0,048)	0,049 (0,053)
Escala _t ²	-0,193*** (0,063)	-0,238*** (0,065)	-0,184*** (0,063)	-0,234*** (0,066)
IND _t	0,245*** (0,017)	0,286*** (0,018)	0,243*** (0,017)	0,285*** (0,018)
SERV _t	0,057** (0,028)	0,089*** (0,028)	0,048* (0,028)	0,084*** (0,028)
COMP _t	-0,046*** (0,016)	-0,042** (0,017)	-0,047*** (0,016)	-0,042** (0,017)
DIV _t	0,322*** (0,023)	0,337*** (0,023)	0,322*** (0,022)	0,336*** (0,023)
ESP _t	-0,020 (0,019)	-0,025 (0,020)	-0,021 (0,019)	-0,026 (0,020)
W _{PATpc}	0,542*** (0,022)	0,216*** (0,052)	0,541*** (0,023)	0,216*** (0,052)
W _{err}		0,743*** (0,039)		0,742*** (0,039)
AIC	-17,1679	-16,939	-17,0362	-16,0241
SC	-17,158	-16,9292	-17,0264	-16,0143

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software R versão3.2.1.

Nota: n=161, T=11, N=1771. Erro padrão da estatística em parênteses. Significância:*** 0,01; ** 0,05; * 0,10.

CONCLUSÃO

Este estudo pretendeu reestimar a FPC brasileira estendida para incluir as redes de inventores entre as microrregiões do País. A literatura afirma que as variáveis de ligação possuem um impacto positivo na atividade de inovação de empresas e indivíduos, dado o benefício advindo da troca de ideias e de conhecimento tácito proporcionado pelos transbordamentos via trocas deliberadas.

Para tanto, foi utilizado um método que conseguisse solucionar, ao mesmo tempo, problemas de inconsistência causados por efeitos não observados fixos no tempo e de dependência entre as unidades de *cross sections* dos painéis. Estes problemas são fontes de vies nessas estimativas e, frequentemente, são negligenciadas pelos estudos empíricos. Dessa maneira, um painel espacial foi estruturado para que se estudassem os determinantes da capacidade inventiva das 558 microrregiões brasileiras para o período de 2000 a 2011.

Os principais resultados apontam que as variáveis que contabilizaram as ligações, calculadas por meio do copatenteamento entre dois ou mais inventores, tem um impacto relevante no produto da invenção. Ao mesmo tempo, constatou-se que a conectividade desse tipo de rede contribui para maior fluxo de conhecimento e, conseqüentemente, maior produção tecnológica regional. Por outro lado, há indícios de que a densidade das redes pode ser prejudicial à produção de invenções. Ao influenciar a estrutura das redes, um tomador de decisões pode ser capaz de alterar não apenas os fluxos de conhecimento, mas também, em última instância, a capacidade das regiões para inovar. Dessa forma, Fleming, King e Juda (2007) insistem para que os tomadores de decisão atentem para o tipo de arquitetura de rede, para que não invistam tempo e dinheiro, incentivando *clusters* muito fechados.

Quanto às ligações externas, especificamente, não se apresentaram com efeito relevante, o que pode ser considerado um sinal de que a capacidade de invenção e os inventores estejam, ambos, muito concentrados nas principais microrregiões inovadoras do País. Assim, quando realizadas, as ligações entre inventores ganham *status* de intrarregionais. Constatou-se que muitas microrregiões acabam polarizando as ligações como Manaus na região Norte, Recife e Fortaleza na região Nordeste, Brasília e Goiânia no Centro-Oeste, São Paulo, Campinas, Belo Horizonte e Rio de Janeiro no Sudeste e Florianópolis e Porto Alegre no Sul. As microrregiões no entorno destas muitas vezes tornam-se periféricas em relação à atividade inventiva.

Assim, políticas públicas poderiam ser introduzidas com o intuito de construir uma rede de transferências de conhecimento entre os polos citados e regiões mais periféricas. Esse tipo de ligação auxiliaria essas regiões no sentido de melhorar sua capacidade de invenção, além de ajudá-las a sair de seu *lock-in* regional, alterando sua trajetória de desenvolvimento.

Os insumos P&D privado, P&D universitário e qualificação dos trabalhadores também são importantes para o desenvolvimento de novas tecnologias. Políticas públicas que possibilitem o aumento do grau de escolaridade da população brasileira são fundamentais para geração de novo conhecimento e de ideias que possam ser canalizadas para o setor produtivo.

Quanto às características urbanas e setoriais das cidades, é necessário ressaltar que, para o Brasil, a evidência empírica indica que maior índice de competição local (firmas por trabalhadores) e estrutura setorial diversificada impactam mais eficientemente a capacidade tecnológica da região, ambas corroborando as teorias de Porter e Jacobs, respectivamente. Outro ponto refere-se às economias de urbanização, que indicam que grandes centros urbanos são mais produtivos em termos de invenções, até certo ponto, quando os custos de congestionamento acabam por trazer malefícios à atividade inventiva da região.

A dependência espacial mostrou ser totalmente controlada através da inserção de regressores defasados espacialmente. Além disso, a variável dependente defasada pode ser considerada evidência da existência de transbordamento de conhecimento tecnológico inter-regional para o período de 2000 a 2011, indicando que as firmas de uma microrregião podem se beneficiar, das invenções realizadas em microrregiões vizinhas e também da capacidade de realizar P&D destas.

Confirmada a existência de transbordamentos de conhecimento entre as regiões é possível propor políticas públicas de incentivo à atividade inventiva em uma escala territorial maior. Essa estratégia tenderia a reduzir esforços de pesquisa desordenados e duplicações de pesquisa, além de promover estímulos à absorção de conhecimento altamente eficaz para o sistema inovativo local.

A estimação da FPC para a extensão territorial da REGIC Intermediária foi utilizada para analisar a força dos resultados encontrados. A conclusão desta estratégia indica que os resultados são robustos, dado que se mantiveram em termos de sinal dos coeficientes e significância estatística.

Assim, este estudo avança na literatura ao inserir variáveis de rede para a FPC brasileira, além de analisar outros fatores já estilizados pela literatura como: capacidade de P&D privado, capacidade de P&D universitário, capital humano, densidade de trabalhadores, escala urbana, grau de competição local, grau de diversificação e especialização das atividades econômicas, grau de industrialização e presença de serviços produtivos. Não obstante, existem limitações que envolvem a base de dados e sua exploração.

A utilização de patentes como indicadores das redes, por exemplo, deve ser analisada com cautela dado que nem todos os casos de colaboração são consumados, de fato, em patentes e, dessa forma, não são contabilizados por essa abordagem. Por outro lado, também existem formas periféricas ou indiretas de contato entre autores que produzem patente em coautoria. Espera-se, assim, que os dois lados da moeda se compensem de forma a eliminar o viés. Este trabalho pressupõe que a coautoria em patentes é apenas um indicador parcial e aproximado de colaboração.

A construção de uma base de ligações de inventores entre as regiões brasileiras cria possibilidade de desenvolver estudos futuros em diversas áreas. Espera-se que trabalhos futuros possam encontrar maneiras mais eficazes de tratar a endogeneidade determinada pela causalidade reversa entre as redes de inventores e patenteamento. Outra linha pode seguir na direção de investigar a capacidade de absorção das regiões brasileiras, o que pode ser um entrave para que as redes consigam cumprir seu objetivo de difundir novo conhecimento aumentando a capacidade inventiva nas regiões.

5. REFERÊNCIA

- ABRAMOVITZ, M. Resource and output trends in the United States since 1870. In: **Resource and Output Trends in the United States Since 1870**. NBER, p. 1-23. 1956.
- _____. Catching up, forging ahead, and falling behind. **The Journal of Economic History**, v. 46, n. 2, p. 385-406, 1986.
- ACS, Z. J.; ANSELIN, L.; VARGA, A. Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. **Research Policy**, v. 31, n. 7, p.1069- 1085, 2002.
- ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D. **Innovation and small firms**. Cambridge: MIT Press, 1990.
- ALBUQUERQUE, E. M. Sistema Nacional de Inovação No Brasil: Uma Análise Introdutória a partir de Dados Disponíveis sobre a Ciência e a Tecnologia. **Revista de Economia Política**, v. 16, n. 3, p. 56-72, 1996.
- ALBUQUERQUE, E. M.; SIMÕES, R.; BAEZA, A.; CAMPOLINA, C.; 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**, v. 1, n. 2, p.225-251, 2002.
- ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Editora: Alinea. 498 p., 2012.
- ALMEIDA, P.; KOGUT, B. The Exploration of Technological Diversity and the Geographic Localization of Innovation. **Small Business Economics**, v. 9, n. 1, p. 21-31, 1997.
- ANSELIN L.; BERA A. Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics. In: ULLAH A.; GILES D. (Eds.) **Handbook of applied economics statistics**. Marcel Dekker, New York, p. 237-289, 1998.
- ANSELIN, L.; VARGA, A.; ACS, Z. Geographic spillovers and university research: a spatial econometric perspective. In: NIJKAMP, P.; STOUGH, R. (Eds.) **Special Issue on Endogenous Growth: Models and Regional Policy**. **Growth and Change** v. 31, p. 501–516, 2000.

ANSELIN, L.; VARGA, A.; ACS, Z. A., Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations. **Journal of Urban Economics**, v. 42, n. 3, p. 422-448, 1997.

ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE L. R.; ALVES P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, v. 5, p 16-21, 2009.

ARAÚJO, V. C. **Dimensão local da inovação no Brasil**: determinantes e efeitos de proximidade. 2013. 188 fls. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ARROW, K. Economic welfare and the all location of resources for inventions. In: NELSON, R.R. (Eds.) **The Rate and Direction of Innovative Activity**. Princeton: Princeton University Press, p. 609–625, 1962.

AUDRETSCH, D. B. Agglomeration and the location of innovative activity. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 14, n. 2, p. 19-29, 1998.

AUDRETSCH, D. B.; STEPHAN, P. E. Company-Scientist Locational Links: The Case of Biotechnology. **American Economic Review**, v. 86, n. 3, p. 641-652, 1996.

AUDRETSCH, D.; FELDMAN, M. Knowledge spillovers and the geography of innovation. In: HENDERSON, J. V.; THISSE, J. (Eds.) **Handbook of Urban and Regional Economics**. Amsterdam: North Holland Publishing, v. 4, p. 2713-2739, 2004.

AUTANT-BERNARD, C.; MAIRESSE, J.; MASSARD, N. Spatial knowledge diffusion through collaborative networks. **Papers in Regional Science**, v. 3, p. 341-350, 2007.

BANIA, N.; CALKINS, L.; DALENBERG, R. The effects of regional science and technology policy on the geographic distribution of industrial R&D laboratories. **Journal of Regional Science**, v.32, n. 2, p. 209-228, 1992.

BATHELT, H.; MALMBERG, A.; MASKELL, P. Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. **Progress in Human Geography**, v. 28, n. 1, p. 31–56, 2004.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. **Journal of Monetary economics**, v. 34, n. 2, p. 143-173, 1994.

BETTENCOURT, L. M. A.; LOBO, J.; HELBING, D.; KÜHNERT, C.; WEST, G.B. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.104, n. 17, p. 7301–7306. 2007.

BILBAO-OSORIO, B.; RODRÍGUEZ-POSE, A. From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU. University of Kentucky. **Growth and Change**, v. 35, n. 4, p. 434-455, 2004.

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

BRANSTETTER, L. Are International Spillovers International or Intranational in Scope? Microeconometric evidence from the U.S. and Japan. **NBER**, 1996.(Working Paper 5800).

BRESCHI, S.; LISSONI, F. Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows. **Journal of Economic Geography**, v. 9, p. 439–468, 2009.

BRESCHI, S.; LISSONI, F. Cross-firm inventors and social networks: localised knowledge spillovers revisited. **Annales d'Economie et de Statistique**, p. 189–209, 2005.

BRESCHI, S.; LISSONI, F. Localised knowledge spillovers vs. innovative milieu: knowledge “tacitness” reconsidered. **Papers in regional science**, v. 80, n. 3, p. 255-273, 2001.

CARLINO, G. A.; CHATTERJEE, S.; HUNT, R. M. Matching and learning in cities: urban density and the rate of invention. **Federal Reserve Bank of Philadelphia**, 2005.

CARLINO, G. A.; CHATTERJEE, S.; HUNT, R. M. Knowledge spillovers and the new economy of cities. **Economic Research Division, Federal Reserve Bank of Philadelphia**, 2001.

CARLINO, G. A.; CHATTERJEE, S.; HUNT, R. M. Urban density and the rate of invention. **Journal of Urban Economics**, v. 61, n. 3, p. 389–419, 2007.

- CHRISTALLER, W. **Central places in southern Germany**. Prentice-Hall, 1966.
- CICCONE, A.; HALL, R. E. Productivity and the density of economic activity. **American Economic Review**, v. 86, n. 1, p. 54–70, 1996.
- COE, D.; ELHANAN, H.; ALEXANDER, H. North-South spillovers. **Economic Journal**, v. 107, p.134–149, 1997.
- COE, D.; HELPMAN, E. International R&D spillovers. **European Economic Review**, v. 39, n. 5, p. 859–887, 1995.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of R&D. **The economic journal**, p. 569-596, 1989.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity a new perspective in Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.
- COMBES, P. P.; MAYER, T.; THISSE, J. F. Economic geography: The integration of regions and nations. **Princeton University Press**, 2008.
- COMBES, P. P. Economic structure and local growth: France, 1984-1993. **Journal of Urban Economics**, v. 47, p. 329–355, 2000.
- COUTINHO, L; FERRAZ, J. C. Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira. **Campinas: UNICAMP**, 1994.
- COWAN, R.; JONARD, N. Network structure and the diffusion of knowledge. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 28, n. 8, p. 1557–1575, 2004.
- CRESCENZI R., NATHAN M., RODRÍGUEZ-POSE A. Do Inventors Talk to Strangers? On Proximity and Collaborative Knowledge Creation, **Research Policy**, v. 45, n. 1, p. 177-194, 2016.
- CRUZ, H. N. Observações sobre a mudança tecnológica em Schumpeter. **Estudos Econômicos**, v.18, n. 3, p. 433-448, 1988.
- DE HOYOS, R. E.; SARAFIDIS, V. Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. **Stata Journal**, v. 6, n. 4, p. 482, 2006.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

DOSI, G. *Technical Change and Industrial Transformation*, London: Macmillan, 1984.

_____. The nature of the innovative process. In: DOSI G.; FREEMAN C.; NELSON R.; SILVERBERG G.; SOETE L. (Eds.) **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, p. 590-607, 1988.

DUCOR, P. Coauthorship and coinventorship. **Science** v.289, n. 5481, p.873-875, 2000.

DURANTON, G.; PUGA, D., Micro-Foundations of Urban Agglomeration Economies. In: HENDERSON, J. V.; THISSE, J. (Eds.) **Handbook of Urban and Regional Economics**, Amsterdam: North Holland Publishing, v. 4, p. 2063-2117, 2004.

EDQUIST, C. Systems of innovation approaches – their emergence and characteristics. In: EDQUIST, C. (Eds.) **Systems of innovation: technologies, institutions and organizations**, Pinter, London, p. 1–35, 1997

ELHORST, J. P. Spatial panel data models. **Spatial Econometrics**, Springer Berlin Heidelberg, p. 37-93, 2014.

_____. Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models. **International Regional Sciences Review**, v. 26, n. 3, p. 244-268, 2003.

FAGERBERG, J. *Innovation: a guide to the literature*, 2003.

FELDMAN, M. P. The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: a review on empirical studies. **Economics of Innovation and Technology**, v. 8, p. 5-25, 1999.

_____. **The geography of innovation**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.

FELDMAN, M. P.; AUDRETSCH, D. B. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition. **European Economic Review**, v. 43, n. 2, p. 409-429, 1999.

FELDMAN, M. P.; KOGLER, D. F. Stylized facts in the geography of innovation. In: HALL, B. H.; ROSENBERG, N. (Eds.) **Handbook of the Economics of Innovation**. Amsterdam: Elsevier, v.1, p. 381-410, 2010.

FELDMAN, M.; FLORIDA, R. The geographic sources of innovation: technological infrastructure and product innovation in the United States. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 84, n. 2, p. 210-229, 1994.

FISCHER, M. M.; VARGA, A. Spatial knowledge spillovers and university research. **The Annals of Regional Science**, v. 37 n. 2, p. 303–322, 2003.

FISCHER, M. M. Innovation, networks and knowledge spillovers: selected essays. **Springer**, p. 978-3, 2006.

FLEMING, L.; COLFER, L.; MARIN, A.; MCPHIE, J. Why the valley went first: Agglomeration and emergence in regional inventor networks. **Harvard Business School**, Boston, 2003.

FLEMING, L.; KING, C.; JUDA, A. I., Small worlds and regional innovation. **Organization Science**, v. 18, n. 6, p.938-954, 2007.

FREEMAN, C. **The Economics of Industrial Innovation**.2.ed. London: Francis Pinter, 1982.

FREEMAN, C; PEREZ, C. Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (Eds.) **Technical change and economic theory**. London: Pinter, p. 38-66, 1988.

GAO, X.; GUAN, J.; ROUSSEAU, R. Mapping collaborative knowledge production in China using patent co-inventorships. **Scientometrics**, v 88 p. 343-362, 2011.

GERTLER, M. S. Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there). **Journal of Economic Geography**, v. 3, n. 1, p. 75–99, 2003.

GERTLER, M. S.; LEVITE, Y. M. Local nodes in global networks: the geography of knowledge flows in biotechnology innovation. **Industry and Innovation**, v. 12, n. 4, p. 487–507, 2005.

GLAESER, E. L.; KALLAL, H.; SCHEINKMAN, J.; SHLEIFER, A. Growth in cities. **Journal of Political Economy**, v. 100, p. 1126–1153, 1992.

GONÇALVES, E. O padrão espacial da atividade inovadora brasileira: uma análise exploratória. **Estudos Econômicos**, v. 37, n.2, p. 405-433, 2007.

GONÇALVES, E.; ALMEIDA, E. S. Innovation and Spatial Knowledge Spillovers: Evidence from Brazilian Patent Data. **Regional Studies**, v. 43, p. 513–528, 2009.

GONÇALVES, E.; FAJARDO, B. A. G. A influência da proximidade Tecnológica e geográfica sobre a Inovação regional no Brasil. **Revista Econômica Contemporânea**, v. 15, n. 1, p. 112-142, 2011.

GRANOVETTER M. S. The strength of weak ties. **American journal of sociology**, v.78, p.1360–1380, 1973.

GREUNZ, L. Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions. **The Annals of Regional Science**, v. 37, n. 4, p. 657-680, 2003.

GRILICHES, Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. **Bell Journal of Economics**, v.10, p. 92-116, 1979.

_____.Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. **Journal of Economic Literature** **XXVIII**, pp.1661-1707, 1990.

_____.The search for R&D spillovers. **Scandinavian Journal of Economics**, v. 94, p. 29-47, 1992.

GUJARATI, D. N.; PORTER , D. C. **Econometria Básica**. McGraw Hill Brasil, v. 5, 2011.

GUSSO, D. Agentes da inovação: quem os forma, quem os emprega. Tecnologia, exportação e emprego. **Brasília: Ipea**, p. 397-444, 2006.

HALL, B. H.; HARHOFF, D., Recent research on the economics of patents. **National Bureau of Economic Research**, n. w17773, 2012.

HALL, P. Measuring the Returns to R&D. In: HALL, B. H., ROSENBERG, N. (Eds.) **Handbook of the Economics of Innovation**. Amsterdam: Elsevier, v. 2, p. 1033-1082, 2010.

HE, J.; FALLAH, M. H. Dynamics of Inventor Networks and the Evolution of Technology Clusters. **International Journal of Urban and Regional Research** v.38, n.6, p. 2174-2200, 2014.

HENDERSON, J. V. Understanding knowledge spillovers. **Regional Science and Urban Economics**, v. 37, n. 4, p. 497-508, 2007.

HOEKMAN, J.; FRENKEN, K.; VAN OORT, F. The geography of collaborative knowledge production in Europe. **The Annals of Regional Science** v.43, n.3, p. 721-738, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Urbano-Regional**. Rio de Janeiro, 2013.

IBRAHIM, S. E.; FALLAH, M. H.; REILLY, R. R. Localized sources of knowledge and the effect of knowledge spillovers: An empirical study of inventors in the telecommunications industry. **Journal of Economic Geography**, v. 9, n. 3, p. 405–431, 2009.

JACOBS, J. **The economy of cities**. Nova York: Random House, 1969. 268p.

JAFFE, A. B., Real effects of academic research, **American Economic Review**, v. 79, n. 5, p. 957-970, 1989.

JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M.; HENDERSON, R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. **Quarterly Journal of Economics**, v. 63, p. 577- 598, 1993.

JOHANSSON, B. Generation and Diffusion of Innovation. In: FISCHER, M. M. ; NIJKAMP, P. (Eds.) **Handbook of Regional Science**. Berlin Heidelberg, Springer. p. 391-412, 2014.

KATZ, R. The effects of group longevity on project communication and performance. **Administrative Science Quarterly**, v. 27, p. 81-104, 1982.

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

KELLER, W. Are international R&D spillovers trade related? Analyzing spillovers among randomly matched trade partners. **European Economic Review**, v. 42, n. 8, p. 1469–1481, 1998.

KELLER, W. International trade, foreign direct investment, and technology spillovers. In: HALL, B. H.; ROSENBERG, N. (Eds.), **Handbook of the Economics of Innovation**. Amsterdam: Elsevier, v.2 , p. 793-829, 2010.

KOO, J. Agglomeration and spillovers in a simultaneous framework. **The Annals of Regional Science**, v. 39, n. 1, p. 35-47, 2005.

KRUGMAN, P. **Geography and Trade**. Cambridge: MIT Press, 1991.

LEMOS, L. M. Desenvolvimento de spin-offs acadêmicos: estudo a partir do caso da UNICAMP. **SBU-Biblioteca Digital da Unicamp**, 2008.

LESAGE, J.; PACE, R. **Introduction to spatial econometrics**. CRC Press Inc, 2009.

LOBO, J.; STRUMSKY, D. Metropolitan patenting, inventor agglomeration and social networks: a tale of two effects. **Journal of Urban Economics**, v. 63, n. 3, p. 871–884, 2008.

LOS, B.; VERSPAGEN, B. R&D spillovers and productivity: evidence from the US manufacturing microdata. **Empirical Economics**, v. 25, p. 127–148, 2000.

LUCAS, R. E. On the mechanics of economic development. **Journal of Monetary Economics**, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

LUNDEVALL, B. A. **National systems of innovation**: towards a theory of innovation and Interactive Learning. In: Lundvall, B. (Eds.). London: Pinter, 1992.

MACDISSI, C.; NEGASSI, N. International R&D spillovers: an empirical study. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 11, n. 2, p. 77-91, 2002.

MAGGIONI, M. A.; NOSVELLI, M.; UBERTI, T. E. Space versus networks in the geography of innovation: A European analysis. **Papers in Regional Science**, v. 86, n. 3, p. 471–493, 2007.

MARSHALL, A. **Princípios de Economia**. São Paulo: Abril Cultural, p. 231-238, 1982.

METCALFE, J. S. (Ed.). **Evolutionary economics and creative destruction**. Psychology Press, v. 1, 1998.

MIGUÉLEZ, E.; MORENO, R. Knowledge flows and the absorptive capacity of regions. **Research Policy**, v.44, n. 4, p. 833-848, 2015.

_____. Research networks and inventors' mobility as drivers of innovation: evidence from Europe. **Regional Studies**, v. 47, n. 10, p. 1668- 1685, 2013.

_____. Skilled labour mobility, networks and knowledge creation in regions: a panel data approach. **The Annals of Regional Science**, v. 51, no 1, p. 191-212, 2012.

MONTENEGRO, R. L.; GONÇALVES, E.; ALMEIDA, E. Dinâmica espacial e temporal da inovação no estado de São Paulo: uma análise das externalidades de diversificação e especialização. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 41, n. 4, p. 743-776, 2011.

MORENO, R.; PACI, R.; USAI, S. Geographical and sectoral clusters of innovation in Europe. **Original Paper**, v. 39, n. 4, p. 715-739, 2005.

MOWERY, D. C.; ZIEDONIS, A. A. The geographic reach of market and nonmarket channels of technology transfer: comparing citations and licenses of University Patents. In: CANTWELL J. (Eds.) **Globalization and the Location of Firms**. Northampton, MA: Edward Elgar, 2004.

NAGAOKA, S.; MOTOHASHI, K.; GOTO, A. Patent Statistics as an Innovation Indicator. In: Hall; B. H.; Rosenberg, N. (Eds.) **Handbook of Economics of Innovation**. Elsevier, cap. 25. 2010.

NAKAMURA, R.; PAUL C. J. M. Measuring agglomeration. **Handbook of Regional Growth and Development Theories** p. 305, cap 16. 2009.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. An evolutionary theory of economic change. **Harvard University Press**, 1982.

_____. In Search of useful theory of innovation. **Research Policy**, v. 6, 1977.

NIOSI, J.; SAVIOTTI, P.; BELLON, B.; CROW, M., National systems of innovation: in search of a workable concept. **Technology in Society**, v.15, n. 2, p. 207-227, 1993.

O'HUALLACHA' IN, B., Patent places: size matters. **Journal of Regional Science**, v. 39, n. 4, p. 613-636, 1999.

O'HUALLACHA' IN, B.; LESLIE, T. F. Rethinking the regional knowledge production function. **Journal of Economic Geography**, v. 7, n. 6, p. 737-752, 2007.

_____. Spatial convergence and spillovers in American Invention. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 95, n. 4, p. 866-886, 2005.

OWEN-SMITH, J. e POWELL, W. W. Knowledge networks as channels and conduits: the effects of spillovers in the Boston biotechnology community. **Organization science**, v. 15, n.1, p. 5-21, 2004.

PAKES, A.; GRILICHES, Z. Patents and R&D at the Firm Level: A First Look, In: GRILICHES Z. (Eds), **R&D, patents, and productivity**. University of Chicago Press, p. 55-72. 1984.

PANNE, G. V. D. Agglomeration externalities: Marshall versus Jacobs. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 14, p. 593–604, 2004.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PESARAN, M. H. General diagnostic tests for cross section dependence in panels. **University of Cambridge**, Cambridge, 2004. Working Papers No. 0435.

POWELL, S.; GRODAL, W. W. Networks of innovators. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (Eds.), **The Oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

PRESCOTT, E. C. Theory ahead of business cycle measurement. **Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review**, v. 10, n. 4, p. 9-22, 1986.

ROCKETT, K. Property rights and invention. **Handbook of the Economics of Innovation**, p.315-380, 2010.

RODRÍGUEZ-POSE, A.; CRESCENZI, R., R&D, Spillovers, Innovation Systems and the Genesis of Regional Growth in Europe. **Bruges European Economic Research (BEER)**, n. 5, 2006.

ROMER, P. Endogenous technological change. **Journal of Political Economy**. v. 98, p. 71-102, 1990.

_____. Increasing returns an long-run growth. **Journal of Political Economy**, v. 94, p. 1002-1037, 1986.

ROSENBERG, N. **Perspectives on Technology**. Cambridge New York: Cambridge University Press,1976.

_____. Uncertainty and technological change. In: FUHRER, J.C.; LITTLE, J.S. (Eds.) **Technology and Growth**. Boston: Conference Series, Federal Reserve Bank of Boston, n. 40, p. 91–110, 1996 .

ROSENKOPF, L.; ALMEIDA, P. Overcoming local search through alliances and mobility. **Management Science**, v. 49, n. 6, p.751-766, 2003.

ROSENTHAL, S.; STRANGE, W., Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration In: Economies. In: HENDERSON, J. V.; THISSE, J., (Eds). **Handbook of Urban and Regional Economics**, Amsterdam: North Holland Publishing, v. 4, p. 2119-2171, 2004.

SAHAL, D. Alternative conceptions of technology. **Research Policy**, v.10, n. 1, p. 2-24, 1981.

SAXENIAN, A. L. Regional networks and the resurgence of Silicon Valley. **California Management Review**, v. 33, n. 1, p. 89-112, 1990.

SCHUMPETER, J. **The theory of economic development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and Business Cycle**. Transaction Publisher, New Brunswick U.S.A e London (U.K.), v. 46, p. 255, 1983.

SEGAL, D. Are there returns to scale in city size? **Review of Economics and Statistics**, v. 58, p. 339–350, 1976.

SIDONE O.; HADDAD, E. A.; MENA-CHALCO, J. P. A Ciência nas Regiões Brasileiras: Evolução da Produção e das Redes de Colaboração Científica. **Revista Transinformação**, v. 28, n.1, 2015.

SIMMIE, J. Innovation and agglomeration theory, In: SIMMIE J. (Eds.) **Innovative Cities**, E&FN Spon, New York, p. 11–52, 2001.

SINGH, J. Collaborative networks as determinants of knowledge diffusion patterns. **Management Science**, v. 51, n. 5, p. 756-770, 2005.

SOKOLOFF, K. L. Inventive Activity in Early Industrial America: Evidence from Patent Records, 1790-1846. **The Journal of Economic History**, v. 48, n. 4, p. 813-850, 1988.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, v. 70, p. 65-94, 1956.

STATISTICAL OFFICE OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Oslo manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data. **Publications de l'OCDE**, n. 4, 2005.

STORPER M.; VENABLES A. J. Buzz: face-to-face contact and the urban economy. **Journal of economic geography**, v. 4, n. 4, p. 351–370, 2004.

STRUMSKY, D.; THILL, J. C. Profiling US Metropolitan Regions by Their Social Research Networks and Regional Economic Performance. **Journal of Regional Science**, v. 53, n. 5, p. 813-833, 2013.

SVEIKAUSKAS, L. The productivity of cities. **Quarterly Journal of Economics**, v. 89, p. 393–413, 1975.

PESARAN, M.H. A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. **Journal of Applied Econometrics**, v. 22, n.2, p. 265-312, 2007

TABUCHI, T. Urban agglomeration, capital augmenting technology, and labor market equilibrium. **Journal of Urban Economics**, v. 20, n. 2, p.211–228, 1986.

TIJSSEN, R. J. W. Quantitative assessment of large heterogeneous R&D networks: the case of process engineering in the Netherlands. **Research policy**, v. 26, n.7, p. 791-809, 1998.

TORKOMIAN, A. L. V. Fundação ParqTec: o órgão gestor do Pólo de Alta Tecnologia de São Carlos. **Ciência da Informação**, v. 23, n. 2, 1994.

TORRE, A. On the role played by temporary geographical proximity in knowledge transmission. **Regional Studies**, v. 42, n. 6, p. 869–889, 2008.

TRANOS, E. Networks in the innovation process. In: FISCHER, M. M.; NIJKAMP P. (Eds.) **Handbook of Regional Science**. Berlin Heidelberg, Springer, p. 489-504, 2014.

USAI, S. The Geography of Inventive Activity in OECD Regions. **Regional Studies**, v. 45, n. 6, 2011.

UZZI, B. The sources and consequences of embeddedness for the economic performance of organizations: the network effect. **American Sociological Review**, v. 61, p. 674–698, 1996.

VAN OORT F. G.; LAMBOOY J. G. Cities, knowledge, and innovation. In: FISCHER, M. M.; NIJKAMP P. (Eds.) **Handbook of Regional Science**. Berlin Heidelberg, Springer, p. 475-488, 2014.

VARGA, A. University research and regional innovation: a spatial econometric analysis of academic technology transfers. New York: **Springer Science & Business Media**, v. 13, 152 p. 1998.

VARGAS, M. A. **Proximidade territorial, aprendizado e inovação**: um estudo sobre a dimensão local dos processos de capacitação inovativa em arranjos e sistemas produtivos no Brasil. 256 fls. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

VERSPAGEM, B. Innovation and Economic Growth. In:FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R.,**The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, 2005.

WHITE, H. C. Markets from Networks: Socioeconomic Models of Production. **Princeton University Press**, 2002.

WOOLDRIDGE, J. M. Econometric analysis of cross section and panel data. MIT press, 2010.

ZUCKER, L. G.; DARBY M. R., Star Scientists and Institutional Transformation: Patterns of Invention and Innovation in the Formation of the Biotechnology Industry. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 93, n. 23, p. 12709- 12716, 1996.

ANEXOS

ANEXO 1: Compatibilização das ocupações técnico-científicas CBOs1994-2002	
CBO 1994	CBO 2002 - Família
242 Gerentes de produção, de planejamento e de pesquisa e desenvolvimento	1426 Gerentes De Pesquisa E Desenvolvimento
52 Bacteriologistas, farmacologistas e trabalhadores assemelhados	2011 Profissionais Da Biotecnologia 2212 Biomédicos
29 Engenheiros, arquitetos e trabalhadores assemelhados não-classificados sob outras epígrafes	2148 Engenheiros Agrimensores E Engenheiros Cartógrafos 2021 Engenheiros Mecatrônicas 2122 Engenheiros Em Computação 2140 Engenheiros Ambientais E Afins 2222 Engenheiros De Alimentos E Afins
51 Biologistas e trabalhadores assemelhados	2030 Pesquisadores Das Ciências Biológicas 2211 Biólogos E Afins
199 Trabalhadores das profissões científicas, técnicas, artísticas e trabalhadores assemelhados não-clas	2031 Pesquisadores Das Ciências Naturais E Exatas 2032 Pesquisadores De Engenharia E Tecnologia 2033 Pesquisadores Das Ciências Medicas 2034 Pesquisadores Das Ciências Da Agricultura
192 Sociólogos, antropólogos e trabalhadores assemelhados	2035 Pesquisadores Das Ciências Sociais E Humanas
82 Matemáticos e atuários	2111 Profissionais Da Matemática
81 Estatísticos	2112 Profissionais De Estatística
83 Analistas de sistemas	2124 Analistas De Sistemas Computacionais
12 Físicos	2131 Físicos
11 Químicos	2132 Químicos
19 Químicos, físicos e trabalhadores assemelhados não-classificados sob outras epígrafes	2133 Profissionais Do Espaço E Da Atmosfera
21 Engenheiros civis e arquitetos	2141 Arquitetos 2142 Engenheiros Civis E Afins
23 Engenheiros eletricitas e engenheiros eletrônicos	2143 Engenheiros Eletroeletrônicos E Afins
24 Engenheiros mecânicos	2144 Engenheiros Mecânicos
25 Engenheiros químicos	2145 Engenheiros Químicos
26 Engenheiros metalúrgicos	2146 Engenheiros Metalurgistas E De Materiais
27 Engenheiros de minas e geólogos	2147 Engenheiros De Minas
28 Engenheiros de organização e métodos	2149 Engenheiros Industriais, De Produção E Segurança
20 Engenheiros agrônomos, florestais e de pesca	2221 Engenheiros Agrossilvipecuários

Fonte: Elaboração própria com dados do Relatório da Tábua para conversão e RAIS

ANEXO 2 – Tabela de Correlação entre as variáveis

Variáveis	PATpc	LIGrel	LIGdens	LIGex	LIGin	PDp	Pdu	CH	DENS	ESCALA	ECALA ²	IND	SERV	COMP	ESP	DIV
PATpc	1.000															
LIGrel	0.178	1.000														
LIGdens	0.001	0.609	1.000													
LIGex	0.078	0.966	0.620	1.000												
LIGin	0.403	0.408	0.135	0.158	1.000											
PDp	0.367	0.174	0.027	0.103	0.299	1.000										
Pdu	0.403	0.241	0.036	0.154	0.378	0.268	1.000									
CH	0.115	0.099	0.012	0.059	0.170	0.106	0.223	1.000								
DENS	0.276	0.112	-0.011	0.057	0.226	0.373	0.184	0.208	1.000							
ESCALA	0.286	0.139	-0.001	0.070	0.285	0.378	0.214	0.225	0.815	1.000						
ECALA ²	0.175	0.052	-0.011	0.017	0.140	0.252	0.117	0.147	0.791	0.911	1.000					
IND	0.333	0.144	0.009	0.080	0.267	0.434	0.234	0.110	0.351	0.339	0.191	1.000				
SERV	0.324	0.064	0.037	0.048	0.076	0.144	0.011	-0.207	-0.004	-0.025	-0.033	0.016	1.000			
COMP	0.000	-0.028	0.034	-0.010	-0.071	-0.108	-0.056	-0.090	-0.138	-0.151	-0.075	-0.188	0.003	1.000		
ESP	0.310	0.134	0.035	0.085	0.213	0.471	0.121	-0.057	0.117	0.122	0.054	0.254	0.439	-0.015	1.000	
DIV	0.457	0.170	0.062	0.117	0.237	0.299	0.241	-0.082	0.126	0.152	0.070	0.239	0.259	0.152	0.300	1.000

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software Stata13.

ANEXO 3 – *I de Moran* dos resíduos dos modelos

Ano	Modelo 1			Modelo 2		
	fe1	sar-ef1	sac-ef1	fe2	sar-fe2	sac-fe2
2001	0,028**	-0,024	-0,018	0,028**	-0,027	-0,021
2002	-0,010	-0,003	0,001	-0,013	-0,002	0,002
2003	-0,032	-0,029	-0,022	-0,029	-0,028	-0,021
2004	-0,009	-0,034	-0,030	-0,007	-0,031	-0,029
2005	-0,001	-0,028	-0,026	-0,001	-0,028	-0,026
2006	0,027**	-0,022	-0,021	0,024**	-0,017	-0,017
2007	-0,003	-0,007	-0,006	-0,004	-0,011	-0,009
2008	0,006	-0,040	-0,036	0,006	-0,038	-0,035
2009	0,033***	-0,037	-0,028	0,032***	-0,035	-0,026
2010	0,023**	-0,012	-0,011	0,024**	-0,014	-0,013
2011	0,014*	-0,027	-0,030	0,011	-0,029	-0,036

Nota: Matriz de pesos espaciais: "*distância inversa ao quadrado*".

Pseudo-significância baseada em 999 permutações:*** 0,01; ** 0,05; * 0,10.

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software R versão 3.1.2