

DETERMINANTES ESPACIAIS DA CAPACIDADE DE INVENÇÃO NO BRASIL: O PAPEL DAS REDES DE INVENTORES¹

Priscila Medeiros de Oliveira²

Eduardo Gonçalves³

Eduardo Almeida⁴

RESUMO: O artigo se baseia na Função de Produção de Conhecimento (FPC) para investigar o papel das ligações entre inventores na produção tecnológica nas 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 um painel de dados regionais para o período 2000-2011, 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, ao passo que a densidade de uma rede pode ser 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 were 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.

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

JEL: C31; O31; O33; R1.

Área 10 - Economia Regional e Urbana

¹Os autores agradecem o suporte de agências de fomento, como CAPES, CNPq e FAPEMIG.

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

³Professor da Faculdade de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora e Pesquisador do CNPq.

⁴Professor da Faculdade de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora e Pesquisador do CNPq.

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 incluir em um mesmo estudo características internas à região que provocam aumento da criatividade e também características que podem transbordar de outras regiões.

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 *et al.* (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 uma abordagem 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, abordam as redes ou ligações entre inventores de uma mesma patente como forma de verificar o impacto das conexões inter e intra-regionais 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 dada à redução de limites computacionais (BETTENCOURT *et al.*, 2007; LOBO e STRUMSKY, 2008; MIGUELÉZ e MORENO, 2012, 2013). 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 implementada, principalmente, nos casos da Europa e Estados Unidos, de forma que a investigação a respeito de ligações entre inventores como canal de transferência de conhecimento ainda é incipiente para países em desenvolvimento. Assim, espera-se que o presente artigo, 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 artigo utiliza, principalmente, dados de depósitos de patentes provenientes do Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI), como *proxy* para o produto da invenção. Além da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), para construir as demais variáveis do modelo. Os dados do INPI também foram utilizados para construir as variáveis de ligações, que formam um painel de dados espaciais para o período 2000-2011. 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 sobre os transbordamentos de tecnologia, a questão geográfica da inovação e, por fim, 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, bem como uma discussão sobre a base de dados utilizada nesta pesquisa. Cabe à quarta seção a discussão dos resultados. E, finalmente, na última seção, são apresentadas as conclusões do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

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 uma agente ao mesmo tempo, sem que se perca seu valor.

De acordo com Griliches (1991) a mudança tecnológica é entendida como não-rival e parcialmente excludente 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, 1991).

Jaffe *et al.* (1993) enfatizam a proximidade física dos transbordamentos de conhecimento, após encontrarem forte indício de decaimento espacial em citações de patente. De fato, grande parte dos canais de transmissão dos transbordamentos 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 (VARGA, 1998). 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.

Gertler (2003) 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.

Dessa forma, são realizados transbordamentos entre firmas, instituições de ensino e pesquisa, dadas as relações informais que 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. Devido a estes fatos, tornou-se fundamental a este tipo de estudo inserir uma discussão a respeito da questão geográfica da inovação.

Marshall (1982) acreditava que a concentração da atividade produtiva 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 o 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).

Feldman (1999) faz uma distinção entre as principais linhas de trabalhos empíricos que investigam a localização do progresso técnico. Entre elas, a Função de Produção do Conhecimento (FPC) deve receber atenção especial neste estudo, dado que se pretende utilizar essa abordagem metodológica.

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 *et al.* (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 para representar insumos da produção de novo conhecimento. P&D privado, P&D universitário e capital humano da região têm sido vastamente utilizados pela literatura de inovação para representar esses insumos.

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 *et al.*, 1997; Rodríguez-Pose e Crescenzi, 2006 e Usai, 2011). Da mesma maneira, 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; e Anselin *et al.*, 2000).

Torna-se necessário mencionar também o capital humano ou a qualificação dos trabalhadores como insumo principal da produção de novos conhecimentos. Esta variável foi inserida na função de produção neoclássica inicialmente por Lucas (1988). No entanto, foi Benhabib *et al.* (1994) que primeiro apresentou resultados empíricos sobre a relação entre capital humano e inovação. Carlino *et al.* (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.

Outra discussão que é realizada dentro da abordagem da FPC relaciona a importância de um ambiente metropolitano para o processo criativo. Jaffe *et al.* (1993), em uma análise de citações de patentes, descobriu que novas patentes são de 5 a 10 vezes mais propensas a citar outras 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 *et al.* (2002) também mostram que o patenteamento nos Estados Unidos está, sobretudo, concentrado em municípios metropolitanos, enquanto Carlino *et al.* (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 a atividade tecnológica regional.

Outros fatores que afetariam a capacidade de inovação estão ligados às externalidades do tipo 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 de

atividade econômica. Essa visão diz que a concentração de uma indústria em uma cidade ajuda a difusão 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).

Outro ponto que têm merecido atenção especial da literatura busca relacionar o ambiente urbano à capacidade de inovação. Lucas (1988) traçou um quadro em que transbordamentos de conhecimento seriam 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 (HENDERSON, 2007).

Segundo Miguélez e Moreno (2013), no entanto, o simples fato de inventores, e pessoas capacitadas se localizarem em um mesmo espaço não é suficiente para que ocorra uma difusão do conhecimento eficaz. Para estes autores, é necessário haver algum tipo de rede, ou de ligação entre essas pessoas. Bettencourt *et al.* (2007) afirmam que a criação de novas ideias está ligada ao fato de inventores e inovadores interagirem e recombinarem conhecimentos já existentes. Para tanto, uma empresa inovadora deve, muitas vezes, recorrer a fontes externas para obter novas ideias, percepções e conhecimentos. Breschi e Lissoni (2009) encontram que as ligações e encontros informais explicam uma parcela muito pequena da localização dos fluxos de conhecimento, enquanto mobilidade de trabalhadores e as redes de colaboração seriam o principal meio pelo qual o conhecimento se difunde dentro das cidades.

Dessa forma, é possível pensar que a existência desse tipo de ligação, gerada por acordos deliberados, via mercado, faz com que a capacidade de inovação aumente em uma região. 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 de conhecimento, dadas as interações 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.

Nos trabalhos de Miguélez e Moreno (2012, 2013), a discussão sobre redes de colaboração, tanto internas quanto externas à região, é inserida na FPC de Griliches (1979), ou seja, estes autores tratam as redes como insumos para produção de conhecimento, para a Europa. Se, de fato, as ligações, são entendidas como um fluxo de conhecimento especializado, já que as redes são compostas por inventores, elas são um fator que devem influenciar o patenteamento. Contudo, estudos desta natureza não foram aplicados para países em desenvolvimento, a fim de investigar se, assim como para países desenvolvidos, as ligações, representando um fluxo de conhecimento, conseguem impactar a capacidade tecnológica de determinadas regiões.

3. Estratégia Empírica

Esse artigo estende a FPC para incluir duas medidas de redes de colaboração entre inventores brasileiros. A FPC pode ser então expressa por:

$$\begin{aligned} Y_{it} &= Z_{it}\gamma + I_{it}\alpha + C_{it}\beta + E_{it}\rho + e_{it} \\ e_{it} &= \lambda W e_{it} + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

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. Duas medidas

recebem atenção especial neste trabalho, uma mensura a o tamanho relativo das redes de colaboração (LIG_REL), a segunda mede a força das ligações, ou seja, a densidade da rede (LIG_DENS).

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

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) e também uma *proxy* para o capital humano, que captura a proporção dos trabalhadores com ensino superior completo.

$$I = \{P\&D_p; P\&D_u; CH\} \quad (3)$$

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 ESCALA²). 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.

$$C = \{DENS; ESCALA; ESCALA^2; COMP; IND; SERV; ESP; DIV\} \quad (4)$$

O último vetor, E, deve ser incluído apenas se for detectado algum indício de dependência espacial nos dados. Este vetor inclui a variável dependente defasada espacialmente (W_y), bem como a defasagem espacial das variáveis explicativas do vetor I de insumos do conhecimento (W_P&D_p, W_P&D_u e W_CH).

$$E = \{W_y; W_{P\&D_p}; W_{P\&D_u}; W_{CH}\} \quad (5)$$

Desse modo a FPC em um modelo espacial geral deve ser representada por:

$$Y_{it} = c + \gamma_1 LIG_rel_{it} + \gamma_2 LIG_dens_{it} + \alpha_1 P\&D_p_{it} + \alpha_2 P\&D_u_{it} + \alpha_3 CH_{it} + \beta_1 DENS_{it} + \beta_2 ESCALA_{it} + \beta_3 ESCALA_{it}^2 + \beta_4 COMP_{it} + \beta_5 IND_{it} + \beta_6 SERV_{it} + \beta_7 ESP_{it} + \beta_8 DIV_{it} + \rho W_y_{it} + \rho_1 W_{P\&D_p}_{it} + \rho_2 W_{P\&D_u}_{it} + \rho_3 W_{CH}_{it} + e_{it}$$

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

Como os dados estão organizados em um painel, o subscrito t denota a dimensão do tempo para os 12 anos de análise. Enquanto i representa as 558 microrregiões estudadas.

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.

Variável dependente: Patente per capita

Para medir o produto da FPC são considerados depósitos de patentes por 1000 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 *et al.*, 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 (GRILLICHES, 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.

Vetor Z: Ligações Relativas

Para a Europa, Miguélez e Moreno (2012 e 2013) encontram que as redes de pesquisa entre inventores de patente aumentam a capacidade de inovação regional. No entanto a evidência para os Estados Unidos é fraca. Bettencourt *et al.* (2007) e Fleming *et al.* (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. 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.

A variável criada para representar ligações entre os inventores contabiliza o número de ligações de cada inventor por depósito de patente realizado no INPI. Ou seja, o número de outros inventores ligados àquele processo. Essas ligações são contabilizadas por microrregiões, originando o total de ligações de inventores sejam esses da mesma região ou de regiões diferentes.

Duas variáveis foram criadas para representar as redes de colaboração. Na primeira, o valor absoluto das ligações foi normalizado pelo número de inventores da microrregião. Essa variável, chamada ligações relativas, representa a conectividade das ligações entre os inventores. Isso significa 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 segunda medida, de densidade, é calculada seguindo Miguelléz e Moreno (2013), Lobo e Strumsky (2008), Fleming *et al.*(2007), ela leva em conta o número de ligações dividido pelo número de possíveis ligações na região.

$$DENS_{it} = \frac{LIG_{it}}{N_{it}(N_{it}-1)/2} \quad (7)$$

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 nessa localidade 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.

Vetor I: Insumos da Invenção

A realização de P&D tem grande influência dentro da empresa onde é praticado, e também pode afetar o desempenho produtivo de outras firmas. Segundo Hall *et al.* (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, dados de P&D por microrregiões geográficas não estão disponíveis no Brasil. Por isso, utiliza-se como *proxy* da capacidade de realizar P&D industrial os profissionais de ocupações selecionadas que tem maior propensão a contribuir para criação de produtos e processos novos ou aperfeiçoados. Araújo (2009), seguindo Gusso (2006), propõe a criação dessa variável, chamada “pessoal ocupado técnico-científico” – PoTec⁵. De acordo com estes autores existe cerca de 90% de correlação entre os gastos de P&D externos e interno e a PoTec, o que indica que essa variável é uma *proxy* adequada para capacidade de P&D privado.

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. Da mesma forma que para P&D privado, 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 *stritu-sensu* em áreas relevantes para criação e transferência de novas técnicas para o setor produtivo. A variável foi construída a partir de dados da CAPES. O número desses professores foi normalizado pela população de cada microrregião. São considerados, os docentes permanentes e visitantes dos cursos de mestrado e doutorado nas grandes áreas de formação tecnológica, a saber, Engenharias, Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e da Saúde.

Quanto a capital humano, espera-se uma relação positiva entre ele e invenção (Carlino *et al.*, 2007; Usai, 2011), já que a capacidade para criar esta última requer 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. 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

Vetor C: Características urbanas e setoriais da região

As três primeiras variáveis desse vetor pretendem capturar se características urbanas afetam 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 site do IBGE.

No mesmo sentido, a variável de escala pretende capturar os benefícios advindos da reunião de certas características⁶ em uma aglomeração urbana. 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 (AUDRETSCH, 1998). Assim, espera-se um sinal positivo para a

⁵ As ocupações definidas por Araújo (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.

⁶ 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

escala urbana na FPC. Essa variável é construída como a população 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, e serviços básicos como transporte, aumento de problemas sociais como violência e pobreza. Assim, a fim de verificar se a escala urbana e inovação possuem uma relação não linear, o quadrado de escala é calculado. Um sinal negativo e significativo indica que custos de congestionamento é um problema nas grandes cidades.

Quanto às características setoriais, inicia-se como indicador de competição, que mede o grau de competição da microrregião. A variável foi construída seguindo Carlino *et al.* (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 as teorias 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.

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 os 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 destes serviços serem fundamentais para a na fase de comercialização de uma nova ideia técnica, além de capturar as interações relacionadas entre inovação e conhecimento local (FELDMAN e FLORIDA, 1994; ACS *et al.*, 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 poderiam transbordar conhecimento tácito, beneficiando o processo inventivo de toda a região, trabalhos como Koo (2005), Moreno *et al.* (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 legitimam essa teoria (GLASER *et al.*, 1992; FELDMAN e AUDRETSCH, 1999; CARLINO *et al.*, 2001).

Ibrahim *et al.* (2009) realçam que esses tipos de externalidades não são fenômenos mutuamente exclusivos, 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, conhecido como quociente locacional, mede a especialização do setor *i* na região *j* em relação à especialização do setor *i* em todas as regiões. De acordo com Nakamura (2009), a média desse quociente locacional entre todas as indústrias pode ser calculado como:

$$ESP_j = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \frac{S_{ij}}{S_i} \quad (8)$$

Onde:

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^J x_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}} \quad (9) \quad \text{e} \quad S_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^I x_{ij}} \quad (10)$$

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 tem-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.

$$DIV_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^I (S_{ij})^2} \quad (11)$$

Onde S_{ij} é o mesmo de (9) e x_{ij} continua sendo o número de trabalhadores do setor i na região j . O índice Hirschman-Herfindhal (HH) varia de zero a um e quanto mais perto de zero mais diversificada é a região. Dessa forma, espera-se que quanto maior o inverso de HH 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.

Vetor E: Transbordamentos de conhecimento tecnológico e de insumos da invenção

A principal variável contida no vetor E 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. As variáveis explicativas defasadas, as do vetor I, foram selecionadas, pois, o conhecimento gerado dentro de uma região pode, facilmente, transbordar para outra.

Definidas as variáveis, deve-se acrescentar que a estratégia empírica deste trabalho 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), verificar a presença de dependência espacial nos dados longitudinais. Se confirmada, parte-se para a escolha do modelo espacial apropriado, utilizando um procedimento de especificação sugerido por Almeida (2012).

Este procedimento consiste em estimar os diversos modelos espaciais, 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, os critérios de informação de AKAIKE (AIC) e SCHWARZ (SC).

Segundo Anselin (1988), o padrão espacial nos dados pode ser explicado por efeitos de interação endógenos (Wy), exógenos (Wx), e também correlacionados com o erro ($W\varepsilon$), de modo que os modelos testados foram: i) o modelo de Defasagem Espacial ou SAR que considera além das variáveis explicativas propostas, a defasagem espacial da variável dependente; ii) o modelo de Erro Autorregressivo Espacial ou SEM, que é construído levando-se em conta que os termos de erro da regressão não são distribuídos aleatoriamente; iii) 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; iv) Durbin Espacial ou SDM, possui um alcance tanto global, dada a presença da defasagem espacial da variável dependente, quanto local, devido à matriz de defasagem das explicativas

(Wx) e v) o modelo de Durbin Espacial do Erro, ou SDEM, incorpora componentes de transbordamento espacial de alcance local por meio das variáveis explicativas defasadas e também componentes de transbordamentos espaciais globais que afetam o termo de erro.

A matriz de ponderação W , que busca refletir um determinado arranjo espacial resultante do fenômeno a ser estudado, considerada aqui, é selecionada por meio do procedimento de Baumont (2004). O procedimento favoreceu a matriz de k vizinhos mais próximos, com $k=3$.

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 interação. Desse modo, os modelos de painel espacial podem ser estimados por máxima verossimilhança (ELHORST, 2003).

RESULTADOS

O presente artigo utiliza um painel de dados espaciais com o intuito de evitar as consequências de efeitos não observados, que podem causar inconsistência do estimador ao violar a hipótese de exogeneidade. Além disso, mesmo se o erro não for correlacionado com nenhuma variável explicativa, esse método corrige o problema de autocorrelação serial do termo de erro, o que acarretará em estatísticas de testes mais eficientes. Outro benefício da utilização de dados longitudinais é o aumento significativo dos graus de liberdade na estimação.

Outro fator que pode causar inconsistência e/ou ineficiência do estimador é a dependência espacial. De acordo com Anselin e Bera (1998), esta tem origem na interação dos agentes entre as regiões. Muitos trabalhos tanto internacionais quanto nacionais que investigaram a respeito da atividade tecnológica encontram que essa possui um fator espacial que não deve ser desconsiderado (AUDRETSCH e FELDMAN, 1996; VARGA *et al.*, 2005; CARLINO *et al.*, 2007; GONÇALVES, 2007).

Os resultados do I de Moran⁷ para patente per capita pode ser observado na tabela 1. De fato, é encontrada forte presença de dependência espacial, com um padrão de concentração para patentes per capita, em todos os períodos.

Tabela 1: Resultado da estatística *I de Moran* para depósitos de patentes per capita por microrregiões brasileiras, segundo a matriz de pesos espaciais $K=3$.

2000	0,40 (0,00)	2006	0,52 (0,00)
2001	0,37 (0,00)	2007	0,419 (0,00)
2002	0,45 (0,00)	2008	0,49 (0,00)
2003	0,42 (0,00)	2009	0,46 (0,00)
2004	0,46 (0,00)	2010	0,39 (0,00)
2005	0,43 (0,00)	2011	0,41 (0,00)

Nota: p-valor em parênteses.

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

Dado que o estudo se vale de dados longitudinais para responder aos seus objetivos, a dependência espacial precisa ser confirmada para o painel como um todo e não apenas para cortes transversais considerados individualmente. Para tratar o painel de dados foi aplicado inicialmente o teste de Breush-Pagan para comprovar a existência de efeitos não observados. Esse teste, mostrado na tabela 2, rejeita a hipótese nula de que o *pooled* seja o melhor método a ser utilizado. Por sua vez, o teste de Hausman, também apresentado na tabela 2, rejeita a hipótese nula de que efeitos aleatórios seriam mais adequados, de modo que, os resultados para efeitos fixos deveriam ser analisados. No entanto, a dependência espacial

⁷ O *I de Moran* é a estatística de autocorrelação espacial utilizada neste trabalho para mensurar a dependência espacial. Este coeficiente de autocorrelação é baseado em uma medida de autocovariância na forma de produto cruzado (ALMEIDA, 2012)

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 o resultado da terceira coluna da tabela 2 seja revisto por procedimentos que deem conta da dependência espacial. Em outras palavras, os coeficientes das variáveis no modelo de efeitos fixos, apresentados na tabela 2, são viesados, dada a dependência espacial, encontrada pelo teste CD de Pesaran (2004). Dessa forma, eles não devem ser interpretados. A FPC deve utilizar, então, um modelo de painel espacial. Foram testados os modelos mencionados na seção anterior, a saber: SAR, SEM, SAC, SDM e SDEM.

Tabela 2: Condicionantes espaciais do patenteamento per capita das microrregiões brasileiras no período 2000-2011

(Variável dependente: Patentes per capita)			
Variáveis	Pooled - OLS	EA	EF
Ligações Relativas (LIG_REL)	0,09*** (6,78)	0,04*** (4,92)	0,03*** (4,61)
Densidade de Ligações (LIG_DENS)	-0,09*** (7,24)	-0,03*** (4,50)	-0,03*** (4,25)
Capacidade de P&D privado (PDp)	0,06*** (5,14)	-0,01 (0,87)	-0,02** (2,20)
Capacidade de P&D universitário (PDu)	0,17*** (16,63)	0,10*** (6,33)	0,05** (2,34)
Capital Humano (CH)	0,09*** (9,06)	0,02** (2,03)	0,01 (0,55)
Densidade de trabalhadores (DENS)	0,09*** (5,32)	-0,06*** (2,59)	-0,05 (1,55)
Escala (ESC)	0,21*** (7,57)	0,55*** (7,74)	-0,21 (0,59)
Escala ² (ESC ²)	-0,17*** (6,52)	-0,30*** (4,43)	0,41 (1,25)
Competição (COMP)	0,04*** (4,25)	0,01 (1,22)	0,01 (0,38)
Diversificação (DIV)	0,26*** (24,18)	0,01*** (5,53)	-0,06*** (2,96)
Especialização (ESP)	0,01 (0,80)	0,03*** (2,67)	0,03** (2,30)
Grau de industrialização (IND)	0,26*** (23,55)	0,10*** (6,20)	-0,01 (0,65)
Serviço prestado às empresas (SERV)	0,11*** (10,04)	0,05*** (4,33)	0,01 (0,84)
R ²	0,41	-	-
Teste Brush Pagan	17212,21		
p-valor	0,00		
Teste de Hausman	250,09		
p-valor	0,00		
Test CD de Pesaran	15,959		
p-valor	0,00		

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

Nota: n=558, T=12, N=6696. Valor absoluto da estatística t entre parênteses. Significância: *** 0,01; ** 0,05; * 0,10.

Seguindo o procedimento de especificação indicado por Almeida (2012), ao analisar o *I de Moran* dos resíduos dos modelos espaciais e sua significância, foi possível observar que todos os modelos citados acima conseguiram controlar a dependência espacial para todos os períodos. Além disso, na Tabela 3 é possível observar que o sinal e a significância de todas as variáveis se mantiveram inalteradas entre os modelos apresentados, com pequenas variações nos coeficientes estimados. Os critérios de informação apontaram o modelo SEM como o mais parcimonioso. Contudo, dada a relevância que o coeficiente da defasagem espacial na variável dependente apresentou, em todos os modelos no qual foi incluído, bem como sua importância teórica para a construção do modelo, e levando em conta ainda que todos os modelos conseguiram expurgar a dependência espacial mantendo o sinal e a significância do

coeficiente das variáveis, o modelo SAC, que considera ao mesmo tempo a defasagem da variável dependente e o erro autorregressivo espacial foi escolhido⁸.

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.

Para o modelo SAC, na terceira coluna da Tabela 3, todos os coeficientes tiveram sinais esperados e para os vetores de insumos do conhecimento (I) e ligações (Z), além de sinais esperados, apresentaram também alta significância, com todos os coeficientes com p-valor menores do que 0,001. Para o vetor de características urbanas e industriais (C), apenas a variável de Especialização (ESP) não foi significativa.

Tabela 3: Condicionantes espaciais do patenteamento per capita de microrregiões brasileiras no período 2000-2011 segundo diferentes modelos espaciais

(Variável dependente: Patentes per capita)					
Variáveis	SAR	SEM	SAC	SDM	SDEM
Ligações Relativas (LIG_REL)	0,08*** (7,16)	0,08*** (6,10)	0,08*** (7,05)	0,08*** (6,90)	0,07** (6,76)
Densidade de Ligações (LIG_DENS)	-0,08*** (-7,10)	-0,06*** (-6,47)	-0,07*** (-6,62)	-0,08*** (-7,28)	-0,06*** (-6,56)
Proxy para P&D privado (PDp)	0,06*** (5,11)	0,07*** (5,98)	0,07*** (5,95)	0,03** (3,01)	0,05*** (3,95)
Proxy para P&D universitário (PDU)	0,12*** (13,46)	0,17*** (15,16)	0,16*** (14,80)	0,12*** (12,73)	0,16*** (14,58)
Capital Humano (CH)	0,07*** (7,83)	0,08*** (7,96)	0,08*** (7,99)	0,12*** (10,17)	0,13*** (9,91)
Wy (Rho)	0,301*** (37,96)	-	0,06*** (3,90)	0,30*** (37,62)	-
We (Lambda)	-	0,36*** (43,24)	0,31*** (18,57)	-	0,36*** (42,88)
Densidade de trabalhadores (DENS)	0,07*** (4,51)	0,09*** (4,99)	0,09*** (4,96)	0,07*** (4,31)	0,08*** (4,73)
Escala	0,17*** (6,61)	0,21*** (7,10)	0,20*** (7,04)	0,15*** (5,72)	0,19*** (6,36)
Escala ²	-0,14*** (-5,82)	-0,17*** (-6,01)	-0,16*** (-6,03)	-0,12*** (-5,11)	-0,15*** (-5,41)
Competição (COMP)	0,03*** (3,15)	0,03*** (2,77)	0,03** (2,89)	0,02* (2,07)	0,02* (1,93)
Diversificação (DIV)	0,23*** (23,21)	0,28*** (24,73)	0,28*** (24,41)	0,22*** (21,92)	0,27*** (23,26)
Especialização (ESP)	0,01 (0,53)	0,01 (0,74)	0,01 (0,68)	0,01 (0,79)	0,01 (0,90)
Grau de industrialização (IND)	0,19*** (18,73)	0,23*** (20,00)	0,23*** (19,71)	0,19*** (18,69)	0,23*** (19,87)
Serviço prestado às empresas (SERV)	0,08*** (8,02)	0,09*** (8,22)	0,09*** (8,18)	0,07*** (6,88)	0,08*** (7,12)
W_PDp	-	-	-	0,08*** (5,77)	0,09*** (5,67)
W_Pdu	-	-	-	0,01 (0,85)	0,01 (0,63)
W_CH	-	-	-	-0,09*** (-5,84)	-0,09*** (-5,35)
AIC	-0,84	-0,61	-0,68	-0,84	-0,62
SC	-0,82	-0,60	-0,66	-0,83	-0,61

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

Nota: n=558, T=12, N=6696 Valor absoluto da estatística t entre parênteses. Significância:*** 0,01; ** 0,05; * 0,10.

⁸As defasagens das variáveis explicativas não acrescentaram nenhuma informação relevante para o estudo, de modo que não há necessidade de serem interpretadas.

Duas medidas de ligações foram inseridas na FPC das microrregiões brasileiras, uma para representar a conectividade, representada pelas ligações em relação ao número de inventores e outra que controla a densidade das ligações, construída como o número de ligações entre inventores sobre o número de ligações potenciais de uma região, ambas se apresentaram significativas. Quanto à primeira, ligações relativas, encontrou-se um sinal positivo e um coeficiente de 0,08, o que indica que, de fato, quanto maior o número de ligações, mesmo relativas, maior a taxa de invenção regional.

A segunda medida, de densidade das ligações, contudo, apresentou sinal negativo, como na evidência para Europa (MIGUÉLEZ e MORENO, 2013). O resultado sugere que redes muito densas, ou seja, com laços muito fortes, transmitem informações redundantes. Cowan e Jonard (2004) e Fleming *et al.* (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). Contudo, o fato de o número de ligações aumentar a capacidade inventiva implica que as ligações são de fato necessárias e benéficas na transmissão do novo conhecimento.

As variáveis que compõem o vetor de insumos, como a capacidade de realizar P&D universitário e industrial e o capital humano são positivas e significativas. Porém, considerando a magnitude dos coeficientes, P&D universitário (0,16) exerce uma influência duas vezes maior sobre a capacidade inventiva das microrregiões brasileiras do que os outros dois insumos, P&D privada (0,07) e capital humano (0,08). 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. Autores como Jaffe (1989), Varga, (1998) e Anselin *et al.* (2000) encontraram resultados semelhantes.

Mesmo com coeficientes menores, a capacidade de realizar P&D privado e capital humano apresentaram sinais e significância de acordo com a literatura internacional (Griliches, 1979; Pakes e Griliches, 1984; Jaffe, 1989; Anselin *et al.*, 1997; Rodríguez-Pose e Crescenzi, 2006; Usai, 2011; Carlino *et al.*, 2007). Para o Brasil, o resultado também condiz com resultados anteriores de Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011) e Araújo (2013).

A defasagem da patente per capita foi significativa 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). O coeficiente do erro também significativo pode indicar que o padrão espacial manifestado no termo de erro pode ser causado por efeitos não modelados que não estão distribuídos aleatoriamente no espaço.

As variáveis do vetor C que buscam relacionar o ambiente urbano à capacidade de inovação são importantes determinantes da atividade tecnológica, medido por patentes per capita. A influência exercida pela densidade do emprego é um bem menor do que a de escala urbana (0,08 e 0,20, respectivamente). No entanto, o fato de as duas possuírem sinais positivos e serem altamente significativas confirma a hipótese de que regiões maiores propagam com mais facilidade externalidades, dada a maior facilidade com que ambientes urbanos promovem interações interpessoais e cria maiores oportunidades para os fluxos de informação. No entanto, deseconomias de aglomeração parecem atuar a partir de determinando tamanho da região, pois o coeficiente ESC^2 é negativo e significativo

Quanto às variáveis do vetor C, que buscam mensurar características setoriais, notam-se sinais previstos pela teoria (Tabela 3). 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 não conseguem explicar o aumento da capacidade inventiva das microrregiões brasileiras, de modo que, o quociente locacional é a única variável do modelo a não apresentar significância. Em contrapartida o índice de diversificação não apenas é significativo, como

apresenta um dos maiores coeficientes da FPC (aproximadamente 0,28). 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 *et al.* (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 intra e inter-regional, aumentando então a capacidade de inovação na região.

4. CONCLUSÃO

Este artigo pretendeu reestimar a Função de Produção do Conhecimento brasileira, utilizando 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, fontes de viés nessas estimativas e que frequentemente são negligenciadas pelos estudos empíricos. Dessa maneira, um painel espacial foi estruturado para que se estudasse 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 *et al.* (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.

Os insumos P&D privado, P&D universitário e qualificação dos trabalhadores também são importantes para o desenvolvimento de novas tecnologias. Nesse sentido, é fundamental que os tomadores de decisão consigam entender a importância de uma mão de obra bem qualificada e preparada para o mercado da inovação.

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 no período 2000-2011, indicando que as firmas de uma microrregião podem se beneficiar, das invenções realizadas em microrregiões vizinhas.

Referências

- 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.
- ALMEIDA, E. *Econometria Espacial Aplicada*. Editora: Alinea. 498 p., 2012.
- 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. **Spatial econometrics: methods and models**. Dordrecht: Studies in Operational Regional Science, Kluwer Academic, Boston, 307p., 1988
- 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. E 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.; FELDMAN, M. P. R&D spillovers and the geography of innovation and production. **American Economic Review**, v. 86, n. 3, p. 630- 640, 1996.
- 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.
- BRESCHI S. e 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
- CARLINO G., CHATTERJEE S. e HUNT R. Knowledge Spillovers and the New Economy of Cities. **Federal Reserve Bank of Philadelphia**, Philadelphia, 2001 Working Paper No. 01-14
- CARLINO, G.; 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.; CHATTERJEE, S.; HUNT,R. Knowledge spillovers and the new economy of cities. **Federal Reserve Bank of Philadelphia**, 2001. (Working Paper, n. 01-14)
- 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.
- CICCONI, A.; HALL, R.E., Productivity and the density of economic activity. **American Economic Review**, v. 86, n. 1, p. 54–70, 1996.
- COHEN, W.; LEVINTHAL, A., Absorptive Capacity a new perspective in Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, v 35, n. 1, p. 128-152, 1990.
- COMBES, P.-P. Economic structure and local growth: France, 1984-1993. **Journal of Urban Economics**, v. 47, p. 329–355, 2000.

- 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.
- DE HOYOS, Rafael E.; SARAFIDIS, Vasilis. Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. **Stata Journal**, v. 6, n. 4, p. 482, 2006.
- ELHORST J.P. 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., 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., **The geography of innovation**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- 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.
- FELDMAN, M.P. The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: a review on empirical studies, *Economics of Innovation and Technology* 8, pp. 5-25, 1999.
- FLEMING, L.; KING, C.; JUDA, A. I., Small worlds and regional innovation. **Organization Science**, v. 18, n. 6, p.938-954, 2007.
- 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.
- GLAESER, E.L.; KALLAL, H.; SCHEINKMAN, J.; SHLEIFER, A., Growth in cities. **Journal of Political Economy**, v. 100, p. 1126–1153, 1992.
- GONÇALVES, E., A distribuição 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.
- GRANOVETTER M.S. The strength of weak ties. *American journal of sociology* v.78, p.1360–1380(1973)
- GRILICHES, Z. The Search for R&D Spillovers, **National Bureau of Economic Research**, 1991, Working Paper No. 3768
- GRILICHES, Z., Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. **Bell Journal of Economics**, v.10, p. 92-116, 1979.
- GUSSO, D. Agentes da inovação: quem os forma, quem os emprega. Tecnologia, exportação e emprego. **Brasília: Ipea**, p.397-444, 2006
- HALL, B. H.; MAIRESSE, J.; MOHNEN, 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.
- HENDERSON, J. V., Understanding knowledge spillovers. **Regional Science and Urban Economics**, v.37, n. 4, p. 497-508, 2007.
- 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.
- KATZ, J. S.; MARTIN, B. R., What is research collaboration? **Research policy**, v. 26, no. 1, p.1-18, 1997.
- 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.

- 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.
- LUCAS, R. E. On the mechanics of economic development. **Econometric Society Monographs**, v. 29, p. 61-70, 1998.
- 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. Research networks and inventors' mobility as drivers of innovation: evidence from Europe. **Regional Studies**, v. 47, n. 10, p. 1668- 1685, 2013.
- MIGUÉLEZ, E; MORENO, R. 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. Spatial spillovers and innovation activity in European regions. **Environment and Planning** , v. 37, p. 1793–1812, 2005.
- 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., E 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.
- 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
- PAKES, A.; GRILICHES, Z. Patents and R&D at the Firm Level: A First Look, In:
- PANNE, G. V. D. Agglomeration externalities: Marshall versus Jacobs. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 14, p. 593–604, 2004.
- 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
- 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)**, Papers 5, 2006.
- ROMER, P. Increasing returns an long-run growth. **Journal of Political Economy**, v. 94, p. 1002-1037, 1986.
- SIMMIE J. Innovation and agglomeration theory, in SIMMIE J. (Ed.) **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, p. 756–770, 2005
- USAI, S. The Geography of Inventive Activity in OECD. **Regions. Regional Studies**. v. 45, no 6, 2011.
- VARGA A., ANSELIN L. e ACS Z. Regional innovation in the US over space and time, in MAIER G. e SEDLACEK S. (Eds) **Spillovers and Innovation: Space, Environment and the Economy**, Springer, Vienna, p. 93–104, 2005
- VARGA, A. **University research and regional innovation: a spatial econometric analysis of academic technology transfers**. New York: Springer Science & Business Media. v. 13, 1998, 152 p.
- 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