

Canais de difusão do conhecimento: efeito da mobilidade e da colaboração inter-regional de inventores sobre a inovação regional¹

Cirlene Maria de Matos²
Eduardo Gonçalves³
Ricardo Freguglia⁴

Resumo:

Este artigo teve por objetivo investigar o papel da mobilidade de inventores entre regiões e da colaboração inter-regional para inovar sobre a difusão do conhecimento e a inovação regional no Brasil. A estratégia empírica se baseou na estimação de uma função de produção do conhecimento regional modificada para incluir variáveis do conhecimento defasadas por matrizes cujos pesos refletem as interações regionais bilaterais de conhecimento. Estas matrizes foram construídas a partir da estimação de modelos gravitacionais para explicar a mobilidade e a colaboração de inventores entre regiões. Os resultados mostraram que a distância geográfica afeta negativamente os fluxos de migração de inventores entre as regiões brasileiras e as colaborações bilaterais para inovar. Os resultados da função de produção do conhecimento mostram que a mobilidade inter-regional dos inventores e as colaborações inter-regionais para inovar geram externalidades do conhecimento que fluem entre as regiões. Isso implica que a interpretação da defasagem espacial como transbordamento puro do conhecimento é equivocada, pois ela pode incluir tanto externalidades puras do conhecimento quanto pecuniárias.

Palavras chave: mobilidade de inventores; colaborações para inovar; modelos gravitacionais; difusão do conhecimento; inovação regional.

Abstract:

This article aimed to investigate the role of inventor mobility and interregional collaboration to innovate on the diffusion of knowledge and regional innovation in Brazil. The empirical strategy was based on the estimation of a regional knowledge production function modified to include knowledge variables lagged by matrices whose weights reflect the bilateral regional knowledge interactions. These matrices were constructed from the estimation of gravitational models to explain the mobility and the collaboration of inventors between regions. The results showed that the geographic distance negatively affects the migration flows of inventors and the bilateral collaborations to innovate between the Brazilian regions. The results of the knowledge production function show that the interregional mobility of inventors and interregional collaborations to innovate generate knowledge externalities that flow between regions. This implies that the interpretation of the spatial lag as a pure knowledge spillover is mistaken because it can include both: pure knowledge spillover and pecuniary externalities.

Keywords: inventors mobility; collaboration to innovate; gravitational models; knowledge diffusion; regional innovation.

Área 10 - Economia Regional e Urbana

Classificação JEL: O33, O31, O15

¹ Os autores agradecem o apoio da FAPEMIG, CNPq e CAPES.

² Doutoranda em Economia pelo PPGE/FE-UFJF e professora adjunta do ICSA/UNIFAL-MG

³ Professor da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e do PPGE, pesquisador do CNPq.

⁴ Professor da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e do PPGE, pesquisador do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A inovação regional, essencial para o crescimento econômico local sustentado, depende do esforço local para a criação dos insumos do conhecimento, tais como P&D (pesquisa e desenvolvimento) e capital humano. Mas o conhecimento gerado por estes insumos também pode ser utilizado por terceiros, possibilitando o avanço adicional do conhecimento (Romer, 1990). Assim, a inovação regional é influenciada não apenas pelos insumos locais de conhecimento, mas também pelo acesso ao estoque externo de conhecimento, ou seja, ao conhecimento gerado em outras regiões.

Mas, apesar da importância da difusão do conhecimento ser largamente aceita na literatura, ainda não há clareza sobre os canais pelos quais o conhecimento flui e sua importância relativa na propagação do conhecimento e na inovação regional. A abordagem da função de produção do conhecimento regional é a mais utilizada para investigar o processo de produção do conhecimento e sua localização espacial. Entretanto, a função de produção do conhecimento regional é uma caixa preta que não diz nada sobre a forma como o conhecimento é de fato transmitido entre os agentes (Breschi, 2011).

Esta abordagem assume implicitamente que a geografia é uma plataforma suficiente para a difusão espacial do conhecimento. A utilização de matrizes de pesos espaciais baseadas na distância ou na contiguidade para estimar o efeito do conhecimento das regiões vizinhas sobre a inovação local pressupõe que basta haver proximidade espacial para que o conhecimento flua de uma região para outra. Entretanto, estar próximo geograficamente não implica que o conhecimento gerado na região vizinha estará automaticamente disponível para uso na inovação local. O conhecimento, principalmente o conhecimento tácito, não viaja pelo ar. É necessário que ocorram interações relacionadas ao conhecimento para que seu fluxo entre as regiões se concretize.

A mobilidade inter-regional de capital humano e as colaborações em pesquisa voltadas para inovação permitem a interação entre os agentes do conhecimento, e constituem canais relevantes de difusão do conhecimento. Esta difusão é essencial para fomentar o desenvolvimento de inovações e, conseqüentemente, o crescimento econômico regional. Os inventores são os agentes diretamente envolvidos no processo de invenção e inovação, sendo os repositórios e os veículos do conhecimento tácito relevante para este processo.

Existe consenso na literatura de que os fluxos de conhecimento são espacialmente limitados. Neste artigo acredita-se que a redução dos transbordamentos regionais de conhecimento com o aumento da distância esteja diretamente relacionada ao papel que a distância exerce sobre a mobilidade inter-regional dos inventores e suas ligações profissionais. As interações de conhecimento viabilizadas por estes fenômenos constituem meios específicos pelos quais o conhecimento pode passar de um local para outro. Em contraposição às matrizes de pesos espaciais, a mobilidade inter-regional de inventores e a colaboração para inovar representam interações explícitas que possibilitam a difusão do conhecimento.

Desta forma, matrizes de pesos, cujos elementos reflitam estas interações de conhecimento, podem contribuir para compreender a importância destas interações para o acesso ao conhecimento externo e para a inovação regional. Miguélez e Moreno (2013a) estimaram a função de produção do conhecimento regional para a Europa utilizando matrizes de pesos baseadas na mobilidade inter-regional de inventores e nas colaborações inter-regionais para inovar. Estas matrizes foram estimadas a partir da mobilidade e da colaboração entre pares de regiões, de forma que suas células representam interações bilaterais de conhecimento. Estas matrizes foram empregadas para ponderar o estoque externo de conhecimento representado pelo P&D das demais regiões.

O objetivo deste artigo é investigar o papel da mobilidade e da colaboração inter-regional dos inventores brasileiros sobre a difusão do conhecimento técnico entre as microrregiões e o impacto resultante sobre a inovação regional. Para isto, propõe-se uma abordagem em duas etapas, similar ao procedimento adotado por Miguélez e Moreno (2013a) para investigar o efeito da difusão do conhecimento sobre a inovação regional.

Na primeira etapa serão investigados os determinantes da mobilidade e das colaborações inter-regionais dos inventores brasileiros para inovar. Por meio da estimação de modelos gravitacionais para a migração e para o copatenteamento, serão construídas duas matrizes de interações regionais bilaterais

visando captar as interações de conhecimento concretizadas pela mobilidade e pelas colaborações inter-regionais, respectivamente.

Posteriormente será estimada uma função de produção do conhecimento regional, transformada para incluir as matrizes de interação obtidas na etapa anterior. Isto permitirá compreender a importância da mobilidade e das colaborações inter-regionais dos inventores como formas de acessar o estoque de conhecimento externo à região e seu reflexo sobre a inovação regional. Comparando o efeito destes canais de difusão do conhecimento com a difusão verificada por meio da defasagem espacial, pode-se inferir sua importância relativa diante de outras formas de difusão do conhecimento captadas pela defasagem espacial.

Vários trabalhos empíricos verificaram a existência de transbordamentos do conhecimento entre as microrregiões brasileiras e a localização espacial destes transbordamentos. Entretanto, até onde se sabe, não existem ainda para o Brasil estudos que mostrem a importância relativa da mobilidade e do copatenteamento inter-regional na difusão espacial do conhecimento e, conseqüentemente, sobre a intensidade inovativa regional.

Outra contribuição do artigo é a construção das matrizes de pesos que reflitam as interações de conhecimento entre as regiões. A difusão do conhecimento não é automática, não basta estar lá, é necessário haver canais ativos pelos quais ele possa transitar. A utilização das matrizes de interações do conhecimento, estimadas a partir da mobilidade e da coinvenção, no âmbito da função de produção do conhecimento permite considerar explicitamente estes canais.

Este artigo está organizado em 6 (seis) seções além desta introdução e da conclusão. A segunda seção aborda o papel da mobilidade e da colaboração dos inventores entre regiões sobre os fluxos de conhecimento. A seção 3 (três) explica a derivação da função de produção do conhecimento regional e dos modelos gravitacionais de mobilidade e de colaboração. A seção 4 (quatro) apresenta algumas análises descritivas dos dados e a 5 (cinco) explica a abordagem econométrica. A seção 6 (seis) explica a construção das variáveis e a 7 (sete) discute os resultados. A última seção traz as conclusões.

2. FLUXOS LOCALIZADOS DO CONHECIMENTO: o papel da mobilidade inter-regional e das colaborações entre inventores

Por estabelecer uma relação entre os insumos e o produto do conhecimento, a função de produção do conhecimento⁵ tem sido amplamente utilizada nas investigações empíricas sobre o processo de inovação regional:

$$Y_r = \alpha(P\&D)_r^\beta \cdot (KH)_r^\gamma \cdot \varepsilon_r \quad (1)$$

Onde Y_r representa as inovações da região r , $P\&D$ é o gasto regional com pesquisa e desenvolvimento e KH é o capital humano local. A importância da geração de conhecimento e das inovações para o crescimento econômico é reconhecida nos modelos de crescimento endógeno. Embora não enfatize sua dimensão espacial, a difusão do conhecimento nestes modelos pressupõe que existem externalidades e transbordamentos de capital humano e tecnologia entre setores, indústrias e países (Nagaoka *et al*, 2010). As externalidades do conhecimento geram retornos crescentes de escala em nível da unidade espacial que explicam a divergência crescente entre países e regiões (Krugman, 1991; Romer, 1986, 1990; Lucas, 1988).

Dado que o conhecimento tácito é difícil de ser codificado (Polanyi, 1987), as interações face a face são essenciais para sua transmissão, implicando na importância da proximidade geográfica para facilitar sua transferência (Marshall, 1890; Feldman e Kogler, 2010). A difusão do conhecimento tácito está no cerne das discussões sobre a limitação espacial do conhecimento. Mas ainda existem muitas lacunas na literatura sobre os canais em que este conhecimento flui.

Para ampliar a compreensão do fenômeno de difusão do conhecimento entre as regiões deve-se identificar os canais mais importantes pelos quais o conhecimento é transmitido. Isto requer entrar na

⁵ A função de produção do conhecimento foi desenvolvida originalmente por Griliches (1979) para estudos em nível da firma e foi expandida para aplicações regionais por Jaffe (1989).

caixa preta da função de produção do conhecimento regional e distinguir os mecanismos específicos através dos quais o conhecimento viaja (Breschi, 2011).

As externalidades do conhecimento viabilizadas pela mobilidade dos detentores do conhecimento incorporado, tais como os inventores, e pelas relações formais de colaboração em pesquisa são pecuniárias (*rent spillovers*), uma vez que são mediadas pelo mercado. As externalidades puras (*spillovers* puros) são os transbordamentos que surgem puramente do processo de P&D (Griliches, 1979). Tradicionalmente, os trabalhos empíricos que utilizam a abordagem da função de produção do conhecimento regional tratam toda a externalidade do conhecimento como sendo externalidade pura. Esta interpretação negligencia a importância das externalidades pecuniárias no processo de criação e difusão do conhecimento. Além disto, a função de produção do conhecimento ignora os mecanismos pelos quais o conhecimento é de fato transmitido entre os agentes da inovação e entre as regiões.

Breschi e Lissoni (2009) observaram que mecanismos baseados no mercado, tais como a mobilidade no mercado de trabalho, possuem papel relevante na difusão do conhecimento e, conseqüentemente, sobre as inovações e o crescimento regional. Uma vez reconhecida a relevância das externalidades pecuniárias neste processo, e de sua localização espacial, abre-se um questionamento sobre a visão dos transbordamentos puros como sendo os grandes responsáveis pela localização do conhecimento, e indica-se a necessidade de se investigar mais a fundo os mecanismos específicos através dos quais o conhecimento se difunde no espaço.

A despeito da reconhecida importância dos fluxos de conhecimento para a inovação tecnológica e, conseqüentemente, para o crescimento e o desenvolvimento econômico locais, o conceito de transbordamentos localizados do conhecimento é uma caixa preta, cujo conteúdo permanece ambíguo (Breschi e Lissoni, 2001). O entendimento dos mecanismos específicos através dos quais o conhecimento flui de uma região para outra ainda é limitado (Miguélez *et al.*, 2010).

É consenso na literatura que o conhecimento é localizado e que seus transbordamentos diminuem com o aumento da distância geográfica (Audretsch e Feldman, 1996; Jaffe, 1989). O decaimento dos transbordamentos com o aumento da distância tem sido confirmado por vários trabalhos empíricos (Greunz, 2003; Bottazi e Peri, 2003; Moreno *et al.*, 2005; Breschi e Lissoni, 2009). As externalidades pecuniárias do conhecimento tácito também são espacialmente localizadas, pois sua transmissão também demanda interações pessoais frequentes, o que requer maior proximidade espacial. Além disto, o contato face a face reduz o risco associado ao comportamento oportunista, facilita o monitoramento e contribui para desenvolver confiança entre os parceiros.

A geografia também é relevante nos fluxos de conhecimento mediados pelo mercado, tais como os decorrentes da mobilidade e das relações formais de colaboração em pesquisa. No primeiro caso porque os trabalhadores intensivos em conhecimento tendem a migrar dentro do mesmo espaço geográfico (Almeida e Kogut, 1999; Breschi e Lissoni, 2005; 2009; Miguélez *et al.*, 2010). No segundo caso porque as transações econômicas com ativos do conhecimento requerem interações frequentes e construção de confiança, sendo, portanto, mais efetivas se os agentes estão localizados no mesmo espaço geográfico (Breschi e Lissoni, 2009).

A mobilidade e a formação de redes de colaboração em pesquisa entre inventores de diferentes regiões são mecanismos essenciais para ampliar o alcance espacial da difusão do conhecimento, potencializando a inovação e o crescimento regional. A inovação tecnológica regional pode ser influenciada pela inovação tecnológica das regiões vizinhas através destes mecanismos de interações inter-regionais, gerando concentração espacial da atividade inovativa.

A acumulação de capital humano e de indivíduos habilidosos é importante para o crescimento e o desenvolvimento regional. Os locais que recebem estes talentos podem se beneficiar do conhecimento incorporado nestes indivíduos e de suas externalidades positivas, o que contribui para aumentar a produtividade de outras firmas e indivíduos, incentivando o crescimento regional de longo prazo (Lucas, 1988). Embora a migração de capital humano seja reconhecida como um importante mecanismo de transferência de conhecimento entre regiões, no contexto das pesquisas sobre inovações ainda se sabe pouco sobre a força deste mecanismo de transferência do conhecimento (Faggian e McCann, 2009).

Várias pesquisas sobre mobilidade e colaboração formal entre inventores mostraram que os fluxos de conhecimento são localizados espacialmente porque a mobilidade e a formação de redes entre os agentes

do conhecimento tendem a ser limitados geograficamente (Almeida e Kogut, 1999; Breschi e Lissoni, 2005 e 2009; Faggian e McCann, 2009; Miguélez *et al.*, 2010). Nesse sentido, a mobilidade inter-regional é uma fonte de redução desta localização, pois amplia a escala espacial da difusão do conhecimento. As colaborações a longa distância são canais importantes de criação e difusão do conhecimento, mas isto não significa que a distância espacial não importe. Dado que o conhecimento tende a viajar com as pessoas que o dominam (Breschi e Lissoni, 2001), a mobilidade destes indivíduos leva à circulação do conhecimento entre as regiões.

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A investigação do papel da mobilidade dos inventores e das colaborações inter-regionais para a difusão do conhecimento e a inovação regional no Brasil será baseada no arcabouço da função de produção do conhecimento regional. Para isso, serão construídas e utilizadas matrizes de ponderação que refletem interações reais de conhecimento. Estas matrizes serão estimadas a partir da mobilidade e do copatenteamento inter-regional de inventores. Desta forma será possível distinguir o papel destes mecanismos na difusão espacial do conhecimento, contribuindo para compreender melhor as formas pelas quais o conhecimento viaja entre as regiões brasileiras.

3.1. Função de produção do conhecimento regional

Assume-se que a inovação regional em cada período, Y_{rt} , é descrita pela função de produção do conhecimento regional:

$$Y_{rt} = e^C A_{rt} K_{rt}^\beta L_{rt}^\alpha \quad 0 < \alpha < 1, \quad 0 < \beta < 1, \quad \alpha + \beta = 1 \quad (2)$$

Onde K_{rt} é o gasto regional com P&D, L_{rt} é a mão de obra qualificada da região r , e e^C é o termo constante que capta o impacto de todos os fatores comuns que afetam a inovação de todas as regiões. Dada a diferença populacional entre as regiões, a função é pré-multiplicada por $1/N$, onde N é a população total de cada região:

$$y_{rt} = e^C A_{rt} k_{rt}^\beta l_{rt}^\alpha \quad (3)$$

Onde $y_{rt} = Y/N$, $k_{rt} = K/N$, e $l_{rt} = L/N$. Desta forma, a intensidade inovativa das regiões depende do gasto per capita com P&D e da participação da mão de obra qualificada na população regional.

Assume-se que o índice regional de produtividade do P&D (A_{rt}) depende das interações inter-regionais, através de redes de coinvenção e mobilidade dos inventores entre as regiões, permitindo às firmas da região r acessar o estoque externo de conhecimento (SK)⁶, bem como de algumas vantagens locais gerais da região r , representadas pelo efeito fixo regional, e^{δ_r} .

Seja SK o estoque de conhecimento acumulado em todas as regiões, exceto a região r , e acessível a todas as firmas da região r no tempo t . Se o conhecimento gerado em uma região fosse perfeitamente difundido às demais, o estoque externo de conhecimento acessível à região r seria a soma do estoque de conhecimento de todas as outras regiões, $SK_{rt} = \sum_{j \neq i}^I SK_{jt}$. Entretanto, como a difusão do

conhecimento não é perfeita, o conhecimento externo acessível à região r é dado por $SK_{rt} = \sum_{j \neq i}^I \phi_{rj} SK_{jt}$ onde $\phi_{rj} \in [0,1]$ é o percentual do conhecimento gerado na região j que é acessível à região r (Peri, 2005). O conhecimento flui por meio de vários canais, alguns baseados em trocas de mercado e outros fora dele. Nosso interesse é na parte do estoque de conhecimento gerado na região j que é acessível à região r através dos canais específicos constituídos pela mobilidade dos inventores e por suas colaborações para inovar. A magnitude do estoque externo de conhecimento acessível à região r através destes mecanismos dependerá da intensidade das interações entre r e j no tempo t , ou seja:

$$SK_{rt} = \left(\prod_{j \neq i}^I SK_{jt}^{\rho^m \omega_{rj,t}^m} \right) \left(\prod_{j \neq i}^I SK_{jt}^{\rho^c \omega_{rj,t}^c} \right) \quad (4)$$

⁶ Sabe-se que este índice depende também da mobilidade local entre firmas e das redes internas à região, mas estes fatores não serão abordados neste artigo.

Onde:

SK_{rt} é o estoque de conhecimento externo acessível a todas as firmas da região r no tempo t ;
 ρ^m é a elasticidade da inovação regional em relação ao potencial da mobilidade para difundir o estoque de conhecimento entre as regiões;

$\omega_{rj,t}^m$ é o peso bilateral que mensura a intensidade das interações entre as regiões r e j por meio da mobilidade espacial dos inventores;

ρ^c é a elasticidade da inovação regional em relação ao potencial das colaborações em pesquisa para difundir o estoque de conhecimento entre as regiões;

$\omega_{rj,t}^c$ é o peso bilateral que mensura a intensidade das interações entre as regiões r e j por meio das relações geográficas de colaboração.

Fazendo a transformação logarítmica de (3) e substituindo (A_{rt}) pela transformação logarítmica de (4) tem-se a função de produção do conhecimento regional modificada:

$$\ln y_{rt} = c + \beta \ln k_{rt} + \alpha \ln l_{rt} + \rho^m \sum_{j \neq r} \omega_{rj,t}^m \ln SK_{jt} + \rho^c \sum_{j \neq r} \omega_{rj,t}^c \ln SK_{jt} + \delta_r + \varepsilon_{rt} \quad (5)$$

Para estimar a equação (5) é necessário antes mensurar a intensidade das interações regionais bilaterais que ocorrem sob a forma de mobilidade de inventores, $\omega_{rj,t}^m$, e de colaborações tecnológicas, $\omega_{rj,t}^c$, para se obter o estoque acessível de conhecimento externo.

Portanto, a investigação empírica será feita em dois estágios: i) no primeiro a magnitude das interações regionais será estimada para cada par de regiões usando dados de mobilidade e de co-invenção entre as regiões; nesta etapa serão construídas as matrizes de pesos $\omega_{rj,t}^m$ e $\omega_{rj,t}^c$ que refletem interações regionais de conhecimento; ii) no segundo estágio as matrizes de pesos construídas a partir dos valores ajustados das estimações da primeira etapa serão usadas para inferir o impacto do conhecimento externo sobre a inovação regional através dos parâmetros ρ^m e ρ^c (equação 5).

3.2. Interações de conhecimento por meio da mobilidade de inventores

O modelo gravitacional de migração se baseia em um modelo de maximização de utilidade. Consideramos um modelo linear onde a utilidade do inventor em trabalhar e morar na região r possui uma parte determinística comum a todos os inventores, u , e um componente estocástico específico a cada indivíduo, ε_i^k . Especificamente, a utilidade do inventor k em trabalhar na região r pode ser expressa como:

$$U_r^k = u(E_r) + \varepsilon_r^k \quad (6)$$

Onde E_r é um vetor de variáveis econômicas e de amenidades da região r e o componente determinístico $u(E_r)$ é uma função deste vetor, afetando as k utilidades desta região, e que é comum a todos os inventores.

O indivíduo k migrará do local r para o j se a utilidade esperada de morar e trabalhar em j for maior que a utilidade esperada de r , menos os custos de realocação, os quais dependem das distâncias geográfica, administrativa e cognitiva, D_{rj} :

$$E(U_j^k) > E(U_r^k) + C(D_{rj}) \quad (7)$$

Se a condição (7) for satisfeita, a variável migração entre r e j (M_{rj}^k) será igual a 1, se ela não for satisfeita a variável migração entre r e j (M_{rj}^k) será igual a 0. Portanto, a migração de r para j implica que não há outra mudança alternativa que resulte em maior aumento da utilidade esperada⁷. Agregando as migrações individuais por região e usando uma forma geral de modelo gravitacional, tem-se:

$$M_{rj} = f(E_r, E_j, D_{rj}) \quad (8)$$

Onde D_{rj} é um conjunto de variáveis bilaterais que podem criar resistência ao fluxo de inventores entre as regiões r e j . Especificamente:

$$D_{rj} = G_{rj}^\phi e^{\psi_{rj}} T_{rj}^\tau e^{\gamma_{rj}} \quad (9)$$

⁷ Uma suposição importante do modelo de maximização de utilidade é que a atratividade do destino não é afetada pela migração. Por exemplo, se um destino particular é atrativo devido à seu baixo nível de desemprego em relação à região de origem, grandes influxos de imigrantes poderiam aumentar o desemprego no destino e reduzi-lo na origem. Os modelos gravitacionais não capturam estes efeitos dinâmicos (Ramos, 2016).

Onde G_{rj} é a distância euclidiana entre os centroides das regiões r e j . Espera-se que esta distância afete negativamente a mobilidade bilateral de inventores. A informação sobre o destino torna-se mais imperfeita à medida que a distância aumenta (Miguélez e Moreno, 2013a), o que eleva o custo com a coleta de informações e a incerteza da tomada de decisão. Além disto, o custo de transporte tende a ser maior e os encontros com familiares e antigos colegas tendem a ser mais esparsos com o aumento da distância. Estes efeitos tendem a ser amenizados no caso de regiões contíguas, então, seguindo Miguélez e Moreno (2013a) será adicionada uma *dummy* para regiões com fronteira comum, $e^{\psi_{rj}}$. A proximidade tecnológica, T_{rj} , será incluída como *proxy* do quanto a similaridade cognitiva tende a afetar positivamente a mobilidade entre comunidades epistêmicas fisicamente distantes. Finalmente, para controlar efeitos institucionais, históricos e culturais sobre a de mobilidade dos inventores será introduzida uma *dummy* indicando se duas regiões pertencem ou não à mesma unidade da federação, $e^{\gamma_{rj}}$.

A proximidade tecnológica é uma *proxy* para similaridade cognitiva. Uma maior proximidade tecnológica implica maior similaridade entre os conhecimentos das regiões r e j . Espera-se que a proximidade tecnológica afete positivamente tanto a mobilidade quanto a coinvenção entre as regiões r e j . Possuir um conhecimento relacionado à base de conhecimento da região de destino permite ao inventor móvel maiores possibilidades de atuação no novo local. Da mesma forma, possuir conhecimento relacionado e/ou complementar à base de conhecimento dos inventores da região j , permite ao inventor da região r maiores possibilidades de parceria para realização de coinvenções com os inventores da região j .

A abordagem tradicional do modelo gravitacional possui um viés de variável omitida, desconsiderando variáveis relevantes na explicação do fenômeno analisado. Anderson e van Wincoop (2003) argumentam que a equação tradicional é mal especificada, pois ignora os termos de resistência multilateral. No caso da migração, a resistência multilateral associa-se à influência de outras regiões na determinação do fluxo migratório entre duas regiões específicas. Desconsiderar a influência de destinos alternativos potenciais pode enviesar os resultados da análise (Ramos, 2016). O mesmo raciocínio é válido para a resistência multilateral na colaboração em pesquisa. Ignorar regiões parceiras potenciais pode enviesar os resultados. Os termos de resistência multilateral controlam os custos de transação de uma região em relação a todas as demais regiões com as quais possui algum fluxo. Anderson e van Wincoop (2003) sugerem aumentar a equação gravitacional tradicional com efeitos fixos da origem e do destino para controlar a resistência multilateral. Os termos de resistência multilateral captam o efeito de variáveis não observáveis, de forma que a inclusão de efeitos fixos mitiga o viés decorrente da omissão de variáveis (Ramos, 2016). Em uma abordagem *cross-section* isto implica incluir *dummies* para a região de origem e para a região de destino (Burger, 2009).

Seguindo as orientações de Anderson e van Wincoop (2003) e as aplicações empíricas dos modelos gravitacionais (citar vários trabalhos) o conjunto de variáveis de atração e repulsão específicas a cada região e que influenciam a mobilidade inter-regional, E_r e E_j , serão captadas pelos efeitos fixos da origem e do destino, e^{δ_r} e e^{λ_j} . A inclusão de efeitos fixos da origem e do destino em modelos gravitacionais é consistente com a preocupação teórica em relação à correta especificação destes modelos, gerando estimativas mais consistentes (Anderson e van Wincoop, 2003). Introduzindo efeitos fixos da origem e do destino na equação (9) tem-se o modelo gravitacional básico para a mobilidade de inventores:

$$M_{rj} = e^{\beta_0} G_{rj}^{\phi} e^{\psi_{rj}} T_{rj}^{\tau} e^{\gamma_{rj}} \prod_{r=1}^I e^{\delta_r} \prod_{j=1}^J e^{\lambda_j} \varepsilon_{rj} \quad (10)$$

Onde e^{β_0} é um termo constante capturando o impacto de todos os fatores comuns que afetam a mobilidade entre todas as regiões da amostra e ε_{rj} é o termo de erro bem comportado.

3.3. Interações de conhecimento por meio das coinvenções

Os *payoffs* da coinvenção entre os indivíduos k e h podem ser descritos por:

$$\pi^{kh} = f(X^k, X^h) + \varepsilon^{kh} \quad (11)$$

Onde X^k e X^h são as características observáveis de k e h , e ε^{kh} é o termo de erro estocástico específico ao par k e h . Para cada par de inventores, k e h , haverá colaboração se, e somente se, seus *payoffs* forem maiores os custos, $C(D^{kh})$, ou seja:

$$\pi^{kh} > C(D^{kh}) \quad (12)$$

Se a condição (12) é satisfeita, a variável colaborações entre os indivíduos k e h das regiões r e j , respectivamente, (N_{rj}^{kh}) , será igual a 1. Se esta condição não for satisfeita, a variável colaborações assume valor igual a 0. Agregando todas as decisões individuais por pares de regiões tem-se a especificação do modelo gravitacional de colaboração inter-regional:

$$N_{rj} = f(X_r, X_j, D_{rj}) \quad (13)$$

Onde N_{rj} é a soma das escolhas individuais dos inventores da região r em colaborar com alguém da região j , o que depende das características de um inventor representativo da região r (X_r) e das características de um inventor representativo da região j (X_j). As características dos inventores representativos das regiões r e j são captadas pelos efeitos fixos das regiões de origem, e^{δ_r} , e de destino, e^{λ_j} , de forma que o foco é em D_{rj} , o mesmo conjunto de variáveis bilaterais de distância consideradas no modelo para migração de inventores:

$$D_{rj} = G_{rj}^\phi e^{\psi_{rj}} T_{rj}^\tau e^{\gamma_{rj}} \quad (14)$$

Onde G_{rj} é a distância euclidiana entre os centroides das regiões r e j que tende a afetar negativamente as colaborações entre os inventores. A proximidade espacial facilita a escolha de parceiros potenciais (Storper e Venables, 2004; Miguélez e Moreno, 2013a), facilita o gerenciamento conjunto de um projeto comum e o monitoramento do desempenho da outra parte (Miguélez e Moreno, 2013a). Estes fatores estão intimamente associados ao custo de transporte e ao tempo de deslocamento. Quanto maior a distância geográfica, mais imperfeita é a informação sobre parceiros potenciais, dificultando a concretização de relações de coinvenção, e mais difíceis e custosos os eventuais contatos face a face para tratar do projeto comum. A contiguidade espacial tende a facilitar a formação de redes. Por isso será incluída uma *dummy* para regiões com fronteira comum, $e^{\psi_{rj}}$. A proximidade tecnológica, T_{rj} , será introduzida para representar o quanto a similaridade cognitiva explica o copatenteamento entre comunidades epistêmicas fisicamente distantes. Também será incluída uma *dummy* indicando se duas regiões pertencem à mesma unidade da federação, $e^{\gamma_{rj}}$.

Introduzindo os efeitos fixos da origem e do destino na equação (14) e combinando com a equação (13) tem-se o modelo gravitacional para as colaborações inter-regionais do conhecimento:

$$N_{rj} = e^{\beta_0} G_{rj}^\phi e^{\psi_{rj}} T_{rj}^\tau e^{\gamma_{rj}} \prod_{r=1}^I e^{\delta_r} \prod_{j=1}^J e^{\lambda_j} \varepsilon_{rj} \quad (15)$$

Onde e^{β_0} é um termo constante que captura o impacto de todos os fatores comuns que afetam a colaboração entre todas as regiões da amostra e ε_{rj} é um termo de erro bem comportado.

4. ANÁLISE DESCRITIVA

Os dados sobre as patentes foram obtidos da primeira versão da Base de Dados sobre Propriedade Intelectual para fins Estatísticos (BADEPI v1.0), elaborada pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI). Esta base de dados compreende informações sobre patentes depositadas no INPI no período de 2000 a 2011, que receberam o despacho de patente concedida. As patentes contêm a identificação do inventor por meio do CPF, nome completo e município de domicílio. A localização do inventor foi obtida por meio das informações da Rais-Migra/MTE (Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego) e da Badepi quando esta informação não estava disponível na Rais-Migra.

A maior parte dos inventores (67,02%) possui apenas uma patente no período todo e 16,05% tem duas patentes entre 2000 e 2011 (tabela 01). Portanto, a grande maioria dos inventores possui baixa produtividade, tendo menos de 3 (três) patentes no intervalo de 12 anos.

Tabela 01: Total de patentes por inventor entre 2000 e 2011

Nº de Patentes	Inventores	(%)
1	35184	67,02
2	8429	16,05
3	3494	6,66
4	1799	3,43
5	1080	2,06
6	667	1,27
7 ou mais	1848	3,52
total	52501	100,00

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Bادهپی v1.0/INPI

A produção nacional de patentes é espacialmente concentrada. As 20 (vinte) microrregiões com maior quantidade de patentes entre 2000 e 2011 representam 4,55% do total de microrregiões patenteadoras (440 microrregiões) e respondem juntas por 67,8% do estoque nacional de patentes deste período. Destaca-se a importância de São Paulo na inovação nacional, com uma quantidade de patentes quase quatro vezes maiores que a produção do segundo colocado, Rio de Janeiro. Dentre as 20 principais regiões patenteadoras, 10 (dez) encontram-se na região Sudeste do país, sendo 7 (sete) delas no estado de São Paulo, e 6 na região Sul, enquanto apenas 2 (duas) encontram-se na região Nordeste e 2 (duas) no Centro-Oeste do país.

Foram observados 15758 movimentos de migração entre microrregiões, realizados por 10283 inventores, ao longo de todo o período, o que representa uma taxa de migração de 6,14% em relação ao total de observações disponíveis. A tabela 02 mostra que, dos inventores que migraram de microrregião (10283) entre 2000 e 2011, mais da metade migrou apenas uma vez no período.

Tabela 02: Número de migrações por inventor entre 2000 e 2011

Nº de migrações	Entre Microrregiões	
	inventores	(%)
0	42218	80,41
1	6265	11,93
2	2953	5,62
3	779	1,48
4	212	0,40
entre 5 e 10	74	0,14
total	52501	100,00

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Bادهپی v1.0/INPI e da Rais-Migra/MTE

Observa-se que o número de migrações do inventor entre microrregiões está diretamente relacionado à sua produtividade em termos da quantidade de invenções patenteadas no período (tabela 03). A produtividade média do inventor que não migrou nenhuma vez no período é 1,51 patentes por inventor entre 2000 e 2011, enquanto a produtividade média dos inventores que migraram 4 vezes ou mais é igual a 4,53 patentes por inventor no período. Note que o aumento da produtividade média é crescente com o número de migrações. Enquanto a produtividade dos inventores que migraram 1 vez ou mais é 16,56% maior que a dos inventores que não migraram nenhuma vez, a produtividade daqueles que migraram 4 vezes ou mais é 55,67% maior do que daqueles que migraram 3 vezes ou mais.

Tabela 03: Migrações entre Microrregiões e Produtividade média dos inventores entre 2000 e 2011

Nº de migrações	Inventores	Patentes	Produtividade Média (PMe)	Crescimento da PMe (%)
0	42218 (80,41%)	63948 (83,56%)	1,51	-
1 ou mais	10283 (19,59%)	18136 (23,70%)	1,76	16,56
2 ou mais	4018 (7,65%)	8729 (11,41%)	2,17	23,30
3 ou mais	1065 (2,03%)	3097 (4,05%)	2,91	34,10
4 ou mais	286 (0,54%)	1296 (1,69%)	4,53	55,67

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Bادهپی v1.0/INPI e da Rais-Migra/MTE

Esta relação positiva entre patenteamento e migrações também se verifica em nível regional. As 20 (vinte) microrregiões com maior estoque de patentes entre 2000 e 2011 respondem por 67,8% das patentes nacionais do período e são também as principais protagonistas dos movimentos de migração. Elas receberam em conjunto 57,81% de todas as entradas de inventores no período e registraram 58,6% de todas as saídas. O fato de que as regiões que apresentam os maiores fluxos de saída de inventores são também as que mais atraíram inventores de outras localidades indica que poucas regiões concentram a maior parte do movimento inter-regional de inventores. Esta concentração sugere que o acesso ao conhecimento externo incorporado nestes indivíduos e seu efeito potencial sobre a inovação regional beneficia apenas um grupo restrito de regiões.

Considerando-se apenas as patentes para as quais é conhecida a microrregião de pelo menos um de seus inventores, existem 3724 (5,13%) patentes com colaboração entre inventores de regiões diferentes. A grande maioria das patentes de coinvenção inter-regional (3190 patentes) envolve colaboração entre apenas duas regiões⁸ (tabela 04):

Tabela 04: Número de regiões envolvidas na geração de uma patente, 2000 a 2011.

	Nº de patentes	Nº de microrregiões
Patentes sem coinvenção inter-regional	68894	1
	3190	2
	422	3
	87	4
Patentes que envolvem 2 ou mais regiões	19	5
	3	6
	1	7
	1	16
	1	18
Subtotal	3724	-
Total	72618	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Bادهپی v1.0/INPI e da Rais-Migra/MTE

Existem 306 microrregiões que possuem pelo menos uma patente cujo desenvolvimento ocorreu em colaboração com inventores de outra microrregião, independente do número de inventores das respectivas regiões (tabela 05). A maioria destas regiões (173) desenvolveu apenas de 1 a 5 patentes em colaboração com outra(s) região(ões) ao longo do período de 2000 a 2011. São poucas as regiões com um número expressivo de patentes inter-regionais. São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro são os locais com maior número de patentes que foram desenvolvidas em conjunto com inventores de outras regiões, produzindo 1417, 708 e 488 patentes inter-regionais, respectivamente. A maioria das 20 (vinte) regiões que mais possuem patentes de coinvenção inter-regional situa-se no Sudeste do país (14 microrregiões),

⁸ A coinvenção inter-regional pode estar subestimada, pois há inventores para os quais não há informação sobre a localização regional.

concentrando-se principalmente no estado de São Paulo (12 microrregiões). Exceto por uma região do Nordeste e uma do Centro-Oeste, as demais se encontram no Sul do país (4 microrregiões).

Tabela 05: Número de microrregiões com patentes de coinvenção inter-regional no período 2000 a 2011

Nº de Patentes	Nº de Microrregiões
1 a 5	173
6 a 10	35
11 a 20	32
21 a 40	29
41 a 70	16
71 a 160	11
161 a 710	9
1417	1
Total	306

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Bادهپی v1.0/INPI e da Rais-Migra/MTE

Tanto a migração quanto a colaboração de inventores entre as regiões estão concentrados em um pequeno número de regiões. Esta constatação sugere que são poucas as regiões que têm acesso potencial ao estoque de conhecimento externo por meio dos canais de transbordamento que estes fenômenos representam.

5. ABORDAGEM ECONÔMICA

O procedimento tradicional de *log* linearização do modelo gravitacional e sua estimação por mínimos quadrados ordinários (MQO) possui duas limitações significativas. A primeira refere-se ao valor nulo da variável dependente representando os pares de regiões que não possuem fluxo de migração de inventores ou relações de coinvenção. A segunda decorre da desigualdade de Jensen⁹ e do fato de que os dados de contagem são intrinsecamente heterocedásticos (Cameron e Trivedi, 2005). Isto implica que $E(\ln \varepsilon_{ij} | X)$ depende das variáveis explicativas, violando a condição de consistência do estimador de MQO. Portanto, a estimação do modelo *log* linear por MQO é inconsistente (Santos Silva e Tenreyro, 2006).

Por esses motivos, seguindo Santos Silva e Tenreyro (2006 e 2010), os modelos gravitacionais para mobilidade e para coinvenções foram estimados em nível utilizando o estimador *Poisson-Pseudo Maximum Likelihood* (PPML). Este estimador resolve o problema dos zeros na variável dependente, é consistente e robusto à heterocedasticidade.

A função de produção do conhecimento regional será estimada por meio de um painel dinâmico espacial usando o estimador *system gmm*. A estimação em painel é importante para controlar a heterogeneidade não observada das regiões brasileiras que é invariante no tempo¹⁰. Além disso, é importante também considerar explicitamente o caráter *path dependent* da inovação, pois o desempenho contemporâneo das atividades de inovação em uma região é dependente de sua trajetória tecnológica anterior (Feldman e Florida, 1994).

O modelo empírico a ser estimado é dado por:

$$Pat_{r,t} = \beta_0 + \beta_1 Pat_{r,t-1} + \beta_2 Pat_{r,t-2} + \beta_3 W^m Pat_{r,t} + \beta_4 W^c Pat_{r,t} + \beta_5 Z_t + D_t + \alpha_r + \varepsilon_{r,t} \quad (16)$$

⁹ A desigualdade de Jensen implica que $E(\ln y) \neq \ln E(y)$.

¹⁰ Esta heterogeneidade se refere às características institucionais que podem afetar a inovação, tais como políticas tecnológicas regionais, habilidades herdadas da comunidade local, perfil das instituições educacionais superiores, cultura inovativa herdada, e todas as características históricas *path dependent* que podem gerar diferenças espaciais nas taxas de inovação. Estas características são críticas para a distribuição espacial contemporânea da atividade inovativa das regiões brasileiras e têm que ser consideradas no processo de estimação, sob pena de enviesarem significativamente as estimativas obtidas.

Onde:

$Pat_{r,t}$ é o número de patentes da região a cada cem mil habitantes;

$Pat_{r,t-n}$ é a defasagem temporal da variável dependente para captar o efeito *path dependent* do desempenho regional em inovação;

W^m e W^c são as matrizes de pesos que refletem a interação inter-regional de conhecimento decorrente da mobilidade de inventores e das relações de copatenteamento, respectivamente, estimadas pelos modelos gravitacionais do primeiro estágio.

$P\&D_{r,t}$ é o gasto regional com pesquisa e desenvolvimento;

Z_t representa um conjunto de variáveis locais relevantes para o desempenho regional da inovação;

D_t são variáveis *dummy* anuais, para captar efeitos temporais comuns a todas as regiões;

α_r é o efeito fixo regional não observável e invariante no tempo;

$\varepsilon_{r,t}$ é o erro idiossincrático, independente e identicamente distribuído (iid), com média zero e variância σ^2 .

Considera-se que α_r e $\varepsilon_{r,t}$ sejam independentes entre as regiões a cada período t.

Para captar o efeito fixo Arellano-Bond (1991) propôs estimar o modelo em primeira diferença pelo método generalizado dos momentos (*gmm*), que minimiza as condições de momento da distribuição. Conhecido como *difference gmm*, este método estima a equação transformada:

$$\Delta Pat_{r,t} = \beta_1 \Delta Pat_{r,t-1} + \beta_2 \Delta W^m Pat_{r,t} + \beta_3 \Delta W^c Pat_{r,t} + \beta_4 \Delta Z_t + \Delta D_t + \Delta \varepsilon_{r,t} \quad (17)$$

Embora o efeito fixo tenha sido eliminado, a endogeneidade permanece, pois $\Delta Pat_{r,t-1} = Pat_{r,t-1} - Pat_{r,t-2}$ é correlacionado com $\Delta \varepsilon_{r,t} = \varepsilon_{r,t} - \varepsilon_{r,t-1}$ por meio dos termos $Pat_{r,t-1}$ e $\varepsilon_{r,t-1}$. Mas, os *lags* anteriores da variável endógena permanecem ortogonais ao erro (ao contrário da transformação *within*) podendo ser usados como instrumentos.

Os instrumentos para $\Delta Pat_{r,t-1}$ podem ser $Pat_{r,t-2}$ e $\Delta Pat_{r,t-2}$, pois estes termos estão relacionados a $\Delta Pat_{r,t-1} = Pat_{r,t-1} - Pat_{r,t-2}$ e são ortogonais ao termo de erro $\Delta \varepsilon_{r,t} = \varepsilon_{r,t} - \varepsilon_{r,t-1}$, desde que $\varepsilon_{r,t}$ seja não correlacionado serialmente. Mas é preferível instrumentalizar com $Pat_{r,t-2}$ em vez de $\Delta Pat_{r,t-2}$ para maximizar o tamanho da amostra (Roodman, 2006).

Todos os *lags* da variável em nível podem ser usados como instrumentos para a equação em diferenças (equação 17). Para variáveis endógenas, isto significa *lag* 2 em diante e para variáveis pré-determinadas o *lag* 1 em diante, pois $\Delta \varepsilon_{r,t}$ depende de $\varepsilon_{r,t-1}$ e a variável pré-determinada $Pat_{r,t-1}$ é potencialmente correlacionada apenas com os erros $\varepsilon_{r,t-2}$ em diante. Logo, $\Delta Pat_{r,t-1}$ pode ser instrumentalizada por $Pat_{r,t-2}$. As variáveis explicativas defasadas pelas matrizes de pesos estimadas nos modelos gravitacionais são potencialmente endógenas, e o segundo *lag* em diante destas variáveis em nível podem ser utilizados para instrumentalizar as variáveis em diferenças.

Para aumentar a eficiência do estimador, Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) propõe estimar as equações (16) e (17) simultaneamente, dando origem ao estimador *system gmm*. Neste sistema, a equação em nível (16) é instrumentalizada pelas primeiras diferenças defasadas e a equação em diferenças (17) é instrumentalizada pelas variáveis em nível defasadas. A primeira diferença dos instrumentos os torna exógenos ao efeito fixo, permitindo o aumento do número de instrumentos e, conseqüentemente, a eficiência do estimador. Isto é válido assumindo-se que as mudanças nos instrumentos não sejam correlacionadas com o efeito fixo.

O estimador *system gmm* é adequado para estimar este painel dinâmico espacial, pois permite controlar a endogeneidade decorrente da heterogeneidade não observada e invariante no tempo, a endogeneidade intrínseca da defasagem temporal e a endogeneidade potencial causada pela defasagem das variáveis explicativas utilizando-se os pesos das matrizes de interação do conhecimento.

6. CONSTRUÇÃO DAS VARIÁVEIS

A migração inter-regional foi obtida pela contagem dos movimentos de inventores entre as fronteiras regionais a cada ano. Foram construídas matrizes assimétricas de mobilidade de 558 linhas e 558 colunas (uma para cada microrregião) para cada ano. Cada elemento na matriz é o número de inventores

migrando da região r para a região j . Se um inventor se muda mais de uma vez, ou se retorna para a região anterior, estes movimentos serão considerados separados e independentes. Por definição movimentos da região r para a região r não existem e os elementos da diagonal da matriz são nulos.

A utilização das informações da RAIS permitiu identificar a mobilidade do inventor mesmo para aqueles indivíduos que tiveram apenas uma patente ao longo do período. Esta base de dados confere uma vantagem em relação a trabalhos similares feitos para a Europa e Estados Unidos, onde o local de residência do inventor só é identificado por meio dos documentos de patente (MIGUÉLEZ e MORENO, 2013a). Nestes casos, só é possível identificar a mobilidade daqueles inventores que tiveram pelo menos duas patentes ao longo do período, uma antes e outra depois da mudança, o que subestima a mobilidade real. Dado que a maioria dos inventores protocolou apenas um pedido de patente entre 2000 e 2011, esta possibilidade é muito relevante, pois, caso contrário, o número de migrações poderia ser significativamente subestimado.

A colaboração regional bilateral foi representada pelo copatenteamento entre inventores residindo em diferentes regiões no momento em que a patente foi requerida. O número de colaborações será agregado para cada par de regiões, dando origem a uma matriz 558 x 558 a cada ano. Cada elemento da matriz representa o número de todas as colaborações tecnológicas entre duas regiões i e j no ano t , independente do número de inventores listados em cada patente, e os elementos da diagonal são nulos.

Para o cálculo da proximidade tecnológica entre as regiões i e j foram utilizados os 3 (três) primeiros dígitos dos códigos da *International Patent Classification* (IPC). Foram utilizados todos os IPC's disponíveis para cada patente, não apenas o primeiro. Isto porque cada código IPC reflete uma competência tecnológica distinta para a região. Apesar de ser o mais importante, considerar apenas o primeiro implicaria em negligenciar as outras habilidades tecnológicas regionais. Para cada região foram observadas as classes tecnológicas existentes em cada ano, havendo um total de 116 classes no início do período e 119 no final do período. Posteriormente, foram contabilizados quantos pedidos regionais de patentes se encaixam em cada classe¹¹. Estas informações foram utilizadas para construir uma matriz de proximidade tecnológica.

Dos 72.618 pedidos de patente com microrregião conhecida para pelo menos um inventor, apenas 68.660 possuem informação de pelo menos um código IPC. Dado que o conhecimento do IPC é necessário para calcular a variável de proximidade tecnológica, os modelos gravitacionais para mobilidade e para colaboração inter-regional foram estimados utilizando as informações sobre estas 68.660 patentes.

Seguindo a metodologia de Jaffe (1986), a proximidade tecnológica entre as regiões r e j , P_{rj} , é dada pela expressão:

$$P_{rj} = \frac{\sum_{c=1}^c T_{rc} T_{jc}}{[\sum_{c=1}^c T_{rc}^2 \sum_{c=1}^c T_{jc}^2]^{1/2}} \quad (18)$$

Onde:

T_{rc} : É o vetor tecnológico da região r , em que c representa o número de classes tecnológicas desta região. Representa a participação da classe tecnológica c no total de patentes da região r .

T_{jc} : É o vetor tecnológico da região j , em que c representa o número de classes tecnológicas desta região. Representa a participação da classe tecnológica c no total de patentes da região j .

O valor de P_{rj} varia entre 0 e 1, significando regiões cujos vetores tecnológicos são ortogonais e regiões cujos vetores tecnológicos são idênticos, respectivamente. Quanto maior a proximidade tecnológica entre as regiões r e j , mais próximo da unidade será o valor de P_{rj} . Por outro lado, quanto mais distintos forem os perfis tecnológicos das regiões r e j , mais próximo de 0 será o valor de P_{rj} .

Os modelos gravitacionais de mobilidade e de coinvenção foram estimados ano a ano, de 2001 a 2010. Seguindo a estratégia de Miguélez e Moreno (2013a), para reduzir o número de zeros e suavizar o comportamento das variáveis tanto as migrações quanto as coinvenções inter-regionais foram

¹¹ Desta forma, as patentes com mais de um código IPC foram contabilizadas mais de uma vez. Esta múltipla contagem não prejudica o cálculo da proximidade tecnológica, pois para este cálculo o que interessa são as habilidades tecnológicas da região e não o número de patentes por si só.

contabilizadas em janelas temporais móveis de dois anos. Assim, os dados de 2001 referem-se à soma de 2001 e 2002, os dados de 2002 referem-se à soma de 2002 e 2003, e assim sucessivamente. Em ambos os modelos, a proximidade tecnológica foi defasada em 1 (um) período para minimizar problemas de endogeneidade devido à possível causalidade reversa entre esta variável e a mobilidade dos inventores, bem como entre ela e a coinvenção inter-regional. Desta forma, a estimação para o ano 2001 utiliza a soma das migrações de 2001 e 2002 e a proximidade tecnológica de 2000. O mesmo raciocínio se aplica aos demais anos.

Devido à inexistência de dados sobre o gasto com P&D a nível regional para o Brasil, será utilizado como *proxy* a variável “pessoal ocupado técnico científico” (Potec), uma vez que estes são os trabalhadores mais diretamente envolvidos na atividade de inovação. O pessoal ocupado técnico-científico (Potec) possui uma correlação de mais de 90% com os gastos de P&D, sendo uma *proxy* adequada para a intensidade de gasto com P&D (Araújo, Cavalcante e Alves, 2009). O capital humano foi mensurado pela participação da população regional com curso superior.

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da estimação do modelo gravitacional para mobilidade inter-regional de inventores encontram-se na tabela 06. A proximidade tecnológica entre as microrregiões brasileiras se revelou significativa para a determinação da mobilidade inter-regional dos inventores na maior parte do período, influenciando positivamente a decisão do inventor de migrar da região r para a região j . Esse resultado sugere que possuir conhecimento relacionado ao perfil tecnológico da região de destino aumenta as possibilidades de inserção no mercado de trabalho no destino. Por outro lado, quanto maior a distância geográfica, menor é a mobilidade dos inventores entre as regiões r e j . Esta variável é negativa e altamente significativa em todos os anos do período analisado. O fato de que a mobilidade dos inventores tende a ocorrer entre regiões próximas geograficamente sugere que esta pode ser uma das causas da localização espacial dos fluxos de conhecimento. A intensidade das externalidades inter-regionais do conhecimento diminui com o aumento da distância geográfica precisamente porque a mobilidade dos agentes que possuem o conhecimento tácito incorporado também diminui com o aumento da distância física.

A dummy de contiguidade é positiva e significativa em todos os anos, indicando que possuir uma fronteira comum facilita a mobilidade inter-regional. A dummy de UF também é positiva e altamente significativa, indicando que a mobilidade é maior entre regiões que pertencem à mesma unidade federativa do que entre regiões de estados diferentes. Isso confirma a expectativa de que fatores culturais e institucionais comuns são relevantes para a decisão de migração do inventor. Esses resultados são coerentes com o encontrado na literatura (MIGUÉLEZ e MORENO, 2012 e 2013a).

Tabela 06: Resultados do modelo gravitacional:
 mobilidade de inventores entre as microrregiões brasileiras (2001 a 2010) - estimações por PPML

Variáveis	Anos				
	2001	2002	2003	2004	2005
<i>Ln(proximidade Tecnológica)</i>	0,017 (0,929)	0,212** (0,015)	0,035 (0,700)	-0,144 (0,263)	0,214*** (0,003)
<i>Ln(distância geográfica)</i>	-0,679*** (0,000)	-0,885*** (0,000)	-0,910*** (0,000)	-0,824*** (0,000)	-0,851*** (0,000)
<i>Dummy de contiguidade</i>	0,470*** (0,009)	0,231* (0,068)	0,236** (0,022)	0,423*** (0,000)	0,358*** (0,000)
<i>Dummy de UF</i>	2,216*** (0,000)	1,571*** (0,000)	1,432*** (0,000)	1,513*** (0,000)	1,361*** (0,000)
<i>Efeito Fixo da Origem</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>
<i>Efeito Fixo do Destino</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>
<i>Número de observações</i>	14089	19352	21006	20552	24569
<i>Log-likelihood</i>	-1817,58	-2651,27	-3299,73	-3278,67	-3659,58
<i>r2</i>	0,88	0,85	0,88	0,89	0,92

Variáveis	Anos				
	2006	2007	2008	2009	2010
<i>Ln(proximidade Tecnológica)</i>	0,196*** (0,009)	0,186*** (0,009)	0,242*** (0,001)	0,229*** (0,000)	0,297*** (0,000)
<i>Ln(distância geográfica)</i>	-0,888*** (0,000)	-0,916*** (0,000)	-0,934*** (0,000)	-0,945*** (0,000)	-0,883*** (0,000)
<i>Dummy de contiguidade</i>	0,334*** (0,000)	0,294*** (0,001)	0,212** (0,016)	0,213*** (0,009)	0,253*** (0,001)
<i>Dummy de UF</i>	1,345*** (0,000)	1,325*** (0,000)	1,357*** (0,000)	1,175*** (0,000)	1,202*** (0,000)
<i>Efeito Fixo da Origem</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>
<i>Efeito Fixo do Destino</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>
<i>Número de observações</i>	26304	25313	27202	27225	27292
<i>Log-likelihood</i>	-3717,45	-3773,26	-4006,58	-4187,74	-4173,78
<i>r2</i>	0,93	0,92	0,91	0,91	0,92

p-valor entre parênteses ****p* < 0,01 ***p* < 0,05 **p* < 0,1

Ao contrário do que se esperava, os resultados do modelo para as colaborações inter-regionais não permitem concluir sobre a importância da proximidade tecnológica para o co-patenteamento inter-regional (tabela 07). A proximidade tecnológica revelou-se significativa em apenas 4 (quatro) dos 10 (dez) anos analisados. Portanto, não há evidências robustas de que compartilhar uma base de conhecimento comum facilite as colaborações inter-regionais para inovar. Talvez outras formas de representar a proximidade tecnológica consigam captar seu papel nessas colaborações. De qualquer forma, são necessárias investigações mais profundas para elucidar esta questão.

Por outro lado, os resultados mostram que as variáveis espaciais são importantes na determinação das relações de copatenteamento inter-regional. A distância geográfica é negativa e altamente significativa em todos os anos do período analisado. Esse achado reflete o efeito dos custos informacionais e de deslocamento sobre as parcerias entre inventores de regiões distintas. Os encontros face a face são necessários para o desenvolvimento de um projeto em comum, ainda que eventuais. A dummy de contiguidade é positiva e significativa na maioria dos anos, indicando que compartilhar uma fronteira em comum facilita as relações de copatenteamento inter-regional. A dummy de UF é positiva e

altamente significativa, mostrando que fatores culturais e institucionais em comum contribuem para estimular as colaborações entre as microrregiões para inovar.

Tabela 07: Resultados do modelo gravitacional:
colaborações entre as microrregiões brasileiras (2001 a 2010) - estimações por PPML

Variáveis	Anos				
	2001	2002	2003	2004	2005
<i>Ln(proximidade Tecnológica)</i>	0,119 (0,506)	0,292** (0,024)	0,163 (0,340)	-0,013 (0,920)	-0,005 (0,974)
<i>Ln(distância geográfica)</i>	-0,654*** (0,000)	-0,717*** (0,000)	-0,638*** (0,000)	-0,581*** (0,000)	-0,577*** (0,000)
<i>Dummy de contiguidade</i>	0,345* (0,077)	0,402* (0,070)	0,366 (0,100)	0,498** (0,014)	0,626*** (0,000)
<i>Dummy de UF</i>	1,129*** (0,000)	0,963*** (0,000)	1,233*** (0,000)	1,089*** (0,000)	1,196*** (0,000)
<i>Efeito Fixo da Origem</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>
<i>Efeito Fixo do Destino</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>
<i>Número de observações</i>	9162	11124	11466	12006	13918
<i>Log-likelihood</i>	-1615,31	-2039,22	-2240,39	-2523,03	-2432,47
<i>r2</i>	0,75	0,73	0,74	0,76	0,82

Variáveis	Anos				
	2006	2007	2008	2009	2010
<i>Ln(proximidade Tecnológica)</i>	0,237 (0,122)	0,093 (0,529)	0,366*** (0,008)	0,299*** (0,003)	0,254** (0,027)
<i>Ln(distância geográfica)</i>	-0,657*** (0,000)	-0,599*** (0,000)	-0,624*** (0,000)	-0,867*** (0,000)	-0,790*** (0,000)
<i>Dummy de contiguidade</i>	0,362** (0,012)	0,362** (0,013)	0,542*** (0,001)	0,466*** (0,001)	0,588*** (0,000)
<i>Dummy de UF</i>	1,247*** (0,000)	1,486*** (0,000)	1,424*** (0,000)	1,067*** (0,000)	1,030*** (0,000)
<i>Efeito Fixo da Origem</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>
<i>Efeito Fixo do Destino</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>Sim</i>
<i>Número de observações</i>	14472	14790	18978	19752	17624
<i>Log-likelihood</i>	-2567,01	-2829,83	-3055,72	-3166,89	-3494,05
<i>r2</i>	0,87	0,86	0,82	0,83	0,83

p-valor entre parênteses ****p* < 0,01 ***p* < 0,05 **p* < 0,1

Foram estimadas 5 (cinco) especificações da função de produção do conhecimento (tabela 08). A primeira (coluna 1) mostra que a persistência temporal da intensidade inovativa regional é altamente significativa, confirmando o caráter *path-dependent* da inovação. Isso sugere que a produção regional de inovações depende de fatores de produção do conhecimento duráveis que foram construídos anteriormente e persistem ao longo do tempo, tais como infra-estrutura tecnológica e qualificação dos trabalhadores do conhecimento. Ao contrário do esperado, as *proxies* dos insumos regionais do conhecimento não foram significativas (potec e capital humano). Dado que a magnitude contemporânea destas variáveis refletem esforços regionais anteriores para sua construção, uma razão possível para este resultado é que sua significância tenha sido captada pelos coeficientes da defasagem temporal.

As variáveis representativas da acessibilidade ao conhecimento externo por meio da mobilidade inter-regional dos inventores e do co-patenteamento inter-regional foram obtidas por meio da

ponderação da variável dependente pelas matrizes de pesos estimadas nos modelos gravitacionais de mobilidade e de colaborações, respectivamente. Essas variáveis são altamente significativas e positivas. A elasticidade da intensidade inovativa regional ao conhecimento externo mediado pelas relações de copatenteamento entre as regiões mostra que um aumento de 1% no conhecimento das regiões parceiras tende a incrementar a inovação local em 0,37%. A elasticidade da inovação regional ao conhecimento externo mediado pelos inventores móveis mostra que um aumento de 1% no estoque de conhecimento das regiões de origem dos inventores promove um crescimento de 0,19% no patenteamento das regiões de destino. Esses resultados mostram a importância das colaborações inter-regionais e da mobilidade de inventores como canais de difusão do conhecimento entre as microrregiões brasileiras. Eles também confirmam para a inovação das regiões brasileiras o papel preconizado pela literatura dos contatos face a face na difusão do conhecimento tácito e sua importância para a inovação regional.

A estimação da coluna 2 inclui a defasagem espacial da variável dependente utilizando-se uma matriz de pesos puramente espaciais baseados na distância inversa. A persistência temporal da inovação regional é significativa (a 10%) apenas para o esforço inovativo realizado em $t-2$ e houve uma redução na magnitude do coeficiente. As variáveis *potec* e capital humano permanecem não significativas. A difusão inter-regional do conhecimento por meio das colaborações para inovar permanece altamente significativa, havendo uma redução na magnitude da elasticidade de 0,37 para 0,29. Também houve uma redução na elasticidade da inovação à mobilidade dos inventores, de 0,19 para 0,15, sendo significativa a 10%. A defasagem espacial é altamente significativa e a magnitude da elasticidade é bem superior às elasticidades das defasagens anteriores. Um aumento de 1% na geração de conhecimento nas demais regiões tende a elevar a inovação regional em 0,82%. Este resultado implica que, embora a mobilidade e a colaboração inter-regional sejam canais relevantes para a difusão dos fluxos de conhecimento no espaço, existem também outros meios pelos quais o conhecimento se difunde e que são captados pela defasagem espacial.

A importância relativa da mobilidade e da colaboração na difusão espacial do conhecimento também é percebida pelo aumento da elasticidade da defasagem espacial quando as defasagens das interações de conhecimento são retiradas da regressão (coluna 3). Pode-se inferir que o coeficiente espacial capta uma parte dos fluxos de conhecimento viabilizados pela mobilidade inter-regional dos inventores e pela colaboração entre as regiões. Este resultado sugere que a interpretação do coeficiente da defasagem espacial como transbordamentos puros do conhecimento por grande parte da literatura é equivocada. A elasticidade da defasagem espacial pode ser entendida como externalidade do conhecimento, mas esta abordagem não permite diferenciar estas externalidades em *spillovers* puros ou *rent spillovers*. Como pode ser inferido pelos resultados aqui apresentados, pelo menos uma parte destes *spillovers* pode ser decorrente de externalidades pecuniárias, viabilizadas pelo mercado de trabalho dos inventores e por suas relações formais.

As estimações 4 e 5 repetem as especificações das estimações 1 e 2, porém agora utilizando matrizes de pesos construídas com base nos valores observados da migração e da colaboração inter-regionais de inventores e não nos valores estimados. Nas estimações da coluna 4 a intensidade inovativa regional em $t-1$ é altamente significativa, ao passo que o esforço realizado em $t-2$ não é significativo. As externalidades do conhecimento mediadas pela mobilidade observada de inventores e pela colaboração observada são altamente significativas, corroborando os achados das estimações 1 e 2. As demais variáveis de controle permanecem não significativas, como antes. Os resultados da coluna 5 também confirmam os achados das estimações da coluna 2. Os coeficientes das externalidades do conhecimento obtidos com a utilização dos valores observados dos fluxos bilaterais de migração e de colaboração permanecem significativos após a introdução da defasagem espacial no modelo. A presença da defasagem espacial reduziu as elasticidades da inovação regional às externalidades do conhecimento geradas pela mobilidade e pela colaboração de 0,27 para 0,16 e de 0,33 para 0,21, respectivamente, indicando que o coeficiente da defasagem espacial capta, pelo menos uma parte dos fluxos de conhecimento mediados pelos fenômenos aqui analisados. Dessa forma, esses resultados corroboram a discussão anterior de que o coeficiente da defasagem espacial não representa necessariamente transbordamentos puros do conhecimento, abrangendo também outras formas de fluxos inter-regionais do conhecimento.

Tabela 08: Resultados da Função de Produção do conhecimento: estimações por *system gmm*

Variável dependente: Ln(patentes por 100 mil habitantes)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$\ln(Patentes_{t-1})$	0,133*** (0,000)	-0,033 (0,844)	0,465** (0,017)	0,110*** (0,002)	0,021 (0,869)
$\ln(Patentes_{t-2})$	0,086*** (0,004)	0,065* (0,079)	0,015 (0,736)	0,041 (0,240)	0,073** (0,023)
$\ln(potec)$	0,002 (0,784)	0,007 (0,415)	0,006 (0,462)	-0,008 (0,217)	-0,003 (0,677)
$\ln(capital\ humano)$	0,019 (0,442)	0,001 (0,984)	0,045** (0,048)	0,034 (0,189)	0,009 (0,704)
$W^c * \ln(Patentes)$	0,368*** (0,000)	0,293*** (0,000)			
$W^m * \ln(Patentes)$	0,187*** (0,004)	0,151* (0,072)			
$W^d * \ln(Patentes)$		0,822*** (0,005)	0,865** (0,011)		0,879*** (0,002)
$W^{cobs} * \ln(Patentes)$				0,275*** (0,008)	0,165* (0,081)
$W^{mobs} * \ln(Patentes)$				0,330*** (0,000)	0,212*** (0,006)
AR(1)	0,000***	0,007***	0,000***	0,000***	0,000***
AR(2)	0,318	0,342	0,232	0,458	0,188
Hansen	0,401	0,137	0,125	0,258	0,379
n° de instrumentos	62	70	54	69	73
n° de grupos	558	558	558	558	558
n° de observações	4464	4464	5022	5022	5022

p-valor entre parênteses ****p* < 0,01 ***p* < 0,05 **p* < 0,1

8. CONCLUSÕES

Este artigo teve por objetivo investigar o papel da mobilidade de inventores entre regiões e da colaboração inter-regional para inovar sobre a difusão do conhecimento e a inovação regional no Brasil. A estratégia empírica se baseou na estimação de uma função de produção do conhecimento regional modificada para incluir variáveis do conhecimento defasadas por matrizes cujos pesos refletem as interações regionais bilaterais de conhecimento.

Estas matrizes foram construídas a partir da estimação de modelos gravitacionais para explicar a mobilidade e a colaboração de inventores entre regiões. Os resultados destes modelos mostraram que a distância geográfica afeta negativamente os fluxos de migração de inventores entre as regiões brasileiras e as colaborações bilaterais para inovar. Esses achados permitem concluir que o efeito deletério da distância geográfica sobre as externalidades inter-regionais do conhecimento decorre do fato de que os inventores tendem a migrar e a manter relações formais de colaboração dentro de um espaço geográfico limitado. Dado que os inventores possuem conhecimento tácito incorporado, que este conhecimento é relevante para o processo de inovação e que sua transmissão demanda a realização de contatos face a face, o reduzido alcance espacial da mobilidade e da colaboração inter-regional está no cerne da limitação dos fluxos do conhecimento.

Os resultados da função de produção do conhecimento mostram que a mobilidade inter-regional dos inventores e as colaborações inter-regionais para inovar geram externalidades do conhecimento que fluem entre as regiões. Isso implica que a interpretação da defasagem espacial como transbordamento

puro do conhecimento é equivocada, pois ela pode incluir tanto externalidades puras do conhecimento quanto pecuniárias. Utilizando a expressão cunhada por Breschi (2011), a abordagem tradicional da função de produção do conhecimento regional é uma caixa preta que não permite distinguir as participações relativas dos canais específicos pelos quais o conhecimento flui entre as regiões. Para compreender os mecanismos específicos pelos quais o conhecimento flui entre as regiões e avaliar a importância relativa dos transbordamentos puros e das externalidades pecuniárias é necessário entrar na caixa preta da função de produção.

BIBLIOGRAFIA

- ACS, Z. J., AUDRETSCH, D. B.; FELDMAN, M.P. (1992). Real effects of academic research: comment. *American Economic Review*, 82 (1): 363-367.
- ALMEIDA, P.; KOGUT, B. (1999) Localization of Knowledge and the Mobility of Engineers in Regional Redes. *Management Science*, 45 (7), pp. 905-17.
- ANDERSON, J., AND E. VAN WINCOOP (2003) Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle, *American Economic Review* 93, pp. 170–192.
- ARAÚJO, B. C., CAVALCANTE, L. R. E ALVES, P. (2009) 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*, n. 5, pp. 16-21.
- ARELLANO, M.; BOND, S. (1991) Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The review of economic studies*, v. 58, n. 2, pp. 277-297.
- ARELLANO, M.; BOVER, O. (1995) Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of econometrics*, v. 68, n. 1, pp. 29-51.
- AUDRETSCH, D. B. e FELDMAN, M. P. (1996). R&D spillovers and the geography of innovation and production. *The American Economic Review* 86(3): pp. 630-640.
- BLUNDELL, R.; BOND, S. (1998) Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, v. 87, n. 1, p. 115-143.
- BOTTAZZI e PERI (2003). Innovation and spillovers in regions: Evidence from European patent data. *European Economic Review*, 47(4): pp. 687-710.
- BRESCHI, S. (2011). The geography of knowledge flows. In: COOKE, P., ASHEIM, B., BOSCHMA, R., MARTIN, R., SCHWARTZ, D., TÖDTLING, F. (Eds.), *Handbook of regional innovation and growth*. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar, pp. 132-142.
- BRESCHI, S.; LISSONI, F. (2003) *Mobility and social networks: localised knowledge spillovers revisited*. CESPRI Working Paper 142.
- BRESCHI, S., LISSONI, F. (2009) Mobility of skilled workers and co-invention redes: an anatomy of localized knowledge flows. *Journal of Economic Geography*, 9 (4): pp. 439–468.
- BRESCHI, S. AND LISSONI, F. (2005) Cross-firm inventors and social redes: localised knowledge spillovers revisited. *Annales d’Economie et de Statistique*, n. 79/80, pp. 189-209
- BRESCHI, S. e LISSONI, F. (2001) Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), pp. 975-1005.
- CARLINO, G. A.; CHATTERJEE, S.; HUNT, R. M. (2007) Urban density and the rate of invention. *Journal of Urban Economics*, v. 61, n. 3, p. 389-419.
- CARLINO, G.; KERR, W. (2015). Agglomeration and Innovation. In: DURANTON, HENDERSON e STRANGE (ed). *Handbook of regional and urban economics*, vol 5. 1653 p. 349-404
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CRESCENZI, R.; GAGLIARDI, L. (2015) Moving people with ideas: innovation, inter-regional mobility and firm heterogeneity. *Working Papers of the Taubman Centre, Harvard Kennedy School of Government*, 1.
- FAGGIAN, A. e McCANN, P. (2009). Human capital, graduate migration and innovation in British regions. *Cambridge Journal of Economics*, v. 33, p. 317–333.

- FELDMAN (1993). An Examination of the Geography of Innovation. *Industrial and Corporate Change*, vol 2, n. 3, pp.417-437.
- FELDMAN, M. P. e FLORIDA, R. (1994) The geographic sources of innovation: technological infrastructure and product innovation in the United States. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 84, n.2, pp. 210-229.
- FELDMAN, M. P.; KOGLER, D. F. (2010) Stylized facts in the geography of innovation. In: Hall; B. H.; Rosenberg, N. (eds.) *Handbook of Economics of Innovation*. Vol 1. Elsevier, cap. 8.
- GAGLIARDI, L. (2014) Does Skilled Migration Foster Innovative Performance? Evidence from British Local Areas. *Papers in Regional Science*.
- GREUNZ, L. (2003) Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions. *The annals of regional Science*, Volume 37, Issue 4, pp 657–680
- GRILICHES, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics* 10:92–116.
- JAFFE, (1986). Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value. *American Economic Review*, Vol. 76, Issue 5, p. 984-100.
- KUKENOVA, M; MONTEIRO, J. A. (2008) *Spatial dynamic panel model and system GMM: a Monte Carlo investigation*. University Library of Munich, Germany.
- LUCAS (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, issue 1, pp. 3-42
- MARSHALL, A. (1890) *Principles of economics*. Macmillan, London
- MIGUÉLEZ, E., MORENO, R., SURIÑACH, J. (2010). Inventors on the move: tracing inventors' mobility and its spatial distribution. *Papers in Regional Science*, vol 89, number 2, pp.
- MIGUELEZ, E. e MORENO, R. (2013a) Do labour mobility and technological collaborations foster geographical knowledge diffusion? The case of European regions, *Growth and Change*, 44(2), pp. 321-354.
- MIGUÉLEZ, E.; MORENO, R. (2013b) Skilled labour mobility, networks and knowledge creation in regions: a panel data approach. *The Annals of Regional Science*, 51(1), pp 191–212.
- MIGUÉLEZ, E.; MORENO, R. (2013c) Research Networks and Inventors' Mobility as Drivers of Innovation: Evidence from Europe, *Regional Studies*, 47:10, 1668-1685
- MORAN, P. A. P. (1948) The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society*. v. 10, pp. 243-251.
- MORENO, R., PACI e USAI (2005). Spatial Spillovers and Innovation Activity in European Regions, *Environment and planning A*, 37(10), pp.1793-1812.
- NICKELL, S. (1981). Biases in dynamic models with fixed effects, *Econometrica*, v.49, pp. 1417–1426.
- NAGAOKA, S.; MOTOHASHI, K.; GOTO, A. (2010). Patent Statistics as an innovation indicator. In: Hall; B. H.; Rosenberg, N. (eds.) *Handbook of Economics of Innovation*. Elsevier, cap. 25.
- POLANYI, M.(1987). *The Tacit Dimension*. In: PRUSAK, L. Knowledge in Organizations. Nova Iorque: Harper & Row.
- RAMOS, R. (2016). *Gravity models: a tool for migration analysis*. IZA World of Labor, 239.
- ROMER, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy* 94, n. 5, pp.1002–1037.
- ROMER, P. (1990) Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, Part 2, pp. S71-S102.
- ROODMAN, D. (2006) How to do xtabond2: an introduction to “Difference” and “System” GMM in Stata. *Working Paper Number 103*, Central for Global Development.
- SIMÕES, R.; MARTINS, Agda ; MORO, Sueli . Innovation, urban attributes and scientific structure: a Zero - Inflated - Poisson Model for biotechnology in Brazil. *Journal of Economics and Development Studies*, v. 2, p. 523-553, 2014.
- STORPER, M.; VENABLES, A. (2004) Buzz: face-to-face contact and the urban economy. *Journal of Economic Geography* 4(4): 351-370.