

# Identificando *local buzz* e *global pipelines* nas regiões brasileiras: Uma análise das redes de coinventores de patentes<sup>1</sup>

Eduardo Gonçalves<sup>2</sup>  
Inácio Fernandes de Araújo Junior<sup>3</sup>  
Juliana Gonçalves Taveira<sup>4</sup>

## Resumo

As redes de coinventores de patentes são importantes para a aquisição de conhecimento e são capazes de determinar o desempenho inovativo das regiões. No entanto, ainda há relativamente poucas evidências empíricas que associem a estrutura da rede ao nível dos inventores e das regiões simultaneamente. Assim, este artigo aborda a rede de colaboração tecnológica no Brasil, por meio de dados de depósitos de patentes para o período de 2000 a 2011. A partir do uso das métricas da análise de redes sociais, as regiões brasileiras foram classificadas de acordo com a intensidade das ligações internas e externas existentes entre coinventores. Essa classificação possibilitou identificar as regiões com maior acesso a novas ideias e informações por meio dos fluxos de conhecimento intra e inter-regionais, que dão origem ao *local buzz* e ao *global pipelines*. As regiões com maior nível de patenteamento são mais propensas a se conectarem e apresentam elevada densidade nas ligações.

**Palavras-chave:** redes de colaboração; coinventores de patentes; local buzz; global pipelines; Brasil.

## Abstract

Patent co-inventorship networks are important for knowledge acquisition and can determine the innovative performance of regions. However, there is still relatively little empirical evidence which simultaneously associates the network structure at inventor and regional levels. Thus, this article discusses the technological collaboration network in Brazil by means of patent application data for the period 2000 to 2011. Using social network analysis metrics, the Brazilian regions were classified according to the intensity of internal and external connections between co-inventors. This classification enabled us to identify regions with greater access to new ideas and information through intra and inter-regional flows of knowledge, which give rise to local buzz and global pipelines. The regions with the highest level of patenting are more likely to connect and have a high linkage density.

**Keywords:** collaboration network; patent co-inventorships; local buzz; global pipelines; Brazil.

Área 10 - Economia Regional e Urbana  
Classificação JEL: D85; O31; R12; N76

<sup>1</sup> Os autores agradecem o apoio da Fapemig, CNPq e CAPES pelo financiamento e à equipe do INPI pelo acesso à base de dados. Artigo submetido ao 44º. Encontro Nacional de Economia, ANPEC, 2016.

<sup>2</sup> Professor Associado da FE/UFJF e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2- eduardo.goncalves@ufjf.edu.br

<sup>3</sup> Doutorando em Economia PPGE/FE-UFJF - inaciofaj@gmail.com

<sup>4</sup> Professora Assistente da FE/UFJF-Campus GV e Doutoranda em Economia PPGE/FE-UFJF – juliana.goncalves@ufjf.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

A inovação tem uma dimensão geográfica que se manifesta na importância da interação local entre os agentes que a promovem. A força desta interação, que permite transferência de conhecimentos tácitos e aprendizado no mesmo espaço geográfico, cria um processo conhecido como *local buzz* (Bathelt et al., 2004; Storper e Venables, 2004). A força da aglomeração local não se sustenta, porém, sem conexões com outras fontes regionais externas de conhecimento, denominadas *global pipelines*. Bathelt et al. (2004) ressaltam a complementaridade entre os conceitos de *local buzz* e *global pipelines*, em que estes últimos seriam canais que fortaleceriam as rotinas locais dos agentes inovadores.

Nesse contexto, as redes de colaboração científica e tecnológica, por permitirem o acesso a fontes diversificadas de conhecimento, são a chave para melhorar a competitividade regional (Cooke, Uranga e Etxebarria, 1997). Assim, diversos estudos têm destacado a importância das ligações entre as regiões, por meio das redes de colaboração de inventores, para o seu desempenho inovativo e econômico (Moreno e Miguélez, 2012; Strumsky e Thill, 2013; He e Fallah, 2014). Desse modo, a estrutura da rede de colaboração tecnológica em que as regiões se inserem influencia o seu potencial para aquisição de conhecimento (Ó hUallacháin e Lee, 2014). Quando ocupa boa posição na rede, a região cria vantagens que a permitem desfrutar de maior fluxo de conhecimento e acesso a ideias e a informações.

A formação das redes de colaboração entre inventores está associada aos avanços na fronteira da ciência ao exigir um crescente volume de conhecimento e conjuntos de habilidades complementares mais diversos, reforçando os incentivos para a constituição de equipes cada vez maiores de pesquisadores (Freeman, Ganguli e Goroff, 2014). Além disso, a colaboração é um meio de compartilhar riscos, acessar infraestrutura de forma conjunta e obter maiores fontes de financiamento. Nas últimas décadas, os esforços de invenção colaborativa têm aumentado em diversas áreas tecnológicas (Crescenzi, Nathan e Pose, 2016), e, associado à redução das barreiras geradas com a distância física, proporcionadas pelas tecnologias de comunicação e redução dos custos de transporte, permitiu-se a intensificação da colaboração científica e tecnológica entre regiões (Agrawal, Kapur e McHale, 2008). Assim, indiretamente, esses vínculos colaborativos têm a capacidade de criar ligações inter-regionais, que permitem transbordamentos de conhecimento.

Diversos estudos investigaram as relações nas redes de colaboração por meio de dados de copatenteamento ao nível de inventores (Wagner e Leydesdorff, 2005; Crescenzi, Nathan e Pose, 2016) e de regiões (Gao, Guan e Rousseau, 2011; Ó hUallacháin e Lee, 2014). Assim, a inovação é influenciada por esses dois níveis da rede de colaboração, inventores e sua localização (Gupta, Tesluk e Taylor, 2007). Contudo, ainda há relativamente poucas evidências empíricas que associem a estrutura da rede ao nível dos inventores e das regiões simultaneamente para analisar transbordamentos de conhecimento, *e.g.*, Breschi e Lenzi (2013). As análises, que abordam diferentes níveis, como regiões e indivíduos, fornecem uma perspectiva mais rica do fluxo de informação e do processo de inovação.

Portanto, este artigo tem como objetivo mapear os fluxos de conhecimento entre as regiões do Brasil por meio da rede de colaboração tecnológica de inventores em processos de patentes. As redes de copatenteamento são formadas a partir de ligações formais e intencionais de inventores, as quais independem da localização geográfica. Ao se mapear estes fluxos, pode-se verificar as fontes de conhecimento regionais que estão além dos limites territoriais de uma região em particular, ou seja, as fontes regionais internas e externas de conhecimento.

As redes de colaboração foram construídas a partir das ligações entre inventores identificadas em pedidos de patentes depositados no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) no período entre 2000 a 2011. Assim, foi possível classificar as 161 Regiões Intermediárias de Articulação Urbana, que formam o território brasileiro, pelo potencial em acessar e difundir conhecimento na rede intra e inter-regional. Portanto, o estudo identificou as regiões brasileiras em melhores posições estratégicas para acessar e usar ideias internas e externas a elas, sendo classificadas como *networking regions*, pois apresentam ligações de colaboração com elevado alcance interno e externo, como várias regiões que possuem capitais brasileiras importantes e outras cidades de porte médio, como, por exemplo, Belo Horizonte, Belém, Brasília, Campinas, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, Manaus, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Carlos, São José dos Campos, São Paulo. Apesar da importância da formação de

redes de colaboração científica ou tecnológica para o desempenho inovativo e econômico regional, não é de conhecimento dos autores pesquisas anteriores que investigaram a dimensão da produção colaborativa de conhecimento no Brasil por meio de dados de patentes.

O artigo está organizado da seguinte forma. A próxima seção apresenta o quadro conceitual dos fluxos de conhecimentos entre as regiões a partir da rede de copatenteamento. A terceira seção apresenta a metodologia de análise de redes sociais usada para mapear a rede de colaboração tecnológica no Brasil. A quarta seção descreve os dados brasileiros de patentes usados para construir a rede de coinventores. A quinta seção apresenta os resultados do estudo com base nas métricas de redes sociais e na classificação das regiões a partir dos fluxos de conhecimento intra e inter-regionais. Na sexta seção são apresentadas as conclusões e discutidas possíveis implicações dos resultados encontrados para a formulação de políticas.

## 2. REDES DE INVENTORES E FLUXOS DE CONHECIMENTO INTER-REGIONAL

A geração de inovação baseia-se na recombinação do conhecimento e ideias já existentes (Dosi, 1988). Assim, a competência das organizações para desenvolver inovações está relacionada à capacidade de recombinar e de explorar fontes de conhecimento internas e externas à elas (Cassiman e Veugelers, 2006). Desse modo, as redes de colaboração desempenham função de canais para o acesso à informação externa, destacando-se como fator importante para ocorrência de transbordamento de conhecimento. Segundo Bathelt et al. (2004), firmas e agentes de uma mesma aglomeração podem se beneficiar por manterem relações com atores externos ao cluster, o que é importante até mesmo para *world-class clusters*, que não podem sustentar de forma permanente a sua posição no estado da arte da criação de conhecimento. Quando a informação externa é acessada por um agente do *cluster*, o processo de *local buzz* age no sentido de difundir esta informação para o restante de agentes do *cluster*.

Em termos empíricos, vários autores identificaram o fluxo de conhecimento entre as regiões a partir das redes de colaboração formadas pelas ligações entre inventores em processo de patentes (Bergman e Maier, 2009; Maggioni, Uberti e Usai, 2011; Gao, Guan e Rousseau 2011; Moreno e Miguélez 2012; Strumsky e Thill, 2013; Breschi e Lenzi, 2013; He e Fallah, 2014; Ó Huallacháin e Lee, 2014). A Tabela 1 apresenta as principais contribuições desses estudos em medir a intensidade do fluxo de conhecimento intra e inter-regional, a partir da teoria da *social network analysis*.

No âmbito das redes de colaboração científica e tecnológica, a alta concentração local de inventores envolvidos em atividades complementares ou relacionadas é importante para o processo de inovação, pois cria um ambiente que facilita a difusão rápida e eficaz de informações (Strumsky e Thill, 2013). No entanto, em algum momento os inventores colocalizados podem começar a combinar e recombinar conhecimento local que, eventualmente, torna-se redundante e menos valioso (Moreno e Miguélez, 2012). Assim, as redes restritas às ligações locais podem sofrer um processo de *lock-in* tecnológico (He e Fallah, 2014).

A situação de *lock-in* pode ser originada em virtude de resistência à mudança, com vista a preservar estruturas industriais existentes. Isso pode retardar a reestruturação industrial e prejudicar o desenvolvimento do potencial criativo (Hassink, 2005), devido do fechamento da rede à formação de novas ligações. Ocorrências de *lock-in* são um problema que podem ser superados pelo acesso ao conhecimento além das fronteiras, uma vez que a geração de inovações e o crescimento regional, em grande parte, resultam da criação de ligações entre as regiões (Gluckler, 2007), gerando vantagens competitivas regionais (Bergman e Maier, 2009). Assim, o potencial inovador de uma região estará associado a sua capacidade de acessar fontes externas de conhecimento (Breschi e Lenzi, 2013).

**Tabela 1: Estudos que analisaram o fluxo de conhecimento intra e inter-regional por meio da rede de colaboração**

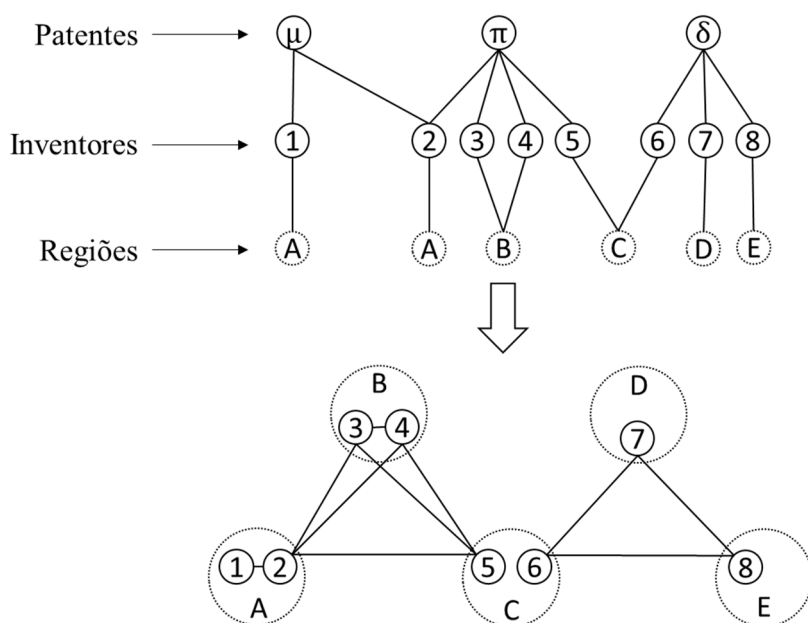
Autor	Abrangência	Objetivo do estudo	Principal resultado
Bergman e Maier (2009)	Regiões NUTS2 da Áustria.	Analisar as características das regiões que contribuem para o seu posicionamento dentro da rede de inovação.	Identificou os fatores são determinantes para as regiões ocuparem posição de destaque na rede.
Maggioni, Uberti e Usai (2011)	Redes de conhecimento nas 103 regiões NUTS3 italianas dados EPO de 1978 a 2003	Investigar as características dos fluxos de inovação entre as regiões.	The determinants of the level of inter-regional knowledge flows embedded in patents.
Gao, Guan e Rousseau (2011)	Dados de patentes chinesas do USPTO entre 1985 e 2007	Examine the geographic variations in the Chinese intraregional, inter-regional and international knowledge exchanges.	Intraregional and international collaborations are the main channels of knowledge exchange for the Chinese regions while interregional knowledge exchange is relatively weak.
Moreno Miguélez (2012)	Regiões NUTS2 em 31 países europeus no período entre 2002 e 2004.	Construir um indicador para medir a exposição regional a fontes externas de conhecimento.	Proposta de tipologia das regiões de acordo com a sua capacidade de acessar fontes externas de conhecimento.
Strumsky e Thill (2013)	Rede de inventores entre 2001 a 2006 na metropolitan statistical area (MSA)	Analisar o fluxo de conhecimento a partir da estrutura da rede de inventores nas áreas metropolitanas dos USA.	Criação de uma nova taxonomia urbana para as áreas metropolitanas nos USA.
Breschi e Lenzi (2013)	Knowledge networks in 331 US cities based on European Patent Office data for the period 1990–2004.	Analisar o papel desempenhado pelas redes de colaboração na difusão espacial do conhecimento científico e tecnológico.	Classification of US cities according to indicators aimed to capture US cities propensity to engage not only in local, but also in global knowledge exchanges.
He e Fallah (2014)	Inventor collaboration networks for 30 top-performing clusters based in American metropolitan cities.	Investigate the role of inventor collaboration networks in clusters in high-tech fields.	Inventor collaboration networks beget 'global pipelines', through access to knowledge external to the local cluster, avoiding technological lock-in.
Ó hUallacháin e Lee (2014)	Network of co-patenting in biotechnology from 1979 to 2009 in American	Explore the changing structures of collaborative systems of intermetropolitan co-patenting in American biotechnology from 1979 to 2009.	The system of collaboration approximates a core-periphery structure with core metropolitan areas strongly tied to one another while to peripheral areas have few or no local and extra-local knowledge exchange.

Fonte: Elaboração dos autores.

No entanto, para que as ligações inter-regionais que permitem o acesso ao conhecimento externo sejam eficazes, as ideias recebidas devem ser efetivamente difundidas dentro da região, o que pode ser realizado pelo local buzz. Neste processo, os inventores com fortes ligações externas são responsáveis pelos global pipelines na rede de copatenteamento. Quanto mais fortes as conexões externas mais potencialmente ligada estará a região com conjuntos distantes de conhecimento, e, portanto, maiores as chances em ganhar vantagens competitivas (Bergman e Maier, 2009). Strumsky e Thill (2013) apresentaram evidências de que a estrutura das redes de criação de conhecimento é fundamental para o desempenho econômico das regiões.

### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A *network social analysis* foi empregada com o objetivo de identificar os fluxos de conhecimento entre as regiões brasileiras, sendo possível mapear aquelas que estão em posição chave para a produção e transbordamento de conhecimento e identificar os componentes da rede de colaboração intra e inter-regional formada por cada inventor, autor do pedido de patente. De tal modo, a partir das ligações entre os inventores, foi possível rastrear os canais pelos quais percorre o conhecimento. Para a análise da rede de colaboração inventiva no Brasil, cada região foi definida como um nó e as ligações entre os inventores foram definidas como laços ou arestas dessa rede (Figura 1). A partir da modelagem de rede social foi possível quantificar a extensão em que os inventores de uma região estão conectados ou isolados, em relação a outras. Assim, além de comparar a evolução das redes de colaboração de inventores ao longo do tempo, foi proposta uma classificação das regiões brasileiras quanto ao seu potencial de acessar e transmitir conhecimento.



**Figura 1.** Construção da rede de coinventores a partir dos processos de pedidos de patentes

A evolução das redes de colaboração é identificada por meio de dois grupos de métricas de rede sociais<sup>5</sup>, apresentados na Tabela 2. O primeiro grupo refere-se a medidas de centralidade das regiões. Estas são importantes para comparar as diferentes regiões e identificar aquelas que são mais relevantes para a transferência de conhecimento na rede de colaboração. Todas essas medidas foram normalizadas para apresentarem um escore variando entre zero e um. As regiões com mais elevada *centrality degree* possuem maior número de ligações diretas com as demais, ocupando posição estrutural central na rede. Assim, a região que está diretamente ligada a todas as outras regiões possui esta medida com valor igual a um.

A centralidade *closeness* assume valores altos para as regiões que estão separadas das demais por menor distância geodésica, ou seja, caminho mais curto entre duas regiões, e mais eficiente para a

<sup>5</sup> Para maiores detalhes sobre as métricas para análise de redes consultar Newman (2010).

transferência de conhecimento. Essas regiões podem ter melhor acesso à informação, via ligações diretas ou indiretas, sendo um importante canal para os transbordamentos de conhecimento. A centralidade *betweenness*, por sua vez, mede a extensão em que uma região está localizada em caminhos geodésicos que ligam outras regiões. Assim, quanto maior o valor dessa centralidade, mais provável que a região seja uma mediadora da troca de conhecimento na rede.

As medidas de conectividade da rede formam o segundo grupo de métricas e identificam a estrutura de ligações entre as regiões, por meio do número médio de ligações, distância média, densidade, coeficiente de *clustering* e grau de centralização. Essas medidas de conectividade identificam o quanto os inventores da rede de colaboração estão próximos em termos relacionais, sendo possível captar a intensidade da difusão de informação e dos canais de transbordamentos de conhecimento na rede.

**Tabela 2: Medidas da *network social analysis***

Medida	Fórmula	Descrição
<b>Medidas de centralidade</b>		
Degree Centrality	$C_D(i) = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n-1}$	O <i>degree</i> da região ( <i>i</i> ) é igual ao total de ligações ( <i>k</i> ) da região, ponderada pelo número de regiões ( <i>n</i> ) subtraído a própria região.
Closeness Centrality	$C_c'(i) = \frac{\left[ \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n d_{ij} \right]^{-1}}{(n-1)}$	Identifica a região com menor distância média para as demais, medida pelo inverso da distância geodésica ( <i>d</i> ) – caminho mais curto – entre as regiões <i>i</i> e <i>j</i> , ponderada pelo número de regiões ( <i>n</i> ) subtraído a própria região.
Betweenness Centrality	$C_B'(i) = \frac{\sum_{\substack{k=1 \\ j \neq k}}^n d_{jk}(i)}{(n-1)(n-2)}$	Medida para o número de caminhos mais curtos ligando as regiões <i>j</i> e <i>k</i> passando pela região <i>i</i> , $d_{jk}(i)$ dividido pelo número total de caminhos mais curtos, $d_{jk}$ . O índice é normalizado pelo número de pares possíveis excluindo a própria região.
<b>Medidas de conectividade</b>		
Número médio de ligações	$AC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_D(i)$	Calculado pelo somatório da centralidade <i>degree</i> de todas as regiões ponderado pelo número de regiões na rede.
Distância média	$\bar{d} = \frac{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \{d_{ij}, \forall i, j \in V\}}{n(n-1)}$	Extensão média de todos os caminhos mais curtos (geodésicos) entre todos os pares de regiões na rede.
Densidade	$d = \frac{m}{n(n-1)}$	O número de ligações existentes ( <i>m</i> ) em relação ao total de ligações possíveis na rede.
Coeficiente de <i>clustering</i>	de $CC = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{2E(i)}{C_D(i)(C_D(i)-1)}}{n}$	O coeficiente de <i>clustering</i> da rede, com ligações não direcionadas, é igual ao valor médio dos coeficientes de <i>clustering</i> de todas regiões; onde $E(i)$ representa o número de pares de regiões que possuem ligações compartilhadas, formando uma tríade fechada existente na região <i>i</i> (forma-se uma tríade fechada quando a região <i>i</i> está ligada às regiões <i>j</i> e <i>k</i> , estando <i>j</i> conectada a <i>k</i> ) e $C_D(i)$ é a centralidade <i>degree</i> da região <i>i</i> .
Grau de centralização	de $C_D^* = \frac{\sum_{i=1}^n [C_D(i^*) - C_D(i)]}{(n-1)(n-2)}$	Identifica o quanto uma região está concentrando todas as ligações da rede. Calculado pela maior centralidade <i>degree</i> na rede, $C_D(i^*)$ , subtraída pelo <i>degree</i> das demais regiões e ponderada pelo número de pares possíveis excluindo a própria região.

Fonte: Elaboração dos autores.

O número médio de ligações capta a quantidade de ligações que as regiões possuem com as demais. Essa medida permite identificar se, ao longo do tempo, as regiões tendem à formação de redes mais densamente conectadas. A distância média é calculada a partir da distância geodésica média entre todas as regiões. Essa medida sugere que, quanto mais próximas as regiões, maiores as chances que novas informações e ideias cheguem mais rápido a todos os componentes da rede. A densidade das ligações entre as regiões é um indicador importante para medir o fluxo de conhecimento. A troca de conhecimento entre as regiões situadas em redes mais densas flui mais rápido, o que poderia aumentar a produtividade e reduzir o tempo entre os resultados inventivos (Strumsky e Thill, 2013).

O coeficiente de *clustering* é uma medida do grau de interligação na vizinhança de um vértice da rede (Watts e Strogatz, 1998), indicando se os contatos diretos de uma região também estão interligados, ou seja, como as regiões estão inseridas em sua vizinhança. A elevada formação de *clustering* na rede pode facilitar a difusão de informações, pois as ligações repetidas fornecem confiança possibilitando maior partilha de riscos em um grupo. No entanto, em uma região com elevado coeficiente de *clustering* a geração de novas ideias e a transmissão de informação é prejudicada, devido à redundância do conhecimento no interior da rede (Granovetter, 1973). O excesso de informação repetida na rede limita o potencial de criação de invenções ao inibir a existência e utilização de diversidade de conhecimento devido ao *lock-in* tecnológico (He e Fallah, 2014), o que pode prejudicar o desempenho inventivo e afetar negativamente a produção de patentes (Guan, Zhang e Yan, 2015).

O grau de centralização identifica a existência de regiões altamente conectadas na rede de colaboração. Assim, o índice assume o valor máximo, igual a um, quando a rede apresenta o formato de uma estrela, ou seja, quando uma única região concentra todas as ligações e, conseqüentemente, todo o fluxo de informação. Em redes com maior grau de centralização o fluxo de informação tende a ocorrer mais rápido, visto que à medida que as regiões que concentram a maior parte das ligações têm acesso a novas ideias e informações, a difusão ocorre mais rápido para toda a rede (Valente, 1995).

Os cálculos das medidas da estrutura das redes de coinventores de patentes nas regiões brasileiras foram realizados usando os *softwares* para análise de redes sociais UCINET (Borgatti, Everett e Freeman, 2002) e Gephi (Bastian, Heymann e Jacomy, 2009).

### 3.1. Medidas de intensidade do fluxo intra e inter-regional

As redes de coinventores de patentes são esparsas e fragmentadas, assim, os inventores costumam ser distribuídos em pequenos componentes desconexos, como identificado por Breschi e Lenzi (2013). No entanto, nas redes em que os seus membros estão fortemente ligados, o conhecimento e a informação tendem a se difundir mais rápido e com menos ruído do que em redes onde os seus componentes estão ligados por longas cadeias de laços (Strumsky e Thill, 2013). Como consequência, novas informações ou ideias podem rapidamente chegar a todos os demais membros da rede; e ser recombinação com outras fontes de conhecimento. Assim, a intensidade do fluxo de conhecimento vai depender tanto do nível de conectividade da rede em cada região quanto do número de inventores.

Desse modo, para medir a intensidade do fluxo de conhecimento é necessário identificar as ligações entre os inventores, seja na rede interna ou externa à região. Lobo e Strumsky (2008) e Strumsky e Thill (2013) classificaram as redes de colaboração interna (ou local) como as redes compostas por subconjuntos de inventores localizados dentro da região, enquanto que a rede externa (ou global) é composta de ligações entre inventores que residem em diferentes regiões. A Tabela 3 apresenta as medidas para captar esses dois tipos de fluxo de conhecimento e serão usadas para classificar as regiões de acordo com a intensidade do *local buzz* ou do *global pipeline*. Essas medidas são baseadas no indicador de intensidade de ligações proposto por Borgatti (2006) e aplicada por Breschi e Lenzi (2013).

**Tabela 3: Medidas de classificação da região a partir do fluxo de conhecimento local e global**

Medida	Fórmula	Descrição
<i>Internal reach</i>	$IR_i = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} \sum_{\substack{k=1 \\ i \neq k}}^{n_i} \frac{1}{d_{ik}}}{n_i}$	<p>O alcance interno da rede de coinventores da região <math>i</math> é a distância média entre todos os inventores da rede; onde <math>d_{ik}</math> é a distância geodésica que separa o inventor <math>i</math> do inventor <math>k</math> na <b>rede de coinventores local</b> (quando dois inventores não são acessíveis assume valor 0); <math>n_i</math> é o número total de inventores na região <math>i</math>.</p>
<i>External reach</i>	$ER_i = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} \sum_{h=1}^{n_h} \frac{1}{d_{ih}}}{n_i}$	<p>O alcance externo da rede de coinventores da região <math>i</math> captura a extensão em que os inventores da região possuem laços externos com todos os outros inventores localizados em todas as outras regiões; onde <math>d_{ih}</math> é a distância geodésica entre o inventor <math>i</math> e o inventor <math>h</math> na <b>rede de coinventores global</b>; <math>n_i</math> é o número de inventores localizados na região <math>i</math> e <math>n_h</math> denota o número de inventores localizados em outras regiões, e não localizados na região <math>i</math>.</p>

Fonte: Elaboração dos autores.

A medida de alcance interno varia entre 0 e  $n_i$  (número total de inventores na região  $i$ ), sendo igual a 0 quando cada inventor em uma região possui ligações externas, mas não colabora com nenhum inventor na própria região e  $n_i$  quando cada inventor está diretamente ligado a todos os outros inventores, sem intermediários. Esse índice fornece informação sobre o quanto os inventores dentro de uma região são bem conectados, seja por meio de ligações diretas ou por meio de intermediários, e, portanto, a intensidade dos fluxos de conhecimento. Sendo normalizado pelo  $n_i$ , o indicador permite captar simultaneamente o tamanho e a conectividade da rede, ambos os aspectos são determinantes para explicar o efeito *local buzz*.

A medida de alcance externo da rede de coinvenção varia entre 0 e  $n_h$ , sendo 0 quando todos os inventores da região  $i$  não estão ligados a qualquer inventor externo e  $n_h$  quando cada inventor na região  $i$  colabora diretamente com qualquer outro inventor em todas as outras regiões. Esse índice visa captar o grau de abertura das redes locais, através do número de ligações externas à região, ou seja, a intensidade do *global pipeline*. Assim, quanto maior o alcance externo de uma região mais rápido é o seu acesso a um maior conjunto de conhecimento e recursos externos.

Com base na proposta de topologia das cidades de Breschi e Lenzi (2013), os indicadores de alcance interno e de alcance externo, descritos na Tabela 3, foram usados para classificar as regiões brasileiras em termos de sua intensidade de ligações internas e externas. Desse modo, as regiões que apresentam ambos os indicadores acima da mediana do país foram consideradas *networking regions*. Aquelas com intensidade de ligações locais acima da mediana, mas com alcance externo abaixo da mediana foram nomeadas como *local regions*. Já as regiões orientadas para o exterior, com as ligações interna abaixo da mediana do país, mas as ligações externas acima da mediana, foram denominadas *global regions*. As regiões com alcance das ligações internas e externas abaixo da mediana do Brasil foram definidas como *isolated regions*. Essa classificação das cidades pode ser visualizada na Figura 2.

Diferente de Breschi e Lenzi (2013), para calcular o índice de alcance interno e de alcance externo, não foram considerados todos os inventores de uma região, e sim, somente aqueles que participaram de colaboração em termos de patenteamento, seja na rede local ou na rede global. Assim, as regiões que possuem apenas inventores isolados foram classificadas em uma nova tipologia, a *connectionless regions*, na qual foi consideradas as regiões que possuem apenas inventores sem nenhuma relação de coautoria nos processos de patenteamento. Para o caso do Brasil, a inserção dessa classificação mostrou-se importante para identificar a estrutura de patenteamento.



		<i>Global pipeline intensity</i>	
		<i>High</i>	<i>Low</i>
<i>Local buzz intensity</i>	<i>High</i>	<b>1. Networking regions</b> Regions with high levels of both global pipeline and local buzz intensity: <b>rede de inventores densamente conectada dentro da região e com muitas ligações externas</b>	<b>2. Local regions</b> Regions with a low global pipeline intensity but a high local buzz intensity: <b>rede de inventores densamente conectada dentro da região, mas com poucas ligações externas</b>
	<i>Low</i>	<b>3. Global regions</b> Regions with a high global pipeline intensity but a low local buzz intensity: <b>rede de inventores com baixa densidade dentro da região, mas com muitas ligações externas</b>	<b>4. Isolated regions</b> Regions with low levels of both global pipeline and local buzz intensity: <b>rede de inventores com baixa densidade dentro da região e com poucas ligações externas</b>

**Figura 2.** Dimensão dos fluxos de conhecimento entre as regiões

#### 4. BASE DE DADOS

O fluxo de conhecimento entre as regiões brasileiras foi identificado a partir dos dados de coautoria em processos de depósitos de patentes. Os dados e depósitos de patentes têm a vantagem de considerar maior parte do tamanho e extensão da atividade inovativa, e, conseqüentemente, a rede de inventores que patenteiam suas invenções, ao contrário dos dados de patentes concedidas que subestimariam o potencial inventivo e a formação de redes.

Os dados de depósito de patentes abrangem o período de 2000 a 2011 e fazem parte do banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI)<sup>6</sup>. A base de dados compreende 48.348 processos de depósito de pedido de patentes de invenção com inventores residentes no Brasil. Desses, apenas 915 processos, ou seja, 1,05%, contém além de inventores brasileiros, inventores estrangeiros. Sendo assim, dado o objetivo de restringir a análise aos aspectos internos de produção de conhecimento nas regiões brasileiras e a pouca representatividade desse tipo de interação, as ligações com coinventores estrangeiros não foram consideradas.

Além disso, foi necessário realizar um amplo filtro na base de dados para aperfeiçoar a identificação dos inventores, semelhante aos procedimentos realizados por Lissoni, Sanditov e Tarasconi (2006). Desse modo, os procedimentos envolveram: 1) uniformização dos nomes das cidades e dos inventores em relação aos caracteres das palavras; 2) identificação de homônimos com uso de número de inscrição do cadastro de pessoas físicas da Receita Federal, quando disponível; 3) pesquisa de inventores e seus endereços na internet, em alguns casos; 4) preenchimento dos dados de endereço quando o inventor possuía mesmo nome e cadastro de pessoas físicas em processos de patentes diferentes; e 5) a identificação de alguns homônimos e de seus endereços seguindo o seguinte critério: quando os inventores não tinham identificação do número de inscrição do cadastro de pessoa física e possuíam nomes idênticos, com pedidos de patentes realizados no mesmo ano e com coinventores em comum estes foram considerados a mesma pessoa, possuindo mesmo endereço.

A unidade territorial dos dados são as Regiões Intermediárias de Articulação Urbana<sup>7</sup>, identificadas em 161 regiões. A vantagem de usar essa agregação geográfica é considerar as regiões de influência dos centros urbanos, a partir da intensidade das ligações entre as cidades. Assim, cada região leva em consideração o efeito polarizador que cada área exerce sobre as demais. Desse modo, os limites da unidade

<sup>6</sup> O Instituto Nacional de Propriedade Intelectual é responsável pelo sistema brasileiro de concessão e garantia dos direitos de propriedade intelectual.

<sup>7</sup> As Regiões Intermediárias de Articulação Urbana fazem parte da Divisão Urbano-Regional, que classificou os municípios brasileiros a partir do Projeto Regiões de Influência das Cidades (REGIC), para maiores definições consultar IBGE (2013). A classificação ao nível de 161 regiões representa os centros urbanos que polarizam os bens e os serviços de alta complexidade, além de concentrarem, na escala regional, gestão pública e privada.

espacial não ficam restritos as fronteiras políticas, mas obedecem à intensidade de relações e à dimensão da região de influência de cada centro urbano.

Para suavizar a alta variabilidade na contagem anual dos depósitos de patentes em regiões menores, as redes de inventores consideraram dados agregados por triênios. Desse modo, foram construídas quatro redes de inventores referentes aos quatro triênios entre 2000 a 2011. A atribuição geográfica de uma patente a uma determinada região, seguindo Strumsky e Thill (2013), exige que pelo menos um inventor resida dentro da região. As ligações entre as regiões, formando as arestas das redes de colaboração, foram definidas da relação de coautoria nos depósitos de patentes, por meio dos processos atribuídos a mais de um inventor. Assim, os inventores podem ter laços de colaboração com outros inventores que residem na mesma região (ligações internas ou intrarregionais) ou em outras regiões (ligações externas ou inter-regionais).

## 5. RESULTADOS

A requisição de patenteamento no Brasil é crescente ao longo do tempo, como mostra a Tabela 4. O número de depósitos de patentes de invenção aumentou de 10.304 no triênio de 2000-2002 para 13.507 depósitos no triênio de 2009-2011, crescendo 31,07%. O copatenteamento cresceu mais rápido (107,15%), no primeiro triênio o número de patentes com mais de um inventor era de 2.111, no último foram 4.373. Assim, o número de processos com mais de um inventor aumento de 20,60% no triênio 2000-2002 para 32,55% no triênio 2009-2011. O tamanho médio das equipes aumentou de 1,37 inventores no primeiro triênio para 1,87 no triênio 2009-2011, indicando que a colaboração na inovação e na pesquisa científica é cada vez mais importante. Esse aumento no número de inventores em um mesmo processo também é observado em outros países (Ó hUallacháin e Lee, 2014 e Guan, Zhang e Yan, 2015). Portanto, os incentivos para a formação de equipes de pesquisadores são crescentes, para suprir a necessidade de fontes de financiamento e obter acesso à infraestrutura, além do aceso as formas complementares de conhecimento exigido com a evolução e complexidade da fronteira tecnológica.

**Tabela 4: Número de depósito de patentes de invenção no Brasil, 2000-2011**

	2000-2002	2003-2005	2006-2008	2009-2011
Patentes com um único inventor (%)	79,40	74,61	71,75	67,45
Copatenteamento (%)	20,60	25,39	28,25	32,55
Média de inventor por processo	1,38	1,53	1,61	1,78
Total de depósitos de patentes	10.249	12.075	12.591	13.433

Fonte: Elaboração dos autores

O alcance geográfico do depósito de patentes em coautoria, mostrado na Tabela 5, indica que, apesar de a maior parte do copatenteamento ser entre inventores residentes da mesma região, há uma tendência de aumento do copatenteamento inter-regional, de 16,68% no triênio 2000-2002 para 23,75% no último triênio. Isso revela a formação de uma rede mais ampla de colaboração de conhecimento, com aumento no número de regiões envolvidas no processo de patentes com coinvenção. Os pedidos de patentes inter-regional envolveram, principalmente, duas regiões.

**Tabela 5: Classificação do número de depósitos de patentes de invenção em coautoria intrarregional e inter-regional no Brasil, 2000-2011**

	2000-2002	2003-2005	2006-2008	2009-2011
Intrarregional (copatenteamento na mesma região)	83,32	78,52	78,56	76,25
Inter-regional (copatenteamento com região diferente)	16,68	21,48	21,44	23,75
Copatenteamento entre duas regiões	16,37	20,51	20,12	21,91
Copatenteamento entre três regiões	0,21	0,83	1,23	1,73
Copatenteamento entre quatro ou mais regiões	0,10	0,14	0,09	0,11

Fonte: Elaboração dos autores

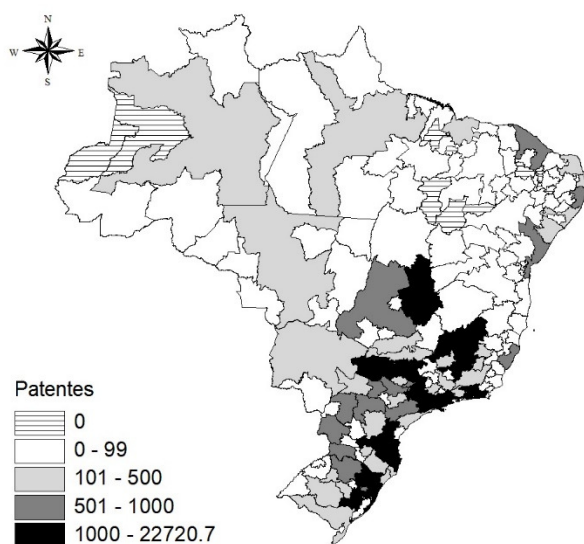
Para identificar o potencial das regiões em estabelecerem ligações ao longo do tempo, a Tabela 6 apresenta a dimensão da rede de copatenteamento entre 2000 a 2011. Pode-se observar que foi crescente o número de regiões envolvidas com processos de patenteamento além do aumento do número total de ligações. Assim, houve tendência de as regiões brasileira estarem mais densamente conectadas. O número de regiões isoladas das demais diminuiu e a proporção de regiões conectadas com quatro ou mais áreas aumentou significativamente.

**Tabela 6: Dimensão da rede de copatenteamento em processos de invenção, 2000-2011**

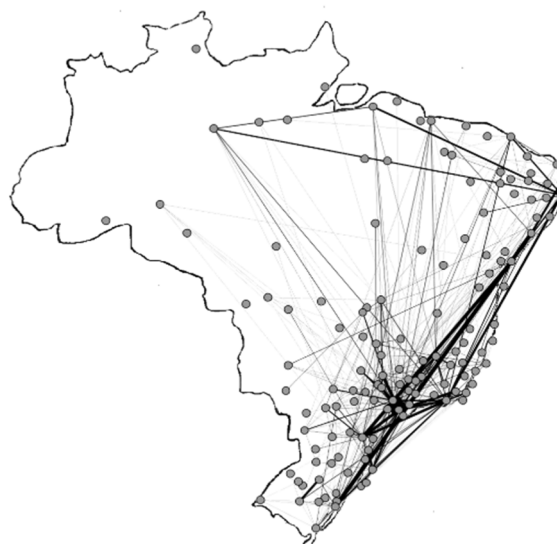
	2000-2002	2003-2005	2006-2008	2009-2011
Total de regiões com depósito de patente	127	128	129	135
Total de ligações entre as regiões	610	814	716	946
Regiões isoladas (%)	37,01	30,47	27,91	14,81
Regiões conectadas com uma área (%)	16,54	15,63	14,73	17,04
Regiões conectadas com duas áreas (%)	14,17	12,50	5,43	8,89
Regiões conectadas com três áreas (%)	5,51	2,34	10,08	8,15
Regiões conectadas com quatro ou mais áreas (%)	26,77	39,06	41,85	51,11

Fonte: Elaboração dos autores com base nos cálculos do *software* UCINET.

O número de depósitos totais de patentes das 161 regiões brasileiras, no período entre 2000 e 2011, é apresentado na Figura 3.1. Nessa figura é possível observar que a distribuição espacial da produção de patentes apresenta diferenças significativas entre as regiões, sendo que no Brasil, a maioria dos depósitos de patentes está concentrada na região centro-sul. Essa distribuição espacial da produção de patentes reflete-se nas ligações entre as regiões (Figura 3.2) - a espessura das linhas representa a intensidade das ligações entre as regiões. Assim, observa-se que um pequeno grupo de regiões concentram quase todas as ligações da rede. Esta é uma boa representação da produção colaborativa de conhecimento no país, permitindo identificar características importantes da estrutura geral da rede de inventores. Essa representação também ajuda a compreender o papel de cada região no de fluxo de conhecimento no Brasil.



**Figura 3.1.** Depósitos de patentes.

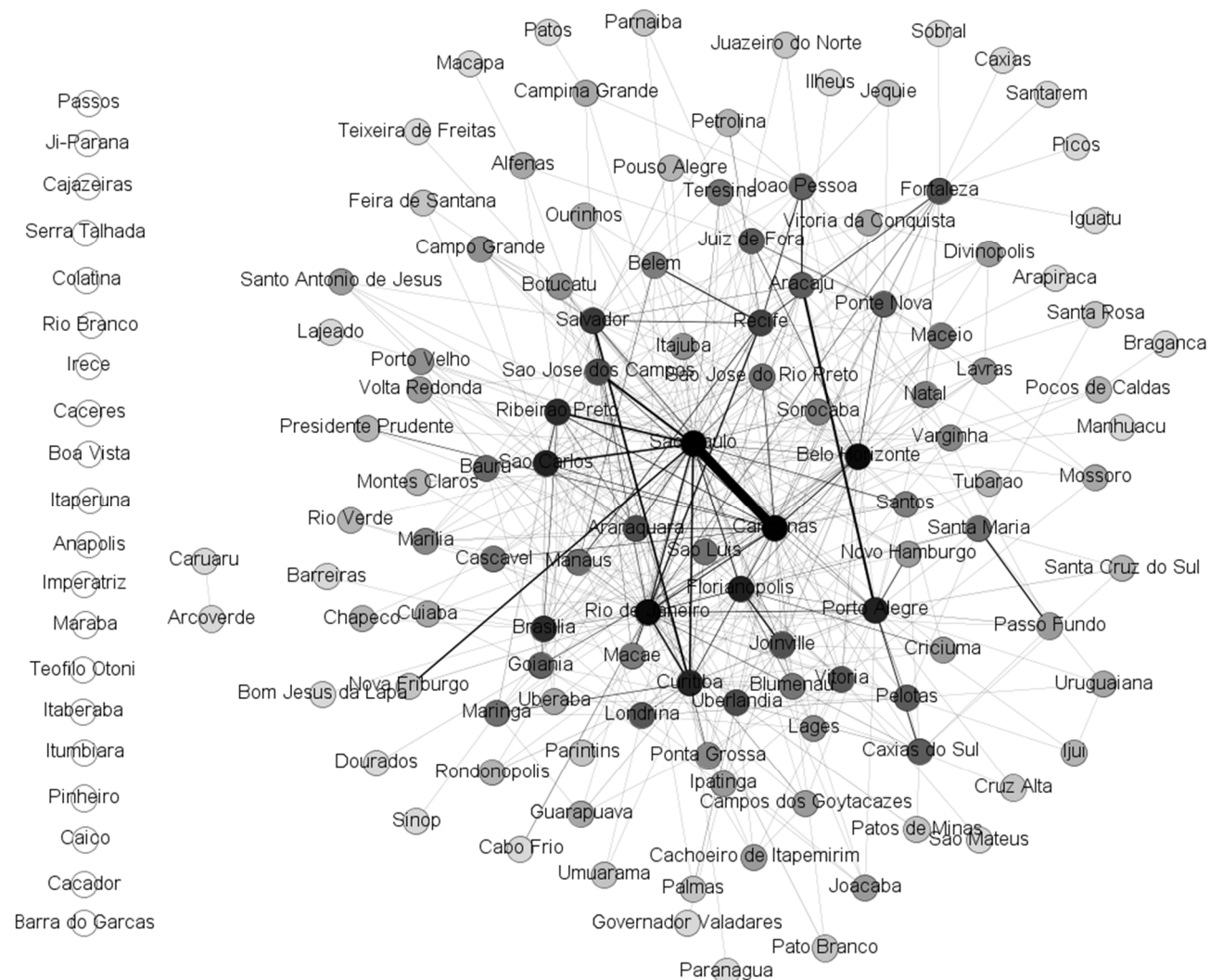


**Figura 3.2.** Mapa da rede de colaboração de inventores

**Figura 3.** Produção colaborativa de patentes no Brasil, 2000 a 2011

A Figura 4 mostra a rede de coinvenção de patentes no Brasil, no triênio 2009 a 2011. As conexões estão identificadas de acordo com a força de ligação entre região. Assim, a largura da linha é definida pela frequência de coautoria de patentes, indicando a força da colaboração entre cada par de regiões, enquanto a cor do círculo é mais escura de acordo com o número de ligações que a região possui. As regiões

desconectadas à rede apresentam processos de patentes com apenas ligações intrarregionais ou com inventores isolados. Nessa representação fica evidente a existência de um núcleo de regiões centrais altamente conectadas, seguido por um subgrupo de regiões com poucas conexões.



**Figura 4.** Rede inter-regional de colaboração em coautoria de patentes no Brasil, 2009-2011

Para melhorar a compreensão da importância de cada região na rede de colaboração, a próxima seção apresenta as medidas estruturais da rede, calculadas a partir das medidas apresentadas na Tabela 2. Assim, será possível identificar as regiões-chave para o fluxo de conhecimento e a evolução do formato da rede ao longo dos últimos anos.

### 5.1. Características estruturais da rede de colaboração tecnológica no Brasil

As principais regiões responsáveis pelo fluxo de conhecimento foram identificadas usando as medidas de centralidade da rede. Assim, a Tabela 7 apresenta as quinze regiões melhores classificadas pelas medidas de centralidade *degree*, *closeness* e *betweenness* no triênio 2000-2002 e no triênio 2009-2011. As regiões com elevadas medidas de centralidade têm maior capacidade de alcançar posição de destaque na rede, pois possuem poder de atrair novas regiões para gravitarem em seu entorno (Newman, 2010). Estas regiões também desfrutam de melhor eficiência inovativa, relacionada a maior produção de patentes (Guan, Zhang e Yan, 2015). No Brasil, as regiões de São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Florianópolis, Porto Alegre, Curitiba e Ribeirão Preto estiveram no top quinze nos dois triênios em todas

as medidas de centralidade. Além da ascensão na classificação da região de São Carlos, nas três medidas no triênio 2009-2011. Essas regiões contêm sedes de empresas nacionais e filiais de empresas multinacionais importantes, além de universidades e centros de pesquisa. Assim, além de possuírem muitas ligações e estarem situadas no caminho geodésico entre os pares de regiões, são cruciais para a transmissão de informações na rede de colaboração.

**Tabela 7: Medidas de centralidade por regiões (top quinze)**

Tabela 1: Medidas de centralidade por Região (top quinze)					
Degree		Closeness		Betweenness	
<b>2000-2002</b>					
São Paulo	0,325	São Paulo	0,272	São Paulo	0,091
Belo Horizonte	0,254	Belo Horizonte	0,267	Belo Horizonte	0,070
Campinas	0,254	Campinas	0,266	Rio de Janeiro	0,056
Rio de Janeiro	0,230	Rio de Janeiro	0,265	Porto Alegre	0,050
Curitiba	0,230	Curitiba	0,265	Campinas	0,042
Florianópolis	0,214	Florianópolis	0,264	Curitiba	0,039
Ribeirão Preto	0,198	Porto Alegre	0,264	Florianópolis	0,037
Londrina	0,190	Ribeirão Preto	0,262	Fortaleza	0,029
Porto Alegre	0,190	Londrina	0,262	Ribeirão Preto	0,020
Fortaleza	0,183	Fortaleza	0,261	Passo Fundo	0,019
Recife	0,167	Manaus	0,260	Londrina	0,011
Brasília	0,167	Recife	0,260	Recife	0,010
Manaus	0,159	Goiânia	0,260	Salvador	0,010
Goiânia	0,159	Brasília	0,260	Cascavel	0,010
Belém	0,151	Belém	0,259	Cruz Alta	0,010
<b>2009-2011</b>					
São Paulo	0,455	São Paulo	0,444	São Paulo	0,172
Campinas	0,381	Campinas	0,434	Campinas	0,101
Rio de Janeiro	0,321	Belo Horizonte	0,420	Rio de Janeiro	0,085
Belo Horizonte	0,306	Rio de Janeiro	0,417	Belo Horizonte	0,083
Florianópolis	0,224	Florianópolis	0,396	Fortaleza	0,063
São Carlos	0,216	São Carlos	0,394	Porto Alegre	0,050
Porto Alegre	0,216	Porto Alegre	0,391	Brasília	0,041
Curitiba	0,209	Curitiba	0,388	Florianópolis	0,039
Ribeirão Preto	0,187	Brasília	0,386	Curitiba	0,038
Brasília	0,187	Ribeirão Preto	0,383	Salvador	0,033
Salvador	0,157	Salvador	0,379	São Carlos	0,024
Recife	0,142	Recife	0,376	Ribeirão Preto	0,023
Uberlândia	0,127	Fortaleza	0,372	Vitória	0,019
Araraquara	0,127	Joinville	0,372	Goiânia	0,016
São José dos Campos	0,127	Aracaju	0,370	Aracaju	0,015

Fonte: Elaboração dos autores com base nos cálculos do *software* UCINET.

A Tabela 8 apresenta as medidas de conectividade entre as regiões. O número médio de ligações de cada região aumentou de 4,8 para 7,0 entre o primeiro e o último triênio, indicando que a rede de colaboração tecnológica brasileira tem se tornado mais conectada ao longo do tempo. As demais medidas de conectividade também indicam que houve tendência de a rede de colaboração tornar-se mais coesa, que permite novas ideias fluírem mais rápido para maior número de regiões. A distância média mostra que cada região está conectada a qualquer outra região, em média, por duas ou três ligações. O aumento da densidade e a redução do coeficiente de *clustering* refletem a intensificação da colaboração. Assim, cria-se a possibilidade de o conhecimento seguir caminhos alternativos para a sua difusão e, conseqüentemente, aumenta-se a probabilidade de que os inventores em qualquer região acessem as informações que fluem

por meio da rede. No triênio 2009-2011 o grau de centralização foi 0.401, enquanto no triênio 200-2002 era 0.284, assim, os grandes centros estão mais diretamente ligados às demais regiões. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento dos depósitos de patentes envolvendo as regiões mais centrais na rede de colaboração.

**Tabela 8: Medidas de conectividade da rede de coinventores de patentes ao nível das regiões**

	2000-2002	2003-2005	2006-2008	2009-2011
Número médio de ligações	4,803	6,359	5,550	7,007
Distância média	2,467	2,303	2,336	2,432
Densidade	0,038	0,050	0,043	0,052
Coeficiente de <i>clustering</i>	13,719	9,207	6,754	7,420
Grau de centralização	0,284	0,349	0,337	0,401

Fonte: Elaboração dos autores com base nos cálculos do *software* UCINET.

## 5.2. Classificação das regiões a partir do alcance das ligações internas e externas

A rede de colaboração ao nível dos inventores foi usada para analisar o alcance interno e externo das ligações da rede ao nível das regiões brasileiras. Desse modo, a fim de centrar a análise no período mais recente, foi usada a base de dados com 14.909 inventores no triênio de 2009 a 2011. O alcance interno e externo das ligações foi calculado a partir das medidas descritas na Tabela 3. Assim, a localização do inventor ao longo de todo o triênio foi atribuída à região que aparece com maior frequência. Devido a necessidade em atribuir uma única localização de endereço para cada inventor.

As regiões brasileiras, portanto, foram classificadas em cinco grupos, com base na sua propensão a se envolverem em conexões internas (*local buzz*) ou externas (*global pipelines*). Cerca de 18% das regiões não foram classificadas, pois não apresentaram depósitos de patentes no triênio de 2009 a 2011. As demais regiões foram classificadas, a partir das medidas de alcance interno e externo das ligações em: *networking regions*, *local regions*, *global regions*, *isolated regions* e *connectionless regions*. Cada classificação possui, respectivamente, 37, 15, 15, 36 e 29 regiões. Os resultados dessa classificação são apresentados na Figura 5 e a sua distribuição espacial na Figura 6. Apesar da produção de patentes ser concentrada na região centro-sul do país, a classificação segundo a intensidade das ligações externas e internas são distribuídas ao longo do território sem apresentar padrões de concentração semelhante à produção de patentes.

Os fluxos do tipo *global pipelines* podem ser muito valiosos, pois permitem a geração de novos conhecimentos a ser trocados entre as diferentes regiões (Breschi e Lenzi, 2013). No entanto, as redes de colaboração também necessitam relacionamentos próximos, dentro da mesma região, para facilitar a difusão de conhecimento (Ó hUallacháin e Lee, 2014). Desse modo, as regiões onde com elevado alcance interno e externo das ligações foram classificadas como *networking regions*. Essas regiões possuem maior capacidade de acesso ao conhecimento externo e facilidade de fluxo de informação, ou seja, com menos ruído e beneficiando um maior número de inventores. Além disso, a conectividade entre essas regiões é alta, ou seja, os inventores estão mais próximos e menos fragmentados ou desconectados. Assim, essas regiões, onde a intensidade das ligações internas não é elevada, foram classificadas como *global regions*. Por não apresentarem intensas ligações locais, estas regiões podem apresentar barreiras ao fluxo de informação intrarregional.

*Global pipeline intensity*

*High*

*Low*

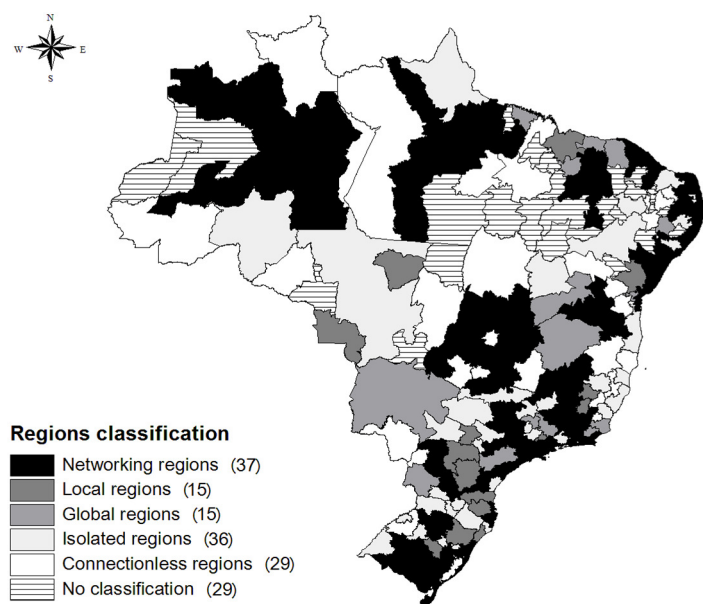
<i>Local buzz intensity</i>	<i>High</i>	<p><i>1. Networking regions</i></p> <p>Aracaju, Araraquara, Belo Horizonte, Belém, Botucatu, Brasília, Cabo Frio, Campina Grande, Campinas, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, Guarapuava, João Pessoa, Juiz de Fora, Lavras, Macaé, Maceió, Manaus, Maringá, Natal, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Recife, Ribeirão Preto, Rio de Janeiro, Salvador, Santa Maria, Santos, São Carlos, São José dos Campos, São Paulo, Teresina, Uberlândia, Vitória da Conquista</p>	<p><i>2. Local regions</i></p> <p>Blumenau, Caxias do Sul, Criciúma, Cáceres, Feira de Santana, Ipatinga, Itajubá, Joinville, Londrina, Marília, Ponta Grossa, Ponte Nova, Santa Cruz do Sul, Sinop, São Luís</p>
	<i>Low</i>	<p><i>3. Global regions</i></p> <p>Alfenas, Arcoverde, Bom Jesus da Lapa, Bragança, Campo Grande, Campos dos Goytacazes, Cascavel, Caxias, Montes Claros, Nova Friburgo, Parnaíba, Santo Antônio de Jesus, Sobral, Sorocaba, Varginha</p>	<p><i>4. Isolated regions</i></p> <p>Arapiraca, Barreiras, Bauru, Cachoeiro de Itapemirim, Caruaru, Caçador, Chapecó, Cruz Alta, Cuiabá, Divinópolis, Governador Valadares, Ilhéus-Itabuna, Joaçaba, Juazeiro do Norte, Lages, Lajeado, Macapá, Mossoró, Novo Hamburgo, Ourinhos, Paranaguá, Passos, Pato Branco, Petrolina, Porto Velho, Pouso Alegre, Poços de Caldas, Presidente Prudente, Santa Rosa, São José do Rio Preto, São Mateus, Tubarão, Uberaba, Uruguaiana, Vitória, Volta Redonda</p>

**Figura 5.** Classificação das regiões pela intensidade das ligações internas e externas<sup>8</sup>

No caso brasileiro, observa-se que um número significativo de regiões que não exploram as fontes de conhecimento externo. As regiões com fortes ligações internas, mas com fracas conexões externas, foram classificadas como *local regions*. Aquelas que além de possuírem poucas conexões externas também possuem inventores francamente conectados dentro da própria região foram classificadas como *isolated regions*. Esse baixo grau de ligações externas indica que a economia local não é capaz de adquirir e dominar o conhecimento de fora da região e, desse modo, tornam-se bloqueadas ao acesso de fontes diversificadas de conhecimento. Assim, correm o risco de serem menos inovadoras e estarem sujeitas ao *lock-in* tecnológico.

Por outro lado, as conexões entre os inventores para fora da região possuem efeito positivo sobre o desempenho inovativo regional, dado que estas ligações podem transmitir aos inventores de uma região, fluxos externos de conhecimento (Strumsky e Thill, 2013). Assim, as ligações inter-regionais são importantes para a aquisição de novas ideias, evitando situações de *lock-in* tecnológico. Assim, as regiões com maior acesso ao conhecimento externo possuiriam maiores condições de reinventar-se continuamente, ocupando, assim, posições estratégicas na rede. Assim, é importante equilibrar as ligações locais e não locais para garantir uma quantidade satisfatória de adoção e criação de conhecimento. Portanto, esses laços internos e externos são complementares e se reforçam mutuamente (Breschi e Lenzi, 2013).

<sup>8</sup> *Connectionless regions*: Anápolis, Barra do Garças, Boa Vista, Caicó, Cajazeiras, Colatina, Dourados, Ijuí, Imperatriz, Irecê, Itaberaba, Itaperuna, Itumbiara, Jequié, Ji-Paraná, Manhauçu, Marabá, Palmas, Parintins, Patos, Patos de Minas, Pinheiro, Rio Branco, Rio Verde, Santarém, Serra Talhada, Teixeira de Freitas, Teófilo Otoni e Umuarama.



**Figura 6.** Classificação das regiões brasileiras quanto à força das ligações internas e externas.

A Tabela 9 apresenta a densidade das ligações da rede de colaboração regional, por tipologia, obtida a partir da classificação da intensidade das ligações internas e externas. Os valores na diagonal da tabela representam a força das ligações dentro das tipologias. A densidade das ligações entre as regiões classificadas em *networking regions* é a mais elevada, formando o núcleo central da rede, com densidade de 0,29, ou seja, essas regiões apresentam 29% das ligações possíveis da rede. A densidade das ligações internas às classificações das demais regiões é baixa, o que demonstra que as colaborações entre os inventores desse grupo de regiões são raras. No entanto, a densidade das ligações entre o núcleo central da rede (*networking regions*) e o núcleo periférico (*local regions*, *global regions*, *isolated regions* e *connectionless regions*) indica que existem trocas de conhecimento entre esses dois núcleos.

**Tabela 9: Densidade das ligações entre as regiões por tipologia, 2009 a 2011**

	Networking Regions	Local Regions	Global Regions	Isolated Regions	Connectionless Regions
Networking regions	0,29	0,15	0,08	0,07	0,01
Local regions	0,15	0,05	0,00	0,03	0,01
Global regions	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00
Isolated regions	0,07	0,03	0,01	0,01	0,00
Connectionless regions	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração dos autores com base nos cálculos do *software* UCINET.

A Tabela 10 apresenta dados do desempenho inventivo e econômico das regiões a partir da classificação por tipologia da intensidade dos fluxos internos e externos. As regiões classificadas como *networking regions* concentram 77,89% do total de patentes, 48,67% do Produto Interno Bruto (PIB) e 61% da população. Esse resultado sugere que a intensidade das ligações entre os inventores e, principalmente, o desempenho inovativo estão diretamente relacionados. Além disso, o grupo de regiões que apresentam menor participação no PIB também apresenta produção de patentes relativamente baixa. Cabe ressaltar que, o potencial das regiões em participar de redes de colaboração influencia a sua capacidade de assimilar e processar informações, afetando, assim, a sua atividade inovativa e econômica. No entanto, a relação entre o fluxo de informação na rede de colaboração e a produção de patentes é influenciada por outros fatores, que não fazem parte do escopo dessa pesquisa.



**Tabela 10: Desempenho inovativo e econômico por tipologia, 2009 a 2011**

	Networking Regions	Local Regions	Global Regions	Isolated Regions	Connectionless Regions
Média de patentes por região	243,55	77,26	20,77	27,65	3,25
Participação no total de patentes (%)	77,87	10,02	2,69	8,60	0,81
Participação no PIB nacional (%)	48,67	8,20	4,85	30,80	5,77
Participação na população (%)	61,00	7,12	6,69	13,66	7,26

Fonte: Elaboração dos autores. Dados do PIB e tamanho da população para o ano de 2011 obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Nota: 1,71% do PIB e 4,27% da população pertencem às regiões não classificadas, pois não apresentaram atividade de patenteamento.

A teoria de redes indica que a probabilidade da formação de uma ligação é proporcional ao número de ligações do componente da rede. Desse modo, políticas de integração regional, que visem promover maior participação das regiões periféricas, poderiam estimular as ligações entre estas e as regiões centrais. Visto que, as regiões que concentram maior volume de ligações possuem maior capacidade de ligar àquelas desconectadas, permitindo o acesso ao conhecimento que flui na rede à todas as regiões. Desse modo, ligações entre as regiões do núcleo central da rede e regiões periféricas, com pouca ou nenhuma troca de conhecimento local possibilitaria construir um canal de transferência de conhecimento capaz de melhorar a capacidade de inovação dessas regiões, rompendo situações de *lock-in* tecnológicos. Portanto, para as regiões mais periféricas seria mais eficaz o acesso ao conhecimento nas regiões centrais (Hoekman, Frenken e Oort, van, 2009), enriquecendo a atividade inventiva regional. No entanto, mais estudos são necessários para validar essas proposições.

## 6. CONCLUSÕES

Este artigo mapeou a rede de colaboração tecnológica no Brasil, a partir dos dados de depósitos de patentes, que abrangem o período entre 2000 a 2011. Foram usadas diferentes métricas da análise de redes para identificar fluxos de conhecimento entre as regiões. Assim, a partir desse estudo, as regiões foram classificadas em cinco diferentes tipologias, baseada na intensidade das suas ligações internas e externas. Essa classificação possibilitou identificar as regiões com maior acesso a novas ideias e informações. Desse modo, essa taxonomia identificou a propensão dos inventores em acessar o conhecimento produzido dentro e fora da região. Assim, o estudo identificou tanto os fluxos de conhecimento intrarregional, que dão origem ao *buzz local*, quanto os fluxos inter-regionais, que formam *global pipelines*. Os resultados apontam que as regiões com maior nível de patenteamento são mais propensas a se conectarem entre si e apresentam elevada densidade nas ligações. Além disso, constatou-se indícios de que a tipologia proposta para as regiões está associada ao desempenho inovativo e econômico regional.

A produção de conhecimento tem se tornado uma preocupação central para as empresas e formadores de políticas públicas, devido à importância da ciência e tecnologia para garantir competitividade. No entanto, ainda não existe uma agenda política específica no Brasil com o objetivo de promover a integração regional em termos de intensificar o fluxo de conhecimento entre as regiões, tendo em vista torná-las mais inovadoras. Além disso, ainda não é totalmente conhecida a dimensão regional da produção colaborativa de conhecimento no Brasil. Desse modo, a formulação de políticas pode se beneficiar do mapeamento dos fluxos de conhecimento entre as regiões. Assim, seria possível incentivar a formação de redes de colaboração tecnológica como forma de promover maior eficiência na atividade inventiva.

Uma possível limitação do estudo seria que os fluxos de conhecimento podem ocorrer através de outros canais além das redes de inventores de patentes. Assim, essas redes representam apenas uma parte do sistema de difusão de conhecimento, pois muitas ideias e invenções podem não aparecer em bancos de dados de patentes. Além disso, pesquisas futuras poderiam determinar o quanto as propriedades da rede de

colaboração de invenção e a topologia das regiões determinam o desempenho inovativo e econômico regional.

## REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, A.; KAPUR, D.; MCHALE, J. How do spatial and social proximity influence knowledge flows? Evidence from patent data. **Journal of Urban Economics**, v. 64, n. 2, p. 258–269, 2008.
- BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. **Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media**, p. 361–362, 2009.
- BATHELT, H.; MALMBERG, A.; MASKELL, P. Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation'. **Progress in Human Geography**, v. 28, n. 1, p. 31–56, 2004.
- BERGMAN, E.; MAIER, G. Network central: regional positioning for innovative advantage. **The Annals of Regional Science**, 2009.
- BORGATTI, S. P. Identifying sets of key players in a social network. **Computational and Mathematical Organization Theory**, v. 12, n. 1, p. 21–34, 2006.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. UCINET 6 for Windows: Software for social network analysis (Version 6.102). **Harvard, MA: Analytic Technologies**, 2002.
- BRESCHI, S.; LENZI, C. Local Buzz Versus Global Pipelines and the Inventive Productivity of US Cities. *In*: SCHERNGELL, T. (Ed.). . **The Geography of Networks and R&D Collaborations**. Switzerland: Springer International Publishing, 2013. p. 299–315.
- CASSIMAN, B.; VEUGELERS, R. In search of complementarity in innovation strategy: Internal R&D and external knowledge acquisition. **Management Science**, v. 52, n. 1, p. 68–82, 2006.
- COOKE, P.; URANGA, M. G.; ETXEBARRIA, G. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. **Research Policy**, v. 26, n. 4-5, p. 475–491, 1997.
- CRESCENZI, R.; NATHAN, M.; POSE, A. R. Do inventors talk to strangers? On proximity and collaborative knowledge creation. **Research Policy**, v. 45, n. 1, p. 177–194, 2016.
- DOSI, G. Sources , Procedures , and Microeconomic Effects of Innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, n. 3, p. 1120–1171, 1988.
- FELDMAN, M. P.; KOGLER, D. F. Stylized Facts in the Geography of Innovation. *In*: HALL, B. H.; ROSENBERG, N. (Eds.). . **Handbook of The Economics of Innovation, Vol. 1**. 1st Editio ed. Amsterdam: North Holland, 2010. v. 1p. 381–410.
- FREEMAN, R. B.; GANGULI, I.; GOROFF, R. M. **Why and Wherefore of Increased Scientific Collaboration** NBER Working Paper No. 19819: NBER Working Paper. Cambridge, MA: [s.n.].
- GAO, X.; GUAN, J.; ROUSSEAU, R. Mapping collaborative knowledge production in China using patent co-inventorships. **Scientometrics**, v. 88, n. 2, p. 343–362, 2011.
- GLUCKLER, J. Economic geography and the evolution of networks. **Journal of Economic Geography**, v. 7, n. 5, p. 619–634, 2007.
- GRANOVETTER, M. S. **The Strength of Weak Ties** American Journal of Sociology, 1973.
- GUAN, J.; ZHANG, J.; YAN, Y. The impact of multilevel networks on innovation. **Research Policy**, v. 44, n. 3, p. 545–559, 2015.
- GUPTA, A. K.; TESLUK, P. E.; TAYLOR, M. S. Innovation At and Across Multiple Levels of Analysis. **Organization Science**, v. 18, n. 6, p. 885–897, 2007.
- HASSINK, R. How to unlock regional economies from path dependency? From learning region to learning cluster. **European Planning Studies**, v. 13, n. 4, p. 521–535, 2005.
- HE, J.; FALLAH, M. H. Dynamics of Inventor Networks and the Evolution of Technology Clusters. **International Journal of Urban and Regional Research**, v. 38, n. 6, p. 2174–2200, 2014.
- HOEKMAN, J.; FRENKEN, K.; OORT, F. VAN. The geography of collaborative knowledge production in Europe. **The Annals of Regional Science**, v. 43, n. 3, p. 721–738, 2009.
- IBGE. **A rede urbana de Santa Catarina—abordagem trans-escalar**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013.
- LISSONI, F.; SANDITOV, B.; TARASCONI, G. **The Keins database on academic inventors:**

**methodology and contents:** CESPRI Working Paper 181. Milan: Università Bocconi, 2006.

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.

MAGGIONI, M. A.; UBERTI, T. E.; USAI, S. Treating Patents as Relational Data: Knowledge Transfers and Spillovers across Italian Provinces. **Industry & Innovation**, v. 18, n. 1, p. 39–67, 2011.

MORENO, R.; MIGUÉLEZ, E. A relational approach to the geography of innovation: a typology of regions. **Journal of Economic Surveys**, v. 26, n. 3, p. 492–516, 2012.

NEWMAN, M. E. J. **Networks: An introduction**. 1st Editio ed. New York: Oxford University Press, 2010.

Ó HUALLACHÁIN, B.; LEE, D.-S. Urban centers and networks of co-invention in American biotechnology. **The Annals of Regional Science**, v. 52, n. 3, p. 799–823, 2014.

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

STRUMSKY, D.; THILL, J.-C. Profiling U.S. metropolitan regions by their social research networks and regional economic performance. **Journal of Regional Science**, v. 53, n. 5, p. 813–833, 2013.

VALENTE, T. W. **Network models of the diffusion of innovations**. Cresskill, New Jersey: Hampton Press, 1995.

WAGNER, C. S.; LEYDESDORFF, L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. **Research Policy**, v. 34, n. 10, p. 1608–1618, 2005.

WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective dynamics of “small-world” networks. **Nature**, v. 393, n. 6684, p. 440–2, 1998.