

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

FACULDADE DE ECONOMIA

MESTRADO EM ECONOMIA

RODRIGO SIQUEIRA RODRIGUEZ

**HIERARQUIA URBANA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INVENÇÕES NO
BRASIL**

Juiz de Fora

2016

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

Rodriguez, Rodrigo Siqueira.
Hierarquia urbana e distribuição espacial de invenções no Brasil / Rodrigo Siqueira Rodriguez. -- 2016.
100 p. : il.

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

1. Hierarquia Urbana. 2. Patentes. 3. Brasil. I. Gonçalves, Eduardo, orient. II. Título.

RODRIGO SIQUEIRA RODRIGUEZ

**HIERARQUIA URBANA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INVENÇÕES NO
BRASIL**

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

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves

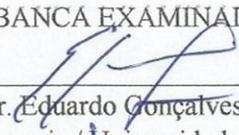
RODRIGO SIQUEIRA RODRIGUEZ

**HIERARQUIA URBANA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INVENÇÕES NO
BRASIL**

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

Aprovada em 20/2/16

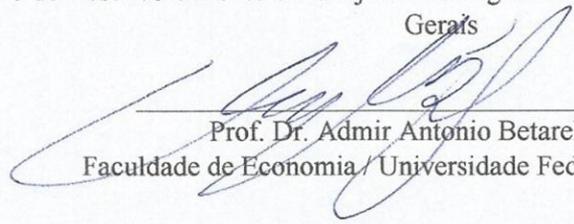
BANCA EXAMINADORA



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



Prof. Dr. Rodrigo Ferreira Simões
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional / Universidade Federal de Minas Gerais



Prof. Dr. Admir Antonio Betarelli Junior
Faculdade de Economia / Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho a todos os economistas que fizeram desta ciência poesia aos meus olhos, caminho de perguntas ainda não respondidas. Para eles, inspirados na esperança de um mundo melhor, na mudança, na transformação.

AGRADECIMENTOS

Agradecer em um pedaço de papel que será recorrentemente revisitado é uma tarefa que exige o resgate das memórias e desafios apreendidos ao longo desses dois anos. São os momentos e as ações que constroem, transformam e criam toda as ideias materializadas nesta dissertação.

São aos momentos memoráveis e às pessoas que compartilharam comigo tais momentos, sem exceção, que dedicarei este trabalho. Passar os momentos difíceis com as pessoas certas me fizeram não desistir dos meus objetivos.

Dedico primeiramente essa obra à minha família e ao homem que fez essa família unida, meu avô Geraldo Bento dos Santos *in memoriam*. A minha família foi, ao longo dessa trajetória, uma entidade própria que esteve presente em todos os momentos que passei. Sempre ao meu lado, só tenho a agradecer meus familiares: mãe Eliani, avó Natalina, irmã Adriana, padrasto Marcelo, tios, primos, cunhados e agregados.

Dedico também aos momentos com minha companheira Juliana Brasileiro, a namorada que ao longo dessa etapa se tornou noiva, futuramente esposa, e vivenciou ao meu lado todos os momentos de confiança e apoio. Não posso esquecer de dedicar aos momentos de saudade, os 190 km de distância que separam Niterói e Juiz de Fora. Rever quinzenalmente esses quilômetros não foi uma tarefa fácil para ambos, principalmente quando haviam provas que postergavam ainda mais nossos encontros. Agradeço muito a ela pela paciência.

Os momentos de trabalho poderiam ser enunciados aqui como os mais difíceis, mas nessa trajetória existiram inúmeras pessoas que tornaram tais momentos agradáveis, sendo momentos vividos em um ótimo ambiente. Tais momentos devem ser dedicados principalmente pelo papel atuante de meu orientador Prof. Dr. Eduardo Gonçalves, que estabeleceu um ritmo de disciplina e esforço desde às primeiras reuniões, direcionando este trabalho ao estado final.

São, sem dúvidas, momentos lembrados pela grande responsabilidade e comprometimento das pessoas a minha volta. Momentos dos quais não posso deixar de citar o Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli e seus importantes apontamentos durante todas as etapas do projeto.

Não há como esquecer de agradecer àqueles que participaram da defesa, a etapa final. Agradeço ao Prof. Dr. Admir Betarelli pelos apontamentos e sugestões, assim como ao Prof. Dr. Rodrigo Ferreira Simões, que exerceram papel fundamental na construção dessa versão final.

Os momentos com os amigos não foram especiais somente pelas amizades construídas, sendo também momentos de ampliação dos meus horizontes de estudo da economia. Quero que fiquem registrados aqui os amigos Michel Souza, Alexandre Rabelo, Alexandre Mejdalani, Ananias Vitor, Elder Souza, Gabriel Dias e Priscila Medeiros, pelos momentos importantes que passamos juntos, principalmente os momentos de alegria e vitória.

Àqueles que direta ou indiretamente participaram desses momentos, como os funcionários da faculdade, a coordenação, o pessoal da limpeza e manutenção, da cantina, também ficam registrados os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo a aplicação empírica de medidas de hierarquia urbana (Lei de Zipf) no mapeamento da distribuição das invenções brasileiras, identificadas a partir dos depósitos de patentes. Para isso, utilizam-se informações fornecidas pela BADEPI/INPI para análise de dados de patentes, no período 2000-2011. A análise é direcionada primeiramente a partir do conceito de domínios e subdomínios tecnológicos, com objetivo de caracterizar as diferenças regionais específicas de cada atividade tecnológica. Posteriormente, utiliza-se do conceito de escala urbana para verificar os efeitos da urbanização sobre as invenções nas regiões brasileiras. Os resultados sugerem padrões de distribuição distintos entre as tecnologias no Brasil, além de confirmarem a importância das economias urbanas em gerarem retornos crescentes à escala na atividade inventiva no Brasil.

Palavras-chave: Hierarquia urbana; Patentes; Brasil.

ABSTRACT

This thesis aims an empirical application of urban hierarchy measures (Zipf's law) in mapping the distribution of Brazilian inventions, identified from the patent applications. For this, it uses patent application data provided by Brazilian Patent Office (INPI) over the period 2000-2011. The analysis is primarily directed from the concept of technological domains and subdomains, in order to characterize the specific regional differences of each technological activity. Later, we use the concept of urban scale to check the effects of urbanization on inventions in the Brazilian regions. The results suggest different distribution patterns among technologies in Brazil, in addition to confirming the importance of urban economies on generation of increasing returns to scale in inventive activity in Brazil.

Keywords: Urban hierarchy; Patents; Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Divisão Urbano-Regional ao nível intermediário com base no REGIC-2007 (municípios-polo marcados como pontos em vermelho).....	44
Figura 2. Distribuição espacial das ocorrências de subclasses tecnológicas dos depósitos de patentes brasileiros, segundo o conceito de Regiões Intermediárias da Divisão Urbano-Regional da REGIC (2000-2011)	46
Figura 3. Distribuição de todas as regiões intermediárias de articulação urbana do Brasil para a média da população (2000-2011) e total de patentes (2000-2011).....	48
Figura 4. Distribuição das ocorrências padronizadas de códigos IPCs por subdomínios tecnológicos no Brasil para o período 2000-2011	64
Figura 5: Mapas de <i>clusters</i> espaciais para os subdomínios tecnológicos selecionados (2000-2011)	69
Figura 6: I de Moran Local Bivariado da soma de Patentes (2000-2011) e variáveis selecionadas.	70
Figura 7. Distribuição espacial das conexões de inventores entre regiões no Brasil (2000-2011) com destaque para as principais regiões conectivas.	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribuição tecnológica do sistema brasileiro de inovação de acordo com suas participações relativas ao total (2000-2011).....	47
Gráfico 2. Distribuição dos domínios tecnológicos para grupo de regiões selecionadas de acordo com suas participações relativas ao total.	47
Gráfico 3. Distribuição log x log das ocorrências de IPCs e sua respectiva classificação para o período 2000-2011.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Hierarquia urbana das cidades de acordo com suas funções internacionais.....	31
Quadro 2. Agrupamento das subclasses tecnológicas em domínios e subdomínios tecnológicos	41
Quadro 3. Agrupamento dos subdomínios tecnológicos no Brasil de acordo com os resultados dos coeficientes de Zipf e Gini (2000-2011)	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatísticas descritivas e informações básicas das ocorrências de códigos IPC citados de acordo com as principais regiões intermediárias de articulação urbana (2000-2011)	45
Tabela 2. Resultados das estimações dos coeficientes de Zipf, Gini e I de Moran para estatísticas de patentes e códigos IPCs no Brasil. Período:2000-2011	52
Tabela 3. Estatísticas descritivas anuais das informações de patentes, inventores e variáveis construídas.	78
Tabela 4. Sumário de estatísticas descritivas de inventores e variáveis de rede para os anos de 2000, 2005 e 2010.....	79
Tabela 5. Resultados dos índices de concentração, hierarquia e distribuição para as variáveis utilizadas no modelo.	80
Tabela 6. Resultados das estimações para os retornos da atividade inventiva utilizando dados em painel FGLS com estrutura de erros do tipo AR(1) e heteroscedasticidade nas <i>cross-</i> ..	82

Sumário

1. Introdução	14
2. Revisão de literatura	18
2.1. O conceito da inovação e a abordagem da Função de Produção de Conhecimento	18
2.2. Patentes como indicadores da atividade inovativa	20
2.3. Inovação como um fenômeno espacialmente delimitado	23
2.3.1. Evidências empíricas da inovação localizada	25
2.4. Hierarquia e cidades inovadoras	27
2.4.1. Escala urbana e efeitos de redes	32
2.5. A atividade inventiva no Brasil: evidências empíricas	32
3. Hierarquia urbana e distribuição espacial de invenções no Brasil	35
3.1. Metodologia e base de dados	35
3.1.1. Base de dados	38
3.1.2. Unidade espacial de análise: REGIC	42
3.2. Resultados	48
3.2.1. Hierarquia e concentração de invenções	48
3.2.3. Clusters espaciais de invenções	67
3.3. Conclusões	71
4. Cidades e invenções: medindo os retornos de escala da atividade inventiva	74
4.2. Metodologia	75
4.3. Base de dados e estatísticas descritivas	76
4.4. Resultados	80
4.5. Conclusões	84
5. Referências	86
Apêndice	94

1. Introdução

A diferença de desempenho econômico e tecnológico entre as cidades é algo que atrai a atenção dos economistas em geral (JACOBS, 1970; LUCAS, 1988). Centros urbanos com altas taxas de crescimento e inovação contrastando com localidades pouco desenvolvidas em uma região são fenômenos comuns onde, cada vez mais, cada localidade exerce um papel específico na economia. Em muitos casos, esse desempenho se deve a condições locais, como logística, recursos humanos e naturais. A teoria econômica busca compreender esse fenômeno por meio do conceito de externalidades, que são os efeitos espontâneos das atividades econômicas que ocorrem em determinada localidade e beneficiam os agentes econômicos, sem que estes paguem pelos benefícios.

Marshall (1920) estabelece as vantagens de se ter uma aglomeração espacial densa de firmas pertencendo ao mesmo setor, sendo elas os *linkages* de insumo-produto, os *linkages* entre as redes de comprador e fornecedor, os *pools* de trabalho local com alto grau de especialização e os transbordamentos de conhecimento incorporados que facilitam a difusão do conhecimento tecnológico, sendo esse conceito conhecido como economias de localização, destacando as vantagens da especialização urbana no mesmo setor de atividade econômica. Em contraste, Jacobs (1970) discute as externalidades decorrentes da diversidade urbana da atividade econômica, como o estímulo à criatividade e à fecundação cruzada de ideias, tornando possíveis a diferenciação, a diversificação e a transformação dos processos de produção.

Em específico, um dos efeitos dessas externalidades localizadas é a geração de invenções regionais. A presença de condições que favoreçam as invenções é tema recorrente da área da economia da tecnologia, na qual se constata que as invenções são frutos de aglomerações urbanas, como nos trabalhos de Marshall (1920), Christaller (1966) e Perroux (1950), na análise institucional (COASE, 1973; WILLIAMSON, 1975) e na economia evolucionária (NELSON; WINTER, 1982; DOSI *et al.*, 1988), em que há um esforço em entender a coexistência entre universidades, firmas de alto desempenho e mão de obra qualificada no papel da criação. As principais formalizações abordadas na literatura com um tratamento conjunto desses elementos foram desenvolvidas por Griliches (1979) e Jaffe (1989), a partir da função de produção de conhecimento (FPC), que relaciona invenções, universidades, insumos inovativos de firmas e qualificação de indivíduos.

Existem diversas evidências apontando o caráter urbano e localizado das invenções. Simmie (2003a), por exemplo, aponta que as vantagens de escala das grandes cidades,

urbanização e economias de localização parecem se apresentar como a principal motivação para a aglomeração da atividade inovadora em centros urbanos. Porém, também há exceções. Stuttgart na Alemanha, por exemplo, comparada à Paris e Londres, é uma aglomeração urbana muito menor, mas com desempenho de atividade inventiva similar a essas grandes cidades por causa da concentração industrial.

A vantagem de escala dos grandes centros urbanos em exercer as atividades inventivas é o principal objeto de estudo do presente trabalho. Entender como maiores centros urbanos são capazes de concentrar as atividades inventivas perante os centros urbanos menores é uma discussão central no tema da hierarquia urbana. O conceito de hierarquia, nesse contexto, está associado a diferenças de escala urbana que implicam em características inventivas (ou funções inventivas) particulares dos centros urbanos.

O interesse em investigar a hierarquia urbana se deve à possibilidade de capturar diferenças de intensidade na concentração dos grandes centros urbanos para atividades tecnológicas específicas, de forma que seja possível em primeira instância mapear as diferenças regionais dos subdomínios tecnológicos brasileiros e destacar aspectos a respeito das funções exercidas pelos grandes e menores centros urbanos. Portanto, a hipótese a ser testada inicialmente é a existência de uma hierarquia urbana para as tecnologias no Brasil.

A metodologia de análise de hierarquias urbanas consiste no estabelecimento de regras de classificação para as regiões urbanas, neste caso, o critério de classificação é a magnitude da atividade inventiva (Ó HUALLACHAIN, 1999). Regiões melhores classificadas são aquelas cuja ocorrência da criação de tecnologias é maior que as das demais. A partir dessa regra, estabelece-se uma relação entre a classificação e a magnitude inventiva (Lei de Zipf), que pode ser estimada a partir de métodos econométricos, cujos coeficientes indicam a intensidade da hierarquia e a qualidade do ajuste aponta a linearidade da hierarquia. Metodologias auxiliares como a estimação do coeficiente de Gini e o I de Moran são utilizadas conjuntamente para auxiliar a análise das hierarquias urbanas, evidenciando o mapeamento da concentração da distribuição e da associação espacial.

O presente trabalho utiliza dados de depósitos de patentes por cidades brasileiras para mensurar a hierarquia urbana por meio da Lei de Zipf (Ó HUALLACHÁIN, 1999; MALISZEWSKI e Ó HUALLACHÁIN, 2012), buscando evidências de diferenças de concentração regional entre as tecnologias criadas no Brasil. Serão analisadas as informações referentes aos depósitos de patentes brasileiras junto ao Instituto Nacional de Propriedade

Industrial (INPI), registradas no período de 2000 até 2011. A partir de informações sobre a classe tecnológica fornecida pelo depósito de patentes, a *International Patent Classification* (IPC), são construídos domínios e subdomínios tecnológicos de acordo com padrões internacionais apresentados por Schmoch (2008). Além disso, pretende-se analisar as evidências da relação entre invenções e o fenômeno urbano, aprofundar a discussão dos efeitos da escala urbana na atividade inventiva, em uma dimensão na qual sejam também avaliados os efeitos de escala urbana entre redes de inventores e o P&D público e privado, seguindo a metodologia proposta por Bettencourt, Lobo e Strumsky (2007).

No Brasil, existem estudos investigando a Lei de Zipf para a distribuição populacional, como Simões *et al.* (2010), que avalia a distribuição de Zipf na distribuição da população dos municípios mineiros em cortes de anos. Ruiz (2005) apresenta um comparativo da estrutura urbana brasileira com a estrutura urbana americana, também ao nível de municípios. Em geral, não só na literatura brasileira quanto na internacional que aplica a Lei de Zipf em ciências sociais, a análise caminha no sentido de avaliar a heterogeneidade das densidades populacionais, não havendo ainda na literatura brasileira uma ênfase particular na aplicação da Lei de Zipf no campo da economia da inovação.

As principais contribuições na literatura empírica brasileira apontam que: 1) a escala urbana é condicionante da inovação regional (GONÇALVES; ALMEIDA, 2009); 2) há a existência de efeitos inerciais temporais e espaciais (MONTENEGRO, GONÇALVES e ALMEIDA, 2011); 3) determinadas regiões apontam esforços na tentativa de recuperar o atraso tecnológico (LEMOS *et al.*, 2009); 4) A diversidade intersetorial não pode ser negligenciada na compreensão do comportamento inovativo no Brasil (CAMPOS; RUIZ, 2009).

O presente trabalho busca se diferenciar da existente literatura ao investigar a distribuição espacial da atividade tecnológica brasileira, medida por dados de depósitos de patentes, referentes ao período 2000-2011, segundo a localização dos seus inventores, provendo novas informações sob uma perspectiva que contemple a análise da hierarquia urbana de invenções. Utilizam-se os diversos códigos (classes tecnológicas) presentes nos registros de depósitos de patentes com o objetivo de identificar a posição relativa de cada região brasileira segundo sua especialidade tecnológica. Particularmente, as cidades brasileiras são agregadas por suas regiões de influência, com base no conceito do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Região de Influências das Cidades - REGIC-2007 (IBGE, 2008). Questões relativas à hierarquia, à concentração e aos padrões de dependência espacial das

invenções urbanas são analisadas, respectivamente, por meio da Lei de Zipf, coeficiente de Gini, medidas de associatividade espacial e métodos econométricos.

Este trabalho está subdividido em quatro capítulos, além desta introdução. O capítulo 2 apresenta a literatura que discute o caráter urbano da atividade inventiva e seus desdobramentos no conceito de hierarquia urbana. O capítulo 3 apresenta a metodologia para mensuração de hierarquias urbanas para os agrupamentos tecnológicos, informações sobre base de dados e a unidade espacial de análise, além dos resultados. No capítulo 4, discute-se a importância do fenômeno urbano na análise das invenções, utilizando-se de técnicas econométricas que buscam refletir os efeitos de escala da atividade inventiva. No capítulo 5 constam as referências bibliográficas do trabalho.

2. Revisão de literatura

2.1. O conceito da inovação e a abordagem da Função de Produção de Conhecimento

A inovação é central para entender o desenvolvimento das grandes economias (SCHUMPETER, 1985; ROSENBERG, 1976; DOSI *et al.* 1988). Avanços de produtividade, crescimento do capital, lucros extraordinários e prosperidade regional são fenômenos que circundam tal conceito que pode ser entendido desde o ato individual de criação até um processo geral da sociedade moderna que envolve a geração de conhecimento voltado para um fim comercial. Portanto, é necessário delimitar o que se entende por inovação (DOSI, 1988).

Define-se usualmente a inovação como: 1) lançamento de um novo produto ou uma nova espécie de algum produto conhecido; 2) aplicação de novos métodos de produção ou vendas de um produto; 3) abertura de um novo mercado; 4) conhecimento de novas fontes de insumos ou de bens intermediários (SCHUMPETER, 1985). Em geral, a ideia central gira em torno de que a inovação é a geração, aceitação e implementação de novas ideias, processos, produtos ou serviços. Carlino e Kerr (2014) sugerem a definição presente no manual de OSLO da OECD, onde a inovação é a “implementação de um produto novo ou significativamente melhorado (bem ou serviço), ou processo, um novo método de *marketing*, ou um novo método organizacional em práticas de negócios, local de trabalho ou relações externas” (OECD, 2005).

Outro aspecto do conceito de inovação é o caráter não-rival e parcialmente excludente do conhecimento envolvido na inovação. Arrow (1962) aponta que o conhecimento é não-excludente e não-rival. Polanyi (1967) faz uma distinção conceitual entre conhecimento tácito e conhecimento codificado (informação), sendo informação algo que pode ser trocado a partir da distância e ser expresso com auxílio da linguagem verbal e escrita, com significado particular e interpretação, enquanto o conhecimento tácito é difícil de codificar, por mais habilidoso que o indivíduo seja, simplesmente por não conseguir explicitar seu conhecimento com palavras, o que conduz a uma noção de que o conhecimento é parcialmente excludente. Grossman e Helpman (1991) apontam que a tecnologia, definida como uma forma específica de conhecimento, possui propriedades peculiares como uma *commodity* econômica, sendo um bem não-rival e parcialmente-excludente, pois o criador ou proprietário da tecnologia frequentemente possuem dificuldade em prevenir outros de utilizarem de forma não autorizada seu conhecimento¹.

¹ Esse argumento permite que se discutam aspectos institucionais locais que facilitem a proteção da inovação como leis e órgãos de proteção da propriedade industrial na fiscalização.

Boa parte da literatura econômica (GRILICHES, 1979; JAFFE, 1989) apresenta uma preocupação específica em identificar os elementos causais da inovação. Essa formalização foi exercida a partir da influência das funções de crescimento macroeconômico elaboradas por Romer (1986) e Lucas (1988).

Griliches (1979) formaliza uma Função de Produção de Conhecimento – FPC, que se torna a base para a relação entre o produto da inovação, em suas várias medidas como patentes, e os seus insumos, entre eles os gastos de P&D. A abordagem do autor apresenta uma finalidade empírica, o que envolve o estabelecimento de uma medida de *output* para o P&D e uma definição do que é o estoque do insumo P&D. A P&D é comumente utilizada na literatura empírica, ainda que existam limitações, como um reflexo de forma ampla dos recursos gastos em uma empresa com a finalidade específica de inovação, o que pode ser acrescido de outros conceitos como o capital humano, qualificação do trabalho e educação. Seu modelo é formalizado basicamente com a seguinte estrutura:

$$I_i = \alpha RD_i^\beta HK_i^\gamma \varepsilon_i, \quad (1)$$

em que I é o grau de atividade inovativa, RD o insumo de P&D e HK os insumos de capital humano. O subscrito i é geralmente apresentado na literatura ao nível de países, setores e empresas. Existe uma literatura corroborando empiricamente essa FPC aos mais diversos níveis de agregação, mas sendo principalmente bem-sucedido ao nível de países (GRILICHES, 1991).

Entretanto, esse modelo não corrobora tão bem os estudos que se referem à atividade das pequenas empresas, apontando que o nível de P&D não captura tão bem a intensidade de P&D como a P&D por mil trabalhadores (AUDRETSCH, 1995). É válido notar que essa primeira equação ainda não estabelece uma caracterização específica sob uma dinâmica espacial da inovação, muito menos específica o que é essa atividade inovativa em termos concretos. Griliches (1990) apresenta elementos empíricos que permitem definir as patentes como esse produto da atividade inovativa, que serão discutidos mais adiante. Nagaoka, Motohashi e Goto (2010) apresentam uma síntese das principais contribuições até os anos mais recentes, estabelecendo também algumas limitações das patentes em refletir o produto do processo inovativo, como, por exemplo, a heterogeneidade das patentes - poucas patentes de alto valor e um grande número de patentes com baixo valor - ou casos de invenções de grande valor que não são patenteadas e são mantidas em segredo.

Outra questão apontada pela economia da inovação é que a atividade inovativa não ocorre em todo e qualquer lugar ao mesmo tempo e na mesma intensidade, sendo uma

peculiaridade e privilégio de um grupo singular de espaços com determinadas características. Uma das principais revisões de literatura com esse enfoque localizado da inovação é apresentada por Feldman (1999).

Ao analisar o papel da P&D proveniente das universidades, Jaffe (1989) estuda os efeitos reais da pesquisa acadêmica e destaca os estudos de caso para os Estados Unidos onde as universidades, delimitadas espacialmente, apresentam papel relevante na inovação. A primeira questão apresentada é que o conhecimento produzido na universidade é bem público, mas que ao estabelecer uma relação entre universidade e firmas, pode-se capturar um transbordamento de conhecimento mediado geograficamente entre universidade e firma. Utilizando-se da estrutura apresentada por Griliches (1979), Jaffe (1989) incorpora a relação entre universidade e firmas na atividade inovativa, ainda que deixando de fora aspectos do capital humano presentes na primeira estrutura apresentada da FPC:

$$I_{si} = \alpha IRD^{\beta_1} UR_{si}^{\beta_2} (UR_{si} GC_{si}^{\beta_3}) \varepsilon_{si}, \quad (2)$$

em que I é o produto da inovação, IRD é o gasto privado em P&D, UR é o gasto universitário com P&D e GC é uma medida de coincidência de pesquisa universitária e corporativa, s é o nível espacial e i o nível de setor. Ó hUallacháin e Leslie (2007) abordam as peculiaridades dessa função quando o produto da inovação é a patente comercial, apontando que não só os fatores apresentados na FPC de Jaffe, mas também que urbanização e fluxos especializados de conhecimento exercem influência sobre a atividade inovadora.

Portanto, a partir dessa conceituação da inovação que busca delimitar o escopo do que será abordado adiante, objetiva-se apresentar uma medida para a inovação denominada nessa subseção, a partir da utilização das patentes.

2.2. Patentes como indicadores da atividade inovativa

A patente é um documento, espécie de fonte de informação tecnológica que garante ao indivíduo ou firma direito de usufruto da propriedade intelectual por sua criação em um período. Exerce também o papel de documentação minuciosa para a compreensão das novas criações, fornecendo informações relevantes para a geração de conhecimento posterior. Sua concessão é um privilégio do Estado para exploração comercial do objeto da patente, por tempo determinado, beneficiando o inventor e a sociedade (GARCIA, 2006).

A primeira vantagem da utilização de patentes se encontra na riqueza de informações disponíveis. Raramente é possível conseguir informações precisas sobre números de invenções,

inovações, produtividade ou gasto em P&D, pois tal informação geralmente exige que o inventor/firma seja identificado, e, em se tratando de um grupo muito restrito, seja ao nível de agregação de indivíduos ou firmas, dificilmente haverá a precisão de informações comparáveis aos dados de patentes. As informações sobre patentes requerem que o inventor e a firma procurem o órgão responsável (no caso brasileiro, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI), o que estabelece uma confiabilidade maior nos dados de patentes, sendo muito abrangentes.

As informações apresentadas em patentes são comparáveis, sendo essa a segunda vantagem, o que é central para a discussão espacial. Diferenças entre as regiões e países podem ser analisadas por seguirem o mesmo padrão ou padrões muito próximos de classificação. Destaca-se o trabalho da OECD, do *European Patent Office* (EPO) e do INPI em manter suas informações de acordo com padrões internacionais comparáveis, possuindo informações como *International Patent Classification* (IPC). O IPC é um sistema hierárquico de classificação das patentes de acordo com o campo da tecnologia ao qual ele pertence. Outras medidas como a produtividade total e a contagem de invenções geralmente possuem finalidades mais locais e especificidades metodológicas que não permitem a comparabilidade como as informações de patentes.

Em terceiro lugar, as patentes refletem certa relevância econômica da invenção, uma vez que o interesse em ser patenteado surge quando há também uma possibilidade econômica de gerar retornos em cima da invenção, o que caracteriza melhor uma inovação. A produtividade total dos fatores (PTF), ainda que possa ser usada como *proxy* para inovação, é afetada por muitos outros fatores além da inovação, e o gasto em P&D apresenta uma característica causal que pode ser problemática. Primeiro, há o aspecto temporal e cumulativo do gasto em P&D em uma firma. Segundo, é questionável se um gasto em P&D gera inovação, pois o gasto em P&D pode ser entendido como o insumo e não como resultado do processo (GARCIA, 2006; NAGAOKA, MOTOHASHI E GOTO, 2010).

Para identificar se as patentes são um indicador adequado ou não, Narin, Noma e Perry (1987) expõem uma análise específica de firmas com alto potencial inovador para verificar se a quantidade de patentes reflete a força tecnológica das firmas, utilizando-se de informações financeiras e econômicas das firmas, assim como decisões de investimento, planejamento e administração. Seus resultados indicam que a força tecnológica se apresenta sobre dois

elementos: a quantidade de patentes indicando o tamanho da pesquisa e o número de citações de patentes indicando a qualidade da pesquisa.

Por outro lado, existem limitações que restringem a associação entre patentes e inovações. A finalidade principal da patente é funcionar como meio de apropriação dos retornos de uma inovação; entretanto, existem diversas formas de proteger a atividade inovativa além das patentes. Cohen, Nelson e Walsh (2000) apontam os resultados de um questionário aplicado em 1.478 laboratórios de P&D em 1994 nos EUA, em que as firmas revelam que manter a inovação em segredo ou utilizar-se das vantagens do tempo de liderança são mais efetivas em proteger a inovação que patentear.

Galasso e Schankerman (2014) adotam uma medida empírica do efeito das patentes no fluxo de inovação, apontando que patentes negadas em cortes federais americanas aumentam em 50% as citações da patente em questão, sugerindo que em um contexto de caráter cumulativo da inovação, ao mesmo tempo em que a patente incentiva a inovação, também restringe o desenvolvimento de novas inovações atuando de forma restritiva em um período posterior, questionando o quão incentivador e o quão impeditiva é a patente para a inovação. Gilchrist (2015) apresenta os resultados empíricos da capacidade da patente em gerar inovações subsequentes, com base em evidências para o setor farmacêutico, evidenciando conclusão contrária à abordada por Galasso e Schankerman, discutindo algumas limitações da patente, como o tempo entre o depósito da patente e a efetiva colheita de seus frutos. Esses resultados parecem sugerir que patentear nem sempre é a forma mais conveniente de proteger a inovação, e que isso possui características e peculiaridades setoriais.

Outro ponto necessário para a discussão é como organizar as patentes em subdomínios. Sabe-se que uma patente pode servir para um grande número de indústrias, e é possível de ser classificada das mais diversas formas, e dependendo do tipo de patente ela apresenta relevância maior ou não, assim como a capacidade de transbordar conhecimento. Alguns autores enfatizam, como Ellison e Glaeser (1997), que há uma intensa heterogeneidade de grau de localização, vantagens naturais e transbordamentos para cada indústria, o que leva a entender que as patentes também sofrerão dessa heterogeneidade. Hall, Jaffe e Trajtenberg (2001) sugerem caminhos de categorizar as patentes, a partir da análise de suas diferenças, dividindo em grandes subdomínios de atividades tecnológicas, sendo a referência central em trabalhos que exigem esse tipo de informação. Schmoch (2008) apresenta uma classificação em

subsetores visando a internacionalização do padrão, sendo a principal referência que será utilizada na metodologia do capítulo 3.

Ainda que não identifique perfeitamente o fenômeno inovador, as patentes são um indicador da capacidade de inovação regional (CEH, 2001), sendo reforçado principalmente pelo estudo de Narin, Noma e Perry (1987) e pela literatura que se utiliza da análise de patentes como indicadores da atividade de inovação.

Outro direcionamento utilizado remete ao tratamento de patentes como indicador de atividade inventiva, e não necessariamente inovação (KUZNETS, 1962). Apesar de inovação e invenção estarem intimamente conectados, a atividade inventiva está diretamente associada à criação de novos produtos, independentemente de aplicação comercial ou industrial da criação. A patente reflete de forma mais precisa o caráter inventivo que o inovativo, uma vez que a inovação deve necessariamente cumprir uma função mais completa que a simples criação de um produto/processo novo. Por isso, o termo invenção será mais amplamente utilizado ao longo deste trabalho.

2.3. Inovação como um fenômeno espacialmente delimitado

A partir dos anos 1990 inicia-se, segundo os termos de McCann (2009), uma “revolução” na geografia econômica. A nova geografia econômica tem como base as perspectivas das novas teorias do conhecimento e nova teoria das trocas, referindo-se aos trabalhos de Dixit e Stiglitz (1977), aplicados inicialmente por Krugman (1991) sob o contexto de economias de escala e mobilidade de trabalhadores. Em seu modelo, concentração e dispersão espacial são consequência natural das interações de mercado envolvendo as economias de escala ao nível de firmas individuais, com resultados semelhantes aos resultados apresentados pela teoria dos lugares centrais (CHRISTALLER, 1966) e regras “*rank-size*” ou classificação-tamanho, que medem a hierarquia, como a Lei de Zipf ou a Lei de Pareto (REED, 2001), apresentando características espaciais singulares e comparáveis (FUJITA, KRUGMAN e VENABLES, 1999).

As discussões sobre a dinâmica espacial em economia se iniciaram na década de 50, em uma tradição de autores dos quais se destacam Perroux (1950), Christaller (1966) e Lösch (1954), que atribuíram relevância na aglomeração e na localização. Alguns autores da ciência econômica observaram a necessidade da presença de alguns dos conceitos abordados pela clássica teoria da localização em economia a partir de um estudo da geografia econômica, ou

seja, um estudo onde a atividade econômica está localizada e os motivos pelo qual ela está localizada geograficamente (FELDMAN e FLORIDA, 1994).

A teoria dos lugares centrais de Christaller (1966) aborda a dinâmica espacial a partir do conceito de hierarquias urbanas. A questão que Christaller busca responder ao longo de seu desenvolvimento teórico é se existem leis ou padrões de distribuição e tamanhos dos centros urbanos (KING, 1985). De acordo com a teoria dos lugares centrais, o objetivo principal de uma localidade ou cidade-mercado é o fornecimento de bens e serviços para uma área de mercado no entorno da localização, sendo tais áreas chamadas localidades centrais. Assentamentos que proveem mais bens e serviços que outros lugares são chamados de localidades centrais de maior ordem, enquanto as localidades centrais de menores ordem possuem áreas de mercado pequenas e provêm bens e serviços que são comprados mais frequentemente que bens e serviços de ordem maior. Localidades centrais de maior ordem são mais amplamente distribuídas e em menor número que localidades de menor ordem.

Outro conceito, desenvolvido na própria ciência econômica, é o conceito de economias externas, descrito por Marshall (1920). A discussão inicial de Marshall estabelece as vantagens de se ter uma aglomeração espacial densa de firmas pertencendo ao mesmo setor, sendo elas os *linkages* de insumo-produto, os *linkages* entre as redes de comprador e fornecedor, os *pools* de trabalho local com alto grau de especialização e os transbordamentos de conhecimento incorporados que facilitam a difusão do conhecimento tecnológico. Esse conceito é conhecido como especialização urbana da atividade econômica, e está muito relacionada com os elementos teóricos do período neoclássico, como a eficiência econômica e a minimização de custos, o que motivaria essa especialização urbana.

Jacobs (1970) desenvolve um conceito igualmente relevante de economias externas, apresentando os benefícios da diversidade urbana da atividade econômica. O benefício advém dos insumos externos que potencializam a criatividade e subsequentemente a atividade econômica, o que Jacobs chama de fecundação cruzada de ideias entre os setores industriais. As vantagens desse benefício são as possibilidades de diferenciação, diversificação e transformação dos processos de produção, que são elementos favorecedores de processos inovativos (IANMARINO, 2011). Boa parte da discussão em economia da inovação aborda de forma dicotômica as externalidades de Marshall e de Jacobs, mas não há restrições para que ocorra os dois fenômenos ao mesmo tempo, ainda que exista a prevalência de um tipo de externalidade ou de outra. Beaudry e Schiffauerova (2009) apontam que a questão se a

externalidade é ou não do tipo Jacobs ou Marshall depende basicamente do cenário sobre o qual são abordadas as externalidades (GLAESER *et. al.*, 1992).

Há uma linha de autores que enfatizam que o caráter localizado da inovação é essencialmente urbano, metropolitano, como os trabalhos de Acs (2003), Simmie (2003a, 2003b), Carlino, Chatterjee e Hunt (2007). O caráter urbano da inovação parte da exploração de dois argumentos: o primeiro, já abordado, tem por bases as teorias das economias de aglomeração com retornos crescentes e fácil acesso ao conhecimento (JACOBS, 1970; KRUGMAN, 1997). O segundo argumento tem por base a ideia que centros urbanos maiores são mais fortes por dotarem de concentração de trabalhadores qualificados e classe criativa (GLAESER, 1999; FLORIDA, 2002). De qualquer forma, ambos os argumentos estão associados ao aumento da produtividade, sendo essa a hipótese subjacente à discussão da inovação como fenômeno localizado urbano (VAN OORT e LAMBOOY, 2014).

Feldman e Kogler (2010) apresentam uma revisão das contribuições na economia da inovação que afirmam a importância da localização, e abordam os seguintes fatos estilizados para a geografia da inovação: 1) a inovação é espacialmente concentrada; 2) a geografia propicia uma forma de organizar a atividade econômica; 3) todos os lugares são diferentes: urbanização, localização, e diversidade; 4) transbordamentos de conhecimento são geograficamente localizados; 5) transbordamentos de conhecimento são nuances, difíceis de mensuração; 6) universidades locais são necessárias mas não suficientes para inovação; 7) inovação beneficia-se do local e do global; 8) os locais são definidos ao longo do tempo em um processo evolucionário.

2.3.1. Evidências empíricas da inovação localizada

Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) apontam evidências de que a intensidade de patentes (a taxa de invenção *per capita*) é positivamente relacionada com a densidade de emprego (empregos por milha ao quadrado) na porção mais altamente urbanizada das regiões metropolitanas americanas. Em um contexto internacional, Simmie (2003b) aponta que firmas inovadoras nas mais significantes concentrações regionais de inovação possuem uma prática maior de relações locais e globais de transferência de conhecimento. Seu trabalho indica que existe uma forte conexão entre essas grandes regiões urbanas, conforme apontam suas evidências. Será apresentado adiante alguns estudos de casos específicos que abarcam a relação entre as metrópoles urbanas e as inovações. Acs (2003) caminha na direção de enfatizar a presença de organizações públicas e privadas, como universidades e laboratórios de empresas

multinacionais como fenômenos que possuem impacto na inovação urbana devido à sua capacidade de atrair trabalhadores do conhecimento.

Empiricamente, a preocupação da economia da inovação caminha na direção de mensurar a força dos determinantes da FPC nos mais diferentes níveis de agregação a partir de estimativas econométricas (FELDMAN, 1999). Tais trabalhos caminham na direção de estimações da variável dependente inovação sobre um grande conjunto de variáveis de controle (BUESA, HEIJS e BAUMERT, 2010; BROEKEL e BRENNER, 2011; USAI, 2011).

Usai (2011) em particular destaca-se por analisar o processo de criação do conhecimento e difusão comparativamente entre as regiões nos países da OECD, usando um conjunto de medidas homogêneas tanto para o insumo quanto para o produto no processo de produção e difusão do conhecimento e descrevendo os padrões da invenção entre as regiões em alguns países da OECD com objetivo de determinar os fatores principais por trás do processo de localização de tais atividades. Mukim (2012) analisa a relação entre patentes e os insumos inovativos, ao nível de distritos para a Índia, enfatizando também o papel da distribuição espacial.

Jaffe, Trajtenberg e Henderson (1993) se dedicam em relacionar as causalidades da FPC com o fator localizado, apresentando uma metodologia empírica que faz a correspondência entre as citações de patentes em uma dimensão espacial, uma vez que possui informações sobre o país de residência de cada inventor, além da cidade e estado de cada inventor americano. Com relação à distância, nessa metodologia os autores utilizam-se de uma variável binária, focando em onde as patentes ocorrem mais frequentemente dentro de estados ou dentro de regiões metropolitanas.

Um dos desenvolvimentos desse grupo que analisa a FPC caminhou na direção da mensuração dos transbordamentos de conhecimento (AUDRETSCH e FELDMAN, 1996; AUDRETSCH e FELDMAN, 2004; MORENO, PACI e USAI, 2005). Fischer e Varga (2003) é uma referência central de análise empírica que utiliza tal metodologia espacial conciliada com a função de produção de conhecimento em análise regional. Seus resultados sinalizam a presença de transbordamentos mediados geograficamente pelas universidades que rompem as barreiras da escala espacial dos distritos políticos da Áustria. Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007) discutem o efeito de políticas de P&D na geração de transbordamentos de conhecimento na Espanha.

A metodologia que será desenvolvida no presente trabalho, no entanto, está mais preocupada com a distribuição espacial das atividades inovadoras do que com o estabelecimento de causalidade entre os insumos e produtos inovativos, ainda que em diversos momentos serão apontados a relação intrínseca entre tais elementos, não negligenciando o peso existente nas contribuições que buscam identificar os elementos que causam a atividade inovadora e os seus transbordamentos.

Na análise da distribuição regional da atividade inventiva, um grupo de autores apresenta maior ênfase em como a estrutura regional de distribuição e aglomeração vêm se transformando ao longo do tempo (CEH, 2001; MORENO, PACI e USAI, 2005), enquanto outro grupo possui uma preocupação maior na utilização de uma combinação de medidas espaciais com o objetivo de compreender a relação entre espaço e inovação, como Higgs (1971), que busca compreender a relação entre população urbana e patentes per capita, e Carlino, Chaterjee e Hunt (2007), que buscam identificar a relação entre inovação e a atividade urbana a partir da relação entre patentes per capita e densidade de empregos.

Uma síntese de medidas de distribuição espacial da atividade inovadora é apontada por Nakamura e Paul (2009). As medidas apresentadas são: o índice de Hirschmann-Herfindal, o coeficiente de Gini e sua variante locacional, o índice de Ellison e Glaeser e o I de Moran. Ó hUallacháin (1999) introduz uma forma de se medir hierarquia urbana por meio da estimação econométrica de um coeficiente hierárquico seguindo uma regra de potência.

2.4. Hierarquia e cidades inovadoras

A teoria dos lugares centrais de Christaller (1966) enfatiza o papel de como as atividades são distribuídas entre as localidades centrais e como essas localidades centrais são distribuídas em um país ou região. O principal tema discutido por tal teoria é a presença de diferentes localizações que possuem diferentes níveis de centralidade nos quais bens e serviços são providos em uma base hierárquica (MULLIGAN, 1984; HSU, 2012).

Essas localidades centrais que proveem mais bens e serviços são também as mais populosas e urbanizadas. Esses maiores níveis de funções ofertadas nas maiores localidades urbanas ocorrem com menor frequência, em menos regiões, enquanto menores níveis de função são ofertados em mais localidades. A função de gerar P&D é um dos serviços contemplados por essa análise.

A análise de Henderson (1974) explicita a importância da discussão em torno da hierarquia urbana. A pergunta “por que existem cidades de diferentes tamanhos?” é investigada com base no princípio ótimo da tensão de dois fatores: de um lado, as vantagens de economias externas associadas à concentração geográfica, e do outro lado, as “deseconomias” associadas às grandes cidades. O nível de população que otimiza a tensão dos fatores é o tamanho ótimo de uma localidade.

A resposta, com base em seu princípio, é que o nível de externalidades tende a ser diferente entre os setores industriais, gerando uma assimetria. O exemplo apresentado por Krugman (1996) são os setores bancário e têxtil. Uma cidade têxtil pode ter poucas razões para incluir mais do que um pequeno grupo de fábricas, enquanto um centro bancário deverá ser melhor se contiver os negócios financeiros de todo um país. Assim, o tamanho ideal de cidade vai depender de sua atribuição setorial, ou simplesmente sua função. Das diferentes funções assumidas por cada centro urbano diante de sua escala urbana, emerge o conceito de hierarquia urbana, ou seja, um número restrito de centros urbanos concentrando uma alta escala urbana e um grande número de centros urbanos com pequenas escalas urbanas (KRUGMAN, 1996).

A conexão entre a hierarquia urbana e a atividade econômica torna-se mais clara na exposição de Cronon (1991). O autor apresenta que a diferença entre uma metrópole de grande ordem, como Chicago, e uma de menor ordem como Peoria ou Burlington não é só meramente o tamanho populacional de Chicago. A alta classificação de Chicago significa que seu mercado atraiu clientes de muito mais bens e serviços de uma região muito mais ampla. Assim como é possível classificar as regiões de acordo com o número de pessoas que vivem nela, pode-se também classificar os bens econômicos de acordo com o número de pessoas e concentração de renda necessárias para criar um mercado para tal. Ou seja, a hierarquia urbana é também uma hierarquia de mercados, ou mais precisamente, de acesso a mercados.

A discussão empírica em tal teoria decorre da possibilidade de uma relação entre o tamanho das localidades urbanas e sua classificação entre todos os centros urbanos de acordo com seu tamanho populacional. Essa discussão tem como natureza a hierarquia de funções das localidades urbanas. Uma função de uma localidade urbana é qualquer atividade conduzida por um centro urbano que deriva ao menos parcialmente do apoio às localidades em seu entorno.

De forma análoga, é possível discutir a relação entre a força tecnológica das localidades urbanas e suas funções tecnológicas, inserindo-a no escopo da discussão sobre o tamanho das localidades urbanas e sua relação com as funções. Neste tópico, portanto, serão abordadas as

conexões entre os grandes centros urbanos e os grandes centros tecnológicos e suas funções específicas.

Existem diversos casos de metrópoles e áreas urbanas que se destacam na atividade inovadora, o que atrai o interesse de muitos autores da economia da inovação (FELDMAN e AUDRETSCH, 1999; GLAESER *et al.*, 1992). Audretsch (1998) não se limita ao conceito de externalidades e explora de forma mais precisa o conceito de vantagens comparativas e sua capacidade de agregar valor às atividades que tem por base o conhecimento, além de esboçar um papel de destaque da hierarquia urbana ao estudar as cidades americanas.

O conceito de vantagens comparativas parece secundário uma vez que a globalização e o mercado internacional “quebram” as barreiras de distância dos custos de comunicação e de transporte. Entretanto, Audretsch (1998) aponta que existem vantagens comparativas emergindo com essa globalização, evidenciadas empiricamente pelos altos salários e alta demanda dos trabalhadores com alta tecnologia. Isso se deve a uma característica muito específica: o restrito grupo de trabalhadores que podem produzir e comercializar o conhecimento específico está localizado em poucos locais do mundo. Daí advém a vantagem comparativa dos países que pagam altos salários e podem incorporar e absorver essa mão de obra qualificada na produção de atividade inovativa. Sendo mais específico, quais são os países, e dentro desses países, quais locais estão disponíveis a pagar altos salários? Certamente, são grandes centros urbanos de países desenvolvidos, como Nova Iorque, Tóquio e Londres, e aglomerações urbanas de altos salários e alta qualidade de vida, como Amsterdam e Zurique.

Em um estudo de caso de cinco cidades europeias, Simmie (2003a) aborda como esse fenômeno inovador aparece separado em “ilhas de inovação” que dominam o processo inovador por décadas. São as cidades: Stuttgart, Milão, Amsterdam, Paris e Londres. O intuito de escolher essas cinco cidades está no fato de apresentarem características inovadoras de origens e processos distintos, algumas vezes mais relacionados, outras menos relacionadas com a urbanização.

Uma das discussões em meio aos diagnósticos de Simmie (2003a) é o quanto cada cidade, dentro de uma análise do sistema nacional de inovação, apresenta um sistema urbano que abarca cidades de vários tamanhos e funções específicas. Stuttgart, por exemplo, é a sexta maior cidade da Alemanha, e é o centro da inovação alemã. Não se trata de uma grande metrópole, mas se trata do reflexo de uma organização geográfica urbana histórica que permite a distribuição espacial das atividades.

Sistemas urbanos, em geral, privilegiam as cidades grandes, sendo raros os casos de cidades pequenas que são incluídas nos benefícios de adquirir um papel específico do sistema urbano, ainda mais do sistema de inovação. Ainda que a inovação dependa de firmas específicas e das aglomerações advindas dela, as vantagens de centros urbanos menores aparecem na medida em que conseguem atribuir funções específicas de localidades centrais maiores, apoiado por políticas e instituições, universidades e treinamento.

Com base nos casos internacionais, Simmie (2003a) aponta que as grandes metrópoles possuem suas vantagens específicas com base em suas escalas de mercado, sendo reforçadas recentemente por: (1) crescente volume e qualidade da troca de informação apoiando a aglomeração das funções de serviços baseadas em conhecimento intensivo; (2) o desenvolvimento da experiência de mudança de atividade no trabalho para os cientistas e pesquisadores; (3) crescente mobilidade e flexibilidade da força de trabalho, ocorrendo uma contínua adaptação das atividades do trabalhador tanto dentro quanto entre firmas; (4) o valor adicionado de inovações incrementais em ascensão advindas de um grande conjunto de técnicas disponíveis, não somente os específicos de setor; (5) a habilidade de explorar as atividades envolvendo riscos em gestões pouco reguladas; (6) crescimento de oportunidades nas relações tanto entre os setores mais tradicionais quanto nos menores, em empresas grandes, pequenas e médias.

Simmie (2003a) também discute uma hierarquia internacional das funções das principais cidades inovadoras no mundo, por meio das principais funções desenvolvidas por cada cidade. A comparação indica que cada cidade, em um mundo globalizado, apresenta papéis específicos com relação à inovação (Quadro 1), levando em consideração as funções tecnológicas das localizações de acordo com a teoria dos lugares centrais.

Quadro 1. Hierarquia urbana das cidades de acordo com suas funções internacionais.

Classificação	Função Tecnológica	Cidade
Primeiro Nível	Finanças e comércio; comunicações; cultura e conhecimento	Londres, Paris, Nova Iorque, Tóquio
Segundo Nível	Finanças e comércio; cultura e conhecimento	Amsterdã, Hong Kong
	Finanças e comércio; comunicações	Frankfurt
	Comunicações; cultura e conhecimento	Berlim, Roma e Madrid
Terceiro Nível	Finanças e comércio	Zurique, Milão, Chicago
	Comunicações	Lisboa, Bruxelas, Bona
	Cultura e conhecimento	Copenhague

Fonte: elaboração própria com base em Simmie (2003a, p.194).

Portanto, as evidências apontadas pelos autores demonstram que, embora existam exceções, as inovações são processos observados predominantemente nas grandes metrópoles em um sistema urbano nacional. Existem trabalhos críticos com relação ao caráter predominantemente urbano da inovação discutida ao longo desse tópico, como Boschma (2005) e McCann (2007). Boschma (2005) argumenta que existem outras dimensões, como a proximidade social, organizacional, cognitiva e institucional que parecem ter relevância igual ou até maior que a dimensão geográfica e urbana. McCann (2007) argumenta, de forma ainda mais radical, que as regiões menos urbanizadas apresentam papel central na inovação, defendendo que inventores que não precisam se interagir muito com os demais optarão por regiões menos urbanizadas.

Maliszewski e Ó hUallacháin (2012) discutem de forma mais clara uma medida de hierarquia urbana que, ao ser combinada com medidas distributivas (Gini) e de dependência espacial (I de Moran), geram informações sobre a distribuição espacial, medida para grupos específicos de patentes, sendo um trabalho precursor na utilização de regras “classificação-tamanho” sobre leis de potência (no caso, a Lei de Zipf) para patentes com resultados comparáveis e interpretáveis.

Sua discussão aponta para diferenças entre as categorias de patentes estudadas, sendo algumas altamente hierarquizadas (concentradas em grandes metrópoles) e desigualmente distribuídas, como tecnologias de maior desempenho (semicondutores, nuclear) e outras o oposto, como agricultura, pecuária e sistemas de energia.

2.4.1. Escala urbana e efeitos de redes

Outro direcionamento na literatura sobre hierarquia urbana são os retornos à escala urbana (Ò HUALLACHÁIN, 1999; BETTENCOURT, LOBO e STRUMSKY, 2007). Uma vez que regiões mais densas possuem maior número de funções e, por consequência, maior nível de atividade econômica, emerge a pergunta se existe nessa distribuição retornos crescentes, constantes ou decrescentes à escala urbana de tal atividade.

A escala urbana das invenções é um objeto de estudo que emerge da evidência de altas taxas de invenções nas regiões mais avançadas economicamente, identificadas no processo de hierarquia urbana (Ó HUALLACHÁIN, KANE e KENYON, 2015). A evidência de retornos crescentes à escala urbana das invenções se apoia no princípio de externalidades, explorados a partir das vantagens do compartilhamento de insumos, conexões de mercado de trabalho e transbordamentos de conhecimento (CARLINO, CHATERJEE e HUNT, 2007; ROSENTHAL e STRANGE, 2001).

A escala urbana também favorece a conexão entre inventores, a partir da formação de redes, ou *networking*, que potencializam a atividade colaborativa (HOEKMAN, FRENKEN e VAN OORT, 2009; MAGGIONI e UBERTI, 2009; MIGUELEZ e MORENO, 2013). As redes colaborativas podem ser um mecanismo para geração de transbordamentos não-intencionais e difusão de conhecimento em geral.

Os estudos de redes e inovação ressaltam a importância das redes como mecanismos de transmissão de conhecimento² (BRESCHI e LISSONI, 2004, 2009; SINGH, 2005; PONDS, VAN OORT e FRENKEN, 2010). Esses fluxos são transbordamentos de conhecimento que coexistem com fluxos intencionais de conhecimento. Henderson (2007) é uma referência que defende a importância dos transbordamentos em redes. Para o autor, as redes possuem estruturas e elos de pares onde os indivíduos “A” e “B” são diretamente ligados, o que caracteriza a atividade intencional. Entretanto, possivelmente “A” pode absorver conhecimento de outros pares de “B”, de forma não intencional, indicando existência de transbordamentos.

2.5. A atividade inventiva no Brasil: evidências empíricas

No caso do sistema de inovação brasileiro, comparando-o aos países desenvolvidos, o Brasil é um país cujo sistema ainda é imaturo. As principais referências nessa literatura são

² Capello e Faggian (2005) desenvolvem um conceito de espaço relacional, definido como o conjunto de relações – de mercado, poder e cooperação – entre firmas, instituições e pessoas. Tal direcionamento busca atribuir uma dimensão distinta às redes, a partir de fatores institucionais, sociais e culturais.

Albuquerque (2000), Bernardes e Albuquerque (2003), Lemos *et al.* (2006), Campos e Ruiz (2009) e Gonçalves, Lemos e De Negri (2011).

Lemos *et al.* (2006) afirmam que o sistema brasileiro de inovação está cada vez menos centralizado em São Paulo, migrando para um grupo de metrópoles emergentes em um grupo denominado “polígono de desenvolvimento”, do qual fazem parte Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre. Esse diagnóstico se inicia pelas evidências apontadas na atividade industrial, que vêm nos últimos anos se afastando de São Paulo e migrando para outras metrópoles, tendo por base a conjuntura dos anos 80 e 90, que apontam queda na taxa de excedente industrial em São Paulo. Por outro lado, os lugares para os quais tais indústrias iriam, o “polígono”, seriam regiões metropolitanas beneficiadas com:

(1) disponibilidade de recursos naturais; (2) políticas de governo buscando redução dos desequilíbrios inter-regionais, melhorias de infraestrutura e incentivos fiscais; (3) acirramento da competição interempresarial para ocupação de novos espaços e mercados, associado à unificação do mercado nacional promovida pela expansão e desenvolvimento da infraestrutura de transportes e comunicações; (4) concentração pessoal e espacial da renda, criando uma área de mercado de elevado poder de compra; e (5) concentração de atividades de pesquisa, necessárias aos novos investimentos, mais intensivos em conhecimento e mais demandantes de atividades de serviços complementares complexos (Lemos *et al.*, 2006, p.98)

Em particular, Albuquerque (2000) identifica algumas peculiaridades das patentes brasileiras para os anos 1980-1995: (1) alta participação de patentes individuais; (2) empresas de capital estrangeiro com atividades importantes; (3) baixo envolvimento de firmas em atividades de P&D. Por outro lado, as características em comum com patentes de países desenvolvidos são: (1) firmas domésticas como maiores patenteadoras; (2) existência de uma distribuição em forma de U das patentes, de acordo com o tamanho da firma; (3) evidências de grandes firmas que são diversificadas tecnologicamente; (4) uma participação relativamente pequena de firmas com mais de uma patente durante o período de análise. Em particular sobre a dinâmica espacial, algumas referências são Gonçalves (2007), Gonçalves e Almeida (2009) e Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011).

Gonçalves (2007) apresenta para o Brasil uma análise exploratória de dados espaciais sobre os depósitos de patentes *per capita*, com o intuito de conhecer a distribuição geográfica da inovação, ao nível de microrregiões geográficas brasileiras. Seus resultados apontam a existência de autocorrelação espacial, e um regime de polarização do tipo Norte-Sul. A utilização de medida de dependência do I de Moran local sob uma estrutura de vizinhança dos k-vizinhos mais próximos apresenta resultados significativos. A principal conclusão desse

trabalho caminha na elucidação de uma relação intrínseca entre transbordamentos tecnológicos de conhecimento e a estrutura urbana, ou seja, o caráter espacialmente urbano da inovação.

Gonçalves e Almeida (2009), considerando microrregiões geográficas, analisam a dependência espacial medida por quatro tipos de matrizes de peso espacial, tanto de contiguidade quanto de distância. O trabalho vai além da análise exploratória e o esforço caminha na direção de estimar os determinantes da mudança tecnológica no Brasil, com base na FPC em sua vertente espacial, utilizando como variáveis explicativas, entre outras, a escala urbana, a existência de uma área metropolitana e a densidade de emprego.

Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) estudam em específico as microrregiões do Estado de São Paulo no período 1996-2003. A contribuição principal desse trabalho foi a de identificar a influência da inércia temporal e espacial da inovação, com o auxílio de modelagem econométrica baseada em um painel espacial dinâmico.

Em síntese, alguns elementos merecem destaque, sobre a distribuição da inovação no Brasil: 1) há uma concentração da atividade tecnológica no Sudeste e no Sul; 2) há indícios de reconfiguração regional do sistema de inovação brasileiro, com uma redução na participação paulista e um crescimento nas regiões metropolitanas em aglomerações do Sudeste e Sul do país, como em Porto Alegre e Florianópolis; 3) existe uma grande heterogeneidade setorial dos recursos gastos para produzir inovação e diferentes níveis de acessibilidade do conhecimento.

3. Hierarquia urbana e distribuição espacial de invenções no Brasil

3.1. Metodologia e base de dados

O objetivo principal desse trabalho é a mensuração de hierarquias urbanas na distribuição da atividade tecnológica brasileira. Segundo Newman (2005), hierarquia é um conjunto de unidades classificadas por algum critério. Neste caso, pretende-se construir uma hierarquia urbana de invenção, ou seja, um conjunto de unidades regionais classificadas por suas potencialidades inventivas. A medida de hierarquia a ser utilizada é uma lei de potência conhecida como Lei de Zipf.

A Lei de Zipf consiste no estabelecimento de regras de classificação para as regiões urbanas. Neste caso, o critério de classificação é a magnitude da atividade inventiva, medida pela frequência de códigos de tecnologias (IPC) por regiões. Regiões melhores classificadas são aquelas cuja ocorrência da criação daquelas tecnologias são maiores que as demais. A partir dessa regra, se estabelece uma relação entre a classificação e a magnitude inventiva, que pode ser estimada a partir de métodos econométricos, cujos coeficientes refletem a intensidade da hierarquia e a qualidade do ajuste reflete a linearidade da hierarquia.

Muitos processos seguem uma relação envolvendo leis de potência, principalmente na física (como terremotos), na biologia (espécies em extinção) e também nas ciências sociais (tamanho de cidades e renda). Por intermédio dessa lei, estima-se a inclinação de uma distribuição do tipo classificação-tamanho (*rank-size*), como coeficientes de leis de potência (GUERRIERO, 2012; NEWMAN, 2005). Para existir uma lei de potência, a relação deve ser definida como:

$$y = ax^k, \quad (3)$$

em que a é uma constante de proporcionalidade e o expoente k é uma constante, y é a variável de interesse e x é a variável de classificação.

Para expressar esses resultados em um gráfico log-log, é possível reescrever a equação anterior como:

$$\log(y) = k \log(x) + \log(a) \quad (4)$$

A equação (4) se apresenta com a mesma forma da equação de uma reta com coeficiente angular k , sendo y a variável de interesse e x a variável de classificação.

A estimação de uma regressão linear simples, com ajuste perfeito de 100%, deve encontrar um o coeficiente k equivalente a -1. O coeficiente deve ser negativo pois a relação é

inversa. Coeficientes altos em módulo indicam uma alta hierarquização, e coeficientes mais próximos de zero indicam que não há uma hierarquia, como, por exemplo, em casos nos quais a distribuição do evento pode ser normal ou aleatória. A estatística R^2 é uma referência que permite indicar o quão eficiente é o ajuste linear, uma vez que para algumas relações os ajustes quadráticos parecem ser mais adequados à distribuição dos dados. Entretanto, não estariam de acordo com a regra de Zipf. Para o problema em questão, a Lei de Zipf será definida como:

$$"IPCs"_{it} = c_t / rank_{it}^\alpha, \quad (5)$$

em que para cada tecnologia t , $"IPCs"_{it}$ é a quantidade de ocorrências da tecnologia em cada unidade regional i , $rank_{it}$ é a classificação das unidades regionais i de acordo com o somatório de todos os valores de $"Freq\ IPCs"_{i,t}$, ou seja, o *ranking* regional de acordo com os totais de ocorrências. c_t é uma constante e α é o expoente de concentração. Fazendo a transformação linear, tem-se que:

$$\ln "IPCs"_{it} = \ln c_t - \alpha \ln rank_{it} \quad (6)$$

Essa transformação linear será estimada pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários (em inglês, OLS) para cada uma das t tecnologias, e o α estimado será o coeficiente de Zipf. Se o coeficiente for exatamente igual a um e o ajuste for perfeito, tem-se uma hierarquia distributiva de Zipf, o que significa afirmar que todas as regiões apresentam um número de ocorrências proporcional ao longo da hierarquia, sendo desigualmente distribuído, mas hierarquizado de acordo com o critério estabelecido de classificação. Do ponto de vista teórico, um coeficiente de hierarquia alto significa que poucas localidades são capazes de exercer eficientemente tal função tecnológica, enquanto um coeficiente de hierarquia baixo significa que essa função é exercida mais amplamente também em localidades menos centrais.

Além da medida de hierarquia, será medida a concentração de patentes entre as regiões. De acordo com Maliszewski e Ó hUallacháin (2012), o Coeficiente de Gini utilizado apresenta a seguinte expressão:

$$G = \left(\frac{N}{N-1} \right) \left(\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N |\hat{o}_i - x_i| \right), \quad (7)$$

em que N é o número de regiões definidas, \hat{o}_i é a proporção de ocorrências da região i e $x_i = 1/N$, sendo o valor esperado de proporção de ocorrências para cada região se a distribuição fosse completamente homogênea. O coeficiente de Gini é comumente ajustado para corrigir vieses dos dados, como por exemplo no índice de Ellison e Glaeser (1997) e outros variantes locais do Gini. Segundo Maliszewski e Ó hUallacháin (2012), esse ajuste é desnecessário

na análise de dados de patentes compostas por contagens de invenções feitas por indivíduos, sendo necessário somente caso um inventor singular possuísse uma grande fração de patentes em um subdomínio tecnológico, o que não ocorre.

O I de Moran é uma medida que fornece um coeficiente de autocorrelação espacial, usando a medida de autocovariância na forma de produto cruzado, sendo uma forma de análise exploratória dos dados espaciais com a finalidade de compreender se há na distribuição dos dados localidades atípicas e padrões de aglomeração espaciais (*clusters*). Algebricamente, a medida é definida por Anselin (1988), como:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2}, \quad (8)$$

em que n é o número de regiões, z denota os valores da variável de interesse padronizada (no caso a ser apresentado em particular, ocorrências de depósitos de patentes em um subdomínio tecnológico específico) e w_{ij} representa os valores médios da variável de interesse padronizada nas regiões vizinhas i e j , definidos segundo uma matriz de ponderação espacial W . S_0 equivale à operação $\sum_i \sum_j w_{ij}$, significando que todos os elementos da matriz de pesos espaciais W devem ser somados. A partir dessa definição, o I de Moran é decomposto a partir do agrupamento da contribuição local de cada observação em quatro categorias (Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto), sendo conhecido como I de Moran local (ANSELIN, 1995) e definido como:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^J w_{ij} z_j, \quad (9)$$

em que o cálculo do coeficiente de I só abrange os vizinhos de cada unidade espacial i , de acordo com a matriz de pesos espaciais definida. Eventualmente, ao invés de se defasar espacialmente a própria variável, será elaborada a defasagem de uma variável distinta, sendo assim calculado o indicador local bivariado. A matriz de pesos espaciais escolhida de acordo com testes de significância foi a matriz de K-vizinhos. Os pesos da matriz de K-vizinhos permitem capturar o problema da heterogeneidade no tamanho das regiões de influência das cidades do Brasil. Foram feitos teste para contiguidade, distância e K-vizinhos mais próximos a partir do software *SpaceStat*, e os resultados apontam que a matriz de K-vizinhos mais próximos com K entre 4 e 6 apresentam os menores p-valores e os melhores coeficientes de todos os I de Moran calculados, sendo selecionadas de acordo com o procedimento de Baumont *et al.* (2004).

Os coeficientes de Zipf, Gini e os I de Moran global e locais, ao serem analisados de forma conjugada, fornecem padrões de cada subdomínio tecnológico a ser avaliado, auxiliando em duas dimensões: a hierárquica-distributiva e a espacial-aglomerativa. O coeficiente de Zipf indica a hierarquização por parte dos grandes centros tecnológicos com relação aos menores, enquanto o Gini apresenta o quão concentrado é, de forma sintética, a distribuição. Uma vez identificados os padrões de hierarquia e concentração, os mapeamentos dos padrões de aglomeração ou desaglomeração são discutidos, a partir do I de Moran.

3.1.1. Base de dados

A base de dados utilizada é a Base de Dados Estatísticos de Propriedade Intelectual, fornecida pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (BADEPI/INPI). Nessa base estão fornecidas as informações referentes a cada depósito de patente e sua classificação ao nível do padrão internacional, o IPC em 4 dígitos. O IPC provê um sistema hierárquico de símbolos para classificação de acordo com diferentes áreas tecnológicas a qual podem pertencer uma patente. A BADEPI combina informações de localização da patente por região de residência do inventor e sua classificação internacional, de forma que estão disponíveis informações tanto de localização quanto do tipo de tecnologia inovadora incorporada representada pela patente. A primeira versão do BADEPI, nomeada BADEPI v. 1.0 foi desenvolvida cobrindo o período 2000-2011.

As patentes brasileiras são definidas como invenções que satisfazem os requerimentos de novidade, salto inventivo e aplicação industrial. De acordo com Barcelos *et al.* (2014), o procedimento adotado para obter uma patente segue os seguintes passos:

- (1) uma vez feito o depósito da patente, o depósito passa por um exame formal preliminar e, se estiver propriamente documentado, a data de submissão é considerada a data de preenchimento;
- (2) um depósito de patente será mantido em segredo por 18 meses da data de preenchimento ou de prioridade mais antiga. A publicação do depósito pode ser antecipada caso haja requisição do depositante, embora isso não antecipe a análise técnica. Após a publicação do depósito e próximo ao fim do exame, as partes interessadas podem submeter documentos e dados para auxiliar o exame.
- (3) o exame do depósito de patentes deve ser requerido pelo depositante ou outro interessado dentro do período de 3 anos da data de preenchimento. Se o exame técnico

do depósito não for requerido, este é indeferido. O exame técnico contém um relatório de pesquisa e uma opinião com respeito à capacidade de patentear do depósito, à capacidade de se apropriar do depósito, à necessidade de reformular ou dividir o depósito e aos requerimentos técnicos. Após isso, garantida a patente, ela se mantém como concessão garantida por no máximo 20 anos e no mínimo 10 anos.

Além do procedimento, é válido ressaltar que o Brasil faz parte de dois tratados internacionais de patentes: O *Patent Cooperation Treaty* (PCT) desde 1978, e a partir de 2009 o INPI iniciou sua operação como uma autoridade pesquisadora internacional (ISA) e autoridade de exame preliminar internacional (IPEA) e o *Strasbourg Agreement*, desde 1975, onde foi estabelecida a classificação internacional de patentes (IPC).

A base de dados deste trabalho possui 87.755 depósitos de patentes de localidades nacionais para o período de 2000 a 2011. Como cada patente possui ao menos um código, há um múltiplo de códigos para cada região considerada no estudo. A intenção é captar todas as competências tecnológicas em cada região. Nesse sentido, a frequência dos códigos de patentes é a informação usada nos diversos indicadores que serão descritos a seguir.

Uma vez que uma patente pode ter inventores de diferentes regiões, os códigos de uma patente são atribuídos a todas as regiões a que pertencem seus inventores. Nesse sentido, se uma patente tem dois inventores de cidades diferentes, os seus códigos são igualmente atribuídos às duas cidades, pois se considera que ambas as cidades possuem competências tecnológicas expressas pelos respectivos códigos. Dessa forma, extrai-se a informação de 127.252 ocorrências de IPC ao nível de 4 dígitos.

A opção por utilizar a soma de um período longo se encontra em minimizar distorções de anos específicos e possuir informações suficientes para estimações, uma vez que para algumas tecnologias mais sofisticadas o Brasil possui um número muito reduzido de depósitos, como semicondutores e nanotecnologia. Ao receber essas informações referentes ao IPC e aos municípios, é estabelecido um critério para agrupamento dessas patentes de acordo com padrões internacionais, conforme a metodologia de Schmoch (2008), desenvolvida no *World International Patent Office* (WIPO).

Schmoch (2008) apresenta os critérios utilizados para a formação da classificação tecnológica em questão:

(1) a cobertura de todos códigos internacionais de classificação das patentes (IPC);

(2) o tamanho dos campos deve ser balanceado, ou seja, campos muito grandes convivendo com campos muito pequenos devem ser evitados, em termos de números de patentes envolvidas. O problema de campos muito grandes é que eles cobrirão diversas tecnologias sendo um campo muito heterogêneo, e campos pequenos demais não levam a análises significativas do ponto estatístico;

(3) a classificação deve ser baseada exclusivamente em códigos do IPC, devido ao grande número de bases de dados de acordo com esse critério;

(4) o nível de diferenciação deve ser apropriado, de forma que a separação em 5 grupos e 20 subgrupos seja factível, sendo esse segundo nível mais adequado para análises de estruturas de países;

(5) O conteúdo dos campos deve ser adequadamente distinto uns dos outros. Além disso, como hoje não há uma classificação principal e uma secundária no IPC, pode-se separar suas classificações em diferentes campos. A classificação tecnológica das patentes nos grupos e subgrupos com seus respectivos IPCs (4 dígitos) de identificação é apresentada de acordo com o quadro 2.

Além dos procedimentos convencionais apresentados por Schmoch (2008), o quadro 2 também apresenta alterações pontuais feitas com base em algumas particularidades da base extraída do BADEPI. Os procedimentos acrescidos são:

(1) Agregação dos subdomínios tecnológicos 2 e 3 (tecnologia audiovisual e telecomunicações) por conta da ausência de informações em nível do IPC em sete dígitos;

(2) Agregação dos subdomínios tecnológicos 10 e 11 (medida e análise de matérias biológicas) pelo mesmo motivo do item (1);

(3) A classificação A61K foi totalmente incorporada no campo 16;

(4) Agregação dos subdomínios tecnológicos 23 e 24 (engenharia química e tecnologia ambiental) pelo mesmo motivo do item (1);

(5) Usualmente, ao longo da exposição, os domínios e subdomínios serão discutidos de acordo com o seu nível de sofisticação. Essa definição está associada à natureza da tecnologia classificada. Em geral, tecnologias que envolvem componentes elétrico e eletrônicos são consideradas de maior sofisticação, como por exemplo o domínio da engenharia elétrica e as tecnologias de comunicação, computadores, tecnologia de informação e semicondutores. O

mesmo ocorre nos domínios de instrumentos e boa parte da química, como a química macromolecular e as microestruturas.

(6) As tecnologias do domínio da engenharia mecânica são em geral classificadas como de menor sofisticação, assim como o domínio “Outros”, que abarca as tecnologias da engenharia civil, mobília e demais produtos de consumo. Essas tecnologias por definição são partes da engenharia que não se utilizam de aparatos elétricos/eletrônicos, portanto, em geral, menos sofisticadas que o campo da engenharia elétrica.

Quadro 2. Agrupamento das subclasses tecnológicas em domínios e subdomínios tecnológicos

Cód.	Domínio Tecnológico	Subdomínio Tecnológico	Cód. Subdomínio	Classificação IPC 4 dígitos
1	Engenharia elétrica	Maquinaria elétrica e aparatos, energia elétrica	1	F21K, F21L, F21S, F21V, F21W, F21Y, H01B, H01C, H01F, H01G, H01H, H01J, H01K, H01M, H01R, H01T, H02B, H02G, H02H, H02J, H02K, H02M, H02N, H02P, H05B, H05C, H05F, H99Z
		Tecnologia Audiovisual e Telecomunicações	2 e 3	G08C, G09F, G09G, G11B, H01P, H01Q, H04B, H04H, H04J, H04K, H04M, H04N, H04Q, H04R, H04S, H05K
		Comunicação Digital	4	H04L, H04W
		Processo de Comunicação Básica	5	H03B, H03C, H03D, H03F, H03G, H03H, H03J, H03K, H03L, H03M
		Tecnologia de Computadores	6	G06C, G06D, G06E, G06F, G06G, G06J, G06K, G06M, G06N, G06T, G10L, G11C
		Métodos de IT p/ gestão	7	G06Q
		Semicondutores	8	H01L
2	Instrumentos	Ótica	9	G02B, G02C, G02F, G03B, G03C, G03D, G03F, G03G, G03H, H01S
		Medida; Análise de materiais biológicos	10 e 11	G01B, G01C, G01D, G01F, G01G, G01H, G01J, G01K, G01L, G01M, G01N, G01P, G01Q, G01R, G01S, G01V, G01W, G04B, G04C, G04D, G04F, G04G, G04R, G12B, G99Z
		Controle	12	G05B, G05D, G05F, G07B, G07C, G07D, G07F, G07G, G08B, G08G, G09B, G09C, G09D
		Tecnologia Médica	13	A61B, A61C, A61D, A61F, A61G, A61H, A61J, A61L, A61M, A61N, H05G
3	Química	Prod. Orgân. Elaborados	14	A61Q, C07B, C07C, C07D, C07F, C07H, C07J, C40B
		Biotecnologia	15	C07G, C07K, C12M, C12N, C12P, C12Q, C12R, C12S
		Produtos farmacêuticos	16	A61K, A61P
		Química macromolecular, polímeros	17	C08B, C08C, C08F, C08G, C08H, C08K, C08L
		Química de alimentos	18	A01H, A21D, A23B, A23C, A23D, A23F, A23G, A23J, A23K, A23L, C12C, C12F, C12G, C12H, C12J, C13B, C13D, C13F, C13J, C13K
		Química de materiais	19	A01N, A01P, C05B, C05C, C05D, C05F, C05G, C06B, C06C, C06D, C06F, C09B, C09C, C09D, C09F, C09G, C09H, C09J, C09K, C10B, C10C, C10F, C10G, C10H, C10J, C10K, C10L, C10M, C10N, C11B, C11C
		Materiais, metalurgia	20	B22C, B22D, B22F, C01B, C01C, C01D, C01F, C01G, C03C, C04B, C21B, C21C, C21D, C22B, C22C, C22F
		Tecnologia de superfície, revestimentos	21	B05C, B05D, B32B, C23C, C23D, C23F, C23G, C25B, C25C, C25D, C25F, C30B
		Tecnologia das microestruturas; nanotecnologia	22	B81B, B81C, B82B, B82Y
		Engenharia Química e Tecnologia Ambiental	23 e 24	A62C, B01B, B01D, B01F, B01J, B01L, B02C, B03B, B03C, B03D, B04B, B04C, B05B, B06B, B07B, B07C, B08B, B09B, B09C, B65F, C02F, C14C, D06B, D06C, D06L, E01F, F01N, F23G, F23J, F25J, F26B, G01T, H05H

Cód.	Domínio Tecnológico	Subdomínio Tecnológico	Código Subdomínio	Classificação IPC 4 dígitos
4	Engenharia Mecânica	Manipulação	25	B25J, B65B, B65C, B65D, B65G, B65H, B66B, B66C, B66D, B66F, B67B, B67C, B67D
		Máquinas, ferramentas	26	A62D, B21B, B21C, B21D, B21F, B21G, B21H, B21J, B21K, B21L, B23B, B23C, B23D, B23F, B23G, B23H, B23K, B23P, B23Q, B24B, B24C, B24D, B25B, B25C, B25D, B25F, B25G, B25H, B26B, B26D, B26F, B27B, B27C, B27D, B27F, B27G, B27H, B27J, B27K, B27L, B27M, B27N, B30B
		Motores, bombas, turbinas	27	F01B, F01C, F01D, F01K, F01L, F01M, F01P, F02B, F02C, F02D, F02F, F02G, F02K, F02M, F02N, F02P, F03B, F03C, F03D, F03G, F03H, F04B, F04C, F04D, F04F, F23R, F99Z, G21B, G21C, G21D, G21F, G21G, G21H, G21J, G21K
		Maquinaria têxtil e de papel	28	A41H, A43D, A46D, B31B, B31C, B31D, B31F, B41B, B41C, B41D, B41F, B41G, B41J, B41K, B41L, B41M, B41N, C14B, D01B, D01C, D01D, D01F, D01G, D01H, D02G, D02H, D02J, D03C, D03D, D03J, D04B, D04C, D04G, D04H, D05B, D05C, D06G, D06H, D06J, D06M, D06P, D06Q, D21B, D21C, D21D, D21F, D21G, D21H, D21J
		Outra maquinaria especial	29	A01B, A01C, A01D, A01F, A01G, A01J, A01K, A01L, A01M, A21B, A21C, A22B, A22C, A23N, A23P, B02B, B28B, B28C, B28D, B29B, B29C, B29D, B29K, B29L, B99Z, C03B, C08J, C12L, C13B, C13C, C13G, C13H, F41A, F41B, F41C, F41F, F41G, F41H, F41J, F42B, F42C, F42D
		Processos térmicos e aparatos	30	F22B, F22D, F22G, F23B, F23C, F23D, F23H, F23K, F23L, F23M, F23N, F23Q, F24B, F24C, F24D, F24F, F24H, F24J, F25B, F25C, F27B, F27D, F28B, F28C, F28D, F28F, F28G
		Componentes mecânicos	31	F15B, F15C, F15D, F16B, F16C, F16D, F16F, F16G, F16H, F16J, F16K, F16L, F16M, F16N, F16P, F16S, F16T, F17B, F17C, F17D, G05G
		Transporte	32	B60B, B60C, B60D, B60F, B60G, B60H, B60J, B60K, B60L, B60M, B60N, B60P, B60Q, B60R, B60S, B60T, B60V, B60W, B61B, B61C, B61D, B61F, B61G, B61H, B61J, B61K, B61L, B62B, B62C, B62D, B62H, B62J, B62K, B62L, B62M, B63B, B63C, B63G, B63H, B63J, B64B, B64C, B64D, B64F, B64G
5	Outros	Mobília, jogos	33	A47B, A47C, A47D, A47F, A47G, A47H, A47J, A47K, A47L, A63B, A63C, A63D, A63F, A63G, A63H, A63J, A63K
		Outros produtos de consumo	34	A24B, A24C, A24D, A24F, A41B, A41C, A41D, A41F, A41G, A42B, A42C, A43B, A43C, A44B, A44C, A45B, A45C, A45D, A45F, A46B, A62B, A99Z, B42B, B42C, B42D, B42F, B43K, B43L, B43M, B44B, B44C, B44D, B44F, B68B, B68C, B68F, B68G, D04D, D06F, D06N, D07B, F25D, G10B, G10C, G10D, G10F, G10G, G10H, G10K
		Engenharia Civil	35	E01B, E01C, E01D, E01F, E01H, E02B, E02C, E02D, E02F, E03B, E03C, E03D, E03F, E04B, E04C, E04D, E04F, E04G, E04H, E05B, E05C, E05D, E05F, E05G, E06B, E06C, E21B, E21C, E21D, E21F, E99Z

Fonte: adaptado de Schmoch (2008).

3.1.2. Unidade espacial de análise: REGIC

Neste trabalho foi usada a unidade espacial de análise que considera a divisão urbano-regional a partir das Regiões de Influência das Cidades (REGIC). O REGIC (IBGE, 2007) se baseia nos estudos de centralidade e hierarquia da rede urbana, que tem como referência central a proposta metodológica de Michel Rochefort (1961) e como base teórica a teoria das localidades centrais de Christaller (1966), teoria cuja centralidade decorre do papel de distribuição de bens e serviços para a população.

Diversos trabalhos encontrados na literatura se utilizam de microrregiões geográficas como unidade espacial de análise, como Gonçalves (2007), Gonçalves e Almeida (2009) e Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011). As microrregiões são definidas como organizações

espaciais específicas, sendo essas especificidades referentes à estrutura de produção agropecuária, industrial, extrativismo mineral ou pesca, e identificada também pela interação ao nível local entre as áreas de produção. Entretanto, essa medida não reflete de forma precisa a divisão urbana do espaço e seus efeitos de polarização dos centros urbanos³. Portanto, uma vez que o presente objeto de estudo envolve aglomerações urbanas, a delimitação espacial de microrregiões não parece ser tão adequada, sendo necessário discutir outras análises.

A definição de regiões metropolitanas brasileiras é outra medida que foi descartada por se apresentar bastante problemática. A Constituição Brasileira de 1988 facultou aos estados a determinação de Regiões Metropolitanas e Aglomerações Urbanas constituídas por agrupamentos de municípios limítrofes, com objetivos de integração regional a partir de interesses em comum para os municípios e o estado. Portanto, as regiões metropolitanas foram definidas por cada Unidade Federativa, o que apresenta inconsistências⁴.

O conceito de regiões de influência das cidades - REGIC-2007 (IBGE, 2008) utiliza-se de uma constatação de que conjuntos de centros urbanos formam áreas de influência mais ou menos extensas que possuem divergências em relação ao conjunto dos centros de gestão do território. O reconhecimento de que existem cidades com efeito polarizador sobre outras cidades é a principal inspiração dessa metodologia. Os critérios adotados para a identificação são: (1) a classificação dos centros de gestão do território; (2) a intensidade de relacionamentos e a dimensão da região de influência de cada centro; (3) diferenciações regionais.

A partir do REGIC-2007, foi elaborada a Divisão Urbano-Regional, que constitui análise da dinâmica territorial brasileira, fornecendo uma visão regional do Brasil a partir dos fluxos articulados por sua rede urbana. A identificação e delimitação dos novos desenhos regionais, aqui chamadas de Regiões de Articulação Urbana, encontram-se vinculadas à compreensão das transformações sócioespaciais que ocorrem no País e também à maneira como se apreende essas transformações (IBGE, 2013). Todas as regiões identificadas são formadas a partir de uma cidade que comanda a sua região, estabelecendo relacionamentos entre agentes e empresas nos respectivos territórios.

³ O Estado de São Paulo, por exemplo, é dividido em 64 microrregiões, segmentando boa parte da área polarizada pelo município de São Paulo, como os municípios de Osasco, Mogi das Cruzes e Guarulhos, que possuem microrregiões próprias. Em Minas Gerais, a microrregião de Juiz de Fora não incorpora os municípios de Barbacena e Ubá, que também possuem suas microrregiões próprias.

⁴ O Estado de Santa Catarina, por exemplo, é totalmente dividido em regiões metropolitanas, totalizando dez regiões, enquanto o Estado de São Paulo possui apenas seis, muito mal distribuídas. O Rio de Janeiro possui apenas uma região metropolitana, enquanto o Estado de Alagoas possui mais de cinco regiões metropolitanas.

O novo quadro territorial surge, desse modo, com alterações significativas nos critérios de determinação regional - conjuntos regionais onde se privilegiou alguns aspectos diferenciadores e marcantes do território de forma a se obter um contorno de cada espaço regional. A contextualização das regiões foi construída assim, a partir de uma visão que combina o processo de urbanização e o processo de integração do mercado nacional, com o surgimento de estruturas verticais que estabelecem relações em rede e fortalecem cidades e aglomerações urbanas como elementos fundamentais de interconexão da gestão, da infraestrutura e das atividades produtivas. (IBGE, 2013, p.2)

Nesse novo quadro territorial, são apresentados três níveis de articulação urbana do território brasileiro, as Regiões Ampliadas de Articulação Urbana, as Regiões Intermediárias de Articulação Urbana e as Regiões Imediatas de Articulação Urbana, cada uma dividindo o território nacional em 14, 161 e 482 regiões respectivamente. Será utilizado aqui nessa base de dados a definição de Regiões Intermediárias de Articulação Urbana, que se distinguem principalmente por polarizar um número grande de municípios no atendimento de bens e serviços de alta complexidade, concentrando atividades de gestão pública e privada e na escala regional, articulam órgãos e empresas privadas. A divisão territorial do Brasil a partir do conceito de Regiões Intermediárias de Articulação Urbana é apresentada na figura 1, e a lista de municípios pertencente a cada região pode ser encontrada no site do IBGE⁵.

Figura 1. Divisão Urbano-Regional ao nível intermediário com base no REGIC-2007.



Fonte: IBGE. Nota: municípios-polo marcados como pontos em vermelho.

As regiões intermediárias de articulação urbana, formadas de acordo com o traço característico de polarização dos municípios por um centro de atendimento de bens e serviços, possuem uma grande diferenciação quando o fenômeno inovador entra em questão. A região

⁵ A divisão urbano-regional e suas composições estão disponíveis no site do IBGE em ftp://geoftp.ibge.gov.br/divisao_urbano_regional/base_de_dados/divisao_urbano_regional_composicao_das_regioes_xls.zip

intermediária de Campinas, por exemplo, possui 10.272 ocorrências de classificação de patentes, sendo que desse total somente 4.447 ocorrências (43%) são efetivamente da cidade de Campinas. Outra parcela do fenômeno inovador da região de Campinas é atribuída a um grupo de municípios como Piracicaba, Vinhedo, Limeira, Valinhos e Americana (27%). Em contraste, a região intermediária do Rio de Janeiro, que possui 9.177 ocorrências, possui somente na cidade do Rio de Janeiro 6.955 ocorrências, representando 75% da região, sendo outra parcela significativa assumida pelos municípios de Niterói e Petrópolis.

Portanto, uma informação que deve ser apresentada para uma familiarização maior do leitor com o corte regional é o quão significativo aparece o município polo em cada uma das regiões a partir da sua participação no total de ocorrências na região, além das principais estatísticas descritivas da base de dados (tabela 1).

Tabela 1: Estatísticas descritivas e informações básicas das ocorrências de códigos IPC citados de acordo com as principais regiões intermediárias de articulação urbana (2000-2011)

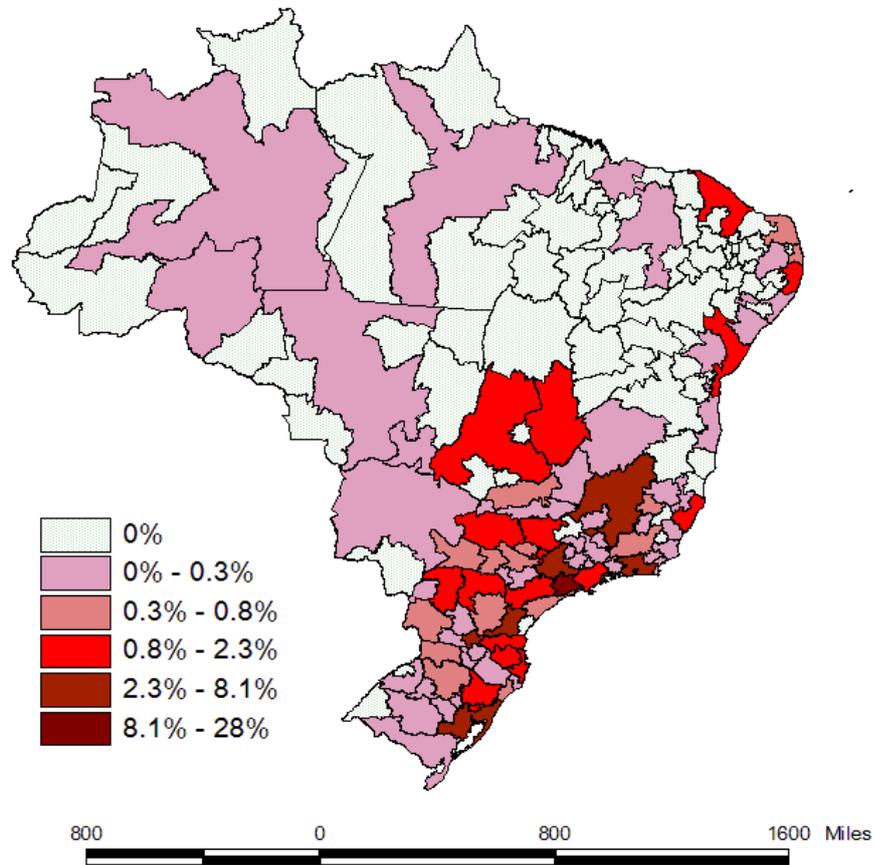
Ranking	Nome da Região Intermediária	Número de Municípios	% Município Polo	Total Ocorrências
1	São Paulo (SP)	55	70,68%	35671
2	Campinas (SP)	67	43,29%	10272
3	Rio de Janeiro (RJ)	34	75,80%	9176
4	Belo Horizonte (MG)	75	72,96%	7160
5	Curitiba (PR)	25	82,15%	6973
6	Porto Alegre (RS)	48	70,98%	5152
7	Caxias do Sul (RS)	23	60,58%	2892
8	Ribeirão Preto (SP)	43	47,19%	2723
9	Joinville (SC)	22	74,82%	2689
10	Florianópolis (SC)	23	62,50%	2685
11	São José dos Campos (SP)	32	55,81%	2229
12	Brasília (DF)	13	95,47%	1966
13	Blumenau (SC)	32	50,67%	1715
14	São José do Rio Preto (SP)	63	38,43%	1551
15	Goiânia (GO)	34	79,75%	1526
16	Londrina (PR)	38	59,09%	1457
17	Sorocaba (SP)	29	43,77%	1437
18	Vitória (ES)	21	44,10%	1433
19	São Carlos (SP)	7	96,32%	1384
20	N. Hamburgo - São Leopoldo (RS)	17	68,57%	1365

Unidade\Ocorrências	Média	Desvio Padrão	Mediana	Máximo
Municípios	73,9	686,91	5	25213
Regiões Intermediárias	865	3260,57	105	35671

Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0)

A distribuição das ocorrências de patentes de acordo com as regiões intermediárias de articulação urbana pode ser vista na figura 2.

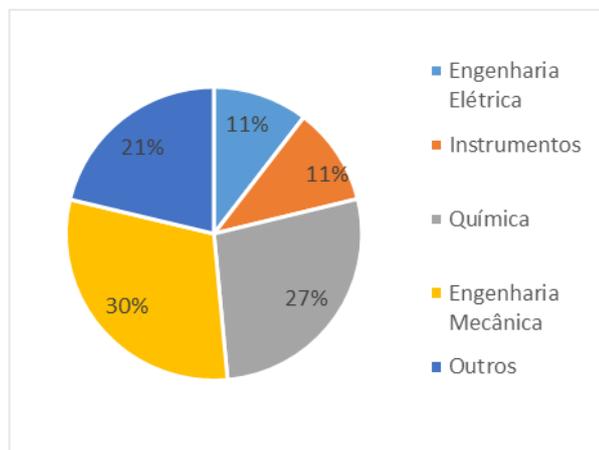
Figura 2. Distribuição espacial das ocorrências de subclasses tecnológicas dos depósitos de patentes brasileiros, segundo o conceito de Regiões Intermediárias da Divisão Urbano-Regional da REGIC (2000-2011)



Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0)

Do ponto de vista dos domínios tecnológicos, o sistema brasileiro de inovação está concentrado em tecnologias de baixo e médio desempenho, como Engenharia Mecânica e Outros, que envolve as áreas de Móveis e Engenharia Civil, conforme o gráfico 1.

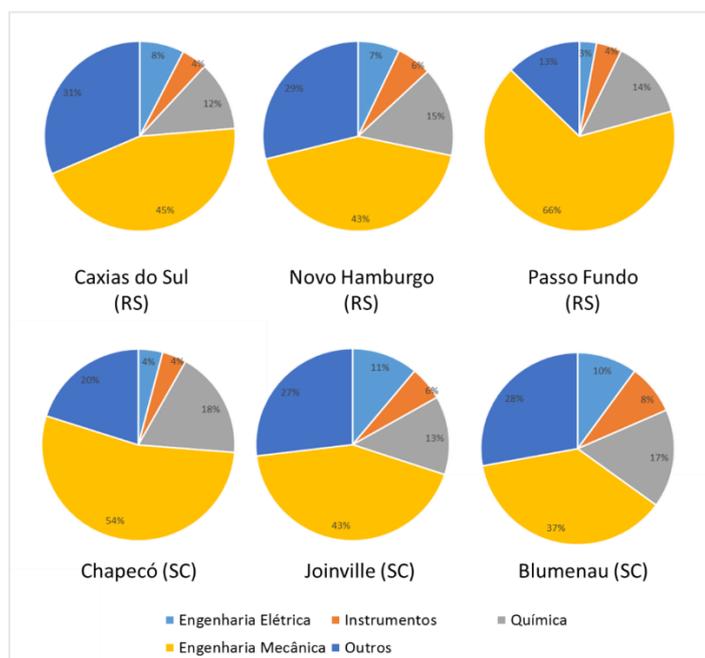
Gráfico 1. Distribuição tecnológica do sistema brasileiro de inovação de acordo com suas participações relativas ao total (2000-2011)



Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0)

Em particular no Sul do País, essa distribuição adquire uma participação relativa maior dos domínios “engenharia mecânica” e “outros”, indicando um aspecto regional relevante para a compreensão dos posteriores resultados referentes ao nível de hierarquia dos subdomínios desses dois domínios, conforme o gráfico 2.

Gráfico 2. Distribuição dos domínios tecnológicos para grupo de regiões selecionadas de acordo com suas participações relativas ao total.



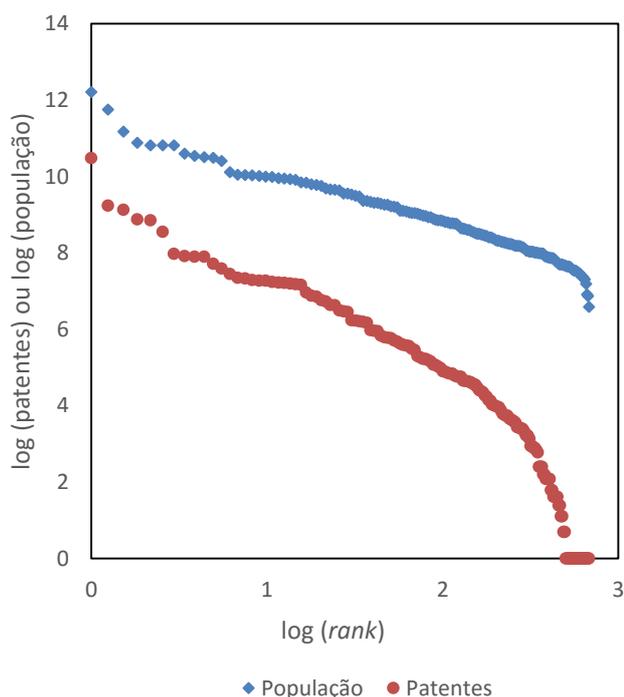
Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0)

3.2. Resultados

3.2.1. Hierarquia e concentração de invenções

Primeiramente, com o objetivo de evidenciar a relação entre hierarquia populacional e hierarquia na atividade inventiva, apresenta-se a distribuição dos dados populacionais (média do período 2000-2011) e de patentes (soma do período 2000-2011) para todas as regiões de acordo com sua classificação (Figura 3). Pode-se perceber que o ajuste linear da população é mais claramente observado, enquanto as patentes, mais desigualmente distribuídas que a população, são mais inclinadas e possuem forma quadrática. Pode-se perceber que as duas séries também se descolam cada vez mais quanto pior classificada é a região, o que pode estar associado às externalidades advindas da urbanização. Ó hUallacháin (1999) encontra resultado semelhante para os Estados Unidos para o ano de 1996.

Figura 3. Distribuição de todas as regiões intermediárias de articulação urbana do Brasil para a média da população (2000-2011) e total de patentes (2000-2011)



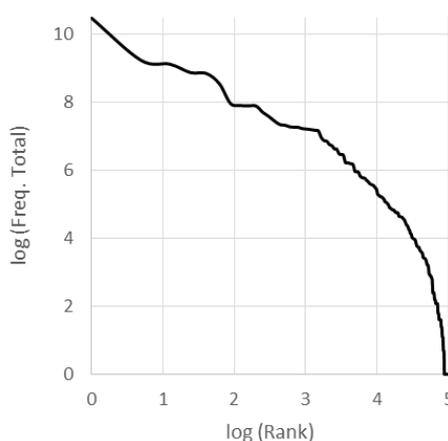
Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0) e dados populacionais fornecidos pelo IBGE. Nota: A variável do eixo x ($\log rank$) foi padronizada para melhor ajuste das duas séries.

Com essas informações, é possível entender melhor a maneira pela qual a escala urbana está associada à escala inventiva. A correlação entre essas distribuições populacionais e de patentes é de 87,9%, indicando que, em geral, os maiores centros urbanos são também os

maiores inventores. A estimação do coeficiente de Zipf tem o intuito de revelar, nesse contexto, como a invenção é mais concentrada em um grupo específico de regiões identificadas, e como tais regiões são também os principais centros urbanos do país. Além disso, a partir do conceito de hierarquia, é possível identificar por subdomínio tecnológico a intensidade da hierarquização pelos principais centros urbanos, a partir da participação relativa de cada região.

Newman (2005), Holmes *et al.* (2010) e Maliszewski e Ó hUallacháin (2012) sugerem a utilização da estimação de Zipf somente para a cauda superior, que será delimitada como as vinte primeiras regiões da distribuição para cada subdomínio tecnológico. Esse corte não é arbitrário, sendo baseado em dois critérios. O primeiro é o número mínimo de observações, que é 28 no subdomínio tecnológico 22. O segundo critério é uma avaliação da linearidade em plotagens do tipo log-log, conforme o gráfico 3.

Gráfico 3. Distribuição log x log das ocorrências de IPCs e sua respectiva classificação para o período 2000-2011.



Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0)

A literatura sugere que o procedimento para a análise da Lei de Zipf envolve limitar a “cauda superior” para garantir a linearidade da distribuição, uma vez que a partir de determinadas posições, a classificação incorpora um excessivo número de regiões de baixas ocorrências, que inevitavelmente afetam a qualidade do ajuste da hierarquia. Por isso, com a utilização da cauda superior, a análise fica restrita a um número de regiões com um mínimo de ocorrências. Cabe ressaltar também que a linearidade da distribuição total não garante a linearidade das distribuições dos subdomínios tecnológicos, mas é um critério de partida. Na figura 3, o $\log(\text{Rank})$ igual a 3 corresponde à região de ordem vinte da classificação, em que a distribuição dos totais apresenta característica mais próxima da linear. Para valores acima de

três, a distribuição apresenta uma forma mais próxima da quadrática, estando descartada da chamada “cauda superior”. Portanto, para preservar a linearidade, a distribuição sobre a qual será calculada a Lei de Zipf apresentará um número de regiões igual a vinte para cada hierarquia a ser calculada. Com esse ajuste ao número de regiões sob as quais será calculada a Lei de Zipf, além de resultados comparáveis entre os subdomínios, a correlação entre o número de regiões que possuem ao menos uma ocorrência para um subdomínio tecnológico e o coeficiente de Zipf de cada subdomínio tecnológico cai para 30%.

Tal procedimento resulta na melhora do ajuste dos coeficientes e na formação de um padrão aceitável de comparabilidade entre o coeficiente de Zipf dos subdomínios tecnológicos. A não-linearidade da distribuição inteira é uma situação esperada uma vez que se tem poucas cidades grandes concentrando um grande número de ocorrências de códigos IPCs e muitas cidades pequenas apresentando poucas ou praticamente nenhuma ocorrência de patente, e o procedimento adotado é adequado se a discussão dos resultados for ponderada somente aos vinte principais centros urbanos de cada subdomínio tecnológico.

A tabela 2 apresenta os resultados das estimativas dos coeficientes de Zipf, os coeficientes de Gini e os Coeficientes de I de Moran para cada um dos 35 subdomínios tecnológicos.⁶ A primeira e a segunda colunas apresentam o código e descrição de cada subdomínio de acordo com a definição de Schmoch (2008). A terceira coluna apresenta o total de regiões que possuem ao menos uma ocorrência de classificação tecnológica. As últimas colunas apresentam algumas estatísticas comparadas aos resultados de uma distribuição geral das atividades, com o intuito de destacar particularidades regionais em algumas tecnologias.

Em geral, todos os subdomínios tecnológicos brasileiros são hierarquizados – ainda que alguns mais, outros menos – e alguns apresentam um ajuste quase que perfeito da Lei de Zipf, como os subdomínios tecnológicos 18 (química de alimentos) e 35 (engenharia civil), com coeficientes de Zipf muito próximos a -1 e ajuste do R^2 de 0,990 e 0,982, respectivamente. O caso do subdomínio “química de alimentos” ilustra bem a regularidade empírica prevista pela Lei de Zipf. São Paulo, que é a região com mais ocorrências nesse subdomínio, possui 21,85% do total de ocorrências. O segundo colocado no *ranking*, Campinas, caso fosse uma Lei de Zipf perfeita, deveria ser a metade do primeiro no *ranking*, ou seja, 10,92%. O valor encontrado foi de 11,03%, mostrando que o ajuste é muito próximo do valor de Zipf. Essa lógica se segue para

⁶ Embora a Lei de Zipf seja investigada para a cauda superior do total de regiões (20 principais), os cálculos do coeficiente de Gini e I de Moran são realizados considerando-se o total das 161 da REGIC, pois tais medidas não necessitam de linearizar as distribuições.

um terço na terceira região, um quarto na quarta região, até vinte avos, que é a vigésima região na classificação.

Coeficientes de Zipf acima de um (em módulo) indicam que as ocorrências estão mais que proporcionalmente concentradas nos primeiros classificados e menos que proporcionalmente concentradas nos últimos. O parâmetro para identificar se tal proporção está acima ou abaixo dessa proporção é a regra de potência que envolve cada uma das regiões de acordo com sua classificação com base nas ocorrências de cada subdomínio tecnológico.

Tabela 2. Resultados das estimações dos coeficientes de Zipf, Gini e I de Moran para estatísticas de patentes e códigos IPCs no Brasil. Período:2000-2011

Cód.	Subdomínio Tecnológico	Nº Reg.	coeficientes			% das ocorrências nas TOP-10 regiões	Top 5 regiões em cada tecnologia		
			Zipf (R²)	Gini	I de Moran (P-Valor)		Class. no ranking geral	Região	% do Total de ocorrências
1	Maquinaria elétrica e aparatos, energia elétrica	99	-1,104*** (0,970)	0,712	0,1527 (0,001)	70,17%	1	São Paulo (SP)	31,87%
							2	Campinas (SP)	7,95%
							4	Belo Horizonte (MG)	6,09%
							5	Curitiba (PR)	4,99%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	4,64%
2 e 3	Tecnologia Audio-visual e Telecomunicações	95	-1,218*** (0,967)	0,720	0,1091 (0,024)	71,17%	1	São Paulo (SP)	35,02%
							2	Campinas (SP)	7,44%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	7,39%
							4	Belo Horizonte (MG)	6,50%
							5	Curitiba (PR)	6,15%
4	Comunicação Digital	53	-1,122*** (0,981)	0,751	0,2111 (0,000)	68,32%	1	São Paulo (SP)	27,33%
							2	Campinas (SP)	14,06%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,34%
							4	Belo Horizonte (MG)	5,74%
							12	Brasília (DF)	4,36%
5	Processo de Comunicação Básica	41	-0,926*** (0,973)	0,741	0,1737 (0,000)	62,13%	1	São Paulo (SP)	24,26%
							2	Campinas (SP)	10,65%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	7,69%
							5	Curitiba (PR)	6,51%
							4	Belo Horizonte (MG)	3,55%
6	Tecnologia de Computadores	76	-1,169*** (0,988)	0,735	0,1880 (0,000)	70,19%	1	São Paulo (SP)	28,43%
							2	Campinas (SP)	12,53%
							5	Curitiba (PR)	6,58%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,06%
							4	Belo Horizonte (MG)	5,21%
7	Métodos de IT para gestão	49	-1,110*** (0,963)	0,746	0,1027 (0,033)	70,32%	1	São Paulo (SP)	36,61%
							4	Belo Horizonte (MG)	7,74%
							2	Campinas (SP)	7,58%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	5,81%
							5	Curitiba (PR)	5,48%
8	Semicondutores	35	-1,102*** (0,967)	0,784	0,1710 (0,000)	72,53%	1	São Paulo (SP)	28,57%
							5	Curitiba (PR)	9,89%
							2	Campinas (SP)	9,34%
							6	Porto Alegre (RS)	7,14%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,04%
9	Ótica	52	-1,187*** (0,996)	0,758	0,1904 (0,000)	71,23%	1	São Paulo (SP)	30,42%
							2	Campinas (SP)	12,50%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	9,49%
							5	Curitiba (PR)	5,57%
							4	Belo Horizonte (MG)	4,07%
10 e 11	Medida; Análise de materiais biológicos	96	-1,129*** (0,968)	0,693	0,1731 (0,000)	67,05%	1	São Paulo (SP)	21,34%
							2	Campinas (SP)	10,88%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	10,61%
							4	Belo Horizonte (MG)	7,49%
							5	Curitiba (PR)	5,86%
12	Controle	92	-1,084*** (0,972)	0,719	0,1085 (0,025)	66,95%	1	São Paulo (SP)	30,28%
							4	Belo Horizonte (MG)	7,66%
							5	Curitiba (PR)	7,13%
							6	Porto Alegre (RS)	5,76%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	5,20%
13	Tecnologia Médica	100	-1,103*** (0,971)	0,714	0,1452 (0,003)	67,56%	1	São Paulo (SP)	29,94%
							2	Campinas (SP)	7,60%
							4	Belo Horizonte (MG)	6,57%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,23%
							6	Porto Alegre (RS)	5,35%
14	Produtos Organicos Elaborados	80	-1,234*** (0,957)	0,763	0,1775 (0,000)	72,77%	1	São Paulo (SP)	19,18%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	16,64%
							2	Campinas (SP)	16,35%
							4	Belo Horizonte (MG)	6,26%
							5	Curitiba (PR)	5,38%
15	Biotecnologia	77	-1,156*** (0,973)	0,750	0,1768 (0,000)	68,69%	1	São Paulo (SP)	20,91%
							2	Campinas (SP)	15,04%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	10,63%
							4	Belo Horizonte (MG)	6,92%
							12	Brasília (DF)	5,49%

Cód.	Subdomínio Tecnológico	Nº Reg.	coeficientes			% das ocorrências nas TOP-10 regiões	Top 5 regiões em cada tecnologia		
			Zipf (R²)	Gini	I de Moran (P-Valor)		Class. no ranking geral	Região	% do Total de ocorrências
16	Produtos farmacêuticos	102	-1,170*** (0,974)	0,715	0,1189 (0,002)	68,68%	1	São Paulo (SP)	24,72%
							2	Campinas (SP)	10,96%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	7,85%
							4	Belo Horizonte (MG)	7,45%
							5	Curitiba (PR)	6,35%
17	Química macromolecular, polímeros	63	-1,299*** (0,948)	0,779	0,1674 (0,000)	71,96%	1	São Paulo (SP)	22,35%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	16,36%
							2	Campinas (SP)	10,15%
							6	Porto Alegre (RS)	9,50%
							19	São Carlos (SP)	4,63%
18	Química de alimentos	104	-1,038*** (0,990)	0,649	0,1692 (0,000)	58,62%	1	São Paulo (SP)	21,85%
							2	Campinas (SP)	11,03%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,25%
							5	Curitiba (PR)	5,97%
							8	Ribeirão Preto (SP)	3,75%
19	Química de materiais	102	-1,227*** (0,981)	0,674	0,1597 (0,001)	67,47%	1	São Paulo (SP)	27,47%
							2	Campinas (SP)	10,33%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	10,22%
							5	Curitiba (PR)	6,28%
							4	Belo Horizonte (MG)	4,81%
20	Materiais, metalurgia	82	-1,095*** (0,955)	0,724	0,1499 (0,002)	63,94%	1	São Paulo (SP)	17,62%
							4	Belo Horizonte (MG)	17,41%
							2	Campinas (SP)	7,70%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,28%
							5	Curitiba (PR)	6,06%
21	Tecnologia de superfície, revestimentos	66	-1,152*** (0,983)	0,738	0,1646 (0,000)	71,61%	1	São Paulo (SP)	34,56%
							2	Campinas (SP)	10,54%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	5,91%
							5	Curitiba (PR)	5,23%
							6	Porto Alegre (RS)	4,16%
							4	Belo Horizonte (MG)	2,50%
22	Tecnologia das microestruturas; nanotecnologia	28	-1,104*** (0,928)	0,832	0,1903 (0,000)	65,35%	1	São Paulo (SP)	25,00%
							4	Belo Horizonte (MG)	9,65%
							2	Campinas (SP)	9,21%
							19	São Carlos (SP)	8,33%
							6	Porto Alegre (RS)	7,02%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	12,17%
23 e 24	Engenharia Química e Tecnologia Ambiental	109	-1,055*** (0,962)	0,684	0,1441 (0,003)	65,21%	2	Campinas (SP)	9,23%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	9,23%
							4	Belo Horizonte (MG)	7,00%
							6	Porto Alegre (RS)	4,11%
							1	São Paulo (SP)	21,39%
25	Manipulação	113	-1,116*** (0,960)	0,715	0,1000 (0,038)	71,74%	1	São Paulo (SP)	37,54%
							2	Campinas (SP)	7,13%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,28%
							5	Curitiba (PR)	5,45%
							4	Belo Horizonte (MG)	4,16%
26	Máquinas, ferramentas	102	-0,968*** (0,967)	0,674	0,1541 (0,001)	63,22%	1	São Paulo (SP)	24,89%
							2	Campinas (SP)	6,90%
							5	Curitiba (PR)	6,21%
							4	Belo Horizonte (MG)	6,11%
							6	Porto Alegre (RS)	5,10%
							1	São Paulo (SP)	23,52%
27	Motores, bombas, turbinas	95	-1,095*** (0,958)	0,705	0,1777 (0,000)	65,65%	2	Campinas (SP)	8,81%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	7,74%
							9	Joinville (SC)	7,50%
							4	Belo Horizonte (MG)	6,39%
							1	São Paulo (SP)	36,79%
28	Maquinaria têxtil e de papel	67	-1,135*** (0,970)	0,752	0,1323 (0,006)	68,48%	2	Campinas (SP)	8,53%
							20	N. Hamburgo - S. Leopoldo (RS)	6,47%
							5	Curitiba (PR)	4,89%
							6	Porto Alegre (RS)	4,24%
							1	São Paulo (SP)	20,48%
							2	Campinas (SP)	7,97%
29	Outra maquinaria especial	122	-0,823*** (0,972)	0,647	0,1644 (0,000)	52,04%	26	Passo Fundo (RS)	5,52%
							5	Curitiba (PR)	3,80%
							8	Ribeirão Preto (SP)	3,68%
							1	São Paulo (SP)	20,48%

Cód.	Subdomínio Tecnológico	Nº Reg.	coeficientes			% das ocorrências nas TOP-10 regiões	Top 5 regiões em cada tecnologia		
			Zipf (R²)	Gini	I de Moran (P-Valor)		Class. no ranking geral	Região	% do Total de ocorrências
30	Procesos térmicos e aparatos	88	-1,066*** (0,969)	0,708	0,1623 (0,001)	66,38%	1	São Paulo (SP)	21,84%
							9	Joinville (SC)	8,89%
							6	Porto Alegre (RS)	8,15%
							4	Belo Horizonte (MG)	7,54%
							2	Campinas (SP)	6,15%
31	Componentes mecânicos	95	-1,100*** (0,966)	0,723	0,1119 (0,021)	71,25%	1	São Paulo (SP)	32,98%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	8,07%
							2	Campinas (SP)	6,50%
							9	Joinville (SC)	4,56%
							6	Porto Alegre (RS)	4,38%
32	Transporte	120	-1,058*** (0,940)	0,687	0,1141 (0,018)	67,13%	1	São Paulo (SP)	28,56%
							7	Caxias do Sul (RS)	6,25%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	5,84%
							5	Curitiba (PR)	5,77%
							4	Belo Horizonte (MG)	5,58%
33	Mobília, jogos	118	-1,065*** (0,956)	0,715	0,0977 (0,042)	69,22%	1	São Paulo (SP)	32,70%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,36%
							2	Campinas (SP)	6,09%
							5	Curitiba (PR)	5,80%
							7	Caxias do Sul (RS)	4,98%
34	Outros produtos de consumo	114	-1,018*** (0,959)	0,739	0,1026 (0,033)	70,95%	1	São Paulo (SP)	33,95%
							5	Curitiba (PR)	6,50%
							2	Campinas (SP)	6,14%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	6,05%
							6	Porto Alegre (RS)	4,62%
35	Engenharia Civil	119	-1,046*** (0,982)	0,682	0,0936 (0,051)	65,54%	1	São Paulo (SP)	28,17%
							3	Rio de Janeiro (RJ)	8,23%
							5	Curitiba (PR)	6,97%
							4	Belo Horizonte (MG)	5,39%
							2	Campinas (SP)	4,64%

Fonte: Elaboração própria com base em resultados extraídos dos softwares *Stata* e *Geoda*.

Todos os ajustes ficaram em geral, eficientes, o que indica que a relação linear é adequada para expressar a relação entre a classificação e o total de ocorrências de cada tecnologia. O subdomínio tecnológico com o menor R² é o 22 (tecnologia de microestruturas e nanotecnologia), com 92,8%. Certamente isso se deve à um provável fator quadrático que essa categoria apresenta mediante a distribuição das ocorrências ao longo da classificação. Excetuando-se esse caso específico, os demais apresentam bom ajuste linear.

A descrição dos subdomínios e os resultados apontados pelas estimativas para cada subdomínio tecnológico são resumidos a seguir:

(1) Maquinaria elétrica e aparatos, energia elétrica: é um subdomínio relativamente menos concentrado que os demais, mas que possui alta hierarquização pelas principais regiões. Trata-se da parte não eletrônica da engenharia elétrica (como por exemplo, a geração, conversão e distribuição de energia elétrica), cuja predominância se dá no Sudeste e Sul do País. Destaca-se neste grupo a alta participação relativa de São Paulo. Recife e Fortaleza são as principais

regiões do Nordeste nesta tecnologia, se apresentando ao mesmo nível de regiões do interior paulista como Santos e Marília.

(2 e 3) Tecnologia audiovisual e telecomunicações: É um dos subdomínios mais concentrados em São Paulo e também um dos subdomínios com menor padrão de associação espacial. A tecnologia audiovisual e telecomunicações, que está associada diretamente aos bens de consumo eletrônicos, concentrados nas regiões de São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba, os principais centros urbanos do País, que juntos possuem 62,5% das ocorrências desta tecnologia. No Nordeste, Salvador é a principal região detentora de ocorrências desta tecnologia, com 61 ocorrências no período. Destaca-se também Goiânia com 74 ocorrências. O alto coeficiente de Zipf desta tecnologia indica que é uma qualidade bastante específica de grandes centros urbanos.

(4) Comunicação digital: É um dos subdomínios com maior coeficiente de Gini, com 53 de 161 regiões que possuem ao menos uma ocorrência. São Paulo possui 138 ocorrências em tal subdomínio, o que indica que é uma função que não é amplamente difundida no Brasil. Este subdomínio está associado ao campo das telecomunicações, em específico a tecnologia entre as telecomunicações e tecnologia de computadores, como por exemplo a *internet*. Para se ter uma noção da dimensão deste subdomínio, sua média por região é de 3,13 ocorrências, enquanto a média do primeiro subdomínio (maquinaria elétrica e aparatos, energia elétrica) é de 33,74 ocorrências por região. Brasília possui uma participação relativa alta neste subdomínio, com 4,36% das ocorrências diante de sua participação de 1,54% comparado ao total, com 22 ocorrências.

(5) Processos de comunicação básica: Semelhante ao subdomínio (4), este campo diz respeito a uma tecnologia que não é amplamente difundida no Brasil. São 169 ocorrências desta tecnologia, das quais São Paulo possui 41 (24,26%). Este domínio cobre tecnologias básicas da área de telecomunicação como oscilação, modulação, circuitos ressonantes, técnicas de impulso, codificação e decodificação. Seu baixo número de ocorrências permite que regiões pouco expressivas apareçam entre as dez primeiras, como Uberlândia (MG), João Pessoa (PB) e Manaus (AM), que estão abaixo das trinta primeiras na classificação geral das regiões. É um subdomínio menos hierarquizado que os demais justamente pela fraca capacidade de São Paulo, Campinas, Rio e demais grandes centros urbanos em exercer tal função.

(6) Tecnologia de computadores: Este subdomínio comporta predominantemente o processamento digital elétrico, como o processamento de dados. É uma tecnologia altamente

hierarquizada e altamente concentrada, na qual destacam-se os principais centros urbanos – São Paulo, Campinas, Rio, Curitiba e Belo Horizonte – que detém mais da metade das ocorrências (1028 de 1748). É um subdomínio cuja função é essencialmente fornecida pelos grandes centros urbanos, sendo coordenado por regiões Sul e Sudeste que contém as capitais dos estados e as regiões de Campinas, São José dos Campos e Ribeirão Preto no interior paulista. No Nordeste destacam-se as regiões de Salvador, Fortaleza e Recife, com cerca de 1,5% das ocorrências cada (cerca de 25 ocorrências).

(7) Métodos de TI para gestão: Este subdomínio inclui toda a tecnologia de processamento de dados especialmente voltada para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, supervisionais e preditivos, principalmente *softwares*. No Brasil, *softwares* não precisam ser patenteados pois seguem outra legislação⁷ diferente de patentes, o que pode subestimar seus resultados. Este subdomínio possui 620 ocorrências, das quais 36,61% estão na região de São Paulo, sendo uma tecnologia hierarquizada e uma das mais concentradas, estando presente em 49 das 161 regiões.

(8) Semicondutores: É um dos menores subdomínios, com 182 ocorrências e 35 regiões com ao menos uma ocorrência. O subdomínio de semicondutores inclui um conjunto de tecnologias mais sofisticadas pouco desenvolvidas no Brasil. Representa aproximadamente 0,1% das ocorrências totais de São Paulo e do Brasil, sendo um subdomínio altamente concentrado. O coeficiente de hierarquia próximo de 1,1 em módulo indica que a tecnologia é hierarquizada nos grandes centros urbanos, apesar de ser menos hierarquizada que a média geral, o que é explicado pelo baixo número de ocorrências da tecnologia.

(9) Ótica: Este subdomínio cobre todas as partes dos elementos e aparatos óticos, assim como fontes de raio laser. Segundo Schmoch (2008), é um campo crescente em relevância. Não é um subdomínio relativamente pequeno no Brasil, possuindo 664 ocorrências distribuídas entre 52 regiões. É um subdomínio altamente hierarquizado e concentrado, com mais de 50% das ocorrências somente nas regiões de São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro. É também o subdomínio tecnológico no qual se encontra um dos maiores coeficientes de associação espacial, que acentua a ligação entre essas três principais regiões. Destaca-se a região de São Carlos (SP) na sexta posição da classificação.

⁷ A criação de um *software* no Brasil é tomada pela Lei dos Direitos Autorais e pela Lei 9609/98, conhecida como Lei de Software, diferentemente das patentes que são protegidas pela Lei de Propriedade Industrial.

(10 e 11) Medida; Análise de materiais biológicos: Este subdomínio abarca uma grande variedade de técnicas e aplicações de medidas, destacando-se também a parte da análise de medidas que é utilizada na área médica, em particular análise sanguínea, tecnologia predominante na análise de materiais biológicos. No período 2000-2011, são identificadas 3.979 ocorrências de classificação tecnológica para esse subdomínio. A participação relativa de São Paulo neste subdomínio é de 21,34%, abaixo de sua média de 28% das ocorrências totais. No Nordeste, destaca-se Salvador (BA) e Fortaleza (CE) com 83 e 61 ocorrências, respectivamente. Regiões do interior de Minas Gerais que estão abaixo da trigésima posição na classificação geral aparecem entre os vinte primeiros, como Juiz de Fora e Ipatinga, com 41 e 38 ocorrências respectivamente. A ampla participação de regiões menores nesse grupo o coloca em um coeficiente de Gini abaixo da média para todos os subdomínios. Entretanto, isso não é refletido em uma hierarquia abaixo da média. A participação relativa das grandes regiões ainda assim prepondera sobre as regiões menores, principalmente entre as cinco primeiras regiões (São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba).

(12) Controle: Com 2.847 ocorrências distribuídas em 92 regiões, esse subdomínio comporta as tecnologias de controle e regulação de sistemas elétricos e não elétricos, referindo-se a arranjos de teste, controle de tráfego e sistemas de sinalização, por exemplo. Brasília (DF) e Goiânia (GO) se destacam nessa tecnologia, estando entre os dez primeiros. No Nordeste novamente Fortaleza (CE) e Salvador (BA) aparecem como os principais, com cerca de 2% do total de ocorrências do subdomínio cada. O coeficiente de Gini de 0,719 indica uma concentração acima da média para a distribuição, e o coeficiente de Zipf de 1,084 em módulo indica hierarquização.

(13) Tecnologia médica: Esse subdomínio representa a tecnologia médica associada a uma gama bem diversa de produtos, como por exemplo, mesas de operação, dispositivos de massagem e curativos. É um subdomínio de grande participação no Brasil, com 6.239 ocorrências em 100 das 161 regiões. Neste subdomínio, até mesmo regiões pouco desenvolvidas tecnologicamente possuem alguma participação, como por exemplo Parintins (AM) com 18 ocorrências, e Umuarama (PR) com 14 ocorrências. Entretanto, 67% da tecnologia pertence exclusivamente aos dez primeiros, o que é refletido em hierarquização e concentração desse subdomínio tecnológico.

(14) Produtos orgânicos elaborados: Este subdomínio é um dos mais hierarquizados e concentrados, apesar de ser também um dos que possui menor participação relativa de São

Paulo. Isso se deve ao fato de, apesar da concentração não se apresentar tão intensa em São Paulo se comparada à média, as regiões do Rio de Janeiro e de Campinas estão elevadas e muito próximas do nível de São Paulo, não se devendo a uma maior participação das regiões piores classificadas. 64% das ocorrências (1.530 de 2.398) se apresentam nos cinco primeiros, sendo mais de 50% em São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro.

(15) Biotecnologia: Esse subdomínio é classificado separadamente dos demais pela sua sofisticação tecnológica, ainda que seja conectado com uma variedade de aplicações distintas, como por exemplo, química orgânica e tecnologia de computadores. Destaca-se a alta participação relativa de Brasília (DF) entre os cinco primeiros, com 5,49% do total de ocorrências (142). Com 2.587 ocorrências, é um subdomínio hierarquizado e altamente concentrado, estando presente com ao menos uma ocorrência em 77 das 141 regiões.

(16) Produtos Farmacêuticos: Esse subdomínio possui 8.507 ocorrências distribuídas em 102 regiões e se refere mais a uma área de aplicação do que a uma tecnologia em si, tendo como base as aplicações tecnológicas na área médica, como por exemplo compostos médicos inorgânicos. Possui coeficiente de Gini abaixo da média, o que indica uma distribuição com maior participação de centros urbanos menores. Possui uma alta hierarquização, sendo basicamente concentrada pelas cinco principais regiões do país.

(17) Química macromolecular, polímeros: Esse subdomínio contém os aspectos químicos dos polímeros em geral, excetuando maquinaria para produção de plástico. Esse grupo possui uma particularidade de ser um subdomínio altamente hierarquizado e concentrado, possuindo o maior coeficiente de Zipf (1,299 em módulo). A alta hierarquização nesse subdomínio se deve a praticamente ausência dessa tecnologia em centros urbanos menores. O vigésimo colocado dessa distribuição (Brasília), por exemplo, possui 0,5% do total de ocorrências, o que indica a baixa participação desses centros urbanos, praticamente nula. As dez principais regiões nessa classificação possuem 80% do total desta tecnologia, destacando-se a presença de São Carlos (SP), São José dos Campos (SP) e Novo Hamburgo (RS) entre essas dez principais regiões.

(18) Química de alimentos: É o subdomínio com o melhor ajuste linear da Lei de Zipf e refere-se a parte da química que envolve a elaboração de tecnologias específicas para a área de alimentos, excetuando-se maquinaria de alimentos, que é inserida no subdomínio 29. Presente em 104 das 141 regiões, esse subdomínio reflete a proporcionalidade de uma distribuição hierárquica. São Paulo possui 717 ocorrências, seu sucessor (Campinas) possui 362 ocorrências, aproximadamente a metade. Florianópolis (SC), que ocupa a décima posição dessa

distribuição, possui 78 ocorrências, aproximadamente um décimo das ocorrências de São Paulo. Recife (PE) possui 33 ocorrências e se encontra na vigésima posição da distribuição, aproximadamente vinte avos do total de São Paulo. Além disso, esse subdomínio possui um coeficiente de Gini abaixo da média dos demais subdomínios, e é o subdomínio com a menor participação relativa das 10 principais regiões da distribuição total (58,62%).

(19) Química de materiais: É a parte da química associada a materiais básicos, cobrindo em geral herbicidas, fertilizantes, tintas, petróleo, gás, detergentes. Apesar de ser altamente hierarquizado, é encontrado em 102 das 161 regiões e possui coeficiente de Gini abaixo da média. Com 4.823 ocorrências, esse subdomínio possui 60% de suas ocorrências somente nos cinco primeiros, que são também os cinco primeiros da distribuição total. Destaca-se a presença de Presidente Prudente (SP), Fortaleza (CE), Natal (RN) e Ponte Nova (MG) entre os vinte primeiros desse subdomínio.

(20) Materiais, metalurgia: Esse subdomínio cobre todas as tecnologias e processos para manufatura de aço. A característica particular das regiões desse subdomínio se encontra na predominância de Belo Horizonte nas tecnologias, ao lado de São Paulo. A diferença entre as duas regiões é praticamente nula, sendo um dos poucos subdomínios onde São Paulo possui uma participação relativa significativamente abaixo da média. Outra singularidade desse subdomínio é a presença de regiões não tão recorrentes entre os vinte primeiros, associadas à atividade metalúrgica: Vitória (ES) na sexta posição, Ipatinga (MG) na sétima posição, Volta Redonda (RJ) na décima terceira posição, Criciúma (SC) na décima quarta posição. O coeficiente de Zipf está na média dos coeficientes de todos os subdomínios, e o coeficiente de Gini aponta uma concentração acima da média, o que esperar é esperado uma vez que as regiões que desenvolvem essas tecnologias estão associadas, em geral, a uma maior presença da atividade industrial relacionada.

(21) Tecnologia de superfície, revestimentos: Esse subdomínio pode ser classificado como um subdomínio de grandes centros urbanos, possuindo hierarquia acima da média, alta concentração e associação espacial nas três principais regiões. O revestimento de metais geralmente utiliza-se de tecnologia sofisticada, como, por exemplo, processos eletrolíticos, crescimento de cristais e aparatos para aplicação de líquidos em superfície. Schmoch (2008) classifica esse subdomínio como a parte “*high-tech*” do subdomínio 20. Com 1.490 ocorrências e 35% delas somente em São Paulo, são tecnologias presentes em 66 das 161 regiões intermediárias, das quais apenas 24 regiões possuem no mínimo 10 ocorrências. Nesse

subdomínio, destaca-se uma presença relativa maior das regiões do interior paulista, como São José dos Campos (SP) em sétimo com 40 ocorrências, São Carlos (SP) em nono com 37 ocorrências e Sorocaba (SP) em décimo com 34 ocorrências.

(22) Tecnologia das microestruturas; nanotecnologia: Esse subdomínio cobre dispositivos ou sistemas microestruturais que incluem ao menos um elemento essencial ou formação caracterizado pelo seu tamanho muito pequeno. Trata-se de um subdomínio composto de tecnologias altamente sofisticadas, na qual até mesmo São Paulo possui participação pouco expressiva com 57 ocorrências, de um total de 228 ocorrências. É um subdomínio hierarquizado e altamente concentrado, com o maior coeficiente de Gini entre todos os subdomínios (0,832), sendo também um dos maiores I de Moran (0,19). Destaca-se a participação de São Carlos (SP) entre os cinco primeiros com 19 ocorrências, e Natal (RN) entre os 10 primeiros, com 8 ocorrências.

(23 e 24) Engenharia Química e tecnologia ambiental: Esse subdomínio cobre tecnologias da fronteira da química e da engenharia, referindo-se a aparatos e processos para produção industrial de químicos. A tecnologia ambiental cobre uma variedade grande de tecnologias, em particular filtros, depósitos de lixo e paredes de absorção de som são exemplos. Esse subdomínio é expressivo no Brasil, com 6.942 ocorrências distribuídas em 109 das 161 regiões. É, portanto, um conjunto de tecnologias presente em menores escalas em centros urbanos menores, o que é refletido no coeficiente de Zipf abaixo da média e no coeficiente de Gini abaixo da média. Salvador (BA) e Fortaleza (CE) aparecem como as principais regiões do Nordeste nesse subdomínio, com 107 e 97 ocorrências, respectivamente.

(25) Manipulação: Esse subdomínio comporta tecnologias como elevadores, guindastes e robôs, assim como dispositivos de empacotamento. Está presente em 113 das 161 regiões, entretanto possui uma concentração expressiva em São Paulo de 37,54% ocorrências, a maior participação da região entre todas as tecnologias. Portanto, é uma tecnologia altamente hierarquizada pelo principal centro urbano, mas ainda assim possui uma concentração abaixo da média. Com 8.645 ocorrências, esse é um dos maiores subdomínios no Brasil, com uma participação mais ampla de regiões menores, ainda que em menor escala.

(26) Máquinas, Ferramentas: Esse subdomínio possui coeficiente de Zipf abaixo de 1 em módulo, coeficiente de Gini abaixo da média (0,674) e refere-se a tecnologias de torneamento, perfuração, trituração, solda ou corte direcionado para metais. Presente em 102 regiões, destaca-

se a presença da região de Vitória (ES) entre as 10 primeiras, com 62 ocorrências. São Paulo possui 693 das 2.784 ocorrências desse subdomínio.

(27) Motores, bombas, turbinas: Esse subdomínio comporta motores não elétricos para todos os tipos de aplicações, predominando tecnologias da indústria automobilística. É um subdomínio que possui coeficientes de Zipf e Gini muito próximos à média de todos os subdomínios, mas que se destaca mais pela participação de Joinville (SC) e Brasília (DF) entre os primeiros, com 189 e 113 ocorrências, respectivamente, de um total de 2.521 ocorrências.

(28) Maquinaria têxtil e de papel: Esse subdomínio refere-se à maquinaria específica têxtil e de papel, e é classificado separadamente por conta de seu tamanho. Com 67 regiões com ao menos uma ocorrência, é o subdomínio cuja participação relativa de São Paulo é a maior, com 677 ocorrências de 1.840 (36,79%). A região de Novo Hamburgo aparece em terceiro lugar nessa distribuição, com 119 ocorrências, o que provavelmente está associado ao pólo calçadista da região (um dos maiores do Brasil), de caráter exportador. Os coeficientes de Zipf e Gini indicam alta hierarquização e concentração desse subdomínio tecnológico, que pode ser sustentado pela hipótese de estar associado a uma indústria bastante específica.

(29) Outra maquinaria especial: Esse subdomínio comporta toda a maquinaria específica não incluída nos subdomínios 26, 27 e 28. É o subdomínio menos hierarquizado e também o menos concentrado, estando presente em 122 das 161 regiões. O coeficiente de Zipf de 0,823 em módulo indica que regiões intermediárias possuem um peso mais que proporcional na hierarquia. Além de ser a região com um grande número de ocorrências totais (8.292), aproximadamente 50% dessas ocorrências não estão concentradas nos dez maiores centros urbanos do País, indicando a acessibilidade dessas tecnologias aos centros urbanos menores. Passo Fundo (RS) se destaca por dotar de 458 ocorrências dessa tecnologia. Outras regiões de destaque são Chapecó (SC) com 215 ocorrências, Marília (SP) com 205 ocorrências e Cascavel (PR) com 146 ocorrências. Nesse subdomínio há um predomínio de regiões do interior do Sul e do Sudeste do País, com Fortaleza (CE), a melhor colocada do Nordeste, na trigésima posição, com 67 ocorrências.

(30) Processos térmicos e aparatos: Esse subdomínio possui hierarquização e concentração abaixo da média geral, e diz respeito a patentes referentes a geração de vapor, combustão, aquecimento, resfriamento ou troca de calor. Presente com ao menos uma ocorrência em 88 regiões, é um subdomínio tecnológico mais presente em regiões do interior paulista e regiões do Sul. Destaca-se Joinville em segundo colocado, com 250 das 2.811 ocorrências. As regiões

de Campinas e Rio de Janeiro possuem baixa participação relativa em tais tecnologias, com 173 e 113 ocorrências, respectivamente.

(31) Componentes mecânicos: Esse subdomínio abrange os elementos de circuitos fluidos, articulações, eixos, acoplamentos, válvulas, sistemas de tubos e dispositivos de controle mecânicos. É um subdomínio concentrado e hierarquizado pelas três principais regiões, que conjuntamente possuem 48% das ocorrências, mas presente em 95 regiões. A alta participação de São Paulo em particular chama a atenção, com 1.279 das 3.878 ocorrências (33%), assim como a presença de Joinville entre os cinco primeiros. Blumenau (SC) aparece também entre os dez primeiros, com 85 ocorrências.

(32) Transporte: Esse subdomínio cobre todos os tipos de tecnologia de transporte e aplicações com predomínio da tecnologia automotiva, incluindo tecnologias de transporte por trilhos e transporte aéreo. Com coeficiente de Zipf de 1,058 em módulo e coeficiente de Gini de 0,687, esse subdomínio tecnológico faz parte do grupo de subdomínios menos hierarquizados e menos concentrados que a média, com ao menos uma ocorrência em 120 regiões, o que se deve à maior presença de tais tecnologias no interior do Sul e Sudeste do País. É também um subdomínio com grande número de ocorrências no Brasil, com 7.707 ocorrências. Além das principais regiões comentadas, regiões de capitais de estados nordestinos possuem uma participação maior, o que é refletido também no I de Moran abaixo da média (0,114), refletindo uma menor associação espacial das tecnologias no Sudeste. Destaca-se Caxias do Sul (RS) na segunda posição, o que possivelmente está associado à indústria de material de transportes, com empresas como a Randon, Agrale e Marcopolo.

(33) Móvel, jogos: Esse subdomínio representa as principais partes das aplicações de patentes de bens de consumo. Com resultados próximos ao do subdomínio (32), faz parte do grupo de subdomínios menos hierarquizados e menos concentrados que a média, distribuídos em 118 regiões. Com 10.199 ocorrências, esse é o maior subdomínio tecnológico do Brasil, possuindo mais de 100 ocorrências nas vinte primeiras regiões, sendo um terço só em São Paulo. Entre os vinte primeiros, somente Salvador (BA) aparece do Nordeste. Predominantemente, regiões do interior paulista e do interior gaúcho estão entre as principais, juntamente com as regiões das capitais do sul e sudeste.

(34) Outros produtos de consumo: Esse subdomínio está presente em 114 regiões e abrange um conjunto de tecnologias de baixa intensidade de pesquisa direcionada para bens de consumo. Possui uma hierarquia muito próxima de 1, o que indica a distribuição proporcional entre os

vinte primeiros, com um ajuste de 96%. Apesar de ser um subdomínio menos sofisticado e mais acessível, a concentração da distribuição em São Paulo por parte de tal atividade é intensa (33,95%, 2.608 ocorrências).

(35) Engenharia civil: Esse subdomínio cobre as invenções patenteadas de construção de pistas e edificações, assim como elementos de construções como fechaduras, encanamentos, construções e mineração. Com coeficientes semelhantes aos do subdomínio 33, esse é o segundo maior subdomínio no Brasil, com 9.155 ocorrências, sendo um terço das ocorrências distribuídas em regiões abaixo da décima posição geral. O coeficiente de Zipf de 1,05 em módulo e o coeficiente de Gini de 68% indicam que se trata de um conjunto de tecnologias mais acessíveis a centros urbanos menores, destacando-se até mesmo regiões de menor intensidade inventiva, como Macaé (RJ), que possui 160 ocorrências no total, das quais 63 são deste subdomínio.

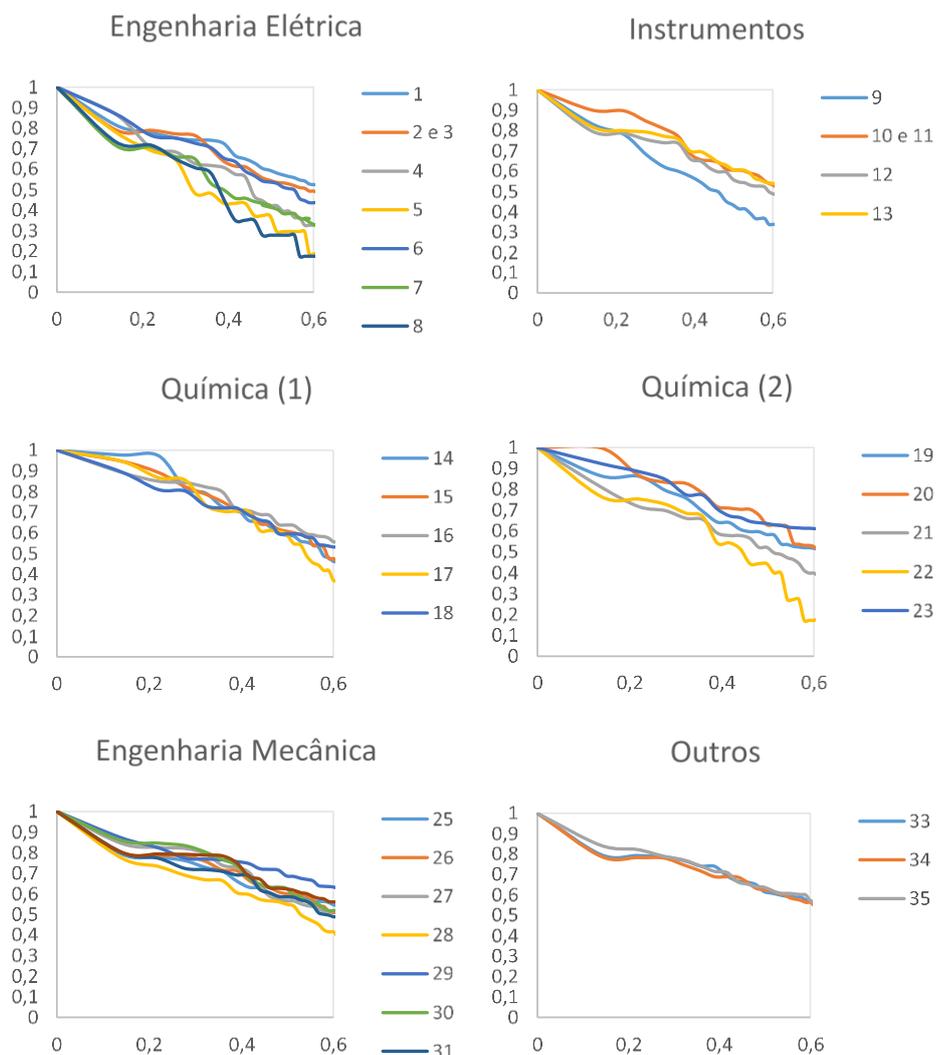
Entre tais resultados, destaca-se o subdomínio tecnológico 29 (outras maquinarias especiais) diante dos demais por ser o único que efetivamente apresenta um coeficiente hierárquico muito baixo (0,823 em módulo). Isso não se deve especialmente à baixa participação relativa da região de São Paulo, mas sim a uma participação mais que proporcional das regiões pior classificadas. A participação das regiões pior classificadas pode ser vista ao se constatar a pequena ocorrência de IPCs desse subdomínio nas dez maiores regiões (52,04%). Isso significa que tal tecnologia pode estar mais dispersa por regiões menores, como Chapecó (SC), Novo Hamburgo (RS), São Leopoldo (RS), Marília (SP) e Araraquara (SP).

Alguns subdomínios tecnológicos, pelo contrário, apresentam-se mais hierarquizados que a média, como o subdomínio 14 (produtos orgânicos elaborados), que apresenta mais de 50% do total das ocorrências concentradas nas três primeiras regiões: São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro. Outros subdomínios revelam forte concentração hierárquica por São Paulo, como os subdomínios 7 (métodos de TI para gestão) e 28 (maquinaria têxtil e de papel) onde a região totaliza 36% das ocorrências tecnológicas.

Muitos desses resultados podem ser melhor visualizados por meio de gráficos do tipo log x log, contrastando as ocorrências e a classificação para cada subdomínio tecnológico. Para que sejam padronizados e comparáveis, divide-se o log das variáveis pelo valor máximo assumido pelo log da variável, tendo assim uma plotagem de dimensão 1 por 1, de forma que o eixo $Y = \log("IPCs") / \max(\log("IPCs"))$ e o eixo $X = \log(rank) / \max(\log(rank))$. Os

resultados para os respectivos subdomínios tecnológicos em cada domínio tecnológico estão na figura 4.

Figura 4. Distribuição das ocorrências padronizadas de códigos IPCs por subdomínios tecnológicos no Brasil para o período 2000-2011



Fonte: Elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0). Nota: Foi apresentada somente a cauda superior (20 primeiras regiões).

É possível notar que, em média, as tecnologias do domínio da engenharia elétrica apresentam uma inclinação maior que as demais, evidenciando que tal tipo de tecnologia é mais hierarquizada que a média das demais, o que é esperado uma vez que são tecnologias de menor presença no Brasil, de maior sofisticação e de maior participação externa⁸. Em contraste, os

⁸ Segundo o relatório do INPI (Barcelos *et al.*, 2014), 17% dos depósitos de patentes (5.512 depósitos) advindos de não-residentes no Brasil são do domínio da engenharia elétrica, enquanto nos residentes brasileiros, essa fatia representa 12% (438 depósitos), para o período 2000-2011.

domínios de engenharia mecânica e “outros” apresentam inclinações menores, evidenciando graus inferiores de hierarquização, mas ainda assim, hierarquizados, uma vez que se tratam de tecnologias mais presentes em menores centros urbanos e de menor sofisticação. Essa peculiaridade dos domínios “engenharia mecânica” e “outros”, está associado ao efeito da maior participação das regiões do Sul do País (gráfico 2) e não sinaliza a excessiva hierarquização da atividade pelos grandes centros urbanos. Esse tipo de informação dificilmente seria interpretada a partir do coeficiente de Gini isoladamente. Os mapas dos I de Moran no apêndice A complementam esse resultado analítico a partir da ilustração da existência de agrupamentos do tipo “alto-alto” na região Sul.

Em contraste, o grupo de subdomínio tecnológicos de engenharia elétrica (subdomínio tecnológicos 1 a 8), que, comparados ao grupo de engenharia mecânica representam uma tecnologia de maior desempenho, são, em média, mais restritas pelos grandes centros urbanos e hierarquizadas por eles. O eixo inovador Rio-São Paulo-Campinas detém em média 47,02% do total das ocorrências para os subdomínios tecnológicos de engenharia elétrica, enquanto esse mesmo eixo regional possui 40,93% em média para os subdomínios tecnológicos de engenharia mecânica. Outros subdomínios tecnológicos específicos de alto desempenho, como a subdomínio tecnológico 14 - Produtos orgânicos elaborados e a subdomínio tecnológico 9 - Ótica, apresentam participação de 52% desses três grandes.

O coeficiente de Gini para as tecnologias se apresenta em um intervalo que vai de 0,647 e 0,832, sendo o menor a tecnologia 29 (outra maquinaria especial) e a maior a tecnologia 22 (tecnologia de microestruturas; nanotecnologia). Esses extremos são também as tecnologias menos e mais presentes nas regiões (a primeira, 122 regiões e a segunda, 28 regiões). É feito um teste de correlação entre os resultados do coeficiente de Gini e o número total de regiões detentoras de ao menos uma ocorrência de classificação na IPC, apresentando uma correlação de -81%. Como o Gini mede concentração, é natural assumir que altos coeficientes de Gini explicitarão maior restrição na produção de determinada tecnologia, ou seja, maior concentração das tecnologias em poucas regiões, e menores coeficientes de Gini o inverso.

O coeficiente de hierarquia permite entender como essas tecnologias são processos exclusivos da grande aglomeração ou se são proporcionalmente distribuídos entre as regiões menores. A tecnologia menos hierarquizada (“outras maquinarias especiais”), por exemplo, é a que possui 28% do total de ocorrências de IPCs em São Paulo e Campinas, valor inferior à participação de São Paulo e Campinas em “Ótica”, por exemplo, que é de 42%. Além disso,

essas duas tecnologias apresentam grandes contrastes: 122 regiões possuem no mínimo uma ocorrência da primeira, enquanto “Ótica” consiste em um grupo restrito de 52 regiões, o que também se reflete no coeficiente de Gini de ambas, de 0,647 e 0,758, respectivamente.

Subdomínios tecnológicos de maior sofisticação são restritos espacialmente, mas isso não significa que não possuam presença em regiões urbanas menores. São Carlos (SP), por exemplo, possui mais ocorrências que o Rio de Janeiro (RJ) no subdomínio tecnológico de microestruturas e nanotecnologia. Em síntese, os resultados podem ser agrupados como no Quadro 3.

Quadro 3. Agrupamento dos subdomínios tecnológicos no Brasil de acordo com os resultados dos coeficientes de Zipf e Gini (2000-2011)

	Gini acima da média (altamente concentrado)	Gini abaixo da média (concentrado)
Hierarquia acima da média	<p>Comunicação Digital (4); Tecnologia de Computadores (6); Métodos de TI p/ gestão (7); Ótica (9); Prod. Orgân. Elaborados (14); Biotecnologia (15); Química macromolecular, polímeros (17); Tecnologia de superfície, revestimentos (21); Tecnologia das microestruturas; nanotecnologia (22); Maquinaria têxtil e de papel (28)</p>	<p>Maquinaria elétrica e aparatos, energia elétrica (1); Tecnologia Audiovisual e Telecomunicações (2 e 3); Medição e Análise de materiais biológicos (10 e 11); Tecnologia Médica (13); Produtos farmacêuticos (16); Química de materiais (19); Manipulação (25)</p>
Hierarquia abaixo da média	<p>Processo de Comunicação Básica (5); Semicondutores (8); Materiais, metalurgia (20); Componentes mecânicos (31); Outros produtos de consumo (34)</p>	<p>Controle (12); Química de alimentos (18); Eng. Química e Tecnologia Ambiental (23 e 24); Máquinas, ferramentas (26); Motores, bombas, turbinas (27); Outra maquinaria especial (29); Processos térmicos e aparatos (30); Transporte (32); Móvelia, jogos (33); Engenharia Civil (35)</p>

Fonte: elaboração própria com base em dados da BADEPI/INPI (versão 1.0). Nota: as médias dos coeficientes de Zipf e de Gini são -1,10 e 0,72, respectivamente.

Os grupos podem ser descritos como se segue:

(I) Hierarquia acima da média e alta concentração - se refere aos subdomínios tecnológicos de maior sofisticação dos grandes centros urbanos, sendo não só restritos a um número pequeno de regiões como também predominantes nos maiores centros urbanos.

(II) Hierarquia acima da média e concentração – subdomínios tecnológicos predominantes nos maiores centros urbanos, mas que possuem maior ocorrência nos centros urbanos menores.

(III) Hierarquia abaixo da média e alta concentração – Subdomínios tecnológicos proporcionalmente melhor distribuídos entre os principais centros urbanos e que não são muito presentes nos menores centros urbanos.

(IV) Hierarquia abaixo da média e concentração – Subdomínios tecnológicos de menor sofisticação tecnológica que são compostos principalmente pelos grandes centros urbanos, mas que possuem maior participação dos médios e pequenos centros urbanos, sendo tecnologias essenciais para o entendimento dos processos de aproximação da fronteira tecnológica das áreas urbanas com potencial inovador a partir de conhecimentos mais acessíveis. É válido ressaltar que o subdomínio tecnológico é hierarquizado e concentrado, o que implica em alta predominância na atividade pelos grandes centros urbanos e em alta concentração dessa atividade em poucas regiões.

3.2.3. *Clusters* espaciais de invenções

O I de Moran revela padrões de autocorrelação espacial significativos, ao menos ao nível de 10%, para todos os subdomínios tecnológicos. A configuração espacial das tecnologias, sob a visão das regiões intermediárias, revela agrupamentos (aglomerações) espaciais, em geral limitados ao leste do Estado de São Paulo.

As regiões contíguas de São Paulo e Campinas formam uma aglomeração de potencial inovador em todas as tecnologias. A ausência de aleatoriedade espacial e o padrão de autocorrelação espacial positivo (concentração) das invenções nas tecnologias e, principalmente, a evidência de que há distinções nos padrões de aglomeração para cada tecnologia revela alguns aspectos particulares. Na figura 5, observa-se o padrão de *clusters* de subdomínios tecnológicos selecionados⁹ dos quadrantes I e IV dos agrupamentos de hierarquia e concentração.

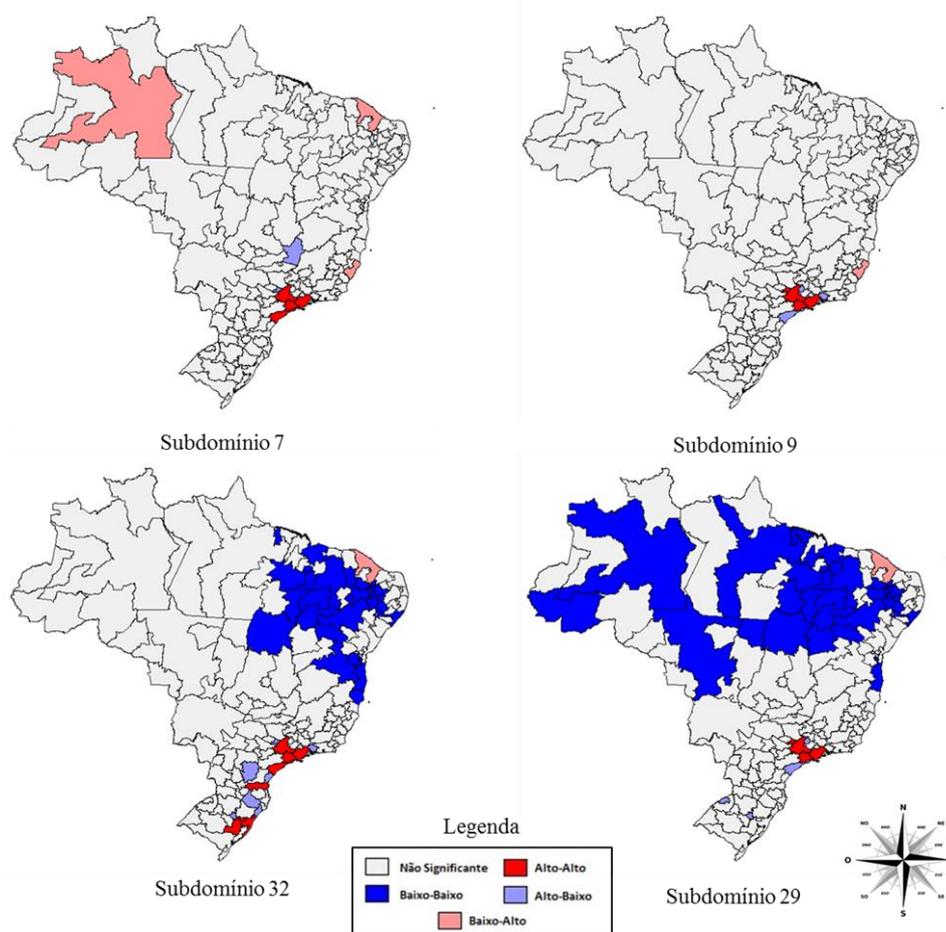
A maior presença de regiões com padrão não-significativo é reflexo da baixa média de ocorrências dessas tecnologias. Como o I de Moran local baseia-se nas variáveis padronizadas (o z da equação 7), os valores das ocorrências são comparados com a média de todas as regiões, e a não-significância indica que tal região não se encontra em nenhum agrupamento porque o

⁹ Os demais mapas encontram-se no apêndice 1. Os subdomínios tecnológicos selecionados para a figura são os que melhor representam o agrupamento de seus quadrantes.

valor da variável para essa região não é distinto, estatisticamente, da média das regiões (ALMEIDA, 2012). As médias dos subdomínios 7 e 9 são, respectivamente, 3,85 e 4,12, enquanto as médias dos grupos 32 e 29 são 47,8 e 51,5, respectivamente. A média relativamente baixa dos subdomínios tecnológicos do quadrante (I) dificilmente permite a identificação de *clusters* do tipo baixo-baixo, sendo predominante o baixo número de ocorrências em todo o Brasil, excetuando-se as regiões do eixo Rio – São Paulo – Campinas. Em geral, os subdomínios tecnológicos do quadrante (IV) permitem a identificação de *clusters* do tipo baixo-baixo em regiões do Norte e do Nordeste. Destaca-se que, em geral, a região de Fortaleza se separa do padrão baixo-baixo nordestino, apresentando *cluster* do tipo baixo-alto em 21 subdomínios.

Esses resultados são refletidos no I de Moran global a partir da magnitude dos coeficientes de autocorrelação espacial. O maior valor do I de Moran global (0,21) se encontra no subdomínio tecnológico 4 “Comunicação Digital” (quadrante I), e o menor valor (0,09) se encontra no subdomínio tecnológico 35 (quadrante IV). Os subdomínios tecnológicos com I de Moran global mais alto (tabela 2) são também aqueles mais hierarquizados e concentrados que a média (subdomínios 4, 9, 22, 6 e 14). Apesar disso, o padrão não sugere que as tecnologias menos hierarquizadas e menos concentradas que a média sejam também menos aglomeradas espacialmente que a média. Tecnologias como motores (27) e química de alimentos (18) são mais aglomeradas que a média, mas não são tão hierarquizadas e são melhores distribuídas que a média.

Figura 5: Mapas de *clusters* espaciais para os subdomínios tecnológicos selecionados (2000-2011)¹⁰



Fonte: elaboração própria a partir do software *Open GeoDa*.

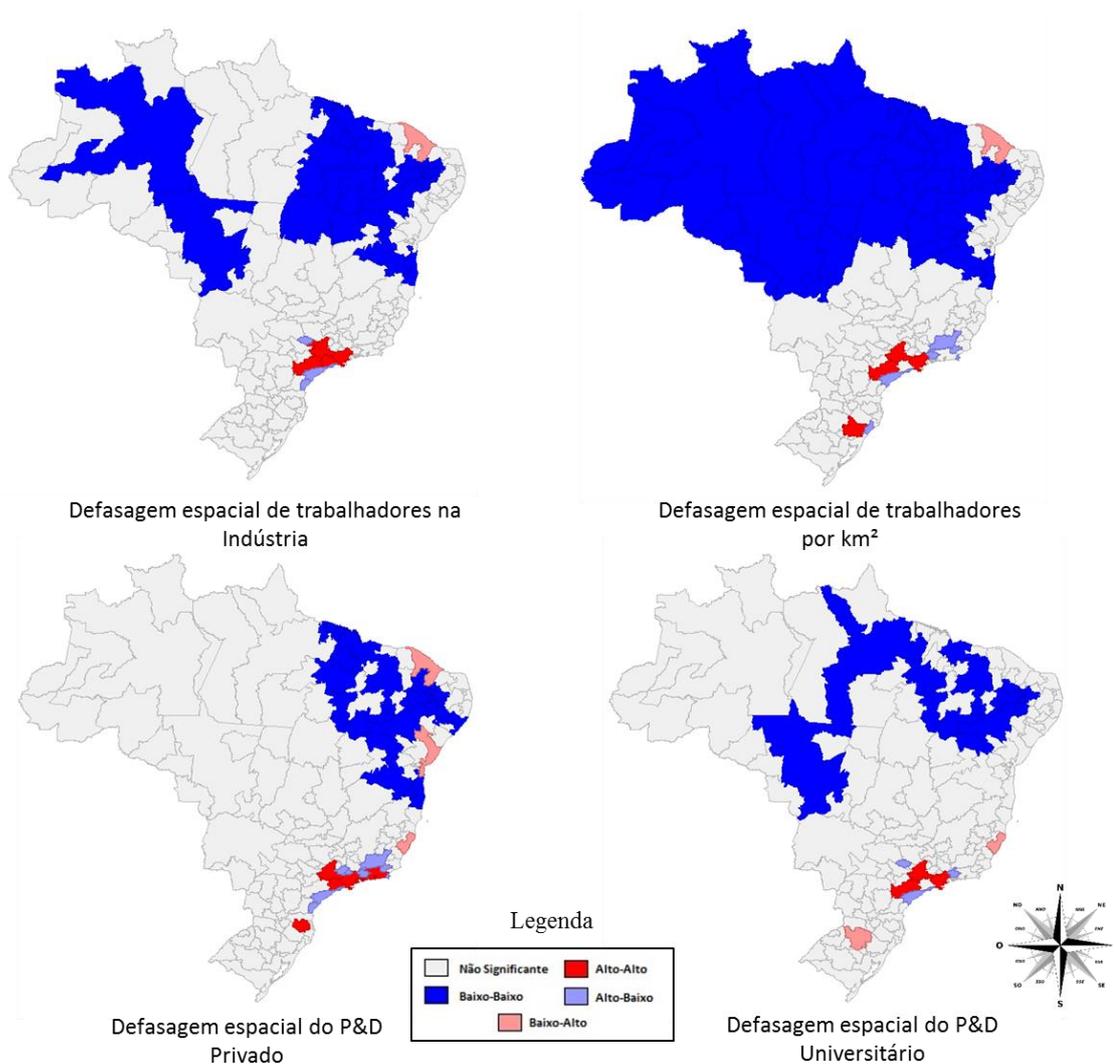
Os resultados encontrados corroboram as discussões introduzidas por Simmie (2003a, 2003b), de que é comum a presença de regiões com diferentes escalas de desenvolvimento que possuem funções particulares em um arranjo inovativo nacional. São Paulo, predominantemente, exerce a função de gerar invenções no Brasil, assim como Campinas e Rio de Janeiro em uma escala menor. As demais regiões possuem funções inventivas menos gerais, em tecnologias específicas associadas a atividades produtivas regionais e locais.

A teoria de Christaller (1966) revisitada a partir desse trabalho aponta que as localidades centrais geradoras de invenções no Brasil são restritas e agrupadas geograficamente nos maiores centros urbanos. Tal argumento pode ser identificado a partir da análise da distribuição espacial da atividade industrial (proporção de trabalhadores na indústria), a qualidade educacional

¹⁰ Os mapas de *clusters* para os demais subdomínios tecnológicos estão disponíveis no apêndice 1.

(qualificação de mão de obra) e os insumos inovativos (P&D público e privado) no Brasil (DINIZ e GONÇALVES, 2005). Tais efeitos podem ser analisados a partir do I de Moran local bivariado (figura 6), mantendo a variável de patentes como variável de interesse e defasando espacialmente a nova variável. A interpretação desse tipo de análise exploratória é similar ao local univariado, destacando-se o efeito vizinhança das variáveis selecionadas ao invés da própria variável defasada. Nota-se a persistência do padrão baixo-baixo na região denominada por Diniz e Gonçalves (2005) de “Região Vazia” (Centro-Oeste e Norte do País). Uma predominância menor de baixo-baixo na região denominada “Região Atrasada” (Nordeste) e a maior predominância de aglomerações do tipo alto-alto na “Região Dinâmica”, que compreende o Sul e Sudeste do País.

Figura 6: I de Moran Local Bivariado da soma de Patentes (2000-2011) e variáveis selecionadas.



Fonte: elaboração própria a partir do software *Open GeoDa*.

É possível notar que mesmo quando a *proxy* para atividade inventiva (patentes) é associada a outras variáveis defasadas no espaço existe persistência do padrão alto-alto no Sudeste e do padrão baixo-baixo no Norte e Nordeste, se mantém. Tanto os mapas do apêndice A, quanto os mapas na figura 6, reforçam o argumento de que existe um padrão de polarização do tipo Norte-Sul no Brasil, conforme a análise exploratória para microrregiões de Gonçalves (2007).

Os resultados estão de acordo com conclusões encontradas nos trabalhos empíricos brasileiros na economia da inovação, como Simões, Martins e Moro (2014), que indicam a importância dos atributos urbanos como fator potencial em municípios com poucas invenções, centralizando a importância da escala urbana, abordada aqui a partir do conceito de hierarquia urbana.

3.3. Conclusões

Esse capítulo apontou a distribuição espacial da atividade tecnológica brasileira, medida por dados de depósitos de patentes, segundo a localização dos seus inventores. Para tal, foram usados diversos códigos (classes tecnológicas) presentes nos registros do total de depósitos de patentes do período 2000-2011, identificando a posição relativa de cada região brasileira segundo sua especialidade tecnológica. Diferentes medidas de concentração são combinadas para revelar o nível de desigualdade, de hierarquia e de agrupamento espacial de diferentes subcategorias tecnológicas no sistema de inovação brasileiro, analisado por regiões de influência.

O coeficiente de Gini revelou, de modo geral, alto nível de concentração das subcategorias tecnológicas por regiões inventivas. O menor e o maior coeficientes foram, respectivamente, 0,647 (subdomínio 29, outras maquinarias especiais) e 0,832 (subdomínio 22, tecnologias de microestruturas e nanotecnologia). As dez principais regiões no subdomínio 29 concentravam 52% do total de ocorrência de códigos de patentes nessa tecnologia. Mesmo que seja mais ubíqua, essa tecnologia possui também regiões dominantes, como São Paulo, que possui mais de 20% das ocorrências dessa tecnologia, em relação aos aproximadamente 8% de Campinas. No caso da tecnologia 22, as 10 principais regiões concentravam 65% dos códigos. São Paulo possuía participação maior que 25%, enquanto Belo Horizonte e Campinas pouco mais de 9%.

O coeficiente de I de Moran revelou que a distribuição espacial das competências tecnológicas regionais não é aleatória no Brasil, indicando a existência de agrupamentos

espaciais de subcategorias tecnológicas. Esse resultado pode indicar a existência de *clusters* espaciais de tecnologias que dependem de fluxos de conhecimento mediados pela distância geográfica, à medida em que os dados de códigos de patentes revelam dependência espacial positiva. Ressalta-se que o padrão não sugere que as tecnologias menos hierarquizadas e menos concentradas que a média sejam também menos aglomeradas que a média. Em outras palavras, não há uma grande correlação entre as medidas de hierarquia e aglomeração espacial (-11,78%) e entre as medidas de concentração e aglomeração espacial (27,13%), apesar de existir uma maior correlação entre hierarquia e concentração (-45,8%).

Com base nos coeficientes de Zipf para a cauda superior do sistema inventivo brasileiro, composto pelas 20 regiões mais inventivas, notaram-se níveis variáveis de hierarquização. Algumas tecnologias como outra maquinaria especial (29), processos de comunicação básica (5), máquinas e ferramentas (26), outros produtos de consumo (34) e química de alimentos (18), são menos hierarquizadas e outras, como química macromolecular e polímeros (17), produtos orgânicos elaborados (14), química de materiais (19), tecnologia audiovisual e telecomunicações (2 e 3) e ótica (9), estão entre as mais hierarquizadas no Brasil. No caso da subcategoria tecnológica química de alimentos (19), São Paulo possui 21,85% das ocorrências de códigos dessa tecnologia, proporção duas vezes superior à de Campinas ou três vezes maior que a do Rio de Janeiro.

Os mapas de aglomeração espacial (apêndice A) revelam a predominância da aglomeração espacial do eixo Rio – São Paulo – Campinas em todos os domínios tecnológicos. São Carlos aparece como um “alto-alto” juntamente a esse eixo em 19 mapas de aglomeração. O Sul do país apresenta padrões de agrupamento do tipo “alto-alto” em subdomínios específicos (27, 28, 30 e 32), destacando-se Joinville, Blumenau, Porto Alegre e Novo Hamburgo. O Centro-Oeste do País, em geral, não apresenta agrupamentos espaciais significativos, com base no I de Moran Local, excetuando-se a região de Goiânia na tecnologia 22, sendo um agrupamento do tipo “alto-baixo”. O Norte e o Nordeste geralmente apresentam padrão “baixo-baixo” nas tecnologias menos concentradas, e agrupamentos não-significativos nas tecnologias mais concentradas. Destacam-se os casos particulares em que a região de Fortaleza aparece como um “alto-baixo” em 21 mapas. No Norte, Belém e Manaus se destacam em agrupamentos do tipo “alto-baixo” em cinco e três subdomínios tecnológicos, respectivamente.

A utilização das três medidas fornece uma análise descritiva dos subdomínios tecnológicos do sistema brasileiro de invenções e sua distribuição espacial sob um olhar que

contempla a hierarquia, a concentração e a aglomeração espacial. A hierarquia urbana possui regularidade empírica prevista pela Lei de Zipf e a concentração espacial das invenções sugere a existência de fluxos de conhecimento localizados, destacando o papel central do eixo Rio - São Paulo – Campinas. Algumas tecnologias são menos concentradas e contam com maior participação de centros urbanos menores. Outras tecnologias parecem estar associadas a regiões que desenvolvem atividades industriais específicas, como a região de São Carlos e outras do Sul do Brasil.

Esse trabalho vai além dos encontrados para o Brasil, que, em geral, dizem respeito à aglomeração das inovações no Sudeste, mais especificamente no eixo Rio–São Paulo–Campinas. A exposição revela que a escala urbana na atividade inovadora é condicionada à tecnologia empregada nas regiões, o que conduz a distinções regionais características de cada tecnologia, das quais é possível destacar uma presença menor ou maior de centros urbanos menores em atividades específicas, caracterizáveis.

Os resultados encontrados estão sujeitos a limitações. A primeira é a ausência da avaliação dos mecanismos que possuem capacidade de gerar invenções, como a formação de mão de obra qualificada, centros universitários e a distribuição da atividade industrial. Perguntas como “o que gera a invenção”, “quais os mecanismos de transmissão”, não foram desenvolvidas neste primeiro momento, sendo temas de exploração futuros.

A segunda limitação, do ponto de vista metodológico, é a impossibilidade de compreender os efeitos da hierarquia urbana sobre regiões muito pequenas, o que gera o interesse em direcionamentos com a finalidade de superar a restrição da “cauda-superior” em distribuições hierárquicas.

Por fim, é importante ressaltar que ao utilizar o estoque de frequências de códigos de patentes no período 2000-2011, o trabalho não mostra tendências de descentralização de atividades inventivas, delineadas por parte da literatura brasileira.

4. Cidades e invenções: medindo os retornos de escala da atividade inventiva

O processo de invenção é, em geral, um processo coletivo que envolve indivíduos em um grupo, firmas e organizações, fontes locais e meios de interação (CAPELLO e FAGGIAN, 2005; BOSCHMA e TER WAL, 2007). A aglomeração de trabalhadores qualificados em um mercado de trabalho ou um polo industrial em uma localidade são exemplos de fenômenos capazes de potencializar o processo criativo a partir do contato interpessoal (ACS, 2003; CARLINO, CHATTERJEE e HUNT, 2007). Do ponto de vista histórico, evidencia-se que as grandes invenções da sociedade moderna surgiram em aglomerações urbanas, principalmente associadas à atividade industrial (ALLEN, 1983; MOKYR, 2002, 2010).

Em geral, a escala urbana favorece a formação de redes (*networking*) entre os indivíduos (BRESCHI e LISSONI, 2009; MIGUELEZ e MORENO, 2013), conexões entre indivíduos e firmas, trocas de experiências a partir da mobilidade (ALMEIDA e KOGUT, 1999) e *spin-offs* de trabalhadores (MUENDLER e RAUCH, 2012), criação de *startups* (BRENNER, 2004; HALL e LERNER, 2010), empreendedorismo (AUDRETSCH e KEILBACH, 2005).

A partir das evidências da relação entre invenções e o fenômeno urbano do capítulo anterior, busca-se aprofundar a discussão dos efeitos da escala urbana na atividade inventiva. Além dos efeitos de escala urbana sobre as invenções, serão analisadas também os efeitos de escala urbana entre redes de inventores e P&D universitário e privado.

Seguindo a metodologia proposta por Bettencourt, Lobo e Strumsky (2007), esse capítulo busca responder a questões surgidas no capítulo anterior, como: 1) Os efeitos de escala urbana se devem, na verdade, a efeitos de redes? 2) Existem retornos crescentes à escala urbana para a atividade inventiva no Brasil? 3) A P&D universitária e a P&D privada são importantes na determinação da escala inventiva?

Esse capítulo possui quatro subseções, além desta introdução. Na primeira seção, será abordada uma parte da literatura que motiva a discussão entre escala urbana e redes. Na segunda subseção, apresenta-se a metodologia proposta por Bettencourt Lobo e Strumsky (2007) para a mensuração dos efeitos de escala urbana e as hipóteses a serem verificadas a partir da metodologia. Na terceira subseção, apresenta-se a análise descritiva do patenteamento metropolitano, P&D e redes de inventores no Brasil. Na quarta subseção, apresentam-se os resultados empíricos e, na subseção final, são abordadas as discussões e considerações finais.

4.2. Metodologia

A metodologia proposta consiste na análise de relações de escala, que são definidas basicamente pelo quanto de um definido Y depende da magnitude de um determinado X (BETTENCOURT, LOBO e STRUMSKY, 2007). Esse tipo de relação pode ser definida por meio de uma lei de potência:

$$Y = aX^\beta \quad (10)$$

Se Y e X crescerem (variarem) sob a mesma proporção, tem-se que β equivale a um, o que é identificado como uma situação de retornos constantes a escala, indicando proporcionalidade. Se β for maior que um, tem-se o comportamento superlinear, indicando retornos crescentes à escala, em que regiões com maior valor de um atributo X terão um valor mais que proporcional do atributo Y . E, simetricamente, caso β seja menor que um, tem-se o comportamento sublinear, que indica retornos decrescentes à escala (BETTENCOURT, LOBO e STRUMSKY, 2007).

Nesta seção, será utilizada como variável Y a variável de magnitude de invenções, sendo X uma variável que pode assumir diferentes variáveis exógenas (população, P&D e medidas de redes). Para testar empiricamente essa lei de potência, lineariza-se a relação apresentada em (10) e adiciona-se o termo de erro ε :

$$\ln Y_{it} = \ln a + \beta \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

Esse modelo será estimado usando dados em painel pelo método de mínimos quadrados generalizados factíveis (FGLS), seguindo a justificativa de Bettencourt, Lobo e Strumsky (2007) que aponta a necessidade de considerar a heteroscedasticidade entre as *cross-sections* e os efeitos temporais.

A estimação pelo método FGLS consiste nas seguintes etapas (WOOLDRIDGE, 2010): 1) regressão por MQO agrupado (POLS), que geram os resíduos ε . 2) Estima-se uma regressão para os resíduos onde $\varepsilon_{it} = \rho\varepsilon_{it-1} + e_{it}$. 3) Utiliza-se o ρ estimado ($\hat{\rho}$) como peso na transformação das variáveis, de forma que quando $t = 1$, $\tilde{Y}_{it} = \sqrt{(1 - \hat{\rho}^2)} \ln Y_{it}$ e $\tilde{X}_{it} = \sqrt{(1 - \hat{\rho}^2)} \ln X_{it}$ e quando $t = 2, 3, \dots, T$, tem-se que $\tilde{Y}_{it} = \ln Y_{it} - \hat{\rho} \ln Y_{it-1}$ 4) Estima-se a regressão $\tilde{Y}_{it} = \alpha + \beta\tilde{X}_{it} + \varepsilon_{it}$ pelo método POLS¹¹.

¹¹ Tais etapas também são conhecidas como aproximação Prais-Winsten, e são assintoticamente preferíveis a outras formas de estimação do método FGLS por preservarem as observações do período $t=1$.

A utilização do FGLS é adequada uma vez que se possui uma estrutura temporal na qual pode ser considerada na estimação da função de variância uma estrutura autorregressiva AR(1) entre os cortes.

Foram construídas duas variáveis de rede, uma absoluta e uma relativa (MIGUELEZ e MORENO, 2013). A absoluta se chama conectividade, definida como a soma das ligações internas e externas de inventores de uma região. A variável relativa se chama densidade, sendo uma proporção calculada da seguinte forma:

$$Densidade_{it} = Conectividade_{it} / (Nós_{it} * (Nós_{it} - 1) / 2) \quad (12)$$

onde $Nós$ é o total de inventores e os subscritos i e t são as regiões e os anos, respectivamente.

Além de tais medidas, serão apresentados indicadores de concentração, hierarquia e aglomeração com a finalidade de complementar a compreensão da distribuição das variáveis:

Taxas de concentração CR: Utilizadas geralmente na área de economia industrial para medir o *market-share* das indústrias, é utilizado aqui para medir a participação da principal região (CR 1), assim como das cinco (CR 5) e dez (CR 10) principais regiões com relação ao total para cada variável.

Coefficiente de Zipf: coeficiente de inclinação de uma distribuição do tipo “rank-size” para a distribuição. Quanto menor a inclinação, isto é, quanto mais próximo de 0, menos hierarquizada é a distribuição. Coeficientes de Zipf maiores que 1 (em módulo) indicam que as frequências estão mais que proporcionalmente concentradas nos primeiros classificados e menos que proporcionalmente concentradas nos últimos (MALISZEWSKI e O’HUALLACHÁIN, 2012).

I de Moran: coeficiente de autocorrelação espacial que se utiliza da medida de autocovariância na forma de produto cruzado, sendo uma forma de análise exploratória dos dados espaciais com a finalidade de compreender se há na distribuição dos dados localidades atípicas e padrões de aglomeração espaciais (*clusters*) (ANSELIN, 1988). Valores positivos do I de Moran indicam que as variáveis possuem um padrão de associação nas suas vizinhanças. A matriz de pesos espaciais mais significativa e utilizada na estimação foi a k -vizinhos com k igual a seis.

4.3. Base de dados e estatísticas descritivas

As informações de patentes utilizadas neste trabalho referem-se à Base de Dados Estatísticos de Propriedade Intelectual, fornecida pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (BADEPI/INPI). Na BADEPI constam informações referentes a cada depósito de patente e seus respectivos inventores, inclusive a localidade de residência do inventor. A base

de dados está em sua primeira versão e possui informações referentes ao período de 2000 a 2011, constando a informação de 80.051 depósitos de patentes com informações válidas de endereço de inventores, de um total de 87.755 patentes.

De cada patente, extrai-se também a informação referente às conexões entre os autores de uma patente em coautoria, para a criação de uma base de relações entre os indivíduos, no formato *data network* (CERULLI e ZINILLI, 2014). A partir de tal definição, cada autor é considerado um nó e cada conexão de coautoria é considerada um laço. A base de dados possui 110.330 autores, dos quais 64.161 são inventores individuais e, para os demais 46.169 inventores, constam 84.803 conexões.

Essas conexões aparecem sobre a representação de vínculos entre os inventores. Se os inventores A, B, C e D possuem o vínculo de coautoria de uma patente. Então, as conexões serão os conjuntos de seis pares possíveis entre esses inventores (A-B, A-C, A-D, B-C, B-D, C-D). Essas conexões são agregadas ao nível regional, de forma que as conexões são contabilizadas como conexões internas às regiões e entre as regiões.

As informações referentes ao pessoal ocupado técnico-científico (PoTec) foram extraídas do Registro Anual de Informações Sociais (RAIS) no período 2000-2011. A PoTec se refere a grupos ocupacionais da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) em categorias como pesquisadores, engenheiros e diretores de P&D. Segue-se aqui a metodologia empregada por Araújo, Cavalcante e Alves (2009), utilizando-se de nove categorias: profissionais da biotecnologia e biomédicos, engenheiros, pesquisadores, profissionais da matemática e de estatística, analistas de sistemas computacionais, físicos, químicos, profissionais do espaço e da atmosfera, arquitetos. As informações sobre P&D universitário foram extraídas a partir das informações de professores doutores no Brasil em áreas de formação tecnológica (engenharias, ciências exatas e da terra, ciências agrárias, ciências biológicas e da saúde), a partir de dados da CAPES.

As principais estatísticas descritivas da base de dados estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Estatísticas descritivas anuais das informações de patentes, inventores e variáveis construídas para o Brasil no período 2000-2011.

Ano	Patentes	Inventores	Conexões	PoTeC	Prof. Doutores
2000	6035	7430	2686	349268	20002
2001	6384	7934	3087	373156	19792
2002	6416	8412	10462	383053	20862
2003	6877	9052	4939	302829	21982
2004	7116	9732	9896	328281	25265
2005	6981	9571	6426	361813	26673
2006	6836	9471	6159	414326	28632
2007	6658	9231	6627	456616	30361
2008	6953	9803	7321	526376	31694
2009	6976	9995	7659	549674	27487
2010	6544	9907	9005	599775	35155
2011	6275	9792	10536	665677	36929
Total Geral	80051	110330	84803	-----	-----

Fonte: Elaboração Própria

Estatísticas de redes para os anos selecionados de 2000, 2005 e 2010 são apresentadas na tabela 4. Destaca-se o crescimento da média de conexões internas e externas ao longo do período, assim como a densidade de conexões e o número médio de ligações por inventor.

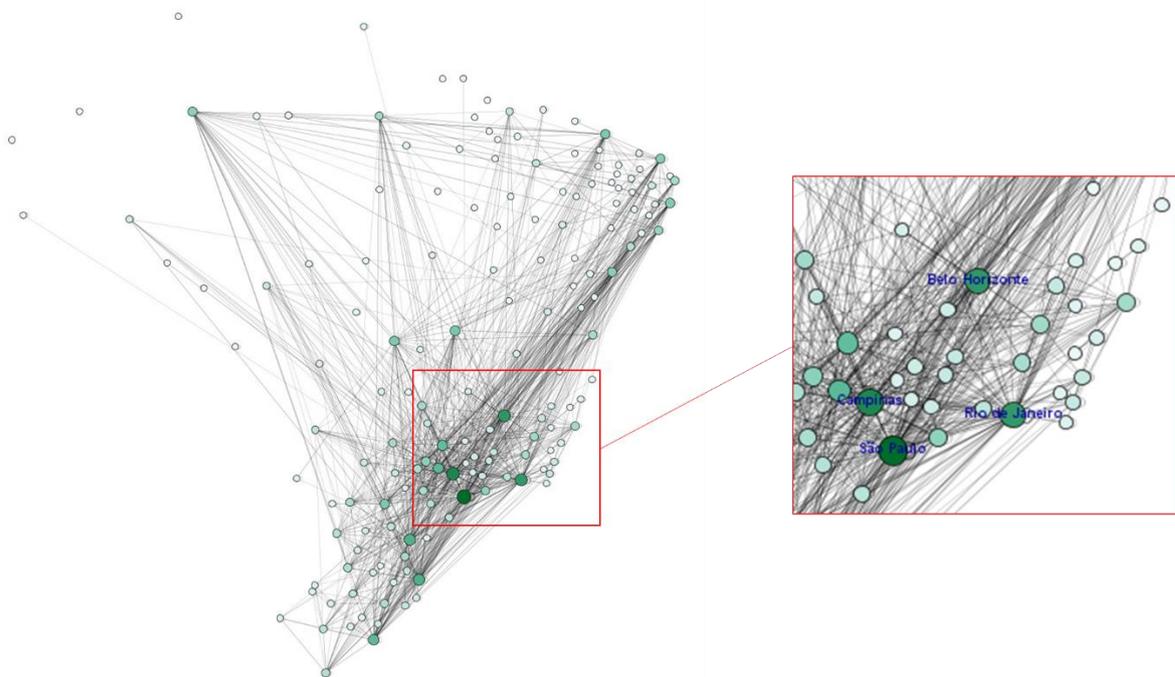
Tabela 4. Sumário de estatísticas descritivas de inventores e variáveis de rede do Brasil para os anos de 2000, 2005 e 2010.

Ano	Obs.	Média	Desv. Padrão	Máximo
2000				
Inventores Individuais	161	31,82	139,37	1659
Inventores Conectados	161	14,33	57,40	622
Conexões Internas à região	161	12,30	44,11	381
Conexões Externas à região	161	4,39	17,14	175
Densidade de Conexões	161	0,05	0,25	3
Proporção de inventores individuais	161	0,58	0,41	1
Proporção de inventores conectados	161	0,15	0,23	1
2005				
Inventores Individuais	161	34,86	138,00	1608
Inventores Conectados	161	24,59	88,38	876
Conexões Internas à região	161	26,91	98,63	794
Conexões Externas à região	161	13,01	41,06	341
Densidade de Conexões	161	0,07	0,27	2,67
Proporção de inventores individuais	161	0,52	0,38	1
Proporção de inventores conectados	161	0,22	0,25	1
2010				
Inventores Individuais	161	30,78	111,43	1286
Inventores Conectados	161	30,76	97,91	912
Conexões Internas à região	161	35,76	116,36	842
Conexões Externas à região	161	20,17	55,11	481
Densidade de Conexões	161	0,13	0,38	3
Proporção de inventores individuais	161	0,46	0,35	1
Proporção de inventores conectados	161	0,32	0,30	1

Fonte: Elaboração Própria

Informações de redes podem ser desenvolvidas a partir de gráficos ilustrando a distribuição espacial das conexões entre as regiões. A espacialidade das conexões externas se apresenta principalmente entre quatro regiões: São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, destacadas na figura 7. Os fluxos nacionais se apresentam principalmente entre as capitais litorâneas do Nordeste, as capitais do Sudeste, Campinas e o interior de São Paulo, além das capitais do Sul do País.

Figura 7. Distribuição espacial das conexões de inventores entre regiões no Brasil (2000-2011) com destaque para as principais regiões conectivas.



Fonte: Elaboração própria com base no *software* Gephi. Nota: Tamanho da unidade (nó) e intensidade de cor indicam maior nível de conexões externas da região. Intensidade de cor de linha indica maior peso para o fluxo.

4.4. Resultados

As distribuições de população, inventores, patentes, redes e P&D podem ser avaliadas a partir de indicadores de hierarquia, concentração e aglomeração. Para as variáveis de população e P&D, utiliza-se a média do período 2000-2011, enquanto para as variáveis de inventores, patentes e redes, utiliza-se a soma do período 2000-2011. A tabela 5 apresenta os indicadores avaliados.

Tabela 5. Resultados dos índices de concentração, hierarquia e distribuição para as variáveis utilizadas no modelo.

Variável	CR 1	CR 5	CR 10	Gini	Zipf	I de Moran (K=6)
População (Média)	11,04%	27,57%	39,28%	45,74%	1,036	0,072
Patentes (Soma)	28,79%	53,01%	65,77%	69,47%	2,158	0,451
P&D Privado (Média)	31,47%	58,52%	72,42%	71,05%	2,022	0,314
P&D Universitário (Média)	15,89%	46,59%	62,98%	72,95%	1,899	0,147
Inventores (Soma)	26,27%	53,01%	65,96%	69,32%	2,231	0,450
Conexões (Média)	16,03%	50,42%	66,16%	70,34%	2,203	0,407
Densidade (Média)	6,58%	20,32%	32,45%	51,80%	1,311	0,259

Fonte: Elaboração Própria.

Os coeficientes de concentração CR apresentam a participação dos 1, 5 e 10 primeiros, respectivamente. Observa-se que a variável “P&D Privado” se apresenta mais concentrada que as “patentes” e o “número de inventores”. O coeficiente de Gini indica que a variável mais bem distribuída é a “População”, seguida pela variável de rede “Densidade”. As demais variáveis apresentam concentração entre 68% e 73%, que representam valores altos de concentração.

Os coeficientes de Zipf indicam o quão hierarquizado (proporcionalmente distribuído) é uma variável ao longo de toda sua distribuição, sendo que valores acima de 1 indicam alta hierarquia, ou seja, concentração acima da proporção nos valores mais altos da distribuição e concentração abaixo da proporção nos mais baixos, enquanto valores abaixo de 1 indicam baixa hierarquia, a saber, distribuição menos que proporcionalmente concentrada nos maiores e mais que proporcionalmente nos menores. As variáveis relacionadas a P&D e Patentes se apresentaram fortemente hierarquizadas, principalmente pela alta parcela de regiões com valores muito baixos das variáveis, enquanto a população segue uma distribuição mais proporcional. A variável de densidade, por ser uma medida de proporção local de conexões de cada região, acaba superestimando regiões menores e subestimando regiões maiores, sendo desprezível segundo Bettencourt, Lobo e Strumsky (2007).

Regride-se a partir do método FGLS as variáveis explicativas para as quais pretende-se avaliar os efeitos de escala, utilizando-se das patentes como variável dependente. Os resultados encontrados estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Resultados das estimações para os retornos da atividade inventiva utilizando dados em painel FGLS com estrutura de erros do tipo AR(1) e heteroscedasticidade nas *cross-sections*.

Variáveis	(1) Patentes	(2) Patentes	(3) Patentes	(4) Patentes	(5) Patentes	(6) Patentes
População	1,340*** (0,0151)					
Inventores		0,938*** (0,00143)				
Conexões			0,649*** (0,0112)			
P&D Privado				0,675*** (0,00995)		
P&D Universitário					0,450*** (0,0113)	
Densidade de redes						-0,568*** (0,0102)
Constante	-15,86*** (0,188)	0,000 (0,000175)	0,818*** (0,0306)	-1,864*** (0,0654)	0,918*** (0,0445)	1,302*** (0,0370)
Observações	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	986
Número de Regiões	161	161	161	161	161	107

Desvios-Padrão em parênteses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fonte: Elaboração Própria com base em saídas do programa *Stata* 13

Os resultados evidenciam os efeitos positivos da escala urbana por meio da população. Externalidades advindas dos maiores centros urbanos são o possível efeito capturado pelos retornos crescentes à escala ($\beta > 1$) na regressão 1, como o valor de β igual a 1,340. Resultado semelhante foi encontrado em Bettencourt, Lobo e Strumsky (2007) para os Estados Unidos, com coeficiente β para a população de 1,291. O apêndice B revela que tanto a estimação por mínimos quadrados ordinários agrupados quanto as estimações pelo método FGLS apresentam resultados próximos, preservando a interpretação dos coeficientes, principalmente os valores dos coeficientes de β (efeitos de escala) observados na tabela anterior.

Isso significa que os principais centros urbanos, a saber, São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba, por seu porte populacional, apresentam ganhos maiores em termos de patentes que regiões de porte pequeno e médio. A magnitude desse resultado pode ser ilustrada na comparação de duas regiões, uma grande e uma pequena. A região de Belo Horizonte possui em média 7 milhões de habitantes e gerou aproximadamente 4 mil patentes no período. Divinópolis, uma região próxima à Belo Horizonte, tem aproximadamente uma população equivalente a 10% de Belo Horizonte e um total de patentes com magnitude de 5% das patentes de Belo Horizonte.

A regressão 2 da tabela 6 indica que a relação entre as patentes das regiões brasileiras e o respectivo número de inventores é bem próxima aos retornos constantes ($\beta = 0,938$), o que indica que não há um relevante aumento de produtividade do inventor localizado nos maiores centros urbanos. Os coeficientes de Zipf da tabela 5 das variáveis patentes e inventores reforçam esse argumento, uma vez que a distribuição hierárquica de ambos (2,158 para as patentes e 2,231 para os inventores) indica que há uma alta concentração nos principais centros urbanos semelhante entre as duas distribuições. Tais resultados conduzem ao questionamento do motivo pelo qual não se verifica a presença de ganhos de produtividade nos centros urbanos, que podem ser compreendidos a partir da interpretação dos resultados de redes.

As variáveis de redes apontaram interpretações distintas nas regressões. A conectividade (regressão 3 da tabela 6), medida pela magnitude de conexões, apresentou sinal positivo e significativo, com $\beta < 1$, indicando retornos decrescentes à escala. Isso significa que ainda que seja maior o número de conexões nas principais regiões inventoras, a conectividade está mais correlacionada com as invenções em regiões pequenas e intermediárias. Os retornos decrescentes à escala apresentados pela conectividade auxiliam na explicação da não-verificação de indícios de aumento da produtividade nos grandes centros urbanos. Uma vez que os ganhos a partir da conectividade são decrescentes à escala de patentes e a produtividade observada é constante, assumindo a existência de ganhos de escala urbana a partir do conceito de externalidades, o ganho de produtividade das redes em centros urbanos menores é um dos fatores compensatórios da ausência de externalidades urbanas, ainda que não seja um fator determinante, porém relevante.

A variável de densidade de redes apresentou sinal negativo na regressão 6 (tabela 6), resultado encontrado também por Bettencourt, Lobo e Strusmky (2007) e Miguelez e Moreno (2013). Miguelez e Moreno (2013) interpretam que o impacto negativo da densidade de redes é suportado a partir dos argumentos de Granovetter (1985) sobre a baixa força dos nós em inovação. Outra suposição é que tal coeficiente evidencia a relevância relativa das redes em centros urbanos menores, o que suportaria o argumento de que as redes são um dos fatores compensadores da produtividade nos centros urbanos menores.

Os retornos crescentes à escala urbana das patentes e os retornos decrescentes à escala da conectividade de redes encontradas para o Brasil sugerem que a conectividade em redes de coautores não está diretamente relacionada com a escala urbana, sendo o mesmo resultado encontrado por Bettencourt, Lobo e Strumsky (2007) para os Estados Unidos. Por outro lado,

diferentemente do encontrado pelo autor, a escala urbana brasileira apresenta-se com maiores retornos crescentes, relevando ainda mais o aspecto concentrado da distribuição de invenções nos grandes centros urbanos do Brasil.

Resultados das regressões de P&D (P&D universitário e P&D privado) indicam dois aspectos já abordados pela função de produção do conhecimento (GRILICHES, 1994; JAFFE, 1986). Primeiramente, apresenta-se a existência de retornos decrescentes à escala do P&D em ambos os coeficientes de P&D universitário e P&D privado. Em segundo lugar, encontra-se um retorno maior do P&D privado que do P&D universitário, indicando a capacidade maior do P&D privado em gerar invenções. O P&D universitário ainda que possua capacidade de gerar invenções patenteáveis, está mais associado à pesquisa básica (SALTER e MARTIN, 2001; FELDMAN e KOGLER, 2010).

4.5. Conclusões

Esse capítulo buscou identificar a magnitude dos efeitos de escala de variáveis de rede, P&D e população sobre as patentes. Primeiramente, apresentaram-se medidas de concentração, aglomeração e hierarquia de tais variáveis, onde observou-se que as variáveis de patentes, P&D e a conectividade de redes são concentradas e possuem maior associação espacial que a variável populacional. Ou seja, tratam-se de atividades econômicas geograficamente localizadas e restritas. O coeficiente de hierarquia caracteriza a magnitude de tal restrição, revelando que os principais centros concentram tais atividades mais que proporcionalmente.

Um dos resultados encontrados é a existência de retornos crescentes à escala urbana de patentes no Brasil, o que reforça o argumento da presença de externalidades positivas advindas da urbanização no processo de invenção. Os efeitos decrescentes à escala da conectividade de redes ilustram a parcela importante do papel que as redes exercem na geração das invenções, principalmente nas regiões de pequeno e médio porte.

Do ponto de vista da produtividade, criou-se uma linha de argumentação que justifica o encontrado para os retornos crescentes à escala urbana das patentes, a relação linear entre patentes e inventores e os retornos decrescentes à escala urbana apresentado pela conectividade em redes. Sob a existência de externalidades advindas da urbanização, defendeu-se que um dos fatores que explicam a produtividade constante entre os inventores das regiões brasileiras deve-se à importância relativa que as redes possuem para as regiões menores, sendo um fator com capacidade de elevar a produtividade de tais regiões. Apesar de tal encontrado, entende-se que

tal fator isoladamente não é o determinante para a explicação da produtividade constante, sendo esse o objeto de extensões futuras, contemplando fatores como a localização regional e dimensões de proximidade tecnológica, social, econômica e institucional entre as regiões. Outra extensão possível deste trabalho é a incorporação da atividade industrial nos modelos de escala urbana, utilizando-se da Lei de Kaldor-Verdoorn.

Essa dissertação buscou, utilizando-se do instrumental econométrico disponível no campo da economia regional e urbana, mapear as invenções brasileiras de uma perspectiva que contemple as diferenças de subdomínios tecnológicos e, principalmente, os efeitos de urbanização, a partir dos conceitos de hierarquia urbana e escala urbana. A aproximação utilizando-se como referência a teoria dos lugares centrais de Christaller apresenta uma ótica distinta do que é recorrentemente apresentado na economia da inovação, que atribui maior destaque ao papel dos transbordamentos de conhecimento nas construções analíticas e propostas empíricas.

Essa perspectiva se torna ainda mais distintiva quando se analisa um país subdesenvolvido como o Brasil. A desigualdade regional existente, caracterizada pela concentração da atividade no Sudeste e, em menor escala, no Sul do país, são evidenciadas nas estimativas construídas. A hierarquia urbana contempla de forma distinta a desigualdade por mediar tais diferenças a partir da escala urbana das regiões, principalmente ao destacar a predominância da região de São Paulo em concentrar a atividade inventiva.

Do ponto de vista das extensões futuras, esta dissertação busca direcionar os estudos da inovação a partir de uma metodologia que contemple a importância da magnitude do centro urbano – sua classificação, sua capacidade de exercer funções restritas de centros urbanos – conjuntamente aos temas mais comuns da economia da inovação, como as externalidades e os transbordamentos de conhecimento.

5. Referências

- ACS, Zoltan J. **Innovation and the Growth of Cities**. Edward Elgar Publishing, 2003.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. **Revista de Economia Política**, v. 16, n. 3, p. 56-72, 1996.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Domestic patents and developing countries: arguments for their study and data from Brazil (1980–1995). **Research Policy**, v. 29, n. 9, p. 1047-1060, 2000.
- ALLEN, Robert C. Collective invention. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 4, n. 1, p. 1-24, 1983.
- ALMEIDA, Eduardo. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas–SP. Alínea, 2012.
- ALMEIDA, Paul; KOGUT, Bruce. Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks. **Management science**, v. 45, n. 7, p. 905-917, 1999.
- ANSELIN, Luc. **Spatial econometrics: methods and models**. Springer Science & Business Media, 1988.
- ANSELIN, Luc. Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis*, v.27, n.2, p.93-115, 1995.
- ARROW, Kenneth. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: NELSON, Richard R. **The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors**. Princeton University Press, 1962. p. 609-626.
- AUDRETSCH, David B. **Innovation and industry evolution**. MIT Press, 1995.
- AUDRETSCH, David B. Agglomeration and the location of innovative activity. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 14, n. 2, p. 18-29, 1998.
- AUDRETSCH, David B.; FELDMAN, Maryann P. R&D spillovers and the geography of innovation and production. **The American economic review**, p. 630-640, 1996.
- AUDRETSCH, David. B., FELDMAN, Maryann P. Knowledge spillovers and the geography of innovation. In: HENDERSON, J. V., THISSE, J., (Eds.), **Handbook of regional and urban economics**, v. 4, p. 2713-2739, 2004.
- AUDRETSCH, David B.; KEILBACH, Max. The mobility of economic agents as conduits of knowledge spillovers. In: **The role of labour mobility and informal networks for knowledge transfer**. Springer US, 2005. p. 8-25.
- ARAÚJO, Bruno César; CAVALCANTE, Luiz Ricardo; ALVES, Patrick. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, v. 5, p. 16-21, 2009.
- BARCELOS, Vivian; JORGE, Mariana F.; LE FEUVRE, Bruno; LOPES, Felipe; CARVALHO, Sérgio M. P.; PINHEIRO, Vera; RAFFO, Julio; RIBEIRO, Leonardo. **The**

Use of Intellectual Property in Brazil. World Intellectual Property Organization-Economics and Statistics Division, 2014.

- BAUMONT, Catherine; ERTUR, Cem; GALLO, Julie. Spatial analysis of employment and population density: the case of the agglomeration of Dijon 1999. **Geographical Analysis**, v. 36, n. 2, p. 146-176, 2004.
- BEAUDRY, C.; SCHIFFAUEROVA, A. Who's right, Marshall or Jacobs? The localization versus urbanization debate. **Research Policy**, v. 38, p. 318–337, 2009.
- BERNARDES, Américo Tristão; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Cross-over, thresholds, and interactions between science and technology: lessons for less-developed countries. **Research Policy**, v. 32, n. 5, p. 865-885, 2003.
- BETTENCOURT, Luís MA. The origins of scaling in cities. **science**, v. 340, n. 6139, p. 1438-1441, 2013.
- BETTENCOURT, Luis MA; LOBO, Jose; STRUMSKY, Deborah. Invention in the city: Increasing returns to patenting as a scaling function of metropolitan size. **Research Policy**, v. 36, n. 1, p. 107-120, 2007.
- BOSCHMA, Ron. Proximity and innovation: a critical assessment. **Regional studies**, v. 39, n. 1, p. 61-74, 2005.
- BRENNER, Thomas. **Local industrial clusters: existence, emergence and evolution.** Routledge, 2004.
- BRESCHI, S. The geography of innovation: a cross-sector analysis. **Regional Studies**, v. 34, n. 3, p. 213-229, 2000.
- BRESCHI, Stefano; LISSONI, Francesco. **Knowledge networks from patent data: Methodological issues and research targets.** KITeS, Centre for Knowledge, Internationalization and Technology Studies, Universita'Bocconi, Milano, Italy, 2004.
- BRESCHI, Stefano; LISSONI, Francesco. Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows. **Journal of Economic Geography**, p. lbp008, 2009.
- BROEKEL, T., BRENNER, T. Regional factors and innovativeness: an empirical analysis of four German industries. **The Annals of Regional Science**, v. 47, n.1, p. 169-194, 2011.
- BUESA, M.; HEIJS, J.; BAUMERT, T. The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge production function approach. **Research Policy**, v. 39, p. 722–735, 2010.
- CABRER-BORRÁS, B., SERRANO-DOMINGO, G. Innovation and R&D spillover effects in Spanish regions: a spatial approach. **Research Policy**, v. 36, p. 1357-1371, 2007.
- CAPELLO, Roberta. Innovation and productivity: local competitiveness and the role of space. In: In: COOKE, P., ASHEIM, B., BOSCHMA, R., MARTIN, R., SCHWARTZ, D., TÖDTLING, F. (Eds.), **Handbook of regional innovation and growth.** Cheltenham/Northampton: Edward Elgar, 2011, p. 107-118.

- CAPELLO, Roberta; FAGGIAN, Alessandra. Collective learning and relational capital in local innovation processes. **Regional studies**, v. 39, n. 1, p. 75-87, 2005.
- CARLINO, G. A., CHATTERJEE, S. HUNT R. M. Urban density and the rate of invention. **Journal of Urban Economics**, v. 61, p. 389-419, 2007.
- CARLINO, Gerald; KERR, William R. **Agglomeration and innovation**. National Bureau of Economic Research, 2014.
- CEH, B. Regional innovation potential in the United States: evidence of spatial transformation. **Papers in Regional Science**, v. 80, p. 297-316, 2001.
- CERULLI, Giovanni; ZINILLI, Antonio. datanet: a Stata routine for organizing a dataset for network analysis purposes. **XI Convegno Italiano degli utenti di Stata**, Milan, 2014.
- CHRISTALLER, Walter. **Central places in southern Germany**. Prentice-Hall, 1966.
- COHEN, Wesley M.; NELSON, Richard R.; WALSH, John P. **Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why US manufacturing firms patent (or not)**. National Bureau of Economic Research, 2000.
- CRONON, W. **Nature's Metropolis: Chicago and the Great West**. New York, NY: Norton, 1991.
- DINIZ, C. C. GONÇALVES, Eduardo. Economia do conhecimento e desenvolvimento regional no Brasil. In: DINIZ, C. C. e LEMOS, M. B. (Org.). **Economia e Território**. 1ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005, p. 131-170.
- DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 27, pp. 1126-1171, 1988
- DOSI, Giovanni *et al.* **Technical change and economic theory**. 1988.
- DIXIT, Avinash K.; STIGLITZ, Joseph E. Monopolistic competition and optimum product diversity. **The American Economic Review**, p. 297-308, 1977.
- ELLISON, Glenn; GLAESER, Edward L. Geographic Concentration in US Manufacturing Industries: A Dartboard Approach. **Journal of Political Economy**, v. 105, n. 5, 1997.
- FELDMAN, Maryann P. The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: A review of empirical studies. **Economics of innovation and new technology**, v. 8, n. 1-2, p. 5-25, 1999.
- FELDMAN M. P., AUDRETSCH D. B. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition, **European Economic Review**, v. 43, p. 409-429, 1999.
- FELDMAN, M. P., FLORIDA, R. The geographic sources of innovation: technological infrastructure and product innovation in the United States. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 84, n. 2, p. 210-229, 1994.
- FELDMAN, M. P.; KOGLER, D. F. Stylized facts in the geography of innovation. In: Hall; B. H.; Rosenberg, N. (eds.) **Handbook of Economics of Innovation**. Elsevier, 2010, cap. 8.

- FISCHER, Manfred M.; VARGA, Attila. Spatial knowledge spillovers and university research: evidence from Austria. **The Annals of Regional Science**, v. 37, n. 2, p. 303-322, 2003.
- FLORIDA, Richard. The Rise of the Creative Class—and how it's transforming work, leisure, community and everyday life. **New York**, 2002.
- FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul R.; VENABLES, Anthony J. **The spatial economy: Cities, regions, and international trade**. MIT press, 2001. GALASSO, Alberto; SCHANKERMAN, Mark. **Patents and cumulative innovation: Causal evidence from the courts**. National Bureau of Economic Research, 2014.
- GARCIA, J. C. R. Patente gera patente? **TransInformação**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 213-223, set./dez., 2006.
- GILCHRIST, Duncan. **Patents as a Spur to Subsequent Innovation: Evidence from Pharmaceuticals**. Harvard, 2015. (Disponível em: <<http://scholar.harvard.edu/files/dgilchrist/files/drugpatents.pdf>> Acesso em: 30 de março de 2015).
- GLAESER E. L., KALLAL H. D., SCHEINKMAN J. A., SHLEIFER, A. Growth in cities. **Journal of Political Economy**, v. 100, p. 1126-1152, 1992.
- GLAESER, Edward L. Learning in cities. **Journal of urban Economics**, v. 46, n. 2, p. 254-277, 1999.
- GONÇALVES, Eduardo. O padrão espacial da atividade inovadora brasileira: uma análise exploratória. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 37, n. 2, p. 405-433, 2007.
- GONÇALVES, Eduardo; ALMEIDA, Eduardo. Innovation and spatial knowledge spillovers: evidence from Brazilian patent data. **Regional Studies**, v. 43, n. 4, p. 513-528, 2009.
- GONÇALVES, Eduardo; LEMOS, Mauro Borges; NEGRI, João Alberto de. The role of firm and territory in innovative activities in Brazilian post-opening economy. **Economia Aplicada**, v. 15, n. 1, p. 103-130, 2011.
- GONÇALVES, Eduardo; FAJARDO, Bernardo de Abreu Guelber. A Influência da proximidade tecnológica e geográfica sobre a inovação regional no Brasil. **Revista Econômica Contemporânea**, v. 15, n. 1, p. 112-142, 2011.
- GRILICHES, Zvi. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. **The Bell Journal of Economics**, p. 92-116, 1979.
- GRILICHES, Zvi. **Patent statistics as economic indicators: a survey**. National Bureau of Economic Research, 1990.
- GRILICHES, Zvi. **The search for R&D spillovers**. National Bureau of Economic Research, 1991.
- GRILICHES, Zvi. Productivity, R&D, and the data constraint. **The American Economic Review**, p. 1-23, 1994.
- GROSSMAN, Gene M. HELPMAN, Elhanan. **Innovation and growth in the global economy**. MIT Press, Cambridge, 1991.

- GUERRIERO, Vincenzo. Power law distribution: Method of multi-scale inferential statistics. **Journal of Modern Mathematics Frontier**, p. 21-28, 2012.
- HALL, Bronwyn H.; JAFFE, Adam B.; TRAJTENBERG, Manuel. **The NBER patent citation data file: Lessons, insights and methodological tools**. National Bureau of Economic Research, 2001.
- HALL, Bronwyn H.; LERNER, Josh. The financing of R&D and innovation. In: Hall; B. H.; Rosenberg, N. (eds.). **Handbook of the Economics of Innovation**, v. 1, p. 609-639, 2010.
- HENDERSON, J. Vernon. The sizes and types of cities. **The American Economic Review**, p. 640-656, 1974.
- HENDERSON, J. Vernon. Understanding knowledge spillovers. **Regional Science and Urban Economics**, v. 37, n. 4, p. 497-508, 2007.
- HIGGS, R. American inventiveness, 1870-1920. **The Journal of Political Economy**, v. 79, n. 3, p. 661-667, 1971.
- HOEKMAN, Jarno; FRENKEN, Koen; VAN OORT, Frank. The geography of collaborative knowledge production in Europe. **The Annals of Regional Science**, v. 43, n. 3, p. 721-738, 2009.
- HSU, Wen-Tai. Central place theory and city size distribution. **The Economic Journal**, v. 122, n. 563, p. 903-932, 2012.
- IAMMARINO, S. Regional innovation and diversity. In: COOKE, P., ASHEIM, B., BOSCHMA, R., MARTIN, R., SCHWARTZ, D., TÖDTLING, F. (Eds.), **Handbook of regional innovation and growth**. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar, 2011, p. 143-154.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de influência das cidades 2007**. Rio de Janeiro, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Urbano-Regional**. Rio de Janeiro, 2013.
- JACOBS, Jane *et al.* The economy of cities. **The economy of cities**. 1970.
- JAFFE, Adam B. Real effects of academic research. **The American Economic Review**, p. 957-970, 1989.
- JAFFE, Adam; TRAJTENBERG, Manuel. HENDERSON, Rebecca M.; Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations. **Quarterly Journal of Economics**, v. 434, p. 578-598, 1993.
- JOHANSSON, Börje. Generation and Diffusion of Innovation. IN: FISCHER, Manfred M. **Handbook of regional science**. Heidelberg: Springer, 2014.
- KING, Leslie J. Central place theory. **West Virginia University Book Chapters**. Regional Research Institute, 1985.
- KRUGMAN, Paul R. **Geography and trade**. MIT press, 1991.

- KRUGMAN, Paul. Confronting the mystery of urban hierarchy. **Journal of the Japanese and International economies**, v. 10, n. 4, p. 399-418, 1996.
- KRUGMAN, Paul R. **Development, geography, and economic theory**. MIT press, 1997.
- KUZNETS, S. Inventive activity: problems of definition and measurement. In: NELSON, R. (Ed.), **The rate and direction of inventive activity: economic and social factors**. Princeton: Princeton University, p. 19-51, 1962.
- LEMONS, Mauro Borges; CAMPOS, Bruno; BIAZI, Elenice; SANTOS, Fabiana. Capacitação Tecnológica e *Catching Up*: o caso das regiões metropolitanas emergentes brasileiras. **Revista de Economia Política**, v. 26, n. 1, p. 95-118, 2006.
- LÖSCH, A. **The economics of location**. 1954.
- LUCAS, R. E. On the mechanics of economic development. **Journal of Monetary Economics**, v. 22, p.3-42, 1988.
- MALISZEWSKI, Paul J.; HUALLACHAIN, Breandan O. Hierarchy and concentration in the American urban system of technological advance. **Papers in Regional Science**, v. 91, n. 4, p. 743-758, 2012.
- MAGGIONI, Mario A.; UBERTI, Teodora Erika. Knowledge networks across Europe: which distance matters?. **The Annals of Regional Science**, v. 43, n. 3, p. 691-720, 2009.
- MARSHALL, Alfred. **Principles of Economics**. Macmillan, 1920.
- MCCANN, Philip. Sketching out a model of innovation, face-to-face interaction and economic geography. **Spatial Economic Analysis**, v. 2, n. 2, p. 117-134, 2007.
- MCCANN, Philip; VAN OORT, Frank. IN: CAPELLO, Roberta; NIJKAMP, Peter (Ed.). **Handbook of regional growth and development theories**. Edward Elgar Publishing, 2010.
- MOKYR, Joel. **The gifts of Athena: Historical origins of the knowledge economy**. Princeton University Press, 2002.
- MOKYR, Joel. The contribution of economic history to the study of innovation and technical change: 1750-1914. In: HALL, Bronwyn H.; ROSENBERG, Nathan (Ed.). **Handbook of the Economics of Innovation**. Elsevier, 2010.
- MONTENEGRO, Rosa Livia; GONÇALVES, Eduardo; ALMEIDA, Eduardo. Dinâmica espacial e temporal da inovação no estado de São Paulo: uma análise das externalidades de diversificação e especialização. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 41, n. 4, p. 743-776, 2011.
- MORENO, R., PACI, R., USAI, S. Spatial spillovers and innovation activity in European regions. **Environment and Planning A**, v. 37, p. 1793-1812, 2005.
- MUENDLER, Marc-Andreas; RAUCH, James E. **Mobilizing Social Capital Through Employee Spinoffs**. National Bureau of Economic Research, 2012.
- MUKIM, Megha. Does agglomeration boost innovation? An econometric evaluation. **Spatial Economic Analysis**, v. 7, n. 3, p. 357-380, 2012.

- MULLIGAN, Gordon F. Agglomeration and central place theory: a review of the literature. **International Regional Science Review**, v. 9, n. 1, p. 1-42, 1984.
- NAGAOKA, S.; MOTOHASHI, K.; GOTO, A. Patent statistics as an innovation indicator In: HALL, Bronwyn H.; ROSENBERG, Nathan (Ed.). **Handbook of the Economics of Innovation**. Elsevier, 2010.
- NAKAMURA, Ryohei; PAUL, Catherine J. M. Measuring agglomeration. IN: CAPELLO, Roberta; NIJKAMP, Peter (Ed.). **Handbook of regional growth and development theories**. Edward Elgar Publishing, 2010.
- NARIN, Francis; NOMA, Elliot; PERRY, Ross. Patents as indicators of corporate technological strength. **Research Policy**, v. 16, n. 2, p. 143-155, 1987.
- NEWMAN, Mark EJ. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. **Contemporary Physics**, v. 46, n. 5, p. 323-351, 2005.
- OHLIN, Bertil. International and interregional trade. **Harvard Economic Studies, Cambridge, MA**, 1933.
- Organization for Economic Co-operation and Development - OECD. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd edition. Organization of Economically Developed Countries, Paris, OECD.
- Ó HUALLACHÁIN, B. Patent places: size matters. **Journal of Regional Science**, v. 39, n. 4, p. 613-636, 1999.
- Ó HUALLACHÁIN, B., LESLIE, T. F. Rethinking the regional knowledge production function. **Journal of Economic Geography**, v. 7, p. 737-752, 2007.
- PERROUX, Francois. Economic space: theory and applications. **The Quarterly Journal of Economics**, p. 89-104, 1950.
- POLANYI, M. **The tacit dimension**. Londres: Routledge and Kegan Paul, 1967.
- PONDS, Roderik; VAN OORT, Frank; FRENKEN, Koen. Innovation, spillovers and university–industry collaboration: an extended knowledge production function approach. **Journal of Economic Geography**, v. 10, n. 2, p. 231-255, 2010.
- ROCHEFORT, M. Método de estudo das redes urbanas (interesse da análise e do setor terciário na população ativa). **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro: IBGE, v.19, n. 160, p. 3-18, 1961.
- ROMER, Paul M. Increasing returns and long-run growth. **The Journal of Political Economy**, p. 1002-1037, 1986.
- ROSENBERG, N. **Perspectives on technology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- ROSENTHAL, Stuart S.; STRANGE, William C. The determinants of agglomeration. **Journal of urban economics**, v. 50, n. 2, p. 191-229, 2001.
- RUIZ, Ricardo Machado. Estruturas urbanas comparadas: Estados Unidos e Brasil. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 35, n. 4, p. 715-737, 2005.

- SALTER, Ammon J.; MARTIN, Ben R. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. **Research policy**, v. 30, n. 3, p. 509-532, 2001.
- SCHMOCH, Ulrich. **Concept of a technology classification for country comparisons**. Final report to the world intellectual property organization (wipo), WIPO, 2008.
- SCHUMPETER, J. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1985.
- SIMMIE, James. **Innovative cities**. New York: Routledge, 2003a.
- SIMMIE, James. Innovation and urban regions as national and international nodes for the transfer and sharing of knowledge. **Regional studies**, v. 37, n. 6-7, p. 607-620, 2003b.
- SIMÕES, Rodrigo; AMARAL, Pedro V. M.; PEREIRA, Márcia A.; CARDOSO, Verônica L.; CAMPOS, Stephania M. C. Centralidades e Hierarquia Urbana em Minas Gerais: Uma Visão Prospectiva. In: **Anais do XIV Seminário sobre a Economia Mineira [Proceedings of the 14th Seminar on the Economy of Minas Gerais]**. Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- 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.
- SINGH, Jasjit. Collaborative networks as determinants of knowledge diffusion patterns. **Management science**, v. 51, n. 5, p. 756-770, 2005.
- USAI, S. The Geography of Inventive Activity in OECD Regions. **Regional Studies**. v. 45, n. 6, 2011.
- VAN OORT, Frank G.; LAMBOOY, Jan G. Cities, knowledge, and innovation. In: FISCHER, Manfred M.; NIJKAMP, Peter. **Handbook of Regional Science**. Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 475-488.
- WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. MIT press, 2010.

Apêndice

Apêndice A. Mapas de *clusters* calculados pelo I de Moran Local para os 35 subdomínios tecnológicos ao nível de Regiões Intermediárias



Subdomínio 1



Subdomínio 2 e 3



Subdomínio 4



Subdomínio 5

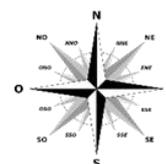


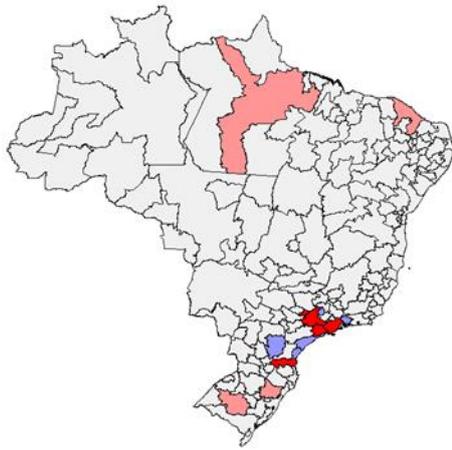
Subdomínio 6



Subdomínio 7

Legenda

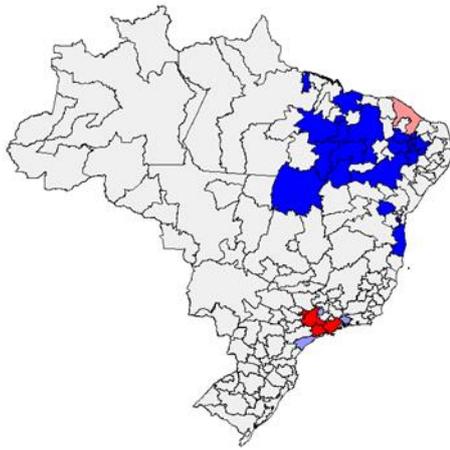




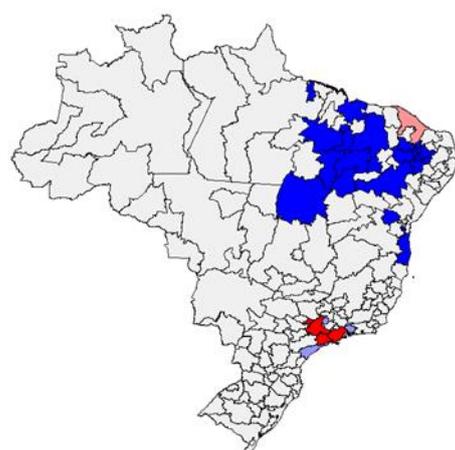
Subdomínio 8



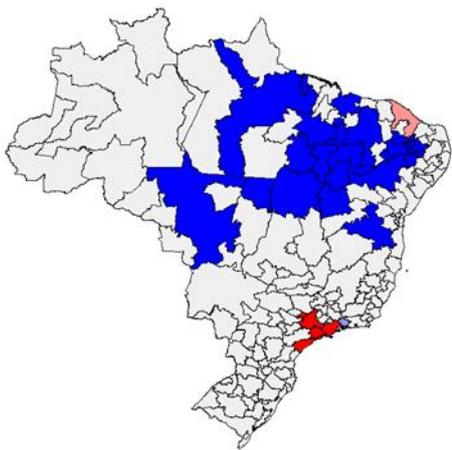
Subdomínio 9



Subdomínio 10 e 11



Subdomínio 12

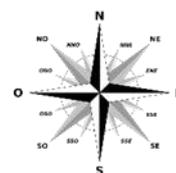


Subdomínio 13



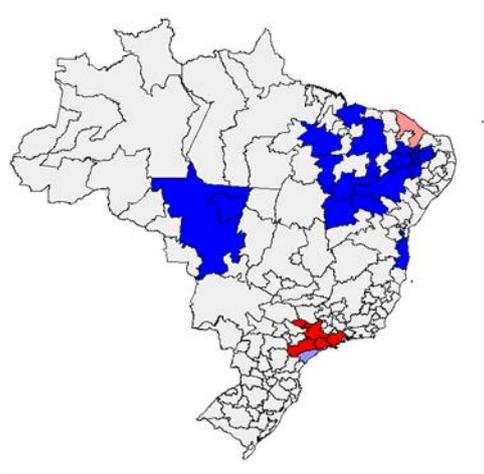
Subdomínio 14

Legenda





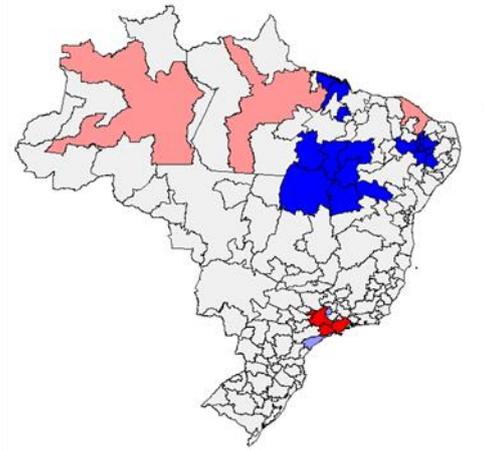
Subdomínio 15



Subdomínio 16



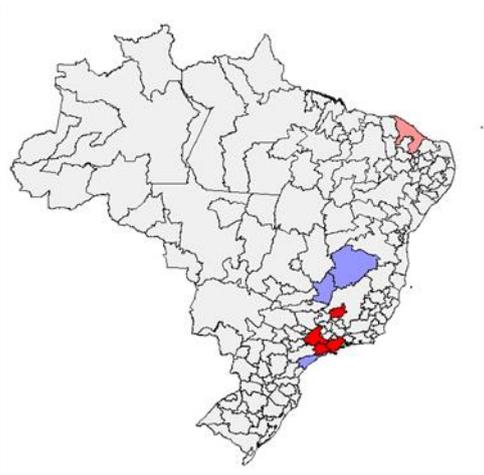
Subdomínio 17



Subdomínio 18

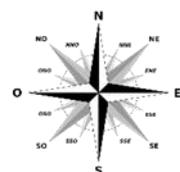


Subdomínio 19



Subdomínio 20

Legenda

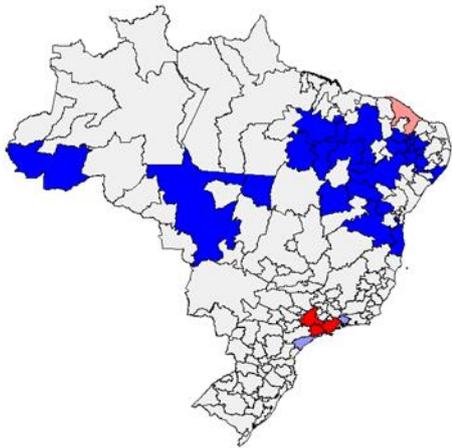




Subdomínio 21



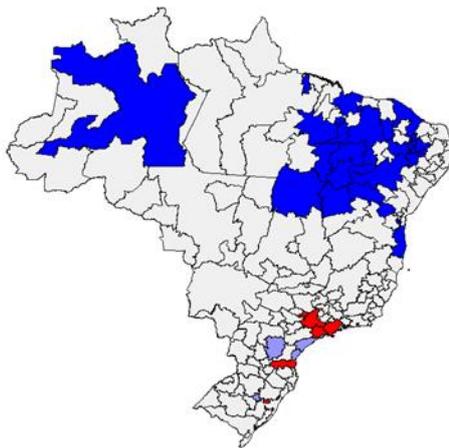
Subdomínio 22



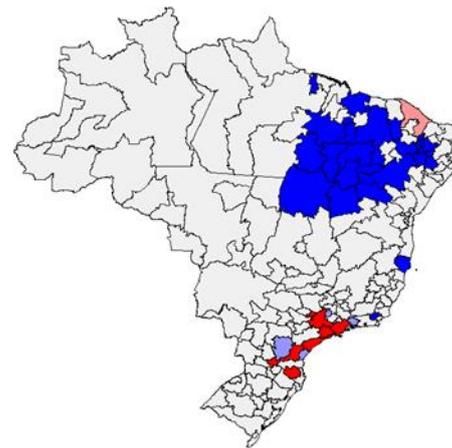
Subdomínio 23 e 24



Subdomínio 25

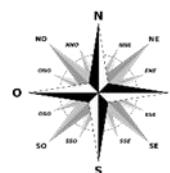


Subdomínio 26



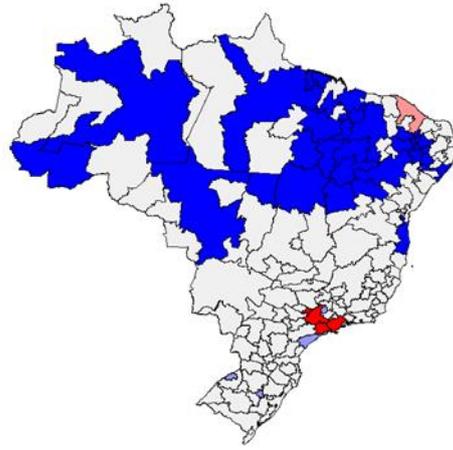
Subdomínio 27

Legenda

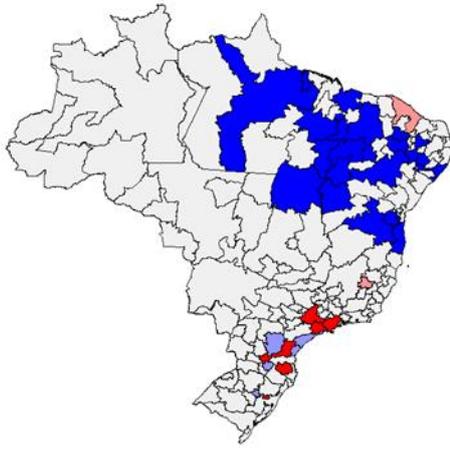




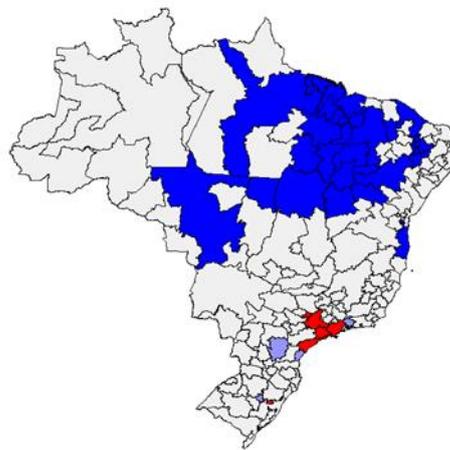
Subdomínio 28



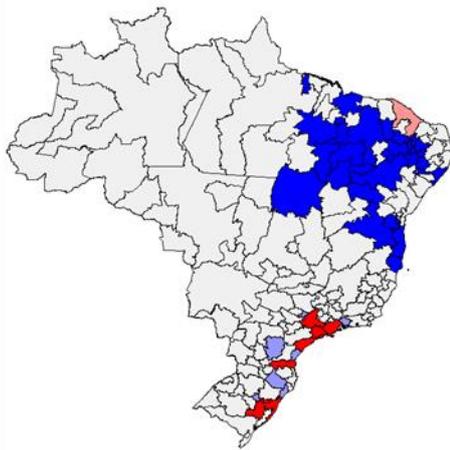
Subdomínio 29



Subdomínio 30



Subdomínio 31

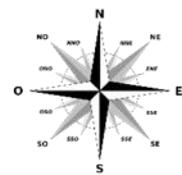


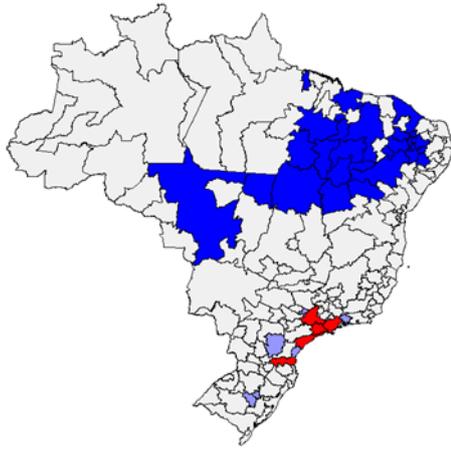
Subdomínio 32



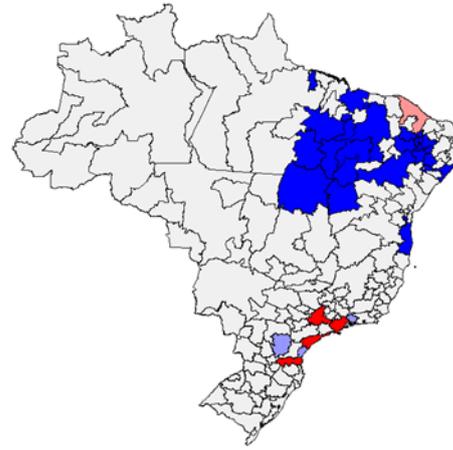
Subdomínio 33

Legenda



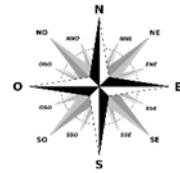


Subdomínio 34



Subdomínio 35

Legenda



APÊNDICE B.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
VARIÁVEIS	POLS	FGLS-A	FGLS-B	POLS	FGLS-A	FGLS-B	POLS	FGLS-A	FGLS-B	POLS	FGLS-A	FGLS-B	POLS	FGLS-A	FGLS-B	POLS	FGLS-A	FGLS-B
	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes
População	1,275*** (0,0263)	1,272*** (0,0442)	1,340*** (0,0151)															
Inventores				0,929*** (0,00215)	0,921*** (0,00304)	0,938*** (0,00143)												
Conexões							0,799*** (0,00986)	0,613*** (0,0125)	0,649*** (0,0112)									
P&D Privado										0,718*** (0,00915)	0,664*** (0,0144)	0,675*** (0,00995)						
P&D Universitário													0,484*** (0,0103)	0,361*** (0,0140)	0,450*** (0,0113)			
Densidade																		
Constante	-15,02*** (0,352)	-15,00*** (0,589)	-15,86*** (0,188)	-0,0169*** (0,00607)	-0,00202 (0,00873)	0,00002 (0,000175)	0,688*** (0,0244)	0,980*** (0,0340)	0,818*** (0,0306)	-2,143*** (0,0556)	-1,872*** (0,0883)	-1,864*** (0,0654)	0,969*** (0,0340)	1,218*** (0,0506)	0,918*** (0,0445)	0,925*** (0,0436)	1,316*** (0,0512)	1,302*** (0,0370)
Observações	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	1.003	986	986
R ²	0,548			0,990			0,773			0,761			0,535			0,781		
Número de Regiões		161	161		161	161		161	161		161	161		161	161		107	107

Nota: POLS é a estimação pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários Agrupados. FGLS-A é a estimação pelo método de Mínimos Quadrados Generalizados Factíveis com correlação do tipo AR(1) e homoscedasticidade nas cross-sections. FGLS-B é a estimação pelo método de Mínimos Quadrados Generalizados Factíveis com correlação do tipo AR(1) e heteroscedasticidade nas cross-sections. Desvios Padrão em parênteses e *** significa $p < 0,01$.

Fonte: Elaboração Própria