

***Relatedness* e espaço do conhecimento: um estudo para o Estado de Minas Gerais**

Patrine Soares Santos¹
Ulisses Pereira dos Santos²

Resumo

Autores como Balland *et al.* (2018) e Boschma *et al.* (2014), tem contribuído para a discussão sobre diversificação relacionada, analisando o espaço do conhecimento das regiões, através do grau de parentesco (*relatedness*) entre as diferentes tecnologias encontradas no portfólio regional. Eles acreditam que novos conhecimentos não surgem de maneira aleatória e não são produzidos de forma isolada, mas se ramificam a partir da combinação de conhecimentos já existentes nas regiões. Tal perspectiva redireciona a questão de entender onde a inovação está acontecendo, para descobrir que tipo de inovação surgirá em determinados lugares. Neste contexto, este estudo teve por objetivo mapear o espaço do conhecimento/tecnológico do Estado de Minas Gerais, por meio de dados de patentes de suas regiões intermediárias. De modo específico, buscou-se conhecer a dinâmica da produção de conhecimento dessas regiões, observar o parentesco e a relação entre as diferentes tecnologias e verificar quais campos tecnológicos estão mais próximos do portfólio regional. Para isso, a construção do espaço do conhecimento de Minas Gerais teve como base a metodologia aplicada por Hidalgo *et al.* (2007) sobre espaço do produto. De caráter exploratório e descritivo, este estudo nos permitiu identificar o parentesco e a relação entre as diferentes tecnologias registradas em patentes produzidas no Estado, bem como novos campos tecnológicos com grande potencial de serem explorados, devido sua proximidade com a base tecnológica estadual. Uma vez que estudos demonstram que regiões tendem a se expandir para setores que estão intimamente relacionados com suas atividades existentes, essa análise oferece alguns insumos para discussões sobre avanços tecnológicos nas regiões intermediárias mineiras.

Palavras-Chave: Espaço do Conhecimento; Inovação; Patentes.

Abstract

Authors such Balland *et al.* (2018) and Boschma *et al.* (2014) have contributed to the discussion about related diversification, analyzing the knowledge space of the regions, through the degree of relatedness between the different technologies found in the regional portfolio. They believe that new knowledge does not arise randomly and is not produced in isolation but branches out from the combination of knowledge that already exists in the regions. This perspective redirects the question of understanding where innovation is happening, to finding out what kind of innovation will emerge in certain places. In this context, this study aimed to map the knowledge/technological space of The Estate of Minas Gerais, through patent data from its intermediate regions. Specifically, it sought to know the dynamics of knowledge production in these regions, to observe the relatedness and relationship between the different technologies and to verify which technological fields are closer to the regional portfolio. For this, the construction of the knowledge space in Minas Gerais was based on the methodology applied by Hidalgo *et al.* (2007) on product space. Of an exploratory and descriptive nature, this study allowed us to identify the relatedness and relationship between the different technologies registered in patents produced in the state, as well as new technological fields with great

¹ Doutoranda em Economia, CEDEPLAR/UFMG. E-mail: patrineeco15@gmail.com.

² Docente CEDEPLAR/UFMG. E-mail: ulisses@cedeplar.ufmg.br.

potential to be explored, due to their proximity to the state technological base. Since studies show that regions tend to expand into sectors that are closely related to their existing activities, this analysis offers some inputs for discussions about technological advances in the intermediate regions of Minas Gerais.

Key-Words: The knowledge space; Innovation; Patents.

Área de Submissão: 11 - Empreendedorismo, redes, arranjos produtivos e inovação.

Classificação JEL: O30, R10.

1. Introdução

O conhecimento, o aprendizado e a inovação são elementos cruciais para ampliar a competitividade e promover o desenvolvimento regional. Porém, eles devem estar alinhados com as particularidades das regiões para que possam imprimir nelas dinâmicas socioeconômicas e produtivas transformadoras.

Conforme Serra *et al.* (2021), a diversidade e a especificidade regional mostram que há uma variedade de trajetórias possíveis e factíveis para o desenvolvimento das regiões. Não obstante, tanto a diversificação quanto a especialização (inteligente), tem sido os pilares das modernas políticas regionais de inovação ao redor do mundo. De acordo com Garcia (2021), a diversificação tem sido assunto emergente também no campo da geografia econômica e tem ganhado espaço, principalmente, por trazer o debate sobre variedade relacionada e sua relevância na evolução das estruturas produtivas locais.

Mais recentemente, um crescente corpo de trabalhos tem-se utilizado dos pressupostos da variedade relacionada para analisar as bases de conhecimento das regiões. Acredita-se que a dinâmica de produção do conhecimento e a mudança tecnológica fazem parte de um processo cumulativo, dependente de trajetória e interativo. Isso quer dizer que novos conhecimentos não surgem de maneira aleatória e não são produzidos de forma isolada, eles se ramificam a partir da combinação de conhecimentos já existentes nas regiões.

Neste sentido, autores como Balland *et al.* (2018), Balland (2016), Boschma *et al.* (2014), tratam sobre o conceito de parentesco e espaço do conhecimento. Tal abordagem se baseia na metodologia de Hidalgo *et al.* (2007) sobre espaço do produto, que usa o volume de produtos exportados como variável de análise. A ideia central, desenvolvida pelos autores, para capturar o parentesco (*relatedness*) é observar com que frequência dois produtos são co-exportados pelos países. De forma similar, uma rede de conhecimentos pode ser construída por uma perspectiva tecnológica, onde verifica-se a co-ocorrência de duas categorias de tecnologias, registradas em patentes, na mesma região (Balland, 2016).

Em uma escala espacial, a aplicação do conceito de espaço do conhecimento desloca a questão de tentar entender onde a inovação se desenvolve para descobrir que tipo de inovação pode surgir em determinados lugares, sendo uma promissora ferramenta para encontrar oportunidades tecnológicas e de inovação regional.

Apesar da discussão sobre espaço do conhecimento e políticas regionais de inovação, voltadas para a diversificação relacionada, estar majoritariamente centrada nos Estados Unidos e na Europa, ela fornece *insights* valiosos para regiões marcadas por grande heterogeneidade e particularidades locais. Sendo assim, este estudo tem por objetivo mapear o espaço do

conhecimento/tecnológico do Estado de Minas Gerais, por meio de dados de patentes de suas regiões intermediárias.

De modo específico, buscamos identificar a dinâmica do conhecimento dessas regiões, observar o parentesco e a relação entre as diferentes tecnologias e verificar quais campos tecnológicos estão mais próximos do portfólio regional. Uma vez que estudos demonstram que regiões tendem a se expandir para setores que estão intimamente relacionados com suas atividades existentes, essa análise oferece alguns insumos para discussões sobre avanços tecnológicos nas regiões intermediárias mineiras.

Além desta introdução, o artigo segue com a segunda seção trazendo uma revisão de literatura que desenvolve melhor a abordagem sobre parentesco (*relatedness*) e espaço do conhecimento. A terceira seção discorre sobre a base de dados utilizada, bem como a metodologia por trás da construção do espaço de conhecimento/tecnológico do Estado de Minas Gerais. Na quarta seção são apresentados os resultados sobre o grau de relacionamento entre as tecnologias encontradas nos registros de patentes inventadas no Estado e por fim, a quinta seção conclui e discute alguns pontos pertinentes sobre a diversificação relacionada e a abordagem do parentesco.

2. Abordagem Teórica

Consoante Vasconcellos *et al.* (2021), o conhecimento transborda de forma mais intensa quando as regiões são compostas por indústrias relacionadas que compartilham uma base de conhecimento similar. Quando se tem diferentes tipos de setores, porém relacionados, as chances de imitação, compartilhamento e recombinação de ideias são maiores, culminando, portanto, na junção dos conhecimentos que se transforma em novas tecnologias. Deste modo, a noção de variedade relacionada nos fornece um novo ângulo na literatura sobre externalidades de aglomeração que, até recentemente, estava focado nos efeitos econômicos das externalidades de Jacobs e Marshall nas cidades.

Espera-se que a variedade relacionada produza impactos positivos no desenvolvimento regional, dado que o conhecimento se difunde entre os setores complementares da economia. Portanto, a co-localização destes se constitui numa fonte valiosa para a difusão de conhecimentos e de inovações, o que possibilita a ampliação do crescimento econômico (SERRA *et al.* 2021).

Mais recentemente, um crescente corpo de trabalhos tem voltado o estudo da variedade relacionada (*relatedness*) para análise das bases de conhecimento das regiões e sua evolução ao longo do tempo, a exemplo de Boschma (2005), Breschi e Lissoni (2009), Balland (2012), entre outros. Estes autores estão interessados nas características do conhecimento que sustentam a inovação – principalmente no conceito de parentesco - e surgem com a ideia de espaço do conhecimento. Essa abordagem desloca a questão de tentar entender onde a inovação se desenvolve para tentar entender que tipo de inovação surgirá em lugares específicos (BALLAND, 2016).

Dado que estudos empíricos demonstram que os transbordamentos de conhecimento são frequentemente limitados geograficamente, é muito relevante investigar a importância do relacionamento (parentesco) tecnológico para os efeitos de transbordamento do conhecimento sobre o crescimento urbano e regional (BOSHCMA e FRENKEN, 2009).

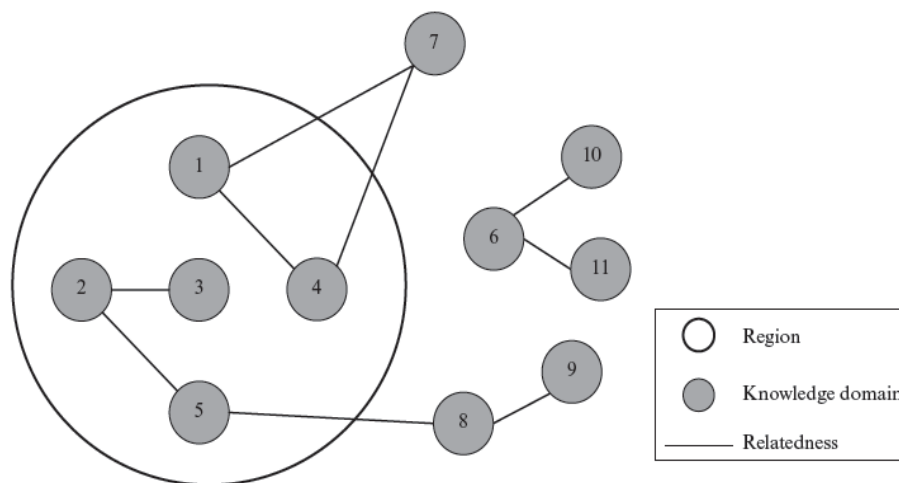
Conforme Frenken *et al.* (2007) e Boschma *et al.* (2014), os trabalhos sobre parentesco e variedade relacionada baseiam-se, principalmente, em uma abordagem evolutiva das atividades econômicas e da inovação, em que a dinâmica de produção do conhecimento e a mudança tecnológica fazem parte de um processo cumulativo, dependente de trajetória e interativo. Isso quer dizer que novos conhecimentos não surgem de maneira aleatória e não são

produzidos de forma isolada. A lógica por trás destes conceitos é que o novo conhecimento se dá pela recombinação de conhecimentos relacionados, existentes nas regiões.

Em virtude de as empresas serem heterogêneas em termos de capacidades e bases de conhecimento, a proximidade cognitiva entre aquelas que possuem similaridades é uma dimensão crucial para a transferência de habilidades entre parceiros. De acordo com Balland (2012), ela impulsiona a evolução das redes de conhecimento, sendo mais provável que se observe a recombinação de saberes relacionados do que não relacionados. Deste modo, conforme Boschma e Gianelle (2014), parentesco e variedade relacionada apresentam proposições interessantes para o transbordamento do conhecimento e, conseqüentemente, para as políticas regionais de inovação.

Segundo Boschma *et al.* (2014), a dinâmica dos principais canais de transferência de conhecimento implica que a recombinação deste ocorre de maneira mais frequente no contexto regional, reforçando que o novo conhecimento tende a seguir um desenvolvimento dependente do tempo e do lugar. Tal ideia é ilustrada pela figura 01, originalmente apresentada por Balland (2016).

Figura 01. Estrutura do conhecimento regional



Fonte: Balland (2016, p. 130).

Considere na figura 01, um universo composto por 11 áreas de conhecimento em que alguns se relacionam, como os domínios 2 e 3, e outros não, como 6 e 8. A região delimitada pelo círculo possui cinco esferas de conhecimento, 1 até 5. Pela perspectiva de parentesco, espera-se que o desenvolvimento dessa região seja enviesado para a diversificação do conhecimento em 7, posto que ele está relacionado aos domínios 1 e 4. Assim, supõe-se que muitas das habilidades e capacidades necessárias para produzir 7 já estão presentes na região. Diferente do que ocorre com 6, que não tem qualquer relação com a estrutura de conhecimento da região e, provavelmente, não deve entrar no arcabouço de produção num futuro recente (Balland, 2016).

O grande pressuposto é de que novas ideias, inovações ou tecnologias não podem surgir em qualquer lugar do mundo. Sendo assim, as regiões não podem facilmente dar grandes saltos em novos campos científicos ou tecnológicos sem que haja capacidades prévias e relacionadas. Nestas circunstâncias, é importante conhecer as estruturas regionais de conhecimento e seu grau de relação com as bases externas, para serem traçadas as oportunidades científicas e tecnológicas.

De modo empírico, a noção de parentesco foi estabelecida como forma de rede, que gera o espaço do conhecimento. Esta ideia segue a estrutura do espaço do produto, difundida por

Hidalgo *et al.* (2007), que é uma representação em rede da economia, onde os nós definem categorias de produtos e os laços entre eles indicam seu grau de parentesco. De acordo Boschma *et al.* (2014), o plano central, desenvolvido por Hidalgo e seus colegas, para capturar o parentesco, é observar com que frequência dois produtos são co-exportados pelo mesmo país. A hipótese é que, se dois produtos são co-exportados por muitos países, eles provavelmente utilizam as mesmas capacidades produtivas (Hidalgo *et al.*, 2007).

Utilizando esse mesmo *framework*, uma rede de conhecimento pode ser desenhada examinando a coprodução de domínios de conhecimento semelhantes, avaliando se regiões produtoras de um conhecimento X também produzem o conhecimento Y. Dessa maneira, o espaço do conhecimento pode ser construído por uma perspectiva tecnológica, através de uma representação em rede da relação entre todas as tecnologias encontradas em um determinado conjunto de dados de patentes (Rigby, 2015; Boschma *et al.*, 2014). Os campos tecnológicos são considerados relacionados se forem frequentemente coproduzidos nas mesmas regiões.

Embora as invenções patenteadas não capturem todas as formas de invenção e produção de saberes, Jaffe *et al.* (1993), reforça que elas contêm um grande conjunto de informações que tem sido amplamente utilizado para o estudo dos processos de criação e difusão do conhecimento. Para pesquisas sobre mudança tecnológica e dinâmica do conhecimento, as classes de tecnologia listadas nos documentos de patentes são a principal unidade de análise ao longo do tempo e no espaço, pois existem vários bancos de dados disponíveis para consulta. A partir da observação longitudinal da co-ocorrência de domínios de conhecimento em uma mesma região, torna-se possível construir o espaço do conhecimento e analisar sua dinâmica espacial (BALLAND, 2016).

A estrutura do espaço do conhecimento tem sido usada, principalmente, para analisar o desenvolvimento de novos conhecimentos científicos ou tecnológicos. Ao mapear a base de conhecimento das regiões, é possível visualizar as capacidades existentes e as fronteiras tecnológicas que estão próximas de entrar no portfólio regional. Essa ideia é operacionalizada pelo índice de densidade de Hidalgo *et al.* (2007) que, adaptado para esta análise, mede o quão próximo um novo domínio de conhecimento está do conjunto daqueles pré-existentes na região. Sendo assim, traçar o espaço de conhecimento das regiões permite conhecer seu campo tecnológico dominante e quais outros estão interligados e próximos de serem introduzidos nesta localidade.

Trata-se de um conteúdo informativo, importante para os decisores políticos, pois, identifica novas oportunidades de recombinação de conhecimentos, levando à inovação e ajudando na formulação de políticas tecnológicas regionais. Assim, é possível avaliar que tipo de desenvolvimento tecnológico está ao alcance (intimamente relacionado com o conhecimento pré-existente) e quais saltos são arriscados (longe das aptidões e competências da região).

Estudiosos têm fornecido relatos detalhados de como o parentesco molda o surgimento de novos conhecimentos e direciona a mudança tecnológica das regiões. Por exemplo, Kogler *et al.* (2013), estudam a relação entre as 438 classes tecnológicas encontradas em patentes americanas e descrevem a estrutura e a evolução das bases de conhecimento das áreas metropolitanas nos EUA. Como resultado, os autores concluem que o espaço do conhecimento ao nível do país é muito estável ao longo do tempo, inferindo que a relação entre classes tecnológicas possui um padrão duradouro.

Balland e Rigby (2016) traçaram cidades americanas no espaço do conhecimento e observaram que elas estão desigualmente distribuídas, com algumas localizadas no núcleo do espaço do conhecimento, enquanto outras têm uma localização mais periférica. Esta condição reforça as diferentes capacidades específicas de cada região e sua influência na diversificação tecnológica regional. Adotando uma abordagem de parentesco mais explícita, Cooke (2008), também demonstra que as regiões não são iguais em sua capacidade de desenvolver tecnologias.

Boschma *et al.* (2014), investigam por meio de dados de patentes se o parentesco é um fator crucial por trás da mudança tecnológica em 366 cidades dos EUA de 1981 a 2010. Utilizando um modelo de probabilidade linear de efeitos fixos de três vias (cidade, tecnologia e ano de efeitos fixos), os autores descobriram que a probabilidade de entrada de uma nova tecnologia em uma cidade aumenta em 30% se, o nível de relacionamento com as tecnologias existentes na cidade, aumenta em 10%.

Todos estes estudos, além dos artigos de Glaeser (2005), Rigby e Van Der Wouden (2012), Kogler *et al.* (2016), Heimeriks e Balland (2016), entre outros, fornecem uma análise sistemática de como o parentesco está moldando a geografia econômica e documentam as fortes trajetórias dependentes da renovação tecnológica nas cidades (tanto para mecanismos de entrada quanto de saída).

Embora a discussão sobre espaço do conhecimento e políticas regionais de inovação, voltadas para a diversificação relacionada, esteja majoritariamente centrada na Europa, ela fornece *insights* valiosos para o Brasil, dadas suas especificidades de um país em desenvolvimento e com profundas disparidades regionais. Mais do que isso, essas particularidades locais são encontradas não apenas entre as diferentes regiões do país, como também dentro delas e até mesmo dentro dos estados, como é o caso de Minas Gerais.

Portanto, considerando o questionamento sobre a aplicabilidade do espaço do conhecimento em diferentes tipos de regiões, principalmente, em locais heterogêneos, é intuito deste estudo trazer essa análise para a realidade do Estado de Minas Gerais e verificar quais são os domínios de conhecimento presentes em suas regiões intermediárias, quais campos tecnológicos estão relacionados e quais inovações tecnológicas estão próximas de entrar na base de conhecimento regional, contribuindo, assim, em uma nova perspectiva no seu processo de desenvolvimento.

3. Aspectos Metodológicos

3.1 Construindo a Base de Dados

Conforme Boschma *et al.* (2014), Jaffe e Trajtenberg (2002), as patentes e suas estatísticas possuem um grande leque de informações que ajudam na investigação dos processos de criação e difusão do conhecimento. Apesar das invenções patenteadas não representarem todas as formas de produção do conhecimento, elas fornecem uma excelente aproximação da produção tecnológica, sendo um elemento muito valioso no estudo sobre bases de conhecimento regionais e mudanças tecnológicas ao longo do tempo.

Existem vários bancos de dados de patentes que estão disponíveis publicamente para fins de pesquisa. No contexto brasileiro, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) fornece a base de dados sobre propriedade intelectual para fins estatísticos – BADEPI, que reúne as informações bibliográficas sobre patentes depositadas no INPI no período de 1997 a 2021. Os dados de patentes do INPI vêm sendo empregados em estudos acerca da dinâmica regional da inovação há duas décadas, permitindo a avaliação da distribuição espacial da atividade de inovação, seus transbordamentos e contribuição para o desenvolvimento regional (Albuquerque *et al.*, 2002; Gonçalves e Almeida, 2009; Santos, 2017; Santos e Mendes, 2023).

Além de informações sobre localização do inventor, que auxilia nas análises regionais, a BADEPI segue a Classificação Internacional de Patentes (IPC) que é adotada por mais de 100 países e classifica os campos tecnológicos, conforme quadro abaixo (quadro 01).

Quadro 1. Campos tecnológicos registrados nas patentes

Setor	Campo	Área
-------	-------	------

Engenharia Elétrica e Eletrônica	1	Aparatos Eletrônicos, Engenharia Eletrônica e Energia Elétrica
	2	Tecnologia Audiovisual
	3	Telecomunicações
	4	Comunicação Digital
	5	Processos Básicos de Comunicação
	6	Informática
	7	Métodos de Tecnologia da Informação para Gestão
	8	Semicondutores
Instrumentos	9	Ótica
	10	Medidas
	11	Análise de Materiais Biológicos
	12	Controle
	13	Tecnologia Médica
Química	14	Química Orgânica Fina
	15	Biotecnologia
	16	Produtos Farmacêuticos
	17	Química Macromolecular, Polímeros
	18	Química de Alimentos
	19	Química de Materiais Básicos
	20	Materiais, Metalurgia
	21	Tecnologia de Superfícies, Revestimentos
	22	Tecnologia de Microestruturas, Nanotecnologia
	23	Engenharia Química
	24	Tecnologias de Meio Ambiente
Engenharia Mecânica	25	Manejo
	26	Máquinas Ferramentas
	27	Motores, Bombas, Turbinas
	28	Máquinas Têxteis e de Papel
	29	Outras Máquinas Especiais
	30	Processos Térmicos e Aparatos
	31	Elementos Mecânicos
	32	Transporte
Outros Setores	33	Móveis, Jogos
	34	Outros Bens de Consumo
	35	Engenharia Civil

Fonte: INPI/AECON (2022).

Uma vez que o foco do estudo está em traçar o espaço do conhecimento do Estado de Minas Gerais, através do recorte geográfico de suas regiões intermediárias, nosso interesse está em patentes produzidas por inventores localizados nessas regiões. Consideramos o ano do pedido e não o ano de concessão da patente, pois, pode haver um longo intervalo de tempo entre eles. Assim, selecionamos as patentes que foram inventadas entre o período de 2017-2021, um recorte de 05 anos consoante os dados mais recentes fornecidos pela BADEPI. Além disso, dado que algumas patentes são classificadas com mais de um código tecnológico, foi considerado apenas o primeiro que aparece em cada uma.

Devido o banco de patentes da BADEPI ter passado por algumas mudanças desde a sua implementação, muitos dados encontram-se com informações faltantes. Por exemplo, entre 2017 e 2021, cerca de 65.000 pedidos de patentes por residentes brasileiros não tinham especificado a cidade/estado do inventor, o que deixou muitos dados de Minas Gerais de fora da análise aqui realizada. Ademais, foram perdidas mais de 1.800 patentes de inventores mineiros que não possuíam a classificação tecnológica indicada em seu registro. Nestas condições, o número de patentes aptas para análise foi de 4.101 unidades.

3.2 Construindo o Espaço do Conhecimento

Para medir a relação entre as tecnologias e desenhar o espaço do conhecimento do Estado de Minas Gerais, utilizamos como molde a estrutura do espaço do produto proposta por Hidalgo *et al.* (2007) e seguida por Kogler *et al.* (2013), Boschma *et al.* (2014).

O espaço do produto é uma representação em rede da economia, onde os nós definem categorias de produtos e os laços entre eles indicam seu grau de parentesco. A ideia principal desenvolvida por Hidalgo e seus colegas para captar o parentesco é observar a frequência com que dois produtos são exportados pelos países.

De forma análoga, construímos o espaço do conhecimento por meio do parentesco entre todas as tecnologias que podem ser encontradas no portfólio de patentes das regiões intermediárias do Estado de Minas Gerais, entre 2017 e 2021. Para calcular o grau de parentesco entre os 35 campos tecnológicos e desenhar a rede resultante, nos concentramos na ocorrência de dois pares de tecnologia nas regiões do Estado.

O parentesco $\Phi_{i,j}$ entre cada par de tecnologia i e j é calculado tomando o mínimo das probabilidades condicionais pareadas das regiões intermediárias que patentearam tanto em uma classe tecnológica i quanto em outra classe tecnológica j , no mesmo período. Aqui, consideramos apenas os campos tecnológicos primários listados nos documentos de patente em que as regiões intermediárias têm uma vantagem tecnológica revelada (RTA), conforme proposto por Hidalgo *et al.* (2007)³:

$$\Phi_{i,j} = \min \{P(RTA_{x_i,t} | RTA_{x_j,t}), P(RTA_{x_j,t} | RTA_{x_i,t})\}$$

Uma região intermediária (c) tem um RTA em tecnologia i no tempo t se, a participação da tecnologia i no portfólio tecnológico da região for maior do que a participação da tecnologia i em todo o portfólio de patentes do Estado. Definimos $RTA_{c,t}(i) = 1$ se:

$$(\text{patentes}_{c,t}(i) / \sum_i \text{patentes}_{c,t}(i)) / (\sum_c \text{patentes}_{c,t}(i) / \sum_c \sum_i \text{patentes}_{c,t}(i)) > 1$$

Onde: no numerador temos a participação das patentes locais com a tecnologia i entre todas as patentes da região intermediária (c) no período t . No denominador temos a participação das patentes regionais com tecnologia i em relação a todas as patentes do Estado.

Para analisar como o parentesco influencia a mudança tecnológica dentro das regiões, precisamos de uma variável que indique o quão próxima uma nova tecnologia está do portfólio tecnológico existente. Essa ideia é operacionalizada e adaptada para essa abordagem, pelo índice de densidade de Hidalgo *et al.*, (2007), dado por:

$$RD_{i,c,t} = (\sum_{j \in c, j \neq i} \Phi_{i,j} / \sum_{j \neq i} \Phi_{ij}) \times 100$$

Em que: no numerador temos o grau de parentesco (relatedness) da tecnologia i com as tecnologias para as quais a região intermediária (c) apresenta vantagem tecnológica revelada (RTA) no período. No denominador temos o grau de parentesco (relatedness) da tecnologia i com todas as tecnologias desenvolvidas no Estado.

Por construção, essa variável de densidade de parentesco situa-se entre 0 e 100%. Uma densidade igual a 0 indica que a tecnologia i não está relacionada com nenhuma tecnologia do portfólio da região c , no período. Por outro lado, um valor de 100% indica que a tecnologia i está relacionada com todas as outras que pertencem ao portfólio tecnológico da região c . Por

³ Nos trabalhos de Hidalgo *et al.* (2007), utiliza-se o índice de RCA (Vantagem Comparativa Relacionada). Dado que para nossa análise muda a variável para Tecnologia, adaptamos o índice para RTA (Vantagem Tecnológica Revelada).

fim, para cálculo dos indicadores foi utilizado o pacote EconGeo para o *software* R, disponibilizado por Balland (2017).

4. Dinâmica do conhecimento (tecnológico) de Minas Gerais

Conforme a nova divisão regional do Brasil, implementada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017, consta no Estado de Minas Gerais o montante de 13 Regiões Intermediárias, sendo elas: Belo Horizonte, Barbacena, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora, Montes Claros, Patos de Minas, Pouso Alegre, Teófilo Otoni, Uberaba, Uberlândia e Varginha⁴.

Minas Gerais é marcado por profunda heterogeneidade, em vários aspectos, que ocorre entre as regiões que o compõem, principalmente, quando consideramos a divisão Norte-Sul do Estado. Suas regiões intermediárias possuem diferentes características socioeconômicas, bem como particularidades produtivas que influenciam diretamente no peso que cada uma tem na participação do PIB, emprego, renda, IDH, entre outros indicadores, perante o Estado.

A título de exemplo, segundo a Fundação João Pinheiro, as regiões intermediárias de Belo Horizonte, Uberlândia, Uberaba, Pouso Alegre e Varginha concentraram cerca de 75% do PIB mineiro, em 2019. Por outro lado, quando observamos as três regiões com menor participação no PIB estadual (2019), temos que Teófilo Otoni (2,0%), Patos de Minas (3,0%), e Montes Claros (4,0%), em conjunto, abrangeram apenas 9% do seu total.

Além disso, de acordo com o Índice Mineiro de Responsabilidade Social, fornecido pela Fundação João Pinheiro (ano 2016), que abarca indicadores relacionados a saúde, saneamento básico e meio ambiente, educação, vulnerabilidade e segurança pública, somente as regiões de Montes Claros e Teófilo Otoni são responsáveis por cerca de 60% da população estadual vivendo em um município carente (vulnerável socialmente). Ademais, um estudo realizado em 2020 pelo Ministério da Educação e pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social de Minas Gerais revela que estas regiões supracitadas representam apenas 7,0% do emprego formal de todo Estado.

Consequentemente, tamanha heterogeneidade também se reflete na produção tecnológica e do conhecimento de cada região. Pela tabela 01, observamos o ranking das regiões intermediárias de Minas Gerais na produção de patentes, entre 2017-2021.

Tabela 01. Número de patentes por região intermediária de Minas Gerais, 2017-2021

Região Intermediária	Número de Patentes
Belo Horizonte	2087
Juiz de Fora	365
Pouso Alegre	301
Uberlândia	295
Varginha	247
Divinópolis	212
Barbacena	149
Uberaba	144
Ipatinga	99
Patos de Minas	56
Montes Claros	52
Governador Valadares	50
Teófilo Otoni	44

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da BADEPI (2017-2021).

⁴ Ver Figura 03, anexo.

Belo Horizonte aparece no topo, sendo responsável pela produção de 50% das patentes no período. Além de estarem localizadas nesta região a Universidade Federal de Minas Gerais a Universidade Federal de Ouro Preto, o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFETMG) e instituições de pesquisa, como a Embrapa e o Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), a cidade de Belo Horizonte conta com um parque tecnológico (BH-TEC) que abriga empresas que se dedicam a investigar e produzir novas tecnologias, além de empresas com atividades ativas de P&D. Tal estrutura institucional, que articula os interesses público-privado, contribui para que esta região domine a produção tecnológica e do conhecimento do Estado.

Em seguida, temos as regiões de Juiz de Fora e Pouso Alegre com uma participação de 9% e 7%, respectivamente, na produção de patentes entre 2017 e 2021. Na região intermediária de Juiz de Fora temos as Universidades Federais de Juiz de Fora e de Viçosa (instituições com maior número de alunos entre as federais de Minas Gerais, atrás apenas da UFMG), que são os principais centros de pesquisa na região. Já em Pouso Alegre está o Parque Tecnológico de Santa Rita de Sapucaí (Vale da Eletrônica) que contém mais de 150 empresas de base tecnológica e vem se tornando berço de constantes inovações e desenvolvimento de indústrias em Minas Gerais. Ademais, também está inserida nesta região, a Universidade Federal de Itajubá que comporta o Parque Científico-Tecnológico da cidade que leva seu nome.

Minas Gerais tem um grande contingente de Instituições de Ensino Superior (IES), sendo 11 Universidades Federais, 2 Universidades Estaduais, 1 Instituto Federal com campus em todas as regiões do Estado, 1 Centro Federal de Educação Tecnológica, além das entidades privadas. Deste modo, considerando que em muitas regiões intermediárias não ocorre a presença de outros tipos de centros de pesquisa consolidados, as IES constituem-se o principal núcleo de pesquisa e desenvolvimento de produção de patentes.

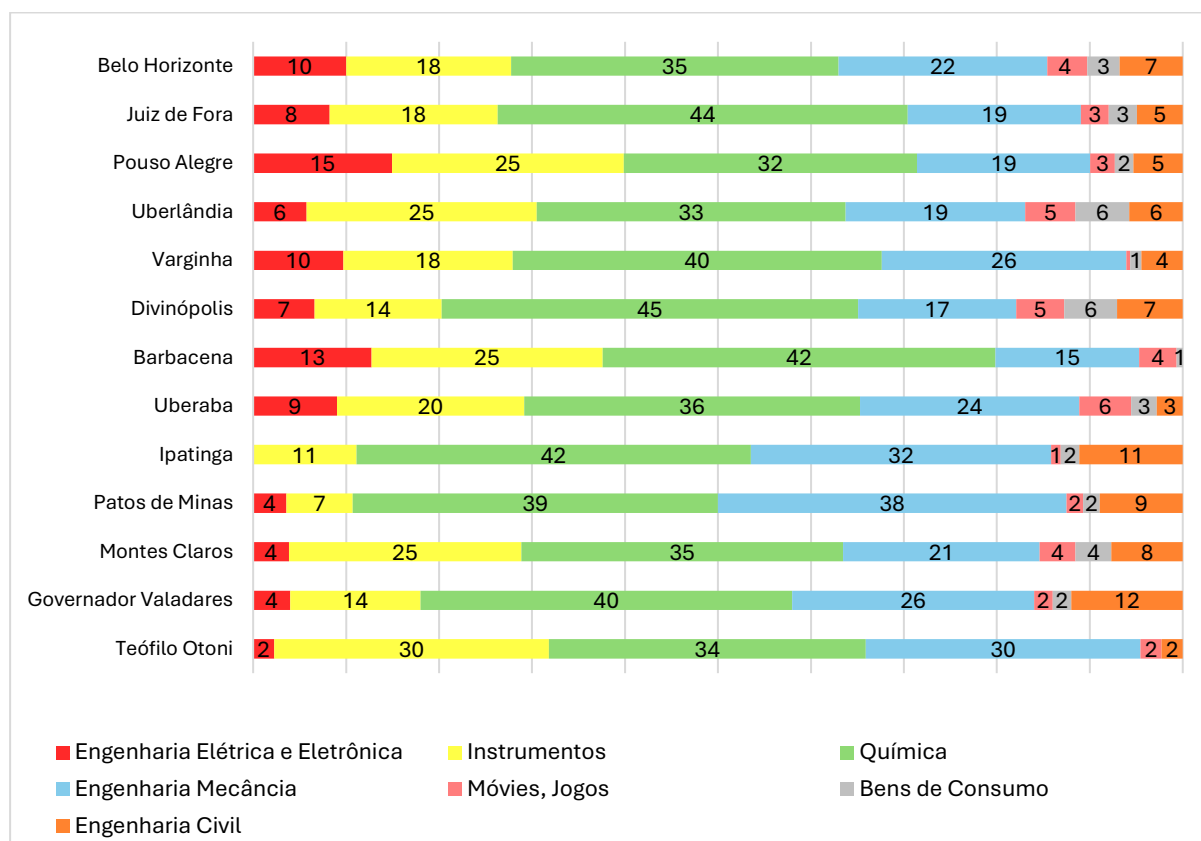
Apesar disso, e ressaltando a questão da heterogeneidade no Estado apontada no início da análise, quando observamos as regiões com menor produção de patentes (Montes Claros, Governador Valadares e Teófilo Otoni), juntas elas não produziram nem a metade da quantidade de patentes da segunda colocada no ranking. Como falado acima, Montes Claros e Teófilo Otoni não abrangem nem 10% da mão de obra formal do Estado e integram 60% dos municípios vulneráveis mineiros. A difusão e produção do conhecimento nestas regiões, com tamanha discrepância socioeconômica, produtiva e estrutural é dificultada pela falta de setores mais tecnológicos que contenham um mínimo de P&D interno, bem como pela falta de articulação local que ocasiona baixa interação entre as instituições responsáveis pela produção e difusão do conhecimento

Sendo assim, em regiões onde há tamanha diversidade interna, como acontece no Estado de Minas Gerais, para visualizarmos possíveis estratégias de desenvolvimento e inovação, nos interessa observar para além do lugar que a produção tecnológica está acontecendo. Torna-se importante conhecer que tipo de conhecimento está sendo criado e difundido. Deste modo, considerando os grandes setores tecnológicos do quadro 1, utilizados pelo IPC – Engenharia Elétrica e Eletrônica, Instrumentos, Química, Engenharia Mecânica, Móveis e Jogos, Bens de Consumo e Engenharia Civil – organizamos no gráfico 1 a proporção do número de patentes em cada região intermediária, por área tecnológica.

O setor de Química apresenta-se como a principal área em que foram produzidas patentes no território mineiro. Tal campo do conhecimento contempla áreas que são associadas às vocações tecnológicas e industriais históricas da econômica mineira: a metalurgia e os materiais. Ademais, essa área contempla outros segmentos intensivos em conhecimento e com participação na economia mineira, como é o caso dos produtos farmacêuticos e bioquímica. Quanto aos outros grandes setores do conhecimento, observa-se que em Uberlândia, Barbacena e Montes Claros, o setor de Instrumentos fica à frente do setor de Engenharia Mecânica. Com relação ao setor de Engenharia Eletrônica, já era esperado que Pouso Alegre fosse a região

intermediária com maior produção de patentes nesta área, visto que possui o Parque Tecnológico de Santa Rita de Sapucaí, considerado o Vale da Eletrônica de Minas Gerais. Chama atenção, porém, que esta não seja a principal área de produção de conhecimento tecnológico desta região, no período estudado. Este resultado pode estar ligado ao fato da atividade tecnológica de um determinado setor se conectar a múltiplas formas de conhecimento. O vale do Rio Doce, representado pelas regiões intermediárias de Governador Valadares e Ipatinga se destacam entre as regiões na produção de patentes no campo da Engenharia Civil.

Gráfico 01. Proporção do número de patentes por área tecnológica nas regiões intermediárias de Minas Gerais, 2017-2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da BADEPI (2017-2021).

De modo mais específico, o quadro 02 traz os campos tecnológicos em que as regiões intermediárias de Minas Gerais possuem maior número de patentes, dando uma visão geral dos ramos em que se está produzindo conhecimento tecnológico no território do Estado.

Quadro 2. Campos tecnológicos com maiores números de patentes entre as regiões intermediárias de Minas Gerais (2017-2021)

Região Intermediária	Campos Tecnológicos
Belo Horizonte	Instrumentos de Medidas; Tecnologia Médica; Tecnologias para Veículos em Geral (Transporte); Engenharia Civil
Juiz de Fora	Tecnologia Médica; Biotecnologia; Produtos Farmacêuticos; Química de Materiais Básicos; Outras Máquinas Especiais

Pouso Alegre	Instrumentos de Medidas; Tecnologia Médica; Produtos Farmacêuticos; Materiais e Metalurgia
Uberlândia	Tecnologia Médica; Instrumentos de Medidas; Produtos Farmacêuticos; Outras Máquinas Especiais
Varginha	Tecnologia Médica; Química de Alimentos; Química de Materiais Básicos; Outras Máquinas Especiais
Divinópolis	Tecnologia Médica; Biotecnologia; Produtos Farmacêuticos; Engenharia Civil
Barbacena	Tecnologia Médica; Instrumentos de Medidas; Produtos Farmacêuticos
Uberaba	Tecnologia Médica; Química de Materiais Básicos; Outras Máquinas Especiais
Ipatinga	Química Orgânica Fina; Materiais e Metalurgia; Máquinas Ferramentas; Tecnologias para Veículos em Geral (Transporte); Engenharia Civil
Patos de Minas	Biotecnologia; Química de Materiais Básicos; Engenharia Química; Outras Máquinas Especiais
Montes Claros	Instrumentos de Medidas; Tecnologia Médica; Biotecnologia; Elementos Mecânicos
Governador Valadares	Tecnologia Médica; Produtos Farmacêuticos; Materiais, Metalurgia; Tecnologias para Veículos em Geral (Transporte); Engenharia Civil
Teófilo Otoni	Tecnologia Médica; Produtos Farmacêuticos; Outras Máquinas Especiais

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da BADEPI (2017-2021).

Posto que a dinâmica de produção do conhecimento e a mudança tecnológica fazem parte de um processo cumulativo, dependente de trajetória e interativo, buscamos conhecer o espaço de conhecimento de Minas Gerais e o grau de parentesco entre as tecnologias existentes no Estado.

4.1 Espaço do Conhecimento de Minas Gerais

Para construirmos o espaço do conhecimento de Minas Gerais, foram considerados, dentre os 35 campos tecnológicos já abordados acima, os que apresentaram vantagem tecnológica revelada (RTA) acima de 1.

Com o intuito de calcular o grau de parentesco entre todas essas tecnologias e desenhar a rede resultante, nos concentramos na frequência com que dois pares tecnológicos são encontrados dentro das regiões intermediárias de Minas Gerais. Tendo como base os trabalhos de Boschma *et al.* (2014) e Kogler *et al.* (2013), utilizamos a função *relatedness (prob)* sobre a matriz de co ocorrência dos campos tecnológicos das patentes de Minas Gerais, para encontrar a probabilidade de dois pares de tecnologia ocorrerem simultaneamente numa mesma região, o resultado encontra-se na figura 02.

Cada nó representa um par de tecnologias, de modo que a aresta (fio que liga os nós) representa a probabilidade de eles ocorrerem simultaneamente na mesma região. Destacamos os nós com maior conexão.

Figura 02. Espaço do conhecimento de Minas Gerais, com base nos dados de patentes das regiões intermediárias, entre 2017-2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da BADEPI (2017-2021)

Legenda: campos tecnológicos (nós) das grandes áreas – Vermelho: Engenharia Elétrica e Eletrônica; Amarelo: Instrumentos; Verde: Química; Azul: Engenharia Mecânica; Rosa: Móveis e Jogos; Cinza: Outros Bens de Consumo; Laranja: Engenharia Civil.

Observamos uma certa aglomeração no meio da rede que mostra uma maior relação entre os campos tecnológicos da Química e da Engenharia Mecânica. Conforme os dados dispostos, as tecnologias que mais ocorreram de forma simultânea nas regiões intermediárias do Estado são dos campos do Setor Química: Produtos Farmacêuticos; Química de Alimentos; Química de Materiais Básicos e Engenharia Química e; do Setor Engenharia Mecânica: Manejo; Máquinas e Ferramentas; Motores, Bombas, Turbinas e Outras Máquinas Especiais. E ainda, tecnologias voltadas para outros bens de consumo.

Todos os campos tecnológicos da Química, exceto o de ótica, também apareceram no espaço de conhecimento, mostrando sua forte relação com as outras tecnologias, ainda que com um grau de parentesco um pouco menor. O mesmo vale para o registro de patentes em Aparatos Eletrônicos, Engenharia Eletrônica e Energia Elétrica; Informática; Métodos de Tecnologia da Informação para Gestão; tecnologias na área da Engenharia Civil e de Móveis e Jogos.

Com base nos estudos empíricos temos visto que as regiões se diversificam em novas tecnologias com base em conhecimentos relacionados e pré-existentes. Espera-se que, a medida em que a variedade de tecnologias presentes em uma região está relacionada, afete o escopo de transbordamento do conhecimento. Além disso, no contexto de mudanças estruturais na economia regional a longo prazo, a relação tecnológica pode estar na raiz de novas indústrias.

Dessa forma, a partir do grau de parentesco (relatedness) conseguimos obter o índice de densidade, proposto por Hidalgo *et al.* (2007), e adaptado para esta abordagem, que demonstra o quão próximo uma nova tecnologia (potencial) está do portfólio tecnológico existente de uma determinada região.

A tabela 02 apresenta o índice de densidade de cada campo tecnológico, em cada região intermediária de Minas Gerais. Com ela, conseguimos observar quais campos são ramificações potenciais, com base na produção de conhecimento pré-existente.

Tabela 02. Índice de Densidade dos campos tecnológicos por região intermediária de Minas Gerais (%)

Campo Tecnológico ⁵	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
1	64	38	27	24	25	40	53	37	54	56	35	36	31
2	58	39	25	27	28	43	45	34	57	45	38	31	42
3	41	35	24	22	21	66	44	56	75	40	34	27	49
4	35	31	23	17	22	70	45	62	81	41	33	28	44
5	39	34	26	22	24	63	46	51	75	45	43	30	44
6	59	46	28	19	28	44	51	41	49	55	36	43	35
7	64	44	29	23	30	40	51	36	48	56	36	43	33
8	38	34	22	19	22	66	42	57	75	39	34	28	48
9	42	34	25	18	21	60	46	54	70	50	35	33	38
10	48	42	28	22	26	53	47	46	61	46	38	36	38
11	57	46	29	20	28	46	51	41	50	52	38	41	37
12	62	40	33	24	32	41	51	36	52	52	35	42	33
13	53	40	30	23	26	45	52	42	55	54	41	38	35
14	49	41	26	22	27	55	45	48	62	43	35	36	41
15	55	46	31	22	28	45	50	41	50	55	43	46	38
16	62	43	25	24	28	44	49	39	57	47	37	35	42
17	63	42	31	23	27	42	57	42	52	54	35	42	33
18	49	41	26	19	27	53	44	47	58	49	36	39	41
19	51	41	30	21	28	47	49	43	55	52	40	39	36
20	63	40	29	28	37	38	44	31	56	46	32	39	34
21	56	40	31	26	23	44	53	39	59	56	45	33	35
22	68	45	30	26	23	35	57	32	45	62	43	41	31
23	75	49	33	22	33	32	51	28	39	65	35	52	30
24	64	43	28	22	22	40	56	41	49	59	35	39	31
25	76	57	33	26	44	35	46	27	39	54	32	54	35
26	62	51	39	25	34	40	50	32	46	61	42	53	32
27	55	37	23	22	25	48	44	41	59	47	34	35	40
28	56	38	25	24	33	48	41	38	62	41	29	35	37
29	48	43	30	19	25	50	48	44	55	53	40	42	39
30	52	41	31	22	30	51	44	43	59	46	36	40	39
31	69	50	33	25	39	34	48	29	40	57	35	54	31
32	73	50	29	28	38	32	48	27	43	55	36	47	33
33	65	47	27	26	26	38	52	35	45	56	42	42	37
34	66	50	25	28	32	40	49	32	45	51	42	43	44
35	70	52	31	26	39	37	43	28	44	49	34	46	39

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da BADEPI (2017-2021)

Legenda: R1 - Belo Horizonte; R2 - Montes Claros; R3 - Teófilo Otoni; R4 - Governador Valadares; R5 - Ipatinga; R6 - Juiz de Fora; R7 - Barbacena; R8 - Varginha; R9 - Pouso Alegre; R11 - Uberlândia; R12 - Patos de Minas; R13 - Divinópolis.

Naturalmente, as regiões que mais produzem patentes no Estado possuem os maiores índices de densidade por tecnologia, dado que elas abrangem um maior número de campos tecnológicos. Belo Horizonte apresenta quatro campos que estão relacionados com mais de 70%

⁵ Ver quadro 01.

das outras tecnologias presentes na região, são eles: i) Engenharia Química (Química); ii) Manejo, especificamente voltado para o transporte, embalagem, armazenamento e manipulação de material delgado ou filamentar; iii) Transporte: invenções para veículos em geral – estes dois últimos são campos da Engenharia Mecânica – e ainda, tecnologias voltadas para a Engenharia Civil.

Nas regiões de Juiz de Fora e Pouso Alegre, vemos grande possibilidade de desenvolvimento e produção de patentes na área da Engenharia Elétrica e Eletrônica, nos campos da Tecnologia Audiovisual, Telecomunicações e Comunicação Digital, dado que estes se mostraram relacionados com mais de 70% da base tecnológica existente na região.

Em Barbacena, dois campos tecnológicos na área da Química possuem alguma relação com 57% das tecnologias presentes na região, sendo, portanto, possibilidades de novos conhecimentos para sua base tecnológica: Preparação ou processamento de compostos macromoleculares orgânicos e; Tecnologia de microestruturas e nanotecnologia. Já na parte Norte e Noroeste do Estado (Montes Claros e Patos de Minas), a densidade em torno da classe tecnológica “Manejo” (classe 25 da Engenharia Mecânica) foi igual a 57% e 54%, respectivamente, durante o período de 2017-2021.

De um modo geral, esses campos tecnológicos seriam considerados promissores para pesquisa e produção de patentes, uma vez que seu desenvolvimento pode ser impulsionado pelos transbordamentos de conhecimento advindos dos setores relacionados, existentes no espaço tecnológico do Estado de Minas Gerais.

5. Considerações Finais

A diversificação tem sido assunto emergente no campo da geografia econômica e tem ganhado espaço, principalmente, por trazer o debate sobre variedade relacionada e sua relevância na evolução das estruturas produtivas locais. Estudos demonstram que as regiões tendem a se expandir para setores que estão intimamente relacionados com suas atividades existentes.

Utilizando dessa abordagem, autores como Balland *et al.* (2018) e Boschma *et al.* (2014), tem contribuído para a discussão sobre variedade relacionada, analisando a base de conhecimento das regiões, através do grau de parentesco (relatedness) entre as diferentes tecnologias encontradas no espaço regional. Eles acreditam que a dinâmica de produção do conhecimento e a mudança tecnológica fazem parte de um processo cumulativo, dependente de trajetória e interativo. Ou seja, novos conhecimentos não surgem de maneira aleatória e não são produzidos de forma isolada, eles se ramificam a partir da combinação de conhecimentos já existentes nas regiões.

Essa perspectiva ajuda a colocar a inovação e as mudanças tecnológicas em um novo patamar dentro da discussão sobre desenvolvimento regional, pois ela redireciona a questão de onde a inovação está acontecendo, para descobrir que tipo de inovação surgirá em determinados lugares. Essa interpretação é de extrema relevância quando reconhecemos a incapacidade das políticas regionais (de inovação) do tipo “*one-size-fits-all*” em responder aos desafios de regiões com características muito distintas. A exemplo do Estado de Minas Gerais, dividido em regiões marcadas por grande heterogeneidade produtiva, tecnológica e empresarial.

Neste contexto, este estudo teve por objetivo mapear o espaço do conhecimento/tecnológico do Estado de Minas Gerais, por meio de dados de patentes de suas regiões intermediárias. De modo específico, buscou-se conhecer a dinâmica da produção de conhecimento dessas regiões, observar o parentesco e a relação entre as diferentes tecnologias e verificar quais campos tecnológicos estão mais próximos do portfólio regional.

Foi possível construir o espaço do conhecimento/tecnológico de Minas Gerais, conforme os trabalhos de Boschma *et al.* (2014) e Kogler *et al.* (2013). Observamos maior parentesco entre os campos tecnológicos da Química e da Engenharia Mecânica. As tecnologias que mais ocorreram de forma simultânea nas regiões intermediárias do Estado foram: Produtos Farmacêuticos; Química de Alimentos; Química de Materiais Básicos e Engenharia Química; Manejo; Máquinas e Ferramentas; Motores, Bombas, Turbinas e; Outras Máquinas Especiais - Engenharia Mecânica-. Também, todos os campos tecnológicos da Química, exceto o de ótica, apareceram no espaço de conhecimento, mostrando sua forte relação com as outras tecnologias, ainda que com um grau de parentesco um pouco menor.

Com relação a proximidade de novas tecnologias do portfólio regional, verificou-se que alguns campos da área da Engenharia Elétrica e Eletrônica (Tecnologia Audiovisual, Telecomunicações e Comunicação Digital; Engenharia Mecânica (Transporte) e; da Química (Engenharia Química), são ramos considerados promissores para pesquisa e produção de patentes. Pois, seu desenvolvimento pode ser impulsionado pelos transbordamentos de conhecimento, advindos dos setores relacionados existentes no espaço tecnológico do Estado.

De forma exploratória, mapear o espaço de conhecimento das regiões tem um papel informativo para decisores políticos, ao avaliar que tipo de desenvolvimentos tecnológicos estão ao alcance (intimamente relacionados com o conhecimento pré-existente) e quais são saltos arriscados (longe das aptidões e competências da região). Espera-se que essa análise possa levantar alguns insumos para discussões sobre avanços tecnológicos nas regiões intermediárias mineiras e abra caminhos para novos debates dentro da política regional de inovação no Estado.

Ademais, este estudo é uma primeira tentativa de trazer a abordagem sobre espaço do conhecimento e sua contribuição nos debates de políticas regionais (tecnológicas e de inovação) para uma região fora dos padrões europeus e americanos. Sendo assim, existe uma possibilidade de pesquisas em aberto para países em desenvolvimento como o Brasil, marcado por profundas disparidades regionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. *et al.* Distribuição Espacial da Produção Científica e Tecnológica Brasileira: uma Descrição de Estatísticas de Produção Local de Patentes e Artigos Científicos *. *RBI-Revista Brasileira de Inovação* 1, 225–251 (2002).

BALLAND, P. A. Proximity and the evolution of collaboration networks: evidence from research and development projects within the global navigation satellite system (GNSS) industry. *Regional Studies*: 2012, 46(6), p.741–56.

BALLAND, P. A. Relatedness and the geography of innovation. *In: Shearmur, Richard et al. Handbook on the Geographies of Innovation*. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing: 2016, p. 127-141.

BALLAND, P.A. Economic Geography in R: Introduction to the EconGeo Package, *Papers in Evolutionary Economic Geography*: 2017, 17 (09), p.1-75.

BALLAND, P. A, *et al.* Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, p. 2-17, 2018.

BALLAND, P.A; RIGBY, D. 'The geography of complex knowledge'. *Economic Geography*, 2016.

BOSCHMA, R. Proximity and innovation: a critical assessment. *Regional Studies*: 2005, 39(1), p.61–74.

BOSCHMA, R, *et al.* Scientific knowledge dynamics and relatedness in biotech cities. *Research Policy* (43): 2014, p.107-114.

BOSCHMA, R, *et al.* Relatedness and technological change in cities: the rise and fall of technological knowledge in US metropolitan areas from 1981 to 2010. *Industrial and Corporate Change*: 2014, Volume 24, Number 1, p. 223–250.

BOSCHMA, R; FRENKEN, K. Technological relatedness and regional branching. *Papers in Evolutionary Economic Geography (PEEG)*, 09(07), 2009.

BOSCHMA, R.; GIANELLE, C. Regional branching and smart specialisation policy. *Institute for Prospective and Technological Studies, Joint Research Centre*: 2014, 13(5), p.741–65.

BRASIL. Ministério da Educação. Minas Gerais: mapa de demanda por educação profissional. Belo Horizonte/MG, 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Manual da Base De Dados Sobre Propriedade Intelectual Para Fins Estatísticos – BADEPI, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/ptbr/centraldeconteudo/estatisticas/arquivos/badepi/manual_badepi_v9-0_patentes.pdf>

BRESCHI, S; LISSONI, F. Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows. *Journal of Economic Geography*: 2009, 9(4), p. 439–68.

COOKE, P. Regional innovation systems, clean technology and Jacobian cluster-platform policies. *Regional Science Policy and Practice*: 2008, 1(1), p.23–45.

FRENKEN, K. *et al.* Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional Studies*: 2007, 41(5), p.685–97.

GARCIA, Renato. Geografia da inovação. Texto para Discussão. Unicamp. IE, Campinas, n. 402, jan. 2021.

GLAESER, E.L. Reinventing Boston: 1630–2003. *Journal of Economic Geography*: 2005, 5(2), p.119–53.

GONÇALVES, E.; ALMEIDA, E. Innovation and Spatial Knowledge Spillovers: Evidence from Brazilian Patent Data. *Reg Stud* 43, 513–528 (2009).

HEIMERIKS, G.; BALLAND, P.A. How smart is specialisation? An analysis of specialisation patterns in knowledge production. *Science and Public Policy*, 2016.

HIDALGO, C. *et al.* The product space conditions the development of nations, *Science*, 317, p. 482-487, 2007.

JAFFE, A. *et al.* Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Quarterly Journal of Economics*: 1993, 108, p.577–98.

JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M. *Patents, Citations, and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*. MIT Press: Cambridge, 2002.

KOGLER, D. F; *et al.* Mapping knowledge space and technological relatedness in U.S. cities. *European Planning Studies* 21 (9): 1374-1391, 2013.

KOGLER, D. F; *et al.* The Evolution of Specialization in the EU Knowledge Space. Working Paper, 2016.

RIGBY, D. Technological relatedness and knowledge space: Entry and exit of U.S. cities from knowledge space. *Regional Studies*: 2015, 49, p.1922–37.

RIGBY, D.; VAN DER WOUDE, F. Knowledge Relatedness and the Rate of Invention in U.S. Cities. Working Paper, 2012.

SANTOS, U. P. dos. Spatial distribution of the Brazilian national system of innovation: an analysis for the 2000s. *CEPAL Rev* 122, 217–234 (2017).

SANTOS, U. P. Dos; MENDES, P. S. Regional spillovers of knowledge in Brazil: evidence from science and technology municipal indicators. *Innovation and Development* 13, 323–342 (2023).

SERRA, M. *et al.* Novos rumos das políticas regionais de inovação: desenvolvimentos recentes e implicações. *Texto para Discussão*. Unicamp. IE, Campinas, n. 417, ago. 2021.

VASCONCELLOS, B. L. X. *et al.* Mudança na estrutura produtiva do Médio Paraíba-RJ: uma análise a partir das perspectivas de variedade (não) relacionada e complexidade econômica. *Espaço e Economia*, n. 22, p.1-25, 2021.

