

DETERMINANTES DAS VANTAGENS TECNOLÓGICAS REVELADAS NO BRASIL

Mabel Diz Marques
Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia
mabeldizmaques@gmail.com

Suelene Mascarini
Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas
smascarini@gmail.com

Henrique Tomé da Costa Mata
Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia
hnrmata@ufba.br

Raphael de Oliveira Silva
Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia
raphael.o.s@outlook.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar os determinantes das vantagens tecnológicas reveladas no Brasil entre 2000 e 2011. Para isso, foram mensuradas as especializações tecnológicas de cada mesorregião no Brasil e, na sequência, o efeito da densidade tecnológica, complexidade do conhecimento tecnológico e conexão externa da tecnologia nesse processo. As patentes são utilizadas como proxy da capacidade tecnológica por estas serem capazes de captar esforços em desenvolvimento tecnológico regional. Para análise empírica, usamos o modelo Probit de dados em painel com efeito aleatório. Os resultados evidenciaram que a densidade tecnológica é decisiva no desenvolvimento de novas vantagens tecnológicas, especialmente nas macrorregiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste no Brasil. Adicionalmente, a expansão da sofisticação da tecnologia tende a atrair novas especializações tecnológicas regionais ($RTA_{ijt} > 1$), mais precisamente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Por sua vez, a conexão externa da tecnologia afeta de forma distinta o território brasileiro, no que tange o fomento de novas vantagens tecnológicas reveladas.

Palavras-chave: Especialização tecnológica; Vantagem tecnológica revelada; Complexidade tecnológica; Densidade tecnológica; Conexão externa da tecnologia.

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1990, uma extensa literatura sobre a economia da inovação tem investigado o processo de especialização tecnológica dos países (Archibugi e Pianta, 1992; Petralia; Balland; Morrison, 2017; Picci e Savorelli, 2013) regiões (Boschma; Balland e Kogler, 2014; Montresor e Quatraro, 2017) e empresas (Patel e Pavitt, 1991) de economias desenvolvidas, bem como das economias em desenvolvimento (Albuquerque et al., 2002; Gonçalves; Matos; Araújo, 2018; Ruiz, 2013).

Entre os estudos que investigam os determinantes das especializações tecnológicas regionais destaque é dado a densidade tecnológica (Balland et al., 2018), conexão externa da tecnologia e trajetória tecnológica (Dosi, 1993; Malerba; Orsenigo, 1996; Patel; Pavitt, 1997). Além disso, existe um crescente entendimento e reconhecimento de que as regiões que inovam em tecnologias mais complexas, ou seja, que possuem bases tecnológicas mais diversificadas e menos ubíquas, podem desenvolver novas vantagens tecnológicas reveladas e captar uma parcela superior do valor agregado da economia, por contraste, as economias que se especializam na produção de bens e serviços de menor complexidade estão sujeitas a absorver parcelas mais restritas do valor agregado (Boschma et al., 2014; Petralia et al., 2017). Assim, é reconhecido que o avanço do desenvolvimento econômico está atrelado ao desenvolvimento tecnológico (Petralia et al., 2017).

Em razão da relevância do desenvolvimento tecnológico para o progresso econômico o presente estudo se debruça sobre a questão tecnológica brasileira. Nesses termos, partimos de dois problemas: (i) as mesorregiões tendem a desenvolver vantagem tecnológica revelada preferencialmente em domínios tecnológicos próximos? (ii) a complexidade tecnológica e conexão externa das tecnologias tende a atrair novas especializações tecnológicas no território brasileiro? Portanto, o objetivo desse estudo é investigar a probabilidade de desenvolvimento de novas vantagens tecnológicas reveladas no Brasil, a partir da influência da densidade tecnológica, complexidade do conhecimento tecnológico e conexão externa da tecnologia.

Utilizamos dados de patente para 129 mesorregiões no Brasil por tipo de tecnologia desagregada ao nível 2 dígitos do código IPC (*International Patent Classification*), no período de 12 anos (2000-2011). Como estratégia empírica, seguimos as proposições de Greene (2001) e Train (2003) e aplicamos o modelo Probit de dados em painel com abordagem de efeitos aleatório para avaliar a probabilidade de uma mesorregião se

especializar em um novo campo tecnológico.

Assim, para além dessa seção introdutória, o presente trabalho está organizado da seguinte forma. A próxima seção apresenta a revisão da literatura sobre a estrutura conceitual da especialização tecnológica e seus determinantes. A terceira seção descreve a base aos dados e metodologia utilizada. A quarta seção discute os principais resultados dos modelos estimados. Seguida da quinta seção das considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

No pensamento econômico evolucionário, a produção do conhecimento tecnológico é frequentemente retratada como cumulativa e dependente do caminho (*path dependence*). Devido às incertezas, os agentes recorrem ao conhecimento adquirido do passado que fornece oportunidades e estabelece limites para ser apreendido (Balland, 2016; Boschma et al., 2014).

Envoltos na discussão sobre a emergência de novas tecnologias, os estudos de Rigby (2015), Petralia et al. (2017) e Balland et al. (2018) mostram que o desenvolvimento de novas tecnologias é um processo altamente cumulativo, dependente do caminho e não aprisionado a um ponto específico, pois a atualização tecnológica emerge de bases de conhecimento e padrões de especialização tecnológica preexistente.

Nesse contexto, o processo de transição da especialização para a diversificação tecnológica é inerente às fases do desenvolvimento tecnológico. Pois, as regiões tendem a se especializar em poucas áreas técnicas, e ao atingir níveis mais altos de desenvolvimento tecnológico e uma base tecnológica mais diversificada, tendem a registrar uma expansão da diversidade de campos técnicos em que atua (Montresor; Quatraro, 2017; Urraca, 2000). Ademais, com o amadurecimento e/ou esgotamento das oportunidades técnicas é possível que haja um retorno em relação a concentração da especialização, iniciando um “novo ciclo” a partir das oportunidades tecnológicas geradas, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias cada vez menos relacionadas com suas bases de conhecimento preexistente.

Buscando intensificar a vantagem tecnológica regional, as conexões externas às regiões, ou mais ainda, a interconexão não local fornece acesso a ideias, conhecimento e tecnologias, que não são gerados dentro do contexto limitado da região (Bunnell; Coe, 2001). Pois, em grande medida as conexões locais não são suficientes para sustentar a inovação tecnológica, especialmente, porque os sistemas de inovação regionais estão longes de ser

unidades autossustentáveis (Tödtling; Trippl, 2005).

Em relação a complexidade tecnológica e a probabilidade de uma região desenvolver uma vantagem comparativa em uma nova tecnologia, a literatura demonstra que essa relação é específica da região. Petralia et al. (2017), por exemplo, concluem que ao longo de 15 anos (1993-2007) 65 países (desenvolvidos e em desenvolvimento) seguiram padrões coerentes de especialização tecnológica, movendo para tecnologias mais complexas à medida que cresceram economicamente. Balland et al. (2018), por sua vez, ao investigar os países da União Europeia, demonstra que esse efeito é ambíguo, e o resultado pode indicar o “dilema da diversidade”, no qual o efeito da complexidade tecnológica é estimulado (efeito positivo na entrada), mas ao mesmo tempo é difícil de produzir (efeito negativo na entrada).

Além dos estudos direcionados aos países desenvolvidos, é oportuno apontar esforços da literatura da economia da inovação para compreender os processos subjacentes à produção regional do conhecimento tecnológico, e mais especificamente o padrão da especialização tecnológica de economias em desenvolvimento, sobretudo, no Brasil.

Geralmente, estudos empíricos para os países em desenvolvimento apontam o direcionamento da especialização tecnológica em certa medida para caminhos distintos, especialmente após a década dos anos 1980. Os países latino-americanos por exemplo, exibiu uma especialização em classes tecnológicas de maior competitividade mundial durante as décadas de 1960 e 1970, já nas décadas posteriores esse padrão de especialização declinou. Os países do leste asiático, que em comparação aos países da América Latina apresentava menor especialização em classes tecnológicas de rápido crescimento até as décadas de 1960 e 1970, expandiram a especialização nas correspondentes classes nas décadas de 1980 e 1990 (Huang; Miozzo, 2004). E entre os anos 1985 a 2008, os países latino-americanos acumulou um padrão de especialização sobre tecnologias vinculadas à recursos naturais, enquanto os asiáticos relacionados ao paradigma eletrônico (Ruiz, 2013).

No Brasil, há esforços na literatura em buscar encontrar evidências empíricas da especialização tecnológica e seus determinantes no país. Ruiz (2008) ao investigar a direção da especialização tecnológica, conclui que o efeito da acumulação tecnológica nos países líderes se traduz na manutenção das competências desenvolvidas no passado, enquanto nos países seguidores, a trajetória tecnológica se revela como a dificuldade de entrar em novos campos técnicos. Gonçalves, Matos e Araújo (2018) utilizando pedidos de patentes no período

de 2000 a 2011, inferem que o desenvolvimento tecnológico regional no Brasil é influenciado pela trajetória do caminho, embora esse efeito reduza com o tempo.

Diante do exposto, formulamos três hipóteses:

Hipótese 1: No Brasil, assim como nos países desenvolvidos as regiões possuem maior probabilidade em desenvolver vantagem comparativa preferencialmente em tecnologias que possuem maior densidade tecnológica. Ou seja, a proximidade entre as tecnologias favorece o desenvolvimento de novas especializações tecnológicas regionais.

Hipótese 2: A complexidade tecnológica influencia positivamente na probabilidade de uma região desenvolver vantagem revelada em uma nova tecnologia, sobretudo, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Hipótese 3: Regiões que possuem maior conexão externa da tecnologia, expressa pela coinvenção das patentes no Brasil possuem uma maior probabilidade em desenvolver novas especializações tecnológicas com vantagem tecnológica revelada.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Base de dados e descrição das variáveis

A base de dados utilizada neste estudo foi construída a partir da combinação de diferentes fontes, tais como: (i) patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI); (ii) emprego formal da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério da Economia; (iii) população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e (iv) Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes do IPEADATA, referentes aos anos 2000 a 2011.

Para medir a especialização tecnológica das mesorregiões no Brasil foram utilizados dados de pedidos patentes provenientes do INPI. As patentes são concebidas neste estudo como *proxy* da capacidade tecnológica. Uma patente representa uma tecnologia e estratégia de apropriação baseada em ativos imateriais (Musskopf e Luz, 2015). Cada patente tem atributos que pode pertencer a diferentes áreas tecnológicas. Essas áreas são representadas por códigos IPC (*International Patent Classification*).

A variável dependente mede a entrada de novas especializações tecnológicas nas

mesorregiões do Brasil. Para tal, utilizamos o tradicional indicador Balassa (Balassa, 1965) de Vantagem Tecnológica Revelada (*revealed technology advantage* - RTA), tal como em Boschma et al. (2014), Petralia et al. (2017) e Balland et al. (2019).

$$RTA_{rjt} = \frac{Patente_{rjt} / \sum_j Patente_{rjt}}{\sum_r Patente_{rjt} / \sum_r Patente_{rjt}} \quad (01)$$

$$S_{rjt} = I[RTA_{rjt} > 1] \quad (02)$$

Em que r é a mesorregião, j a seção tecnológica, t o período de tempo (2000-2011; agrupados em 4 intervalos de 3 anos cada) e I é o indicador da função.

A medida S_{ijt} assume características dicotômicas, e quando $S_{ijt}=1$ entende-se que trata de uma seção tecnológica j onde uma mesorregião r tem alta taxa de patenteamento quando comparado a média nacional (especializado; $RTA_{ijt}>1$), ou seja, possui vantagem tecnológica revelada regional; e 0 caso contrário.

Para investigar como a densidade tecnológica influencia a mudança da estrutura tecnológica no território brasileiro, construímos a variável no nível tecnologia-mesorregião que indica quão próxima uma tecnologia está no portfólio tecnológico existente de uma determinada mesorregião. Essa ideia é operacionalizada pelo índice de densidade tecnológica (Hidalgo et al, 2007 e Boschma et al., 2014). Formalmente, a medida consiste na padronização da frequência em que duas seções do código IPC aparecem juntas na mesma patente em um determinado período de tempo, ou seja,

$$Densidade_Tecnologica_{rjt} = \frac{\sum_i R_{ijt} \cdot X_{rit}}{\sum_i R_{ijt}} \quad (03)$$

Em que,

$$R_{ijt} = \frac{C_{ijt}}{\sqrt{S_{it}S_{jt}}} \quad (04)$$

$Densidade_Tecnologica_{rjt}$ é a densidade tecnológica da mesorregião r na tecnologia j no período t ; R_{ijt} é o grau de relação entre as tecnologias i e j ; C_{ijt} indica a coocorrências das tecnologias i e j ; S_i e S_j representam a soma da ocorrências da tecnologia i e j no período t ; X_{cit} assume valor 1 se a mesorregião r tem um $RTA_{rit}>1$ na tecnologia i no tempo t , e 0 caso contrário.

O indicador da densidade tecnológica assume valores entre 0 e 1. Uma densidade no nível de tecnologia-mesorregião igual a 0 indica que não há tecnologias relacionadas à tecnologia i na mesorregião r , enquanto o valor igual a 1 indica que todas as tecnologias são relacionadas e pertencem ao portfólio tecnológico preexistente da mesorregião r . A distância é identificada em termos da proximidade dentro do espaço tecnológico que constitui uma representação da rede da produção da tecnologia (Petralia et al, 2017).

Para mensurar a complexidade do conhecimento tecnológico seguimos Hidalgo e Hausmann (2009) e Balland e Rigby (2017). A ideia principal de uma estrutura tecnológica complexa de uma mesorregião é que ela produz tecnologias em diversos domínios tecnológicos e ao mesmo tempo produz tecnologias que exige capacidades encontradas em poucas mesorregiões. Assim, a construção do indicador requer a combinação de informações sobre a distribuição da diversidade tecnológica e não-ubiquidade da tecnologia (Petralia et al., 2017).

Nesses termos, o ponto de partida é a construção da rede binária que conecta as mesorregiões a área do conhecimento tecnológico, descritos nos códigos IPC da patente, sendo representado por uma matriz adjacente binária (M). A matriz (M) tem dimensão $n=129$ mesorregiões por $k=8$ seções de patente, e assume valor igual a 1 se a mesorregião r é produtora significativa da tecnologia j , e 0 caso contrário. Consideramos uma mesorregião r produtora significativa na tecnologia j se ela exhibe $RTA_{rjt} > 1$, tal como em Petralia et al. (2017).

Seguindo o cálculo do indicador da complexidade do conhecimento tecnológico, a linha da matriz (M) e sua transporta (M^T) são padronizadas. O produto da matriz (B) = ($M^T * M$) é uma matriz quadrada com dimensão igual ao número de seções da patente (8). O índice da complexidade do conhecimento tecnológico para cada uma dessas seções de patente é dado pelos elementos do segundo maior autovetor \vec{Q} da matriz (B). Esses elementos são padronizados, tais como em Balland et al. (2018).

$$Complexidade_Tecnologica_j = \frac{\bar{q} - \langle \bar{q} \rangle}{Desvio_Padr\tilde{a}o(Q)} \quad (05)$$

Vale ressaltar que o indicador da complexidade do conhecimento tecnológico é construído a partir do método reflexivo e iterativo (Hidalgo e Hausmann, 2009). Em que, cada

etapa adicional incorpora efeito *feedback* produzindo estimativas mais precisas do indicador (Petralia et al, 2017). As iterações são interrompidas quando o *ranking* das mesorregiões e tecnologias é estabilizada de uma etapa para outra, ou seja, nenhuma informação adicional pode ser extraída da estrutura mesorregião-tecnologia. Métricas adicionais derivadas dessa formulação matemática são descritas em Hidalgo e Hausmann (2009).

A conexão externa da tecnologia identifica o desenvolvimento das capacidades tecnológicas realizadas em duas ou mais mesorregiões. O fato da complementariedade do conhecimento tecnológico em distintas regiões pode influenciar o desenvolvimento de uma vantagem comparativa em uma nova tecnologia, pois essas tecnologias podem emergir de diferentes regiões altamente especializadas que compartilham o conhecimento comum. Dessa maneira, a medida da conexão externa da tecnologia é descrita a partir do número de coinvenção da patente descrita pelos códigos IPC entre duas ou mais mesorregiões distintas.

3.2 Modelo empírico

Utilizamos o modelo Probit para dados em painel de efeito aleatório para avaliar a probabilidade de uma mesorregião se especializar em um novo campo tecnológico.

A equação básica do modelo estimado segue abaixo:

$$S_{rjt}(\text{Entrar}) = \theta_1 \text{Densidade_tecnologica}_{rjt-1} + \theta_2 \text{Complexidade_tecnologica}_{rjt-1} + \theta_3 \text{Conexão_tecnologicaExterna}_{rjt-1} + \theta'_{jt-1} \text{Tecnologia}'_{jt-1} + \theta'_{rt-1} \text{Mesorregiao}'_{rt-1} + \varepsilon_{rjt} \text{(0 Erro! Indicador não definido.)}$$

Em que, $S_{rjt}(\text{Entrar})$ é a variável dependente dicotômica (0 e 1) e representa a probabilidade de uma mesorregião desenvolver um novo $\text{RTA}_{ijt} > 1$ em uma determinada tecnologia.

As principais variáveis de interesse são: (i) $\text{Densidade_tecnologica}_{rjt-1}$; (ii) $\text{Complexidade_tecnologica}_{rjt-1}$; e (iii) $\text{Conexão_tecnologicaExterna}_{rjt-1}$. ε_{rjt} é o termo de erro composto do modelo (variação entre indivíduos e variação geral entre observações).

$\text{Tecnologia}'_{jt-1}$ é o vetor de variáveis controle que sumariza as características da tecnologia. Para tal, incluímos: (i) tamanho tecnológico (número de domínios tecnológicos presentes em uma patente) e (ii) concentração da tecnologia que pode conduzir a diversidade relacionada da tecnologia (Boschma et al., 2014), construída a partir do índice

Herfindahl(HHI).

$Mesorregiao'_{rt-1}$ é o vetor de variáveis controle que incluem características da mesorregião, tais como: (i) PIB per capita utilizado como proxy do crescimento econômico e expressa um importante fator no aumento da diversidade tecnológica (Petralia et al., 2017) e (ii) share na manufatura (participação do emprego industrial formal no emprego total da economia) que representa possíveis efeitos favoráveis que o setor industrial pode exercer em termos da dinâmica da diversidade tecnológica.

Para atenuar possíveis problemas de endogeneidade, todas as variáveis independentes são defasadas em um intervalo de tempo, tais como em Balland et al. (2018) e descritas por t-1. Esperamos que o coeficiente da variável densidade tecnológica (*Hipótese 1*), complexidade do conhecimento tecnológica (*Hipótese 2*) e conexão externa das tecnologias (*Hipótese 3*) sejam positivas e significativas no modelo estimado.

Após a combinação das informações em nível tecnologia-mesorregião, finalizamos com uma amostra de 2.763 observações¹.

4.DISSCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados das cinco especificações do modelo estimado. Inicialmente, os Modelos 1 ao 3 constam as regressões sem as variáveis de controle em nível tecnologia e mesorregião. Em seguida, estende-se a regressão com as variáveis de controle (Modelo 4), que busca captar o efeito da heterogeneidade das tecnologias e das mesorregiões que podem influenciar a mudança tecnológica expressa pelo desenvolvimento de novas especializações tecnológicas no Brasil. Por fim, o Modelo 5 apresenta a regressão com todas as variáveis de interesse incluindo as variáveis de controle.

¹ As variáveis independentes são defasadas no período de tempo em t-1, resultando uma regressão com 2.608 observações.

Tabela 1: Desenvolvimento de novas especializações tecnológicas nas mesorregiões do Brasil (2000-2011)

Variáveis	Modelo 1 Base	Modelo 2 Complexidade Tecnológica	Modelo 3 Conexão Externa Tec.	Modelo 4 Controle (Tec e Meso)	Modelo 5 Completo
Densidade Tecnológica	6.981*** (1.780)	6.507*** (1.727)	4.661*** (1.618)		5.041*** (1.714)
Complexidade do conhec. tecnológico		0.104*** (0.033)	0.094*** (0.033)		0.098*** (0.033)
ln(Conexão externa da tecnológica)			0.017*** (0.004)		0.010** (0.005)
ln(Tamanho da tecnologia)				0.393*** (0.050)	0.361*** (0.050)
Concentração da tecnologia				1.439*** (0.299)	1.047*** (0.294)
ln(PIB per capita)				0.228*** (0.073)	0.034 (0.073)
Share manufatura				0.964** (0.387)	0.933** (0.375)
Constante	-0.604*** (0.041)	-0.602*** (0.040)	-0.352*** (0.075)	-5.278*** (0.550)	-4.162*** (0.568)
Observações	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608
Número de IDMI	944	944	944	944	944
rho	0.349	0.341	0.311	0.329	0.290
sigma_u	0.732	0.719	0.672	0.700	0.639
chi2_c	102.7	97.31	77.56	89.08	66.48
ll_c	-1635	-1628	-1609	-1599	-1567

Em parênteses são os erros robustos

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração própria a partir do software Stata 16.0

Conforme exposto na Tabela 1, para todos os modelos estimados o coeficiente da densidade tecnológica tem efeito positivo e significativo, sugerindo que nas mesorregiões que possui tecnologias mais densas há maior probabilidade em desenvolver vantagem comparativa em uma nova tecnologia ($RTA_{ijt} > 1$). Nesse sentido, as mesorregiões que exibem proximidade entre as tecnologias fomentam a inovação tecnológica regional. Esses achados confirmam a *Hipótese 1* levantada neste estudo, e está em linha com Balland (2016), Balland et al. (2018) e Rigby (2015), porém para países desenvolvidos.

Nossos resultados nos permite dizer que mesmo em países em desenvolvimento como o Brasil, em que as regiões tendem a apresentar pouca proximidade entre tecnologias, a

densidade tecnológica se mostra um fator importante na geração de transbordamentos de conhecimento entre os diversos campos tecnológicos que serão traduzidos em capacidades tecnológicas, e que pode trazer vantagem comparativa às regiões. Portanto, as mesorregiões tendem a se especializar em tecnologias relacionadas a uma base de conhecimento comum da cesta de tecnologias que já produzem, em razão do compartilhamento de conhecimento científico, princípios técnicos e necessidades que são mais propensas a exibirem vantagens comparativas tecnológicas frente as que não fazem (Petralia et al., 2017).

Em todos os modelos estimados encontramos uma relação positiva e significativa entre a complexidade tecnológica e entrada de novas especializações tecnológicas no Brasil (Tabela 1). Grosso modo, esses resultados sugerem que as mesorregiões do Brasil com estruturas tecnológicas mais sofisticadas possuem uma maior probabilidade em desenvolver novas especializações tecnológicas com vantagem comparativa. Estas observações estão alinhadas com estudos de natureza semelhante identificadas, principalmente em países desenvolvidos, em que verificou efeito positivo e significativo da complexidade tecnológica com a entrada de novas especializações tecnológicas regionais (Balland et al, 2018). Ademais, a literatura indica que regiões que possui estruturas tecnológicas mais sofisticadas são capazes de diversificar seu portfólio tecnológico ao mesmo tempo que produzem tecnologias com baixa ubiquidade, pois apenas poucas regiões tem a capacidade tecnológica em desenvolver tecnologias mais sofisticadas.

A conexão externa das tecnologias também exibe coeficiente positivo e significativo na probabilidade de desenvolvimento de novas especializações tecnológicas no Brasil. Portanto, mesorregiões que experimentam um aumento da rede de coinvenções das patentes no país, principalmente pela articulação entre diferentes mesorregiões tendem a ampliar a probabilidade em desenvolver novas especializações tecnológicas regionais ($RTA_{ijt} > 1$), resultado que confirma a *Hipótese 3* desse estudo. De fato, descobrimos que a associação positiva e significativa entre as conexões externas das tecnológicas e o surgimento de novas especializações tecnológicas é mantida mesmo com a inclusão de variáveis controle em nível tecnologia e mesorregião. Isso mostra que essa variável é um importante fator para que as mesorregiões criem novas vantagens comparativas tecnológicas, mesmo ao controlar outras variáveis agregadas, como o tamanho da tecnologia, concentração tecnológica, crescimento econômico e participação de empregados na manufatura.

Em seguida, ao ponderar que no Brasil a capacidade tecnológica regional é caracterizada por ser espacialmente concentrada nas macrorregiões Sudeste e Sul do país (Albuquerque et al., 2002; Montenegro, Gonçalves e Almeida, 2011), resultado que favorece um regime de polarização tecnológica do tipo Norte-Sul (Gonçalves, 2007), inserimos a variável dummy por macrorregião no modelo estimado (descrito na Equação (06)). Atribuí 1 se a mesorregião está inserida na macrorregião Sul e Sudeste do Brasil (Grupo I) e 0 caso contrário (Grupo II).

Adicionalmente, ao reconhecer que a trajetória tecnológica regional recente pode influenciar a entrada de novas especializações tecnológicas no país, incluímos a variável dependente defasada no tempo como variável explicativa no conjunto dos grupos das macrorregiões selecionadas (Grupo I e II).

A Tabela 2 descreve os resultados das quatro especificações estendida do modelo estimado (Equação 06). O Modelo 1 e 2 verifica o efeito do desenvolvimento de novas vantagens tecnológicas reveladas nas mesorregiões inseridas no Grupo I e II, respectivamente. Já os Modelos 3 e 4 é inclusa a variável dependente defasada em um período de tempo como variável explicativa para os Grupos (I e II) de macrorregiões no Brasil.

Tabela 2: Desenvolvimento de novas especializações tecnológicas nas macrorregiões selecionadas (2000-2011)

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
	Completo GI: (S e SE)	Completo GII: (N, NE e CO)	Completo GI: (S e SE)	Completo GII: (N, NE e CO)
Densidade Tecnológica	4.821*** (1.766)	26.358*** (8.447)	3.490** (1.360)	24.973*** (8.303)
Complexidade do conhec. tecnológico	0.124** (0.052)	0.072* (0.041)	0.091** (0.045)	0.071* (0.040)
ln(Conexão externa da tecnológica)	0.014** (0.006)	0.003 (0.008)	0.011** (0.005)	0.003 (0.008)
ln(Tamanho da tecnologia)	0.259*** (0.072)	0.466*** (0.066)	0.189*** (0.056)	0.434*** (0.073)
Concentração da tecnologia	0.315 (0.437)	1.505*** (0.408)	0.225 (0.362)	1.441*** (0.395)
ln(PIB per capita)	-0.068 (0.126)	-0.005 (0.093)	-0.041 (0.093)	-0.013 (0.089)
Share manufatura	0.909 (0.557)	0.636 (0.541)	0.587 (0.423)	0.603 (0.512)
$S_{ijt}(\text{entrar})_{t-1}$			0.596*** (0.133)	0.125 (0.148)

Constante	-2.478*** (0.868)	-5.321*** (0.770)	-2.084*** (0.672)	-5.042*** (0.797)
-----------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

(Continua)

(Continuação)

Tabela 2: Desenvolvimento de novas especializações tecnológicas nas macrorregiões selecionadas (2000-2011)

Observações	1,408	1,200	1,408	1,200
Número de IDMI	480	464	480	464
Rho	0.392	0.122	0.109	0.0639
sigma_u	0.803	0.373	0.349	0.261
chi2_c	71.25	4.792	1.856	0.608
ll_c	-883.4	-672.8	-837.3	-670.2

Em parênteses são os erros robustos

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração própria a partir do software Stata 16.0

A densidade tecnológica mantém relação positiva e estatisticamente significativa no aumento da probabilidade nos Grupos (I e II) em desenvolver novas especializações tecnológicas regionais. No caso do Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Grupo II), os resultados mostram ao nível de 1% de significância que a probabilidade da entrada de novas especializações tecnológicas é maior quando comparada as regiões Sul e Sudeste (Modelo 2 e 4, da Tabela 2). Ou seja, a proximidade entre tecnologias dentro do portfólio tecnológico preexistente no Norte, Nordeste e Centro-Oeste possui poder explicativo superior na probabilidade de desenvolvimento de novas vantagens tecnológicas reveladas quando comparada as demais regiões no país.

Tal resultado pode ser justificado com o auxílio dos achados de Tödtling e Trippl (2005) para regiões periféricas da União Europeia (UE). Segundo os autores, geralmente os instrumentos de ciência, tecnologia e inovação são pouco desenvolvidos em regiões periféricas (da UE), pois há uma falta de clusters dinâmicos e de organizações de apoio (o que os autores denominam de escassez organizacional). As atividades de inovação na periferia estão frequentemente em um nível mais baixo em comparação com regiões mais centrais e aglomeradas. Parcela disso, é explicado pela presença predominante de micro e pequenas empresas e de empresas filiais. Via de regra, isso não exclui a presença de firmas inovadoras nas regiões, mas muitas vezes a massa crítica para um desenvolvimento de cluster dinâmico não é alcançada. Geralmente, isso ocorre quando o cluster está ligado às indústrias tradicionais com poucas atividades de P&D e inovação, onde a ênfase está na inovação

incremental e nas inovações de processo.

No caso brasileiro é evidente que o crescimento industrial no Norte, Nordeste e Centro-Oeste se deu fortemente pela indústria de alimentos, vestuário e montadoras de automóveis (que são firmas estrangeiras enquadradas como filiais e/ou subsidiárias). Sendo estas, caracterizadas por ser indústrias tradicionais e intensivas em escala (Monteiro Neto; Silva, 2018), em que o progresso tecnológico tende a ser incremental, ao passo que nas diferenciadas e baseadas em ciência são mais disruptivas (Marques; Roselino; Mascarini, 2019). O que em certa medida pode explicar a importância da similaridade entre as tecnologias para que essas mesorregiões desenvolvam novas especializações tecnológicas com vantagem comparativa.

Novamente, em todos os modelos estimados (Modelos 1 ao 4, da Tabela 2) a complexidade do conhecimento tecnológico é um preditor positivo e significativo no surgimento de novas especializações tecnológicas regionais (Grupos I e II). Contudo, há de observar que o coeficiente da complexidade do conhecimento tecnológico é superior nas mesorregiões localizadas nas macrorregiões Sul e Sudeste. Isso implica que um aumento na complexidade do conhecimento tecnológico tem efeito superior na probabilidade de desenvolvimento de novas especializações tecnológicas nessas macrorregiões, o que é consistente com a nossa proposição teórica (*Hipótese 2*).

Uma observação relacionada, que é importante, mas que está além do escopo deste artigo, é que essas tecnologias mais sofisticadas também tendem a estar localizadas em regiões que exibem uma rede de trabalhadores mais qualificados, concentração de universidades e institutos de ensino técnico e superior, instituições inclusivas, indústrias relacionadas e intensivas em tecnologias, nas quais favorece o desenvolvimento competitivo de tecnologias baseada no conhecimento.

Este argumento pode ser ancorado em estudos antecessores, como em Santos (2015). Segundo a autora em 2011, as macrorregiões Sul e Sudeste concentraram 65,37% das instituições de educação superior no Brasil. Neste mesmo ano, 77,8% dos postos de trabalho formal e 79,4% do Valor da Transformação Industrial – VTI ocorreram no Grupo I (IBGE, 2011). Gonçalves (2007) identifica ainda, que as macrorregiões Sul e Sudeste apresentavam maior participação no padrão espacial das inovações entre os anos 1999 a 2001, magnitude ampliada pelas economias de aglomeração que explicam, em grosso modo, a alta atividade

tecnológica presente nessas regiões. Para além das mesorregiões metropolitanas do Brasil, é nessas macrorregiões que estão sediadas os segmentos mais produtivos e dinâmicos da economia (Diniz; Vieira, 2015).

Portanto, nossas evidências empíricas sobre a importância da complexidade tecnológica no processo de desenvolvimento de novas capacidades tecnológicas estão alinhadas com os resultados encontrados para países desenvolvidos, e contribui pioneiramente para o caso brasileiro. Uma vez que, regiões que possuem estruturas produtivas mais sofisticadas, robustas e com progressão na capacidade de desenvolvimento tecnológico tendem a ampliar a entrada de novas especializações tecnológicas regionais com vantagem comparativa.

A conexão externa da tecnologia (medida de coinvenção da patente entre diferentes mesorregiões no Brasil) possui efeito positivo para ambos os Grupos (I e II), embora seja estatisticamente significativa apenas para o Grupo I (Sul e Sudeste). Esse resultado implica que o conhecimento tecnológico construído por meio de uma rede de coinventores de patentes nas macrorregiões Sul e Sudeste desempenha papel importante no desencadeamento de novas tecnologias, distintamente do que ocorre no Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Essas evidências mostram que as macrorregiões Sul e Sudeste, que expressam estruturas produtivas e tecnológicas mais desenvolvidas do que a média do Brasil (Casali; Silva; Carvalho, 2010) tem maior possibilidade em ampliar a entrada de novas especializações tecnológicas com vantagem comparativa revelada, quanto maior for a sua capacidade de desenvolver novas redes do conhecimento tecnológico com outras regiões no país.

Por outro lado, a falta de significância estatística para as macrorregiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, pode ser explicado pelo baixo dinamismo das redes de conhecimento tecnológico e da fragilidade dos sistemas regionais de inovação, em particular da articulação com fornecedores do conhecimento especializado, como universidades e organizações de pesquisa (Tödtling; Trippl, 2005). Logo, pode-se presumir que buscar ampliar a rede da tecnologia externa nas macrorregiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste não surtiria grandes efeitos para o processo de geração de novas vantagens tecnológicas nessas regiões, pelo menos no curto prazo.

Além disso, conforme exposto na Tabela 2 (Modelo 3) o fato das macrorregiões Sul e Sudeste já exibir vantagem tecnológica revelada, ou seja, apresentar especialização

tecnológica regional em um passado recente, constitui um fator importante na probabilidade de desenvolvimento de novas vantagens tecnológicas regionais, pois $S_{rjt(Entrar)t-1}$ é positivamente associada a $S_{rjt(Entrar)}$. Esse resultado representa que essas macrorregiões são atraídas a desenvolver novas vantagens comparativas tecnológicas dadas as suas trajetórias tecnológicas preestabelecidas recente.

Essa relação positiva pode ser explicada como um processo de dependência do caminho, em que a especialização tecnológica em períodos anteriores contribuiu positivamente para ganhos adicionais no mesmo campo tecnológico. Contudo, a capacidade de fazê-lo persistente é improvável, pois com o processo dinâmico, as oportunidades de desenvolver novas especializações tecnológicas se esgotam ao longo do tempo, impedindo um crescimento contínuo e exponencial. Ademais, tal resultado contribui para diversificação tecnológica, embora esteja relacionada as suas atividades e bases de conhecimento preexistente. Montenegro et al. (2011) encontraram um padrão da trajetória tecnológica da produção de patentes com características dependente do caminho para as microrregiões de São Paulo. Gonçalves et al. (2018) identificaram que as microrregiões do Brasil possuem uma trajetória tecnológica determinada pela experiência obtida do passado, embora este efeito diminua com o tempo. Portanto, nossos resultados reforçam as evidências anteriores para as macrorregiões Sul e Sudeste no Brasil.

Em suma, os resultados encontrados neste trabalho fornecem evidências que podem auxiliar na política tecnológica no Brasil, em que a densidade tecnológica, complexidade do conhecimento tecnológica e conexões externas da tecnologia podem ser variáveis impulsionadoras na reestruturação tecnológica regional, apoiando o desenvolvimento de tecnologias intimamente relacionada à base de conhecimento comum, sobretudo, as mais sofisticadas. Caso contrário, a política tecnológica poderá ser menos eficiente em relação à busca de novas vantagens tecnológicas reveladas. Contudo, faz necessário ponderar a heterogeneidade do território brasileiro, incorporando as especificidades das distintas regiões, como fatores relacionados à tecnologia e a produção, pois a implementação de uma única política tecnológica não atingirá objetivo para as distintas regiões no país.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo identificar os fatores determinantes no surgimento de

novas vantagens tecnológicas reveladas no território brasileiro. Inicialmente, mensurou-se a especialização tecnológica das mesorregiões no Brasil por meio do indicador de vantagem tecnológica revelada (número de áreas do conhecimento tecnológico descrito por código IPC da patente que uma mesorregião apresenta $RTA_{ijt} > 1$) durante o período de 12 anos (2000-2011).

Em seguida, objetivou-se identificar os determinantes desse processo, por meio da estimação do modelo Probit utilizando dados em painel com efeito aleatório. Os determinantes investigados foram fundamentados na literatura internacional, sobretudo, da abordagem da economia evolucionária e geografia econômica evolucionária, descrita nos achados para países desenvolvidos e citados neste artigo. Destaque é dado a: (i) densidade tecnológica; (ii) complexidade do conhecimento tecnológico; e (iii) conexão externa da tecnologia.

Nossos resultados ilustram que a densidade tecnológica tende a aumentar a probabilidade de desenvolvimento de novas especializações tecnológicas em regiões de um país em desenvolvimento, no nosso caso, o Brasil. Assim, a proximidade entre as tecnologias que estão presentes no portfólio tecnológico regional contribui positivamente para o aumento de novas vantagens tecnológicas. Além disso, mostramos que aumento na complexidade do conhecimento tecnológico e conexão externa da tecnologia tendem a contribuir para o processo de possíveis atualizações na estrutura tecnológica no Brasil, mesmo após controlar o efeito do tamanho da tecnologia, concentração tecnológica, crescimento econômico e share na manufatura. Isso implica que regiões com tecnologias mais sofisticadas e que possuem a capacidade em desenvolver tecnologias em parceria com outras regiões no país, exibem uma maior probabilidade em desenvolver novas vantagens tecnológicas reveladas no território nacional ($RTA_{ijt} > 1$).

Adicionalmente, descobrimos que a densidade tecnológica nas mesorregiões localizadas no Grupo II (macrorregião: Norte, Nordeste e Centro-Oeste) tem coeficientes positivos e significativos superiores ao encontrado nas demais regiões do país, sugerindo que a densidade tecnológica tem potencial para ser um bom indicador para revelar novas especializações tecnológicas nessas regiões.

Nossos resultados indicam que embora a complexidade tecnológica tenha efeito positivo e significativo para todas as macrorregiões no Brasil (Grupo I e II), é no Sul e

Sudeste do país que a sofisticação tecnológica tem maior probabilidade em influenciar possíveis mudanças na estrutura tecnológica. Além disso, as conexões externas da tecnologia e trajetória tecnológica recente expressam significância estatística apenas para as macrorregiões Sul e Sudeste. Resultado que pode ser reflexo dos clusters industriais e sistema regional de inovação mais dinâmicos e maduros nesses territórios.

Nesses termos, este estudo pode auxiliar os formuladores de políticas regionais a entender melhor como as regiões no Brasil constroem suas capacidades tecnológicas, e o que os governantes nacionais e regionais podem realizar para promover o desenvolvimento de novas vantagens tecnológicas impulsionando e fortalecendo a reestruturação tecnológica.

Assim, podemos apontar quatro implicações desta pesquisa: (i) os resultados apontam que existem movimentos distintos dos fatores determinantes de novas especializações tecnológicas, e com isso, não se pode pensar em uma política tecnológica de tamanho e formato único. Pois, cada região possui especificidades de sua estrutura produtiva e organizacional que devem ser levadas em conta na formulação da política, reprimindo os problemas e superando os gargalos; (ii) As estratégias de criação de vantagens tecnológicas reveladas devem considerar a relevância da proximidade entre as tecnologias, sobretudo, no Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país; (iii) As políticas regionais precisam levar em consideração a importância da sofisticação das tecnologias no Brasil, especialmente, no Sul e Sudeste na busca de desenvolvimento de novas especializações tecnológicas regionais; (iv) Faz necessário estimular novas especializações tecnológicas relacionadas à estrutura tecnológica preexistente, para além de tecnologias radicais. Esta indicação, não significa dizer que as estruturas tecnológicas serão mais especializadas (ou seja, menos diversificada), mas alavancar os pontos fortes existentes nas quais as regiões podem criar vantagem comparativa em atividades de alto valor agregado. Essas ideias são promovidas pela especialização inteligente - RIS3 (*Regional Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation*).

Por fim, a lacuna que se coloca consiste na capacidade do estado em governar de forma eficaz as políticas tecnológicas para um país com múltiplas especificidades.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. DA M. E et al. A Distribuição espacial da produção científica e

- tecnológica brasileira: uma descrição de estatísticas de produção local de patentes e artigos científicos. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 1, n. 2, p. 225–251, 2002.
- ARCHIBUGI, D.; PIANTA, M. Specialization and size of technological activities in industrial countries: The analysis of patent data. **Research Policy**, v. 21, n. 1, p. 79–93, 1992.
- BALASSA, B. Trade Liberalisation and “Revealed” Comparative Advantage. **The Manchester School**, v. 33, n. 2, p. 99–123, maio 1965.
- BALLAND, P.-A. Relatedness and the geography of innovation. In: SHEARMU, R.; CARRINCAZEAUX, C.; DOLOREUX, D. (Eds.). **Handbook on the Geographies of Innovation**. [s.l.] Edward Elgar Publishing, 2016. p. 127–141.
- BALLAND, P. A. et al. Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. **Regional Studies**, v. 53, n. 9, p. 1252–1268, 2018.
- BALLAND, P. A.; RIGBY, D. The Geography of Complex Knowledge. **Economic Geography**, v. 93, n. 1, p. 1–23, 2017.
- BOSCHMA, R.; BALLAND, P.; KOGLER, D. F. 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**, v. 24, n. 1, p. 223–250, 2014.
- BUNNELL, T. G.; COE, N. M. Spaces and scales of innovation. **Progress in Human Geography**, v. 25, n. 4, p. 569–589, 2001.
- CASALI, G. F. R.; SILVA, O. M. DA; CARVALHO, F. M. A. SISTEMA REGIONAL DE INOVAÇÃO: ESTUDO DAS REGIÕES BRASILEIRAS. **Economia contemporânea**, v. 14, n. 3, p. 515–550, 2010.
- DINIZ, C. C.; VIEIRA, D. J. Ensino Superior e Desigualdades Regionais: notas sobre a experiência recente do Brasil. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 36, n. 129, p. 99–115, 2015.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, v. 22, n. 2, p. 102–103, 1993.
- GONÇALVES, E. O Padrão Espacial da Atividade Inovadora Brasileira: **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 37, n. 2, p. 405–433, 2007.
- GONÇALVES, E.; DE MATOS, C. M.; DE ARAÚJO, I. F. Path-Dependent Dynamics and Technological Spillovers in the Brazilian Regions. **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 12, n. 3, p. 605–629, 2018.
- GREENE, W. **Fixed and Random Effects in Nonlinear Models** New York: 01. New York: [s.n.]. Disponível em: <<http://people.stern.nyu.edu/wgreene/panel.pdf>>.
- HIDALGO, C. et al. The Product Space Conditions the Development of Nations. **Science**, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.
- HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 26, p. 10570–10575, 2009.
- HUANG, H.; MIOZZO, M. Patterns of technological specialisation in Latin American and East Asian countries: an analysis of patents and trade flows. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 14, n. 7, p. 615–653, 2004.
- IBGE. **PIA EMPRESA - 2011**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html?edicao=17128&t=downloads>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific. **Research Policy**, v. 25, n. 3, p. 451–478, 1996.
- MARQUES, M. D.; ROSELINO, J. E.; MASCARINI, S. Taxonomias tecnológicas e setoriais da indústria de transformação brasileira. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 18, n. 2, p. 417–448, 2019.
- MONTEIRO NETO, A.; SILVA, R. D. O. **Desconcentração territorial e reestruturação regressiva da indústria no Brasil: Padrões e ritmos**. Brasi: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/211353/1/102991267X.pdf>>.
- MONTENEGRO, R. L.; GONÇALVES, E.; ALMEIDA, E. Dinâmica Espacial e Temporal da Inovação no Estado de São Paulo: Uma Análise das Externalidades de Diversificação e Especialização. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 41, n. 4, p. 743–776, 2011.
- MONTRESOR, S.; QUATRARO, F. Regional Branching and Key Enabling Data Regional Branching and Key Enabling Patent Data. **Economic Geography**, v. 93, n. 4, p. 367–396, 2017.
- MUSSKOPF, D. B.; LUZ, M. C. V. DA. Evidências a partir do portfólio de patentes. **Radar**, v. 41, p. 19–32, 2015.
- PATEL, P.; PAVITT, K. Large Firms in the Production of the World’s Technology: An Important Case of “Non-Globalisation”. **Journal of International Business Studies**, v. 22, n. 1, p. 1–21, 1991.
- PATEL, P.; PAVITT, K. The technological competencies of the world’s largest firms: Complex and path-dependent, but not much variety. **Research Policy**, v. 26, n. 2, p. 141–156, 1997.
- PETRALIA, S.; BALLAND, P. A.; MORRISON, A. Climbing the ladder of technological development. **Research Policy**, v. 46, n. 5, p. 956–969, 2017.
- PICCI, L.; SAVORELLI, L. **The Technological Specialization of Countries: An Analysis of Patent Data**. St. Andrews: [s.n.]. Disponível em: <<https://research-repository.st-andrews.ac.uk/bitstream/handle/10023/4099/1301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.
- RIGBY, D. L. Technological Relatedness and Knowledge Space: Entry and Exit of US Cities from Patent Classes Technological. **Regional Studies**, v. 49, n. 11, p. 1922–1937, 2015.
- RUIZ, A. U. Persistência versus mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil. **Economia e Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 403–427, 2008.
- RUIZ, A. U. Especialización tecnológica, captura y formación de competencias bajo integración de mercados: comparación entre Asia y América Latina. **Economia e Sociedade**, v. 22, n. 3, p. 641–673, 2013.
- SANTOS, S. M. **O desempenho das universidades brasileiras nos rankings internacionais: áreas de destaque da produção científica brasileira**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2015.
- TÖDTLING, F.; TRIPPL, M. One size fits all?: Towards a differentiated regional innovation policy approach. **Research Policy**, v. 34, n. 8, p. 1203–1219, 2005.
- TRAIN, K. E. **Discrete choice methods with simulation**. Second ed. California: Cambridge University Press, 2003.