

DIVERSIFICAÇÃO E SOFISTICAÇÃO DAS EXPORTAÇÕES: UMA APLICAÇÃO DO *PRODUCT SPACE* AOS DADOS DO BRASIL

Diversification and sophistication of exports: an application of the product space to brazilian data

Elton Eduardo Freitas

Doutorando em Economia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Cedeplar/UFMG.
E-mail: eltonfreitas@cedeplar.ufmg.br.

Emília Andrade Paiva

Doutora em Geografia. Tratamento da Informação Espacial, PUC/MG. E-mail: emiliapaiva.br@gmail.com.

Resumo: A busca pela identificação de fatores que possam explicar a grande heterogeneidade no desenvolvimento econômico de países ou regiões sempre desafiou cientistas sociais. Esta questão é particularmente importante no Brasil, país caracterizado por enormes e persistentes desigualdades. Uma das faces mais marcantes das desigualdades brasileiras é a desigualdade regional, com as regiões Sul e Sudeste concentrando a maior parte da atividade econômica e da renda e apresentando os melhores níveis de educação, saúde, infraestrutura e qualidade de vida. Como abordagem alternativa no debate sobre as diferenças em padrões de crescimento entre países, o *Product Space* parte de dados de exportação para estabelecer associações que permitem identificar os novos produtos que podem alavancar o desenvolvimento econômico de cada localidade, considerando o que ela já exporta. A metodologia *Product Space* foi aplicada a dados de comércio exterior dos municípios brasileiros a fim de analisar a evolução das exportações brasileiras e sua sofisticação no período entre 2002-2014. Ademais, testamos se há evidências de autocorrelação espacial no nível de sofisticação dos municípios. A partir da análise exploratória de dados espaciais das exportações, diversidade e da sofisticação em todos os municípios brasileiros, este trabalho contribui para o debate acerca da desigualdade regional no Brasil.

Palavras-chave: Product Space; Desigualdades Regionais; Análise Espacial; Complexidade Econômica; Exportações.

Abstract: The search to identify factors that might explain the great heterogeneity in economic development and the quality of life of countries or regions always challenged social scientists. This is particularly important in Brazil, a country characterized by huge and persistent inequalities. One of the most striking faces of Brazilian inequality is regional inequality, with the South and Southeast regions concentrating most of the economic activity and income and providing the best levels of education, health, infrastructure and quality of life. As an alternative approach in the debate about the differences in growth patterns between countries, the Product Space methodology use export data to establish associations for identifying new products that can leverage the economic development of each locality, considering what it already exports. The Product Space methodology was applied to foreign trade data of Brazilian municipalities. The paper analyzes the evolution of Brazilian exports and sophistication in the period 2002-2014, in order to also identify whether there is evidence of spatial autocorrelation in the level of sophistication of the municipalities. From the exploratory analysis of spatial data exports, diversity and sophistication in all Brazilian municipalities, this paper contributes to the debate about regional inequality in Brazil.

Key words: Product Space; Regional Inequalities; Spatial Analysis; Economic Complexity; Exports.

JEL CODES: R11, R15.

1 Introdução

O debate sobre os fatores que explicam diferentes níveis de desenvolvimento econômico permeia a teoria econômica praticamente desde sua origem (JONES, 2000; MEIER; STIGLITZ, 2001). Entre os primeiros temas a interessar aos economistas estão os efeitos que a especialização no comércio entre países ou regiões tem nos níveis de desenvolvimento dos países envolvidos. O conceito de vantagens comparativas – ainda influente na literatura – foi introduzido em 1831 por David Ricardo, que argumentou que o comércio entre duas regiões pode ser benéfico para ambas se cada uma delas se especializar naquilo em que é mais produtiva (MEIER; STIGLITZ, 2001). O que determina a vantagem comparativa de cada região ou país, segundo a teoria ricardiana, é exclusivamente o diferencial de produtividade do trabalho entre as regiões, devendo esta diferença de produtividade definir aquilo em que cada uma deve se especializar (MEIER; STIGLITZ, 2001). Ou seja, a teoria de Ricardo prevê que países se especializarão naqueles poucos produtos nos quais tiverem vantagem comparativa e que esta vantagem resulta de apenas um fator de produção – a mão de obra (MEIER; STIGLITZ, 2001).

O conceito de vantagem comparativa se tornou importante no debate sobre comércio internacional desde então, debate este que passou a ser cada vez mais complexo na medida em que novos modelos introduziram outras restrições, conceitos e variáveis. O modelo de Hecksher-Olin, do início dos anos 1900, por exemplo, parte da teoria das vantagens comparativas de Ricardo para introduzir outros fatores de produção além da mão de obra, que é o foco do modelo ricardiano (JONES, 2000). Segundo o teorema de Hecksher-Olin, um país exportará aqueles bens cujos fatores de produção ele tem em abundância. Ou seja, países com muito capital exportarão bens intensivos em capital e países com abundância de mão de obra exportarão produtos intensivos em mão de obra (JONES, 2000). Como consequência, o padrão de comércio internacional é determinado pelas diferenças na dotação de fatores entre países (JONES, 2000 p. 36).

Leontief nos anos 1950 testou a validade do teorema de Hecksher-Olin utilizando dados de exportação dos Estados Unidos (JONES, 2000). Ele concluiu que, embora este fosse um país abundante

em capital comparado com outros países, os Estados Unidos não eram especializados na exportação de bens intensivos em capital, como previa a teoria de Hecksher-Olin, importando mais produtos intensivos em capital do que os exportando. Inúmeros debates se sucederam a partir do paradoxo de Leontief, questionando tanto a aplicabilidade do modelo de Hecksher-Olin, quanto a correção da aplicação empírica do modelo original por Leontief (JONES, 2000).

Desde então, com o processo de globalização, as relações de comércio internacional se tornaram cada vez mais dinâmicas, e os modelos econômicos mais complexos, com a introdução de variáveis que vão da disponibilidade de recursos naturais até diferenças em tecnologia. Ainda com muitas controvérsias, o debate continua atraindo a atenção daqueles que buscam entender como as relações comerciais entre países se associam com o nível de desenvolvimento de cada um deles. Como exemplo de modelos relevantes para a discussão sobre crescimento econômico, Jones (2000 p. 36) cita o modelo de Solow, de 1956, que “[...] recorre às diferenças nas taxas de investimento e nas taxas de crescimento populacional e (talvez) das diferenças exógenas na tecnologia para explicar diferenças nas rendas per capita [...]”, as contribuições de Mankiw, de 1992, que testou o bom desempenho empírico do modelo de Solow e propõem melhorá-lo ao reconhecer que a mão de obra de diferentes economias têm diferentes níveis de instrução e qualificação, ampliando o modelo para incluir o capital humano e a formalização da relação entre a economia das ideias e o crescimento econômico, feito por Romer nos anos 1980, tornando endógeno o progresso tecnológico. O que Jones (2000) ressalta sobre todos estes modelos é que eles são sustentados pela hipótese de que as taxas de investimento e o tempo destinado à qualificação são exógenos, deixando sem resposta uma das mais importantes questões das pesquisas sobre crescimento e desenvolvimento econômico. Como ressalta o autor,

Quando perguntados por que alguns países são ricos enquanto outros são pobres, a resposta tem sido a de que os países ricos investem mais em capital e destinam mais tempo ao aprendizado e ao uso de novas tecnologias. Contudo, esta resposta levanta novas indagações: por que alguns países investem mais do que outros e por que as pessoas destinam, em alguns países mais tempo ao aprendizado de novas tecnologias? (JONES, 2000 p. 116).

No contexto específico da geografia, vale destacar o trabalho de Paul Krugman, ganhador do Prêmio Nobel de Economia em 2008, por suas contribuições para a nova teoria do comércio internacional e para a nova geografia econômica. Com relação ao comércio internacional, Krugman (1979) desenvolveu um modelo matemático que coloca economias de escala no centro da discussão sobre comércio internacional. Como enfatiza o autor sobre o modelo proposto,

It shows that trade need not be a result of international differences in technology or factor endowments. Instead, trade may simply be a way of extending the market and allowing exploitation of scale economies, with the effects of trade being similar to those of labor force growth and regional agglomeration. This is a view of trade which appears to be useful in understanding trade among the industrial countries (KRUGMAN, 1979, p. 113).

Anos mais tarde, Krugman (1991) expandiu a questão das economias de escala, até então focadas na tentativa de identificar as diferenças na especialização de produtos no comércio internacional, para explicar a especialização de produção também entre partes de um mesmo território, como, por exemplo, o surgimento de centros urbanos industrializados e periferias agrícolas. Krugman (1991) criticou a economia tradicional que, segundo ele, dava pouca importância à localização dos fatores de produção no espaço, principalmente nas teorias de comércio internacional, “[...] conventionally treats nations as dimensionless points (and frequently assumes zero transportation costs between countries as well)” (KRUGMAN, 1991, p. 483). A partir deste momento, surgiu uma nova corrente de pesquisas que ganhou a denominação de “nova geografia econômica”. Fujita e Krugman (2004) definem de forma simplificada a nova geografia econômica como a tentativa de explicar a formação de uma grande variedade de aglomerações econômicas no espaço geográfico – seja a concentração de lojas e restaurantes num determinado bairro de uma grande cidade, seja no surgimento de disparidades de desenvolvimento entre regiões de um mesmo país, seja na divisão global entre economias do centro e da periferia.

Nas revisões críticas que fazem deste modelo, os autores (FUJITA; KRUGMAN, 2004; KRUGMAN, 1998) reconhecem a longa história dos estudos de economia espacial, destacando os trabalhos de Von Thünen em 1826, Weber em

1909, Christaller em 1933, Lösch em 1940, Isard em 1956 e Henderson em 1974 e tentam avaliar porque é atribuído primordialmente à publicação do artigo “Retornos crescentes e geografia econômica” (KRUGMAN, 1991) o estímulo à onda de trabalhos tanto teóricos quanto empíricos que teria dado início à nova geografia econômica. Entre os principais fatores identificados pelos autores estão:

- a) a criação de um modelo cuja arquitetura básica pode ser aplicada em qualquer circunstância em que o objetivo seja entender onde e porque atividades econômicas se localizam no espaço, seja no contexto de economia urbana ou de comércio internacional (FUJITA; KRUGMAN, 2004);
- b) a adoção de uma estratégia de modelagem que incorporou técnicas da teoria econômica nas quais o comportamento agregado deriva claramente da maximização individual (KRUGMAN, 1998);
- c) a incorporação nesta estratégia de modelagem de maneiras como mudanças graduais em parâmetros podem resultar em alterações na estrutura espacial (KRUGMAN, 1998);
- d) a criação de um arcabouço teórico básico que ilustra como interações entre retornos crescentes no nível da firma, custo de transporte e mobilidade dos fatores de produção podem causar mudanças na estrutura espacial de atividades econômicas (FUJITA; KRUGMAN, 2004; KRUGMAN, 2011).

Thisse (2011) credits a contribuição do trabalho de Krugman para a geografia econômica ao fato de que ele trouxe o conceito de espaço da periferia para o centro da teoria econômica, tornando ideias novas ou já existentes mais palatáveis não só para um exame teórico, mas também para a análise empírica.

A ideia de que a economia mundial, pelas características de dotação de recursos entre países, deveria se dividir entre um centro e a periferia foi criticada por economistas, dentre os quais o argentino Raúl Prebisch, que defendeu a industrialização dos países latinoamericanos, atacando a divisão internacional do trabalho que condenava as economias da considerada periferia a se especializarem na produção de commodities e outros produtos de baixo valor agregado (SIMON, 2006).

2 O *Product Space* como abordagem alternativa

Com a evolução das tecnologias computacionais e o acesso cada vez mais abundante a dados, surgiu no final da década de 2000 um grupo de pesquisadores das universidades americanas *Harvard University* e *Massachusetts Institute of Technology – MIT*, liderados pelos professores Ricardo Hausmann e César Hidalgo, que propôs uma abordagem alternativa ao entendimento das relações entre comércio internacional e desenvolvimento econômico, denominada *Product Space* (Espaço de Produtos). O que o modelo do *Product Space* propõe é que a possibilidade de ser competitivo na produção e exportação de determinado produto depende, além da dotação de recursos mensuráveis – como infraestrutura, terra, capital humano e tecnologia considerados na teoria econômica tradicional – de uma gama de recursos intangíveis, chamados *capabilities* (capacidades). É a disponibilidade destas *capabilities* e sua sofisticação que vai determinar as perspectivas de desenvolvimento econômico de cada país. E o caminho mais factível para o desenvolvimento econômico de um determinado país é introduzir na pauta de exportação produtos que sejam mais sofisticados, porém utilizem as mesmas *capabilities* daqueles produtos que já são produzidos por este país.

Inicialmente Hausmann, Hwang e Rodrik (2007) observaram que um ponto em comum às abordagens econômicas convencionais que buscam explicar como as atividades econômicas se localizam no espaço é que elas são todas baseadas em diferenças na dotação de recursos entre as localidades. Assim, na teoria econômica tradicional, a visão de que o que determina os custos relativos de produção e a subsequente especialização é a dotação de recursos de cada país – sejam eles recursos naturais, capital humano ou a qualidade de suas instituições (HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2007). Como consequência, em geral, países pobres se especializam na produção de bens intensivos em trabalho não qualificado, terra e recursos naturais, enquanto países ricos se especializariam na produção de bens intensivos em infraestrutura, tecnologia e capital (HIDALGO et al., 2007). Diante disto, “[...] attempts to reshape the production structure beyond the boundaries set by these fundamentals are likely to fail and hamper economic performance” (HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2007, p. 1). Se consi-

derarmos que desenvolvimento econômico é o processo de produzir cada vez mais bens intensivos em tecnologia e capital (HIDALGO et al., 2007), é consequência natural que os países que se especializam neste tipo de bens sejam mais propensos ao desenvolvimento econômico, devido ao efeito positivo das externalidades de conhecimento e aprendizado da mão de obra (HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2007; HIDALGO; HAUSMANN, 2008).

Para deixar claro este argumento, a partir do qual Hausmann, Hidalgo e seus coautores (HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2007; HIDALGO et al., 2007; HIDALGO; HAUSMANN, 2008) elaboraram suas contribuições é importante esclarecer como eles simplificaram a divisão dos modelos econômicos tradicionais em dois tipos. Modelos do primeiro tipo explicam a especialização dos países pela existência dos fatores de produção, e assumem que estes fatores de produção podem ser acumulados e combinados na produção de novos e melhores produtos. A velocidade com que os diferentes fatores – capital ou habilidades – são acumulados é que vai determinar a mudança no tipo de produto exportado por aquele país. Já os modelos do segundo tipo enfatizam diferenças tecnológicas e assumem que elas são contínuas, permitindo que países movam sua produção para bens ligeiramente mais avançados tecnologicamente à medida que melhoram a sua tecnologia. Em qualquer um dos dois tipos de modelo, os produtos em si não importam. “The world of products is abstracted away and ignored when thinking about structural transformation and growth” (HIDALGO; HAUSMANN, 2008, p. 5).

A crítica que Hausmann, Hwang e Rodrik (2007) fazem à visão tradicional da análise da relação entre comércio internacional e desenvolvimento econômico é que, embora elas reconheçam o fato de que a especialização em alguns produtos (intensivos em capital e tecnologia) é maior promotora de desenvolvimento do que a especialização em outros produtos (intensivos em mão de obra), os modelos associam estas diferenças aos fatores de produção e tecnologia, mas não aos produtos em si. Os autores argumentam que o tipo do produto no qual cada país se especializa importa tanto quanto os fatores e a tecnologia que fazem parte de sua estrutura produtiva. Como ressaltam:

While fundamentals play an important role, they do not uniquely pin down what a country will produce and export. What is critical to our argument

– and what drives its policy implications – is that not all goods are alike in terms of their consequences for economic performance. Specializing in some products will bring higher growth than specializing in others. (HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2007, p. 1).

Isso porque os produtos são a materialização das *capabilities* que aquele território tem para produzir aquele bem e competir com sua venda no mercado internacional. Um país, ou região, sempre irá exportar os produtos mais sofisticados que tiver condições de produzir com as suas capacidades existentes, pois isto lhe garantirá o melhor retorno econômico. Assim, o que importa em última instância não é a dotação de recursos em si, mas como cada país utiliza estes recursos, juntamente com todo o conhecimento acumulado e os outros fatores intangíveis disponíveis, para produzir valor econômico. E isto pode ser medido através do mix de produtos que cada país exporta no comércio internacional (HAUSMANN et al., 2011; HIDALGO; HAUSMANN, 2009; HIDALGO et al., 2007).

O argumento que deu origem ao *Product Space* é o de que a cesta de produtos exportados é importante em si, pois cada produto carrega um mix de *capabilities* que determina oportunidades diferentes de desenvolvimento econômico futuro. Assim, Hausmann, Hwang e Rodrik (2007) propuseram a construção de uma medida de produtividade da pauta de exportações, denominado EXPY, correspondente ao nível de produtividade associado aos produtos exportados. Na base deste conceito está o argumento de que quanto mais um país conseguir exportar produtos com níveis de produtividade altos (produtos mais sofisticados), maior será o seu potencial de desenvolvimento econômico futuro, uma vez que isto reflete um estoque de *capabilities* capaz de se reorganizar na produção de outros produtos também sofisticados (HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2007). Ou seja, a prosperidade de um país, assim como seu potencial de crescimento futuro, está diretamente relacionada não apenas a quanto este país exporta, mas também a o que ele exporta (HAUSMANN; KLINGER, 2007). Dado o mesmo valor de exportações, exportar bens mais sofisticados (que refletem um estoque de maiores *capabilities*, com maiores possibilidades de recombinações) resulta em mais desenvolvimento do que exportar bens menos sofisticados (que refletem um estoque de

menores *capabilities*, com menores possibilidades de recombinação).

3 O modelo *Product Space*

Hidalgo et al. (2007) utilizam informações a respeito da quantidade de bens produzidos e da competitividade desses bens para inferir o nível de sofisticação de cada economia. Essa abordagem representa uma considerável contribuição à literatura que analisa os determinantes do desenvolvimento, uma vez que é extremamente difícil observar e medir o conjunto de capacidades existentes em cada economia.

Para determinar os níveis de diversificação e de sofisticação de cada economia, os autores se valeram do índice de vantagens comparativas reveladas¹ (VCRs), desenvolvido por Balassa (1965), conforme descrito na equação:

$$VCR_{jkt} = \left[\frac{X_{jkt} / \sum_k X_{jkt}}{\sum_j X_{jkt} / \sum_j \sum_k X_{jkt}} \right] \quad (1)$$

A interpretação do índice de VCR é simples e intuitiva. Se $VCR > 1$, temos que o país é um exportador efetivo de um dado bem k , ou seja, possui elevada competitividade na produção e comercialização desse determinado bem. Por outro lado, se $VCR < 1$, então o país não é competitivo na produção do bem k .

Utilizando dados de comércio mundial que possuem grande abrangência e são disponíveis em elevados níveis de desagregação, Hidalgo et al. (2007) demonstraram como o número de produtos com VCR se relaciona ao nível de desenvolvimento econômico de cada país.

Buscando entender qual a melhor estratégia para cada país elevar seu nível de desenvolvimento econômico, Hausmann e Klinger (2007) e Hidalgo et al. (2007) desenvolveram o *Product Space*. Hidalgo et al. (2007) se beneficiaram da abrangência e do refinamento da base de comércio do UN Comtrade para determinar a existência de conexões entre a exportação de diferentes produtos. A metodologia desenvolvida pelos autores utiliza-se de probabilidades condicionais para estabelecer conexões entre produtos. Probabilidades de se exportar um determinado produto, dado que

¹ Observe que o VCR também é conhecido como Quociente Locacional (QL) caso a variável x fosse emprego de um setor k em uma localidade j .

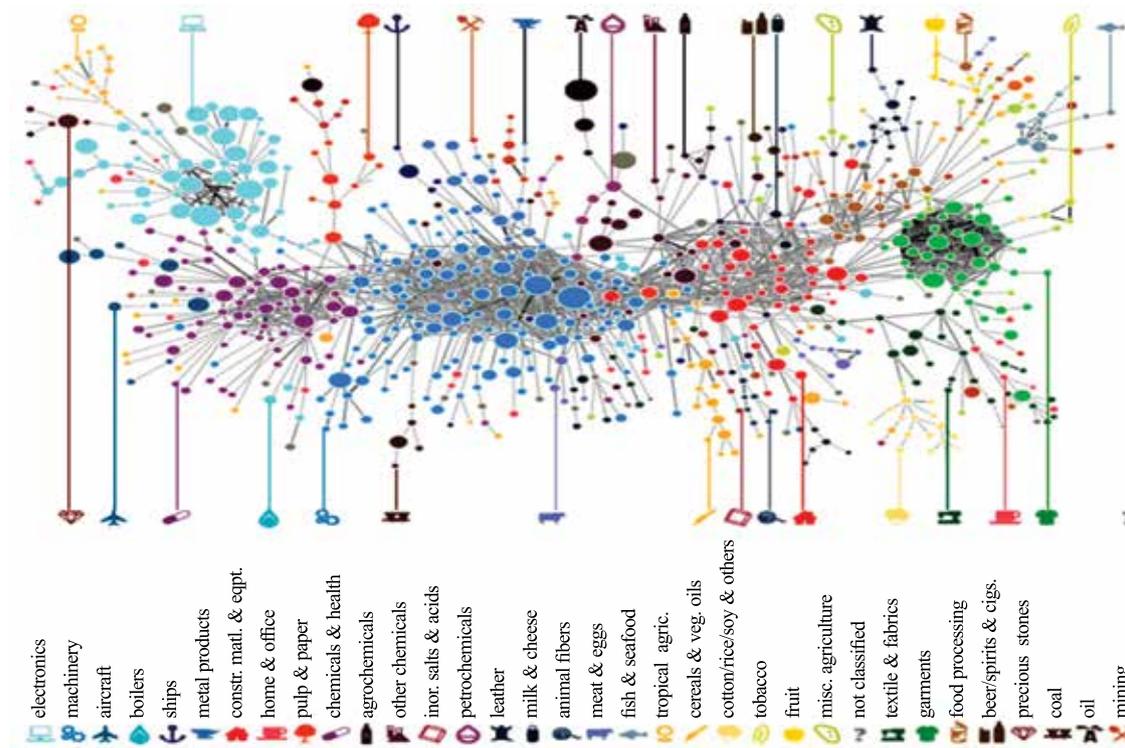
se exporta um outro produto, são calculadas para cada produto e cada país. Essas probabilidades, chamadas de proximidade, são então usadas para determinar qual a força das ligações entre os diferentes produtos. Intuitivamente, subjacente a essa metodologia está a ideia de que a produção de diferentes tipos de produto requer diferentes capacidades, ao passo que certos produtos requerem capacidades semelhantes para a sua produção. Dai deriva-se a proximidade entre diferentes produtos (Hidalgo et al., 2007).

Utilizando dados de comércio internacional classificados segundo a SITC (Revisão 2) 4-dígitos, Hausmann et al. (2011) calcularam uma matriz de proximidade revelada entre todos os pares de bens. Posteriormente, os autores criaram então o *Product Space*, que é um mapa de aglomeração hierárquica com base na matriz definida anteriormente, como ilustrado na Figura 1. Na periferia desse mapa de aglomeração hierárquica estão representados os produtos cujas habilidades requeridas possuem poucos usos alternativos. No centro do mapa encontram os produtos com habilidades que possuem maior número de conexões com outros setores, o que permite maior diversificação e elevada perspectiva de crescimento e desenvolvimento econômico futuro.

Usando o *Product Space*, Hidalgo et al. (2007) demonstraram que países subdesenvolvidos produzem bens com baixo número de ligações inter indústrias, o que dificulta o processo de diversificação produtiva desses países. Por outro lado, o oposto se aplica a países desenvolvidos. Dessa forma, a abordagem dos autores conduz a três importantes conclusões: (i) países diferentes se deparam com oportunidades diferentes de crescimento e diversificação produtiva, em função de sua estrutura produtiva e das capacidades associadas a ela; (ii) mudança estrutural e crescimento econômico sofrem dependência de trajetória, dado que a estrutura produtiva inicial de cada país reflete um grupo diferente de capacidades, e são essas capacidades que determinam as possíveis trajetórias de desenvolvimento futuro; e (iii) mover a produção rumo a indústrias produtoras de bens mais sofisticados leva tempo, dado que esse processo requer o aprendizado de novas capacidades, e bens de baixa sofisticação são associados a poucas indústrias (HIDALGO et al. 2007).²

2 Hidalgo et al. (2007, p. 487) simularam como a posição de cada país evolui ao mover-se repetidas vezes para a produção com proximidade superior a um determinado valor. Essas simulações revelaram que, em geral, apenas após 20 iterações países pobres alcançaram a produção de bens de alta sofisticação no *Product Space*.

Figura 1 – *Product Space*



Fonte: Hausmann et al. (2011).

Outra importante limitação das medidas propostas por Hidalgo et al. (2007) é que as mesmas não explicam por que produtos exportados por países ricos são importantes para o desenvolvimento. O índice PRODY é baseado na suposição de que bens sofisticados são os bens exportados por países de renda elevada. Como Felipe et al. (2012a) ressalta, isso faz com que a metodologia seja circular. Além disso, essa forma de cálculo da sofisticação do produto parece gerar certas distorções, atribuindo sofisticação elevada a certos produtos que não parecem a princípio serem sofisticados. Para ilustrar esse problema, Reis e Farole (2012) ressaltam que o PRODY de bacon e presunto é mais elevado do que o PRODY de motores de combustão interna.

Hidalgo e Hausmann (2009) buscaram solucionar essa limitação desenvolvendo medidas alternativas de sofisticação do produto e do país. Hidalgo e Hausmann (2009) elaboraram índices que medem a diversificação e a ubiquidade (ou exclusividade, que está relacionada à sofisticação do bem) da produção de cada país. Os autores definem diversificação como o número de produtos que cada país exporta com VCRs. Ubiquidade, por sua vez, é definida como o número de países que exportam o mesmo produto com VCR. Formalmente, portanto:

$$D_{jt} = \sum_k N_{jkt} \quad (2)$$

$$U_{kt} = \sum_j N_{jkt} \quad (3)$$

onde D denota diversificação, U denota ubiquidade, e $N=1$ se o país j exporta o produto k com VCR no ano t , e $N=0$ caso contrário. Dessa forma, quanto maior a diversificação do país, maior sua sofisticação. Em contrapartida, quanto menor a ubiquidade do bem, maior é sua sofisticação.

Analisando essas medidas, Hidalgo e Hausmann (2009) e Felipe et al. (2012a) mostraram que há uma forte correlação negativa entre ubiquidade e diversificação, o que significa que países mais diversificados em geral produzem também produtos mais sofisticados (menos ubíquos). Esse resultado é compatível com a abordagem teórica discutida anteriormente. Os autores também encontram elevada correlação entre diversificação e nível de renda. Mais importante, os resultados encontrados indicam ainda que há elevada dependência de trajetória na estrutura de comércio de cada país,

também em conformidade com a teoria estruturalista e com a abordagem das capacidades, as quais ressaltam que movimentos da estrutura produtiva e das capacidades existentes em cada país se dão gradualmente através do tempo. De fato, Felipe et al. (2012a) encontra que as medidas propostas por Hidalgo e Hausmann (2009) apresentam elevada correlação com medidas de capacidades usadas na literatura Schumpeteriana (i.e. ARCHIBUGI; COCO, 2005). Em outras palavras, essa análise evidencia que as mudanças estruturais de cada país se dão a partir dos bens produzidos em cada período, levando-se em consideração as conexões do *Product Space*.

Entretanto, diversidade e ubiquidade são aproximações grosseiras da variedade de capacidades disponíveis em um país ou exigidas por um produto (HAUSMANN et al., 2011). Por um lado, um país com baixa diversificação que produz bens de baixa ubiquidade pode ser considerado mais sofisticado que um país com diversificação semelhante, mas que produz bens com elevada ubiquidade. Analogamente, um bem com elevada ubiquidade produzido por países com baixa diversificação pode ser considerado menos sofisticado do que um produto com ubiquidade semelhante, mas produzido por países com elevada diversificação. Combinando as duas medidas, portanto, é possível obter medidas mais precisas de sofisticação do produto e do país. Conforme Hausmann et al. (2011) argumentam, esse processo pode ser repetido para elevar progressivamente o nível informação capturado pelas medidas, as quais convergem depois de algumas iterações. Formalmente, portanto:

$$ISP_{kt,n} = \left[\frac{I}{U_k} \right] \sum_j N_{jkt} ISE_{jt, n-1} \quad (4)$$

$$ISE_{jt,n} = \left[\frac{I}{D_{jt}} \right] \sum_k N_{jkt} ISP_{kt, n-1} \quad (5)$$

onde ISE e ISP são os índices de sofisticação econômica e do produto, respectivamente. Além disso, n é o número de iterações. Note-se, ainda, que $ISE_{jt,0} = D_{jt}$ e $ISP_{kt,n-1} = U_{kt}$.

As medidas desenvolvidas por Hidalgo et al. (2007) e Hidalgo e Hausmann (2009) foram utilizadas em diversos estudos para analisar as trajetórias de desenvolvimento de diferentes países, levando em consideração mudanças em sua estrutura produtiva. Felipe, Kumar e Abdon (2010), por exemplo, usaram os índices PRODY e EXPY

para argumentarem que o baixo crescimento e os recorrentes problemas no balanço de pagamentos observados no Paquistão foram resultado da incapacidade do país de mover sua produção rumo a indústrias mais sofisticadas. Felipe et al. (2012a) analisaram mais detidamente as características de cada produto e país em relação à sua sofisticação, ubiquidade e diferenciação. Os resultados obtidos pelos autores confirmam que os maiores exportadores de produtos de alta complexidade são países de alta renda, enquanto países de baixa renda normalmente exportam produtos de baixa complexidade. Além disso, observam ainda que produtos de maior teor tecnológico apresentam maior sofisticação, enquanto produtos de menor teor tecnológico, em particular relacionados a bens primários, possuem menor sofisticação. Felipe et al. (2012b), por sua vez, usaram os índices ISP e ISE para argumentar que a trajetória de desenvolvimento Chinesa, bem sucedida até o momento, tem sido pautada no progressivo aumento do número de bens sofisticados (especialmente máquinas e eletrônicos) produzidos com VCRs.

4 O índice de sofisticação econômica adaptado – ISEa

O Índice de Sofisticação Econômica não pode ser calculado para unidades geográficas menores que países, pois a matriz de VCRs utilizada no cálculo dos indicadores é montada com países e não faz sentido incluir na mesma matriz municípios de um único país, por exemplo.

Desta forma, propomos aqui o cálculo de um novo indicador para identificar as localidades brasileiras que exportam produtos de alta complexidade, que chamaremos de Índice de Sofisticação Econômica Adaptado (ISEa).

Estabelecemos para o cálculo do índice ISEa os seguintes pressupostos:

- a) A sofisticação da pauta de exportação será baseada na complexidade dos produtos exportados pela localidade (quanto maior o ISP de cada produto exportado, mais sofisticada a exportação de uma localidade);
- b) Contribuirão mais para a sofisticação das exportações aqueles produtos que a localidade exporta com vantagem comparativa revelada;

- c) Contribuirão mais para a sofisticação das exportações aqueles produtos cuja a localidade tem a maior representatividade no total exportado do produto no país (quanto maior a participação da proporção de cada produto exportado pela localidade no total exportado do produto pelo Brasil, mais sofisticada a exportação dessa localidade);

A partir destes três pressupostos, propõe-se o cálculo do ISEa como sendo a média dos ISP dos produtos exportados naquele ano por uma dada localidade, ponderados pelo valor exportado de cada produto como proporção do valor total deste produto exportado no Brasil e pelo VCR do produto na respectiva localidade, neste mesmo ano, conforme especificado abaixo:

$$ISEa_l = \sum p \left(\frac{X_{pl}}{X_p} \right) \cdot VCR_{pl} \cdot ISP_p \quad (6)$$

Onde:

$ISEa_l$ = Índice de Sofisticação Econômica adaptado da localidade l;

X_{pl} = Exportação do produto p na localidade l;

X_p = Exportação do produto p no Brasil;

VCR_{pl} = VCR (vantagem comparativa revelada) do produto p na localidade l;

ISP_p = ISP (sofisticação do produto) do produto p;

5 Análise dos resultados

5.1 A evolução das exportações no Brasil entre 2000 e 2012

As exportações brasileiras cresceram significativamente no período 2002-2014, passando de aproximadamente US\$ 60 bilhões em 2002 para mais de US\$225 bilhões em 2014, conforme registros de todas as transações realizadas no período, feitos na Secretaria de Comércio Exterior – SECEX. Embora este crescimento tenha se dado em todas as regiões do País, ele ocorreu de forma mais significativa nas regiões Centro-Oeste (crescimento de 1.108%) e Norte (crescimento de 425%), ocasionando o aumento na participação relativa destas regiões no total exportado pelo Brasil. A região Centro-Oeste teve sua participação relativa mais do que triplicada – de 2,8% para 9,0% entre 2002 e 2014 – enquanto a participação da região

Norte aumentou de 5,6% para 7,8% no mesmo período. As regiões Sul e Sudeste perderam participação relativa na pauta de exportações brasileiras, caindo entre 2000 e 2012 de 25,1% para 20,8% e

de 59,0% para 55,6%, respectivamente. A participação da região Nordeste neste período teve uma leve redução na participação, de 7,5% para 6,8% (Tabela 1).

Tabela 1 – Exportações por região brasileira, 2002 a 2014

Região	2002		2014	
	Exportações (em US\$)	Participação (%)	Exportações (em US\$)	Participação (%)
Norte	3.360.880.326,00	5,6	17.630.959.149,00	7,8
Nordeste	4.546.151.448,00	7,5	15.326.774.410,00	6,8
Sudeste	35.661.609.889,00	59,0	125.015.505.764,00	55,6
Sul	15.191.532.977,00	25,1	46.773.031.506,00	20,8
Centro-Oeste	1.678.262.715,00	2,8	20.273.845.951,00	9,0
Brasil	60.438.437.355,00	100,0	225.020.116.780,00	100,0

Fonte: Secex, elaboração própria.

O crescimento das exportações entre 2002 e 2014 se deu tanto pelo aumento no valor médio exportado por município, quanto no aumento do número de municípios exportadores – de 1.718 em 2008 (30,8% do total de municípios brasileiros)

para 1.913 em 2014 (34,3% do total). O aumento no número de municípios exportadores neste período se deu em todas as regiões, com taxas que variaram de 4,5% na região Sul a 46,7% na região Centro-Oeste (Tabela 2).

Tabela 2 – Quantidade de municípios exportadores no Brasil, 2002 a 2014

Região	2002		2014	
	Número de Municípios	Participação (%)	Número de Municípios	Participação (%)
Norte	112	6,5	117	6,1
Nordeste	272	15,8	308	16,1
Sudeste	661	38,5	733	38,3
Sul	551	32,1	576	30,1
Centro-Oeste	122	7,1	179	9,4
Brasil	1.718	100,0	1.913	100,0

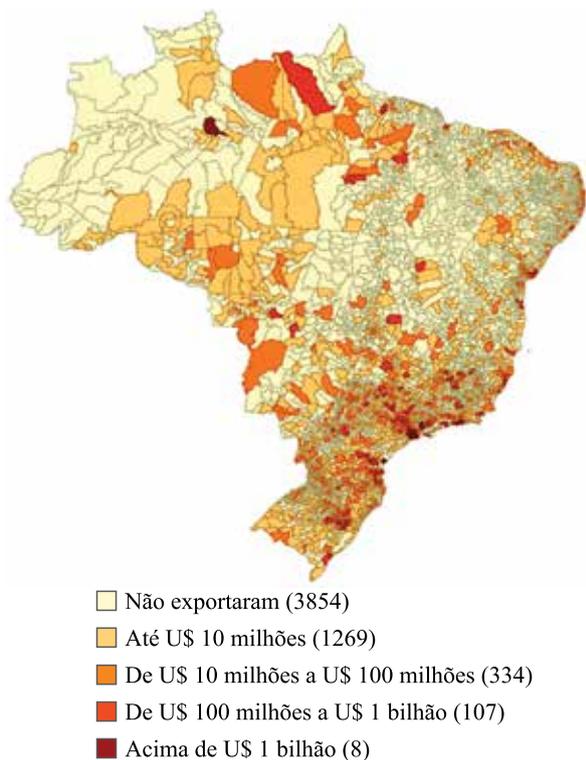
Fonte: Secex, elaboração própria.

As figuras da distribuição espacial das exportações dos municípios brasileiros em 2002 (Figura 2) e 2014 (Figura 3) mostram os fenômenos descritos nas tabelas anteriores – tanto o crescimento no número de municípios exportadores em todas as regiões, principalmente a Centro-Oeste, quanto o aumento no valor exportado em grande parte dos municípios.

Com relação ao aumento no número de municípios exportadores, vemos na comparação das Fi-

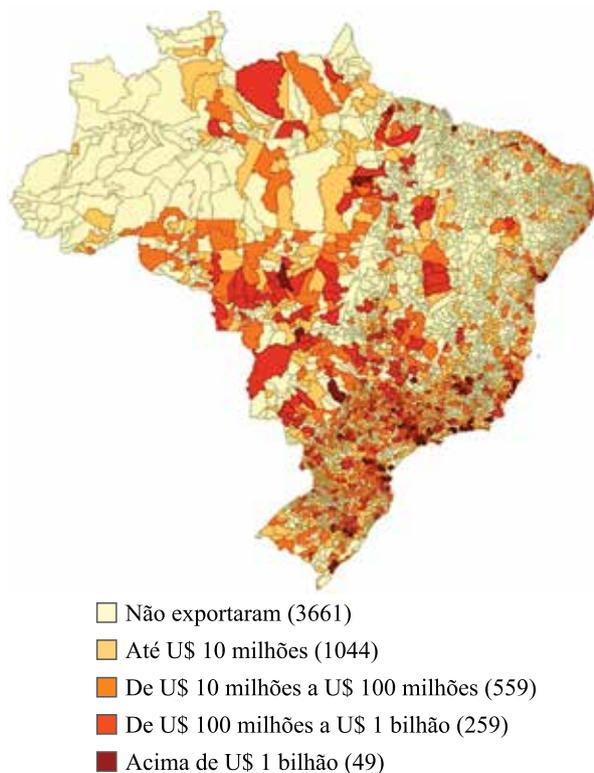
guras 2 e 3 que, enquanto em 2002 havia uma concentração de municípios exportadores no Sudeste e no Sul, há em 2012 uma dispersão em direção às regiões Norte e Centro-Oeste. Já com relação ao valor exportado por município, vemos a queda na quantidade de municípios que exportaram anualmente até US\$ 10 milhões, de 1.269 em 2002 para 1.044 em 2014. No mesmo período, o número de municípios que exportaram entre US\$ 10 milhões e US\$ 1 bilhão cresceu de 441 para 808.

Figura 2 – Exportações brasileiras por município (2002)



Fonte: Secex, elaboração própria.

Figura 3 – Exportações brasileiras por município (2014)



Fonte: Secex, elaboração própria.

Considerando os maiores municípios exportadores – aqueles que exportaram anualmente mais de US\$ 1 bilhão – podemos verificar tanto o seu crescimento quantitativo quanto sua dispersão no território nacional entre 2002 (Figura 2) e 2014 (Figura 3). Em 2002, apenas oito municípios exportaram este valor, todos eles localizados em apenas quatro estados – São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Paraná. Já em 2014, 49 municípios exportaram acima de US\$ 1 bilhão, estando eles espalhados pelas cinco regiões do País.

5.2 A diversidade das exportações dos municípios brasileiros

No modelo de análise de fatores associados ao desenvolvimento econômico proposto pelo *Product Space*, uma das variáveis relevantes é a diversidade de produtos exportados. À luz deste modelo, uma alta diversidade na pauta de exportações reflete uma variedade de capacidades produtivas tangíveis e intangíveis (*capabilities*) que, combinadas de maneiras diferentes, permitirão à localidade ser competitiva na exportação de cada vez mais produtos, garantindo o seu desenvolvimento econômico sustentável.

Iniciaremos a avaliação da evolução na distribuição espacial das complexidade das exportações brasileiras a partir da diversidade das exportações de seus municípios, identificam-se aqueles que possuem a maior variedade de produtos exportados e, deste modo, o maior potencial de crescimento econômico diversificado e sustentável no futuro.

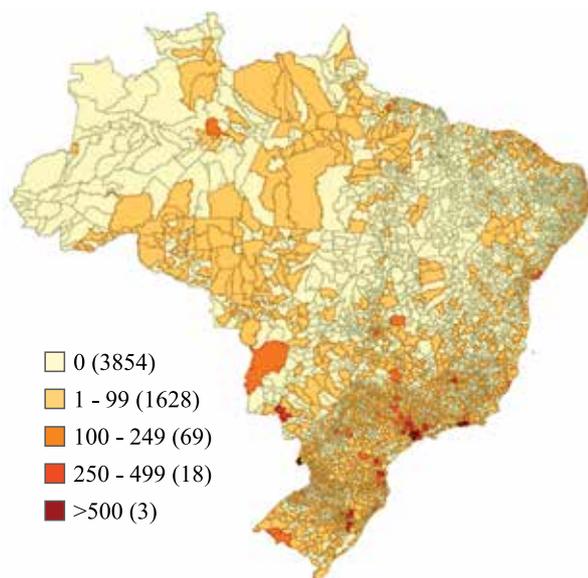
A Figura 4 mostra que a grande maioria dos municípios exportadores no Brasil possui uma pauta pouco diversificada, concentrada em poucos produtos. Em 2002, 95% dos municípios exportadores comercializaram até 99 produtos diferentes, apenas 5% mais de 100 produtos. Do ponto de vista das desigualdades regionais, fica evidente na Figura 4 que em 2002 a maioria dos municípios que possuíam uma pauta exportadora diversificada estavam concentrados nas regiões Sudeste e Sul, principalmente no estado de São Paulo, nas áreas metropolitanas das capitais e nas regiões de fronteira.

Os municípios que se destacavam por sua diversidade de exportações na região Nordeste em 2002 são algumas capitais, como Fortaleza,

Salvador e Recife e nas regiões Centro-Oeste e Norte são municípios de fronteira, como Guajará Mirim (RO), Corumbá e Ponta Porã (MS), além de Manaus devido à Zona Franca. Estes dados corroboram as evidências apresentadas na seção anterior de que a dispersão da exportação por um número maior de municípios teve pouco impacto na diversificação da economia destas localidades.

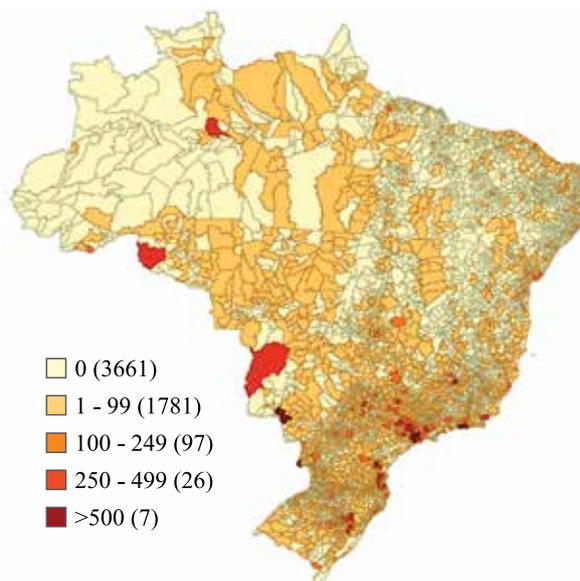
Apesar do aumento do número de municípios exportadores entre 2002 e 2014, a distribuição da diversidade de exportações permaneceu praticamente inalterada no período: 93% dos municípios exportadores comercializaram até 99 produtos diferentes, apenas 7% mais de 100 produtos. A distribuição especial dos municípios por diversidade das exportações também permaneceu praticamente inalterada, ainda concentrada nas regiões Sul e Sudeste, principalmente em São Paulo e nas áreas metropolitanas das capitais. Norte, Nordeste e Centro-Oeste continuaram caracterizados em 2014 por municípios com baixa diversidade de exportações, ainda com as exceções de algumas capitais, regiões de fronteira e Manaus.

Figura 4 – Diversidade de produtos exportados por município brasileiro, 2002



Fonte: Secex, elaboração própria.

Figura 5 – Diversidade de produtos exportados por município brasileiro, 2014



Fonte: Secex, elaboração própria.

5.3 Índice de sofisticação das exportações dos municípios brasileiros

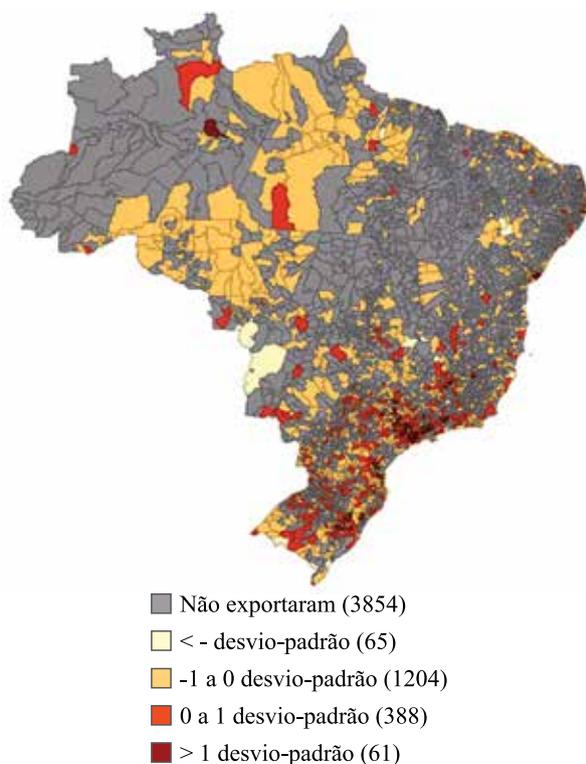
Uma segunda variável relevante ao desenvolvimento econômico proposto pelo *Product Space* é a complexidade dos produtos exportados. À luz deste modelo, uma pauta de exportações que compreende produtos de alta complexidade, assim como a diversidade, reflete uma variedade de capacidades produtivas tangíveis e intangíveis (*capabilities*) que, combinadas de maneiras diferentes, permitirão à localidade ser competitiva na exportação de cada vez mais produtos, garantindo o seu desenvolvimento econômico sustentável. Como medida da complexidade da pauta de exportação dos municípios brasileiros, adotamos o índice ISEa.

O índice de sofisticação proposto neste trabalho foi calculado para todos os municípios exportadores brasileiros para os anos de 2002 e 2014. Ele nos permite analisar, complementarmente à diversidade, o impacto da mudança no perfil da pauta de exportações brasileira na desigualdade regional. Dado o município l , que exportou em determinado ano os produtos p , o índice ISEa do município naquele ano será tanto maior quanto

maiores forem: a participação das exportações do município no total das exportações brasileiras dos respectivos produtos (quanto maior for); a vantagem comparativa revelada do município na exportação dos respectivos produtos (quanto maior for); e a complexidade dos produtos exportados pelo município (quanto maior for). O índice de sofisticação das exportações de todos os municípios exportadores para os anos de 2002 e 2014 estão representados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

Na Figura 6 estão representados os municípios exportadores brasileiros, classificados de acordo com o índice ISEa, em intervalos de um desvio-padrão, para 2002. O mapa mostra que a distribuição da sofisticação das exportações no Brasil é bastante concentrada, existindo poucos municípios com valores que ultrapassem um desvio padrão acima (61 municípios) ou abaixo (65 municípios) da média, naquele ano. Tipicamente, os municípios com os maiores valores do índice ISEa são aqueles que exportam produtos industrializados (maiores), e aqueles com os menores valores são exportadores de commodities agrícolas ou minerais (menores).

Figura 6 – Índice de sofisticação das exportações – ISEa, por município brasileiro, 2000

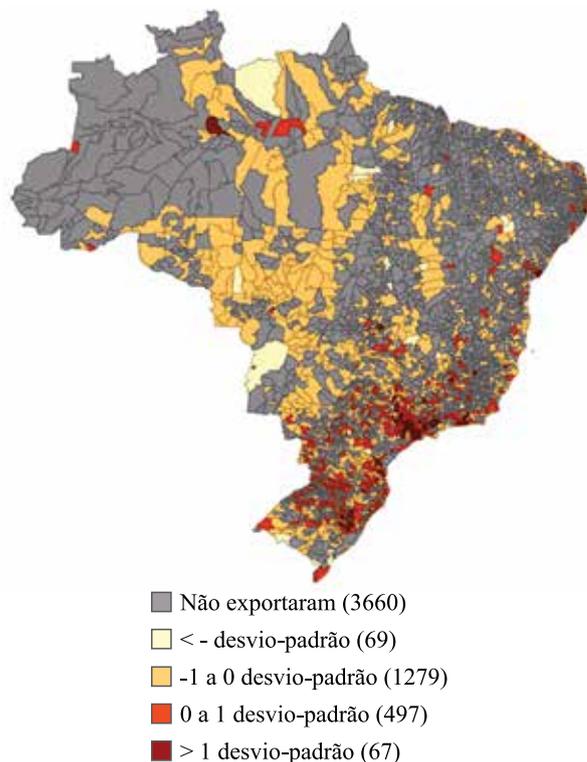


Fonte: Secex, elaboração própria.

Na Figura 7 estão representados os municípios exportadores brasileiros, classificados de acordo

com o índice ISEa, em intervalos de um desvio padrão, para 2014. Naquele ano, a distribuição da sofisticação das exportações no Brasil permaneceu praticamente inalterada, com apenas 67 municípios apresentando índice SOFIST que ultrapassem um desvio padrão acima da média, e 69 com valores que ultrapassem um desvio padrão abaixo da média.

Figura 7 – Índice de sofisticação das exportações – ISEa, por município brasileiro, 2014



Fonte: Secex, elaboração própria.

A Tabela 3 lista os dez municípios com os maiores valores do índice ISEa em 2002. Ressalta-se que eles estão localizados em apenas dois estados – São Paulo e Bahia – sendo nove destes municípios concentrados no estado de São Paulo. Ressalta-se ainda a importância das indústrias automobilística e aeroespacial como geradores da maior sofisticação na pauta de exportações brasileiras naquele ano. Apesar de apresentarem alta complexidade, a concentração nestas indústrias é mais um indicativo da baixa diversificação da pauta de exportações brasileiras, que apresenta pouca variedade até mesmo entre os produtos industrializados. Entre os dez municípios com a pauta de exportações mais sofisticadas, cinco tinham como carro-chefe de suas exportações produtos das indústrias automobilística e aeroespacial em 2002.

Tabela 3 – Dez municípios brasileiros com os maiores valores do índice ISEa, 2002

Município	Exportações (em US\$)	Diversificação	ISEa 2002
São Paulo	4.152.156.025,00	972	13,630
São José dos Campos	3.290.422.545,00	383	11,970
Camaçari	767.225.418,00	132	11,437
São Bernardo do Campo	1.452.407.120,00	430	10,835
Sumaré	135.606.048,00	199	8,452
Guarulhos	946.318.493,00	465	7,239
Campinas	543.839.389,00	415	7,133
Suzano	295.762.301,00	186	5,825
Sorocaba	320.889.266,00	395	5,631
Paulínia	161.186.449,00	108	5,623

Fonte: Secex, elaboração própria.

A Tabela 4 lista os dez municípios com os maiores valores do índice ISEa em 2014, estando sete deles na lista dos dez maiores também em 2002 – São Bernardo do Campo, Guarulhos, São Paulo, São José dos Campos, Sorocaba, Suzano e Campinas. Em 2014 os dez estão distribuídos em três estados – São Paulo, Amazonas e Rio de Janeiro. Do ponto de vista da desigualdade regional, os resultados indicam tanto o alto grau de con-

centração de sofisticação de exportações nas regiões Sudeste e Sul, quanto a permanência (se não o agravamento) desta concentração entre 2002 e 2014. Cabe notar os baixos valores do índice ISEa na região Centro-Oeste, corroborando que o crescimento das exportações desta região foi baseado na exportação de commodities, produtos com baixa sofisticação.

Tabela 4 – Dez municípios brasileiros com os maiores valores do índice ISEa, 2014

Município	Exportações	Diversificação	ISEa 2002
São Bernardo do Campo	3.589.868.538,00	488	10,868
Guarulhos	2.656.364.765,00	560	8,356
São Paulo	7.322.811.814,00	940	7,978
Manaus	899.627.954,00	269	7,645
São José dos Campos	4.595.619.992,00	377	7,329
Diadema	199.828.227,00	355	6,870
Sorocaba	1.347.811.566,00	450	6,451
Duque de Caxias	1.419.573.630,00	203	5,696
Suzano	695.428.357,00	220	5,056
Campinas	1.228.534.118,00	471	4,960

Fonte: Secex, elaboração própria.

6 Análise exploratória espacial do nível de sofisticação dos municípios brasileiros

Para observar os efeitos espaciais do nível de sofisticação das exportações dos municípios brasileiros, foi estabelecida como critério de vizinhança a convenção rainha, que considera como

vizinhas regiões que possuem fronteiras com extensão diferente de zero e quando os vértices das regiões são considerados como contínuos (ALMEIDA, 2004).

Utilizando o conceito de vizinhança definido acima, constroeu-se uma matriz ponderação espacial quadrada e simétrica, onde os elementos assumem dois valores: =1 se as regiões i e j forem vizinhas ou =0 se as regiões i e j não forem vizi-

nhas. Ademais, padronizou-se tal matriz de forma que a soma dos elementos suas linhas sejam iguais a 1, o que torna a matriz assimétrica, mas o que garante a interpretação de média dos valores da variável nos vizinhos para a defasagem espacial (ALMEIDA, 2004).

Para identificar a presença de dependência espacial no nível de sofisticação dos municípios utilizaremos as estatísticas I de *Moran* para testar a associação espacial global e a estatística I de *Moran* local, para testar a associação espacial local, além de mapas de clusters e do *Moran Scatterplot*.

Índice de correlação espacial mais conhecido, o I de *Moran*, que varia em um intervalo de -1 a 1, fornece uma medida geral de associação espacial existente no conjunto de dados (NEVES et al., 2000). Como hipótese nula, o teste admite que não há autocorrelação espacial, sendo o padrão de associação espacial devido ao acaso. No caso da hipótese nula ser rejeitada, valores positivos do teste indicam a presença de autocorrelação espacial positiva, no sentido de que os valores da variável em estudo apresentem valores semelhantes em regiões vizinhas, ocorrendo o contrário caso o valor do teste seja negativo. O I de *Moran* é definido como:

$$I = \frac{n}{\sum \sum W_{ij}} \cdot \frac{\sum \sum W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (7)$$

Em que n é o número de observações, y é a variável em estudo e W_{ij} são elementos da matriz W.

No entanto, existe um problema em se utilizar apenas os índices globais de associação espacial. Anselin (1995) afirma que as estatísticas globais de associação espacial não têm capacidade de identificar a ocorrência de autocorrelação local estatisticamente significantes, uma vez que as estatísticas globais podem ocultar padrões de associação local, através de uma indicação de ausência de autocorrelação global, ou pode camuflar padrões de associação como clusters ou outliers espaciais, através da indicação de uma forte autocorrelação global. Nesse sentido, os índices LISA (*local indicator spatial association*) são utilizados para superar esse obstáculo e capturar padrões locais de associação linear estatisticamente significantes (ALMEIDA, 2004).

A estatística LISA mais conhecida é o I de *Moran* local, que é obtido a partir da decomposição do indicador global e decompõe a contribuição local de cada observação em quatro categorias, cada uma individualmente correspondendo a um quadrante no diagrama de dispersão de *Moran* (ANSELIN, 1995). A seguir, a definição do I de *Moran* local:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_j W_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2 / n} \quad (8)$$

Em que n é o número de observações, y é a variável em estudo e W_{ij} são elementos da matriz W.

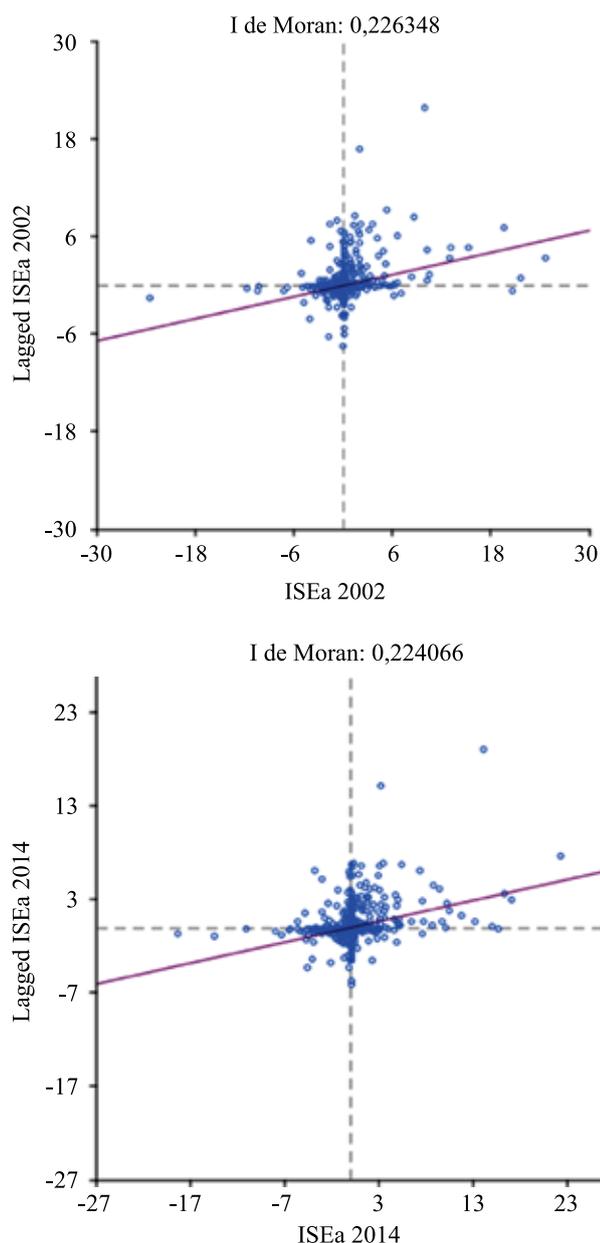
Segundo Almeida (2004), “a interpretação intuitiva é que o I local provê uma indicação do grau de agrupamento dos valores similares em torno de uma determinada observação, identificando clusters espaciais estatisticamente significantes”. Para analisarmos o I de *Moran* local, iremos utilizar o *Moran Scatterplot* e o mapa de clusters.

O *Moran Scatterplot*, ou diagrama de dispersão de *Moran*, é uma das formas de interpretar o I de *Moran*. Nele, O I de *Moran* é representado pelo coeficiente angular de uma regressão entre a variável em estudo e seus valores defasados espacialmente. Esse diagrama é dividido em quatro quadrantes, onde cada quadrante representa um tipo de associação espacial local (alto-alto, baixo-alto, baixo-baixo e alto-baixo).

Já o mapa de clusters, ou mapa de dispersão de *Moran*, é simplesmente o mapeamento dos resultados obtidos no diagrama de dispersão, e tem como principal vantagem fornecer ao pesquisador a possibilidade de perceber visualmente a formação de clusters de padrão de associação espacial (ALMEIDA, 2004).

Com o intuito de verificar a hipótese de que o efeito espacial tem um papel importante para explicar a relação entre o nível de sofisticação dos municípios brasileiros, apresentaremos os resultados dos testes citados anteriormente para a detecção de dependência espacial nos dados. A seguir, a Figura 8 apresenta os resultados da estatística I de *Moran* para o ISEa dos municípios brasileiras.

Figura 8 – Moran scatterplot para ISEa dos municípios brasileiros, 2002 e 2014



Fonte: Secex, elaboração própria.

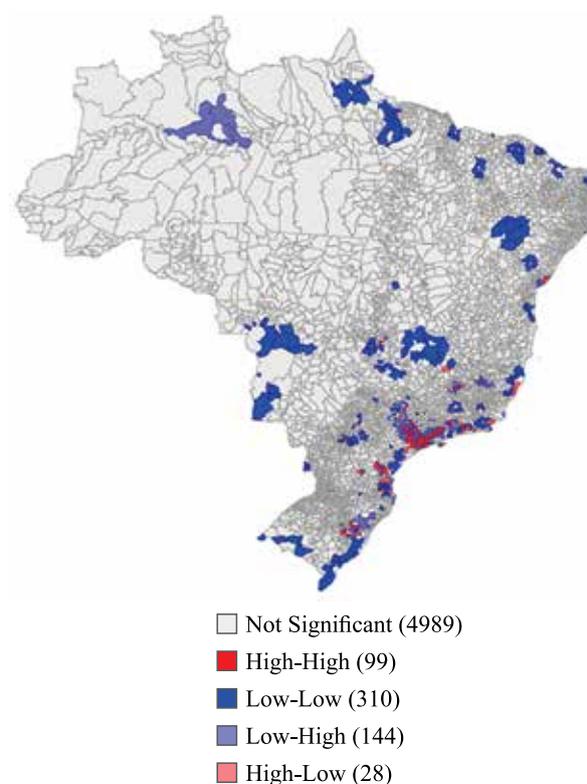
Obs.: Número de permutações: 999; Pseudo P-value para 2002: 0.001; Pseudo P-value para 2014: 0.001

Como podemos ver na Figura 8, existe uma autocorrelação positiva entre os valores do ISEa tanto em 2002 quanto em 2014, indicando que municípios com um nível de sofisticação semelhante estão próximos. No entanto, como citado anteriormente, nem sempre as estatísticas globais refletem o padrão local de associação espacial. Desta forma, para representar o padrão local de associação espacial, as estatísticas LISA são apresentadas a seguir.

Para verificar a formação de clusters de padrão de associação espacial, as figuras 9 e 10 a seguir mostram os resultados obtidos no mapa de dispersão de Moran.

Na figura 9, podemos perceber que em 2002 existia uma formação de clusters de municípios complexos do tipo alto-alto nas regiões Sul e Sudeste, principalmente no Estado de São Paulo, foram identificados 99 *clusters* alto-alto com significância de 5%. Enquanto que nas demais regiões do País em parte de Minas Gerais e no Rio Grande do Sul havia predominância de clusters do tipo baixo-baixo, ao todo 310 clusters.

Figura 9 – Mapa de dispersão de Moran para ISEa, em 2002

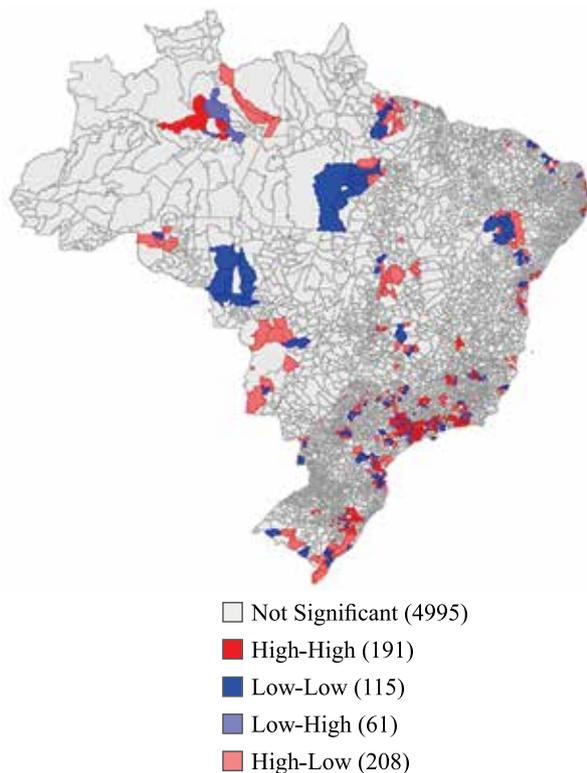


Fonte: Secex, elaboração própria.

Obs.: Número de permutações: 999; Nível de significância: 0,05.

Em relação a 2014, a figura 10 mostra que existe um padrão semelhante, com a concentração de *clusters* do tipo baixo-baixo nas regiões Norte e Nordeste, mas em todo o Brasil foram intensificados 115 com significância de 5%. *Clusters* do tipo alto-alto continuaram predominantemente localizados nas regiões Sul e Sudeste, e um destaque para os municípios próximos a Manaus. Percebe-se um crescimento significativo do número de cluster alto-alto, que em 2002 eram 99, mas em 2014 contavam 191 em todo o Brasil.

Figura 10 – Mapa de dispersão de *Moran* para ISEa, em 2014



Fonte: Secex, elaboração própria.

Obs.: Número de permutações: 999; Nível de significância: 0,05.

Percebemos que os mapas de dispersão de *Moran* indicam um padrão semelhante de clusterização para as variáveis em estudo. Verificamos que, em geral, regiões com alto ISEa, estão próximas de outras regiões que também possuem alto ISEa. Isso nos dá um indicativo de que o nível de sofisticação de uma região pode estar relacionado com o nível de sofisticação dos seus vizinhos. Ou seja, a formação de clusters como visto nos mapas, nos leva a crer que existe um padrão de autocorrelação espacial local e, assim, espera-se que essa autocorrelação espacial seja importante para influenciar a relação entre o nível de sofisticação das exportações nos municípios brasileiros. Na próxima seção, será testada essa hipótese estimando um modelo econométrico, incluídos os efeitos espaciais do nível de sofisticação das exportações.

7 Resultados do modelo econométrico

Como não sabemos a priori qual o tipo de dependência espacial existente no modelo (se existe autocorrelação espacial nos termos de erro, depen-

dência espacial na variável dependente ou uma combinação dos dois efeitos), definiu-se testar um modelo geral SARMA (*spatial autoregressive and moving average*), que incorpora todos os efeitos possíveis, como mostrado a seguir.

$$Y = \rho W_1 Y + X\beta + \varepsilon \quad (9)$$

$$\varepsilon = \lambda W_2 \varepsilon + u \quad (10)$$

Onde Y é um vetor de variáveis dependentes (ISEa), X é um vetor de variáveis independentes (Diversificação), β é o vetor de parâmetros a ser estimado, W_1 e W_2 são as matrizes de ponderação espacial (neste caso, elas são iguais, embora isso não seja necessário), u é o termo de erro aleatório com média zero e variância constante, λ é o parâmetro autorregressivo associado ao termo de erro e, por fim, ρ é o parâmetro autorregressivo associado a variável dependente defasada.

O interessante em assumir esta especificação reside no fato de que dependendo dos valores de ρ e λ esta especificação cobre quatro modelos diferentes. No caso de se ter, simultaneamente, $\rho \neq 0$ e $\lambda \neq 0$ estar-se-a no modelo SARMA, em que a dependência espacial esta presente tanto nos termos de erro quanto na variável dependente. No caso em que $\rho \neq 0$ e $\lambda = 0$ teremos o modelo SAR (*spatial autoregressive*), onde a dependência espacial esta presente na variável dependente. No caso em que $\rho = 0$ e $\lambda \neq 0$ teremos o modelo SEM (*spatial error*), onde existe autocorrelação espacial nos termos de erro. E, por fim, quando tem-se, simultaneamente, $\rho = 0$ e $\lambda = 0$ não existe efeitos espaciais e, desta forma, tem-se um modelo clássico de regressão linear.

Para detectar qual especificação capta de forma mais apropriada o efeito espacial sobre o ISEa dos municípios, foram utilizados os testes dos multiplicadores de Lagrange, o critério de informação de Akaike e comparados os valores da função de máxima verossimilhança.

Segundo Almeida (2004), os testes do tipo multiplicadores de Lagrange (LM) tanto contra a defasagem LM_ρ quanto contra o erro espacial LM_λ não apresentam muito poder, uma vez que sob a hipótese nula de ausência de dependência espacial a estatística do teste segue uma distribuição qui-quadrado com 1 grau de liberdade, enquanto que no caso de má especificação local, ou seja, quan-

do há dependência espacial, o teste se transforma em uma qui-quadrado não centralizada, fazendo com que o teste rejeite a hipótese nula com muita frequência. Neste sentido, as versões robustas (RLM) destes testes foram desenvolvidas para contornar este problema, incorporando um fator de correção para levar em consideração a má especificação local, aumentando o poder do teste.

Para detectar a forma funcional correta, Florax et al. (2003 *apud* ALMEIDA, 2004) sugerem a utilização de uma estratégia de “identificação híbrida”, utilizando os testes clássicos e robustos para a autocorrelação espacial. A estratégia de identificação consiste em estimar, no primeiro passo, o modelo por OLS e, em seguida, testar a hipótese de ausência de autocorrelação espacial devido à defasagem ou ao erro através das estatísticas clássicas LM_ρ e LM_λ . Se estes testes não forem significantes, utiliza-se o modelo OLS como sendo o modelo mais apropriado. Se ambos forem significantes, utilizam-se as versões robustas RLM_ρ e RLM_λ para decidir qual modelo deve ser estimado. Se RLM_ρ é significativa e RLM_λ não é, estima-se o modelo SAR. Se RLM_ρ não é significativa e RLM_λ é significativa, o modelo mais apropriado deve ser o modelo SEM. Se ambos forem significantes e $RLM_\rho > RLM_\lambda$, estima-se o modelo SAR, enquanto que se $RLM_\rho < RLM_\lambda$, o modelo SEM deve ser o mais apropriado.

No entanto, quando ambos, RLM_ρ e RLM_λ , são significantes, pode ser que a especificação correta do modelo não seja nem o modelo SAR e nem o modelo SEM, e sim o modelo SARMA. Dessa forma, utilizar-se-á o teste SARMA ($LM_{\rho\lambda}$), que testa a presença simultânea do efeito espacial na variável defasada e no erro. Este teste segue uma distribuição qui-quadrado com dois graus de liberdade, o que diminuiu o poder do teste.

A seguir, a Tabela 5 apresenta os resultados referentes à estimação do modelo econométrico do impacto da diversificação sobre o nível de sofisticação dos municípios, sem a inclusão dos efeitos espaciais.

Tabela 5 – Estimação do modelo sem a inclusão dos efeitos espaciais (OLS)

Variáveis	2002	2014
Intercepto	-0.0335 (0,0071)	-0.0374 (0,0062)
β	0.0054 (0,0001)	0.0042 (0,0001)
R ²	0.1147	0.1277
Akaike	8592.77	7073.50

Fonte: Elaboração própria.

Nota: * não significativa a 5%; Desvio padrão entre parênteses.

Os resultados mostrados acima indicam que a diversificação contribui positivamente (apesar do impacto ser pequeno) para o nível de sofisticação dos municípios, uma vez que todos os coeficientes são estatisticamente maiores que zero. Observa-se ainda que o modo como o nível de diversificação impacta sobre a sofisticação pouco mudou no período testado. Para determinar qual o modelo mais apropriado para modelar esta relação, foram realizados os testes dos multiplicadores de Lagrange, cujos resultados são apresentados na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Testes dos multiplicadores de Lagrange

Teste	2002		2014	
	Valor est.	p-valor	Valor est.	p-valor
LM_λ	256,860	0.000001	235.753	0.0000
RLM_λ	5,676	0.0172	12.29	0.0005
LM_ρ	350,178	0.4903	351.049	0.0000
RLM_ρ	98,994	0.000001	127.591	0.0000
SARMA	355,854	0.000001	363.344	0.0000

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados dos testes dos multiplicadores de Lagrange, tanto na versão clássica quanto na versão robusta, mostram que, o nível de sofisticação dos municípios brasileiros apresenta dependência espacial tanto nos termos de erro quanto na variável dependente defasada, indicando que o modelo correto tanto pode ser o modelo SEM quanto o modelo SAR.

Diante disto, analisou-se o teste SARMA, para verificar se a especificação correta do modelo in-

corpora os dois efeitos simultaneamente. Os resultados mostrados na tabela 6 indicam que a especificação correta deve ser o modelo SARMA.

Um parênteses aqui, os resultados mostra que o teste dos multiplicadores de Lagrange na versão robusta apresentam uma grande variação em relação a versão clássica. Talvez isso possa apresentar algum indício de que não ocorra dependência espacial nos termos de erro, por isso, também estimaremos o modelo SAR para comparação dos resultados.

Tabela 7 – Estimação do modelo com a inclusão dos efeitos espaciais

Variáveis	SAR		SARMA	
	2002	2014	2002	2014
Intercepto	-0,0295 (0,0069)	-0,0324 (0,0060)	-0,0282 (0,0060)	-0,0303 (0,0047)
β	0,0045 (0,0001)	0,0035 (0,0001)	0,0042 (0,0002)	0,0032 (0,0001)
ρ	0,2188 (0,0188)	0,2394 (0,0184)	0,3043 (0,0282)	0,4054 (0,0311)
λ			-0,1550 (0,0385)	-0,3097 (0,0453)
Pseudo R	0,1544	0,1717	0,1561	0,1723
Log likelihood				
Akaike	8389,042	6847,106		

Fonte: Elaboração própria.

Nota: * não significativa a 5%; Desvio padrão entre parênteses.

Os resultados apresentados na Tabela 7 mostram os modelos SAR e SARMA estimados para os anos de 2002 e 2014. Todas as estimativas são estatisticamente significantes ao nível de 5%. O parâmetro β capta possível efeito da diversidade sobre o nível de sofisticação. Como se pode perceber, as estimativas β são positivas corroborando, assim, que a diversidade contribui para o nível de sofisticação. O valor positivo de ρ indica que existe uma dependência espacial positiva na variável dependente defasada, indicando que o nível de sofisticação nas regiões vizinhas impacta no nível de sofisticação da região em questão.

Quanto ao valor negativo de λ , isso indica que os efeitos não modelados apresentam uma autocorrelação espacial negativa. Acreditamos que em se tratando de regiões sofisticadas, variáveis como de infraestrutura, ou, fatores socioeconômicos de

uma região agem como força de atração vinda de regiões vizinhas, justificando assim o impacto negativo dessas variáveis sobre o nível de sofisticação das regiões vizinhas.

8 Considerações finais

A investigação sobre os fatores que possam explicar as enormes e persistentes desigualdades regionais no Brasil tem sido objeto de debates há várias décadas. Pesquisas mostram evidências de que, embora possa existir uma tendência à convergência de renda entre as regiões, esta convergência é lenta e tende a se estabilizar num patamar de grande heterogeneidade, tanto intra quanto inter-regional.

Estes estudos, no entanto, foram feitos a partir de dados agregados. Com a aplicação da metodologia *Product Space* para os dados de exportação do Brasil, pode-se avaliar a desigualdade regional no Brasil e sua evolução ao longo de mais de uma década a partir dos dados de todas as transações de exportação dos municípios brasileiros registrados na Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio – SECEX/MDIC, para os anos de 2002 e 2014.

O baixo crescimento econômico brasileiro dos últimos anos, com a crescente concentração na exportação de commodities e consequente redução na participação de produtos industrializados já foi amplamente registrado na literatura. Os dados apresentados neste trabalho corroboram estas análises.

Com relação à distribuição das exportações, os dados mostram que entre 2002 e 2014: cresceu o valor exportado pelo Brasil e por todas as regiões, principalmente pelo Centro-Oeste; aumentou o número de municípios exportadores em todas as regiões, representando uma dispersão espacial das exportações pelo País; aumentou o valor exportado de grande parte dos municípios, com a dispersão espacial dos municípios que exportam acima de US\$1 bilhão por ano, por todas as regiões do País; e aumentou a participação de commodities agrícolas e minerais na pauta de exportações brasileiras, com a consequente redução da participação de produtos industrializados.

Do ponto de vista da desigualdade regional, estas mudanças tiveram um efeito positivo, com o aumento da participação das regiões Centro-Oeste

e Norte tanto no valor exportado quanto no número de municípios exportadores. Isto representa um aumento na renda destas regiões e, consequentemente, uma redução da desigualdade regional da renda per capita. No entanto, este aumento foi insuficiente para reduzir a hegemonia das regiões Sudeste e Sul, que ainda concentraram 77% das exportações brasileiras em 2014.

O efeito positivo, no entanto, deve ser avaliado com cautela, uma vez que ele foi alavancado principalmente pelo aumento nas exportações de *commodities*. Apesar de representar um aumento na renda per capita das regiões exportadoras, a comercialização de *commodities* tem impacto limitado no aumento da qualidade de vida destas regiões, por serem produtos de menor complexidade.

Além de analisar a distribuição do volume exportado, avalia-se também a evolução da distribuição espacial de complexidade econômica – considerada sob os aspectos de diversidade (número de produtos exportados) e sofisticação (índice ISEa, que pondera a complexidade do produto pela sua importância nas pautas de exportação brasileira e mundial). Os resultados das análises de ambos os fatores confirmam a tendência de concentração espacial de diversidade e sofisticação nas regiões Sul e Sudeste, indicando que não há qualquer evidência de redução nas desigualdades regionais, considerando-se a complexidade econômica. O aparecimento de aglomerações de diversidade de exportações nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste seria um possível indício do surgimento de polos de complexidade econômica nestas regiões. Este fenômeno, no entanto, não foi identificado, permanecendo os maiores polos de complexidade econômica concentrados no estado de São Paulo e no seu entorno. Da mesma forma, não foi identificado o surgimento de polos de sofisticação fora do Sul e Sudeste entre 2002 e 2014.

É importante notar que, mesmo quando se trata apenas da sua produção industrial, a indústria brasileira é concentrada nos setores automobilístico e aeroespacial. Ao analisar a diversidade e a sofisticação dos municípios brasileiros mais bem colocados nestes rankings de complexidade, ficou evidente a dependência que o Brasil tem destas indústrias, principalmente quando se trata de agregar complexidade às exportações.

Por fim, este estudo demonstra a importância dos efeitos espaciais para explicar o nível de sofis-

ticação dos municípios brasileiros, sugerindo aos responsáveis pela elaboração de políticas públicas de promoção de desenvolvimento regional que incorporem tais efeitos em suas análises e em suas propostas de implementação de políticas.

As análises apresentadas aqui ainda deixam muitas questões a serem exploradas. Sugerimos como questões para future investigação a identificação dos fatores relacionados com as aglomerações de diversidade, o cálculo do Índice de Complexidade Econômica para os municípios brasileiros (a partir da interação entre diversidade e sofisticação).

Referências

- ALMEIDA, E. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2004.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association-lisa. **Geographical Analysis**, Wiley Online Library, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.
- ARCHIBUGI, D.; COCO, A. Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu of choice, **Research Policy**, v.34, n. 2, p. 175-94, mar. 2005.
- BALASSA, B. Trade liberalization and revealed comparative advantage, **Manchester School of Economics and Social Studies**, v.33, n. 2, p. 99-123, maio.1965.
- FELIPE, J.; KUMAR, U.; ABDON, A. **As you sow so shall you reap**: from capabilities to opportunities. Annandale-on-Hudson: Levy Economics Institute, 2010 (Working Paper, 613).
- FELIPE, J.; KUMAR, U.; ABDON, A.; BACATE, M. Product complexity and economic development, **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 23, n. 1, p.36-68, mar. 2012a.
- FELIPE, J.; KUMAR, U.; USUI, N; ABDON, A. Why has China succeeded? And why it will continue to do so, **Cambridge Journal of Economics**, v. 37, n. 4, p.791-818, nov. 2012b.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P. The new economic geography: past, present and the future. **Papers in Regional Science**, v. 83, n. 1, p. 139-164, jan. 2004.

HAUSMANN, R. et al. **The atlas of economic complexity** - mapping paths to prosperity. Hollis: Puritan Press, 2011. 364 p.

HAUSMANN, R.; HWANG, J.; RODRIK, D. What you export matters. **Journal of Economic Growth**, v. 12, n. 1, p. 1-25, mar. 2007.

HAUSMANN, R.; KLINGER, B. **The structure of the product space and the evolution of comparative advantage**. Boston: Center for International Development at Harvard University, 2007. (Working Paper, 146).

HIDALGO, C. A et al. The product space conditions the development of nations. **Science**, v. 317, n. 5837, p. 482-7, jul. 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.

HIDALGO, C.; HAUSMANN, R. A network view of economic development. **Developing Alternatives**, p. 5-10, 2008.

JONES, C. **Introdução à teoria do crescimento econômico**. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 178 p.

KRUGMAN, P. R. Increasing returns, monopolistic competition and international trade. **Journal of International Economics**, v. 9, n. 4, p. 469-479, nov. 1979.

KRUGMAN, P.R. Increasing returns and economic geography. **Journal of Political Economy**, v. 99, n. 3, p. 483-499, jun. 1991.

KRUGMAN, P. R. What's new about the new economic geography? **Oxford Review of Economic Policy**, v. 14, n. 2, p. 7-17. 1998.

KRUGMAN, P. R. The new economic geography, now middle-aged. **Regional Studies**, v. 45, n. 1, p. 1-7, 2011.

MEIER, G. M.; STIGLITZ, J. E. (Eds.). **Frontiers of development economics: the future in perspective**. New York: Oxford University, 2001. 575 p.

NEVES, M. et al. Análise exploratória espacial de dados socioeconômicos de São Paulo. In: **GISBrasil2000**. Salvador/BA - Brasil: [s.n.], 2000. Disponível em: < http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/marcos_gisbrasil2000.pdf >. Acesso em: 10 jul. 2015.

REIS, J. G.; FAROLE, T. **Trade competitiveness diagnostic toolkit**. Washington: World Bank. 2012. 198 p.

SIMON, D. (Ed.). **Fifty key thinkers on development**. London: Routledge, 2006. 301 p.

THISSE, J. -F. Geografia econômica. In: CRUZ, B. DE O. et al. (Ed.). **Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil**. Brasília: IPEA, 2011. p. 406.