UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

NÍVEL DOUTORADO ACADÊMICO

Felipe Micail da Silva Smolski

ANÁLISE DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E *RELATEDNESS* NO BRASIL:

Dinâmicas Microrregionais Relacionadas ao Crescimento Econômico e à Desigualdade de Renda

Porto Alegre

2025

Felipe Micail da Silva Smolski

ANÁLISE DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E *RELATEDNESS* NO BRASIL:

Dinâmicas Microrregionais Relacionadas ao Crescimento Econômico e à Desigualdade de Renda

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.
Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Janaína Ruffoni.

Porto Alegre
2025

S666a Smolski, Felipe Micail da Silva.
Análise da complexidade econômica e *relatedness* no Brasil: dinâmicas microrregionais relacionadas ao crescimento econômico e à desigualdade de renda / por Felipe Micail da Silva Smolski. – Porto Alegre, 2025.

148 f.: il. color. ; 30 cm.

Com: artigos "Complexidade econômica e *relatedness* nas microrregiões do Brasil: avaliação dos setores e análise exploratória espacial (2002 a 2020); Efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras; Influência da complexidade econômica e *relatedness* sobre a desigualdade de renda nas microrregiões brasileiras".

Tese (doutorado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento, Porto Alegre, RS, 2025.
Orientação: Profª. Drª. Janaína Ruffoni, Escola de Gestão e Negócios.

1.Desenvolvimento econômico – Brasil. 2.Brasil – Condições econômicas. 3.Renda – Distribuição – Brasil. I.Ruffoni, Janaína. II.Título.

CDU 332.146.2(81)

Catalogação na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

Felipe Micail da Silva Smolski

ANÁLISE DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E *RELATEDNESS* NO BRASIL:
Dinâmicas Microrregionais Relacionadas ao Crescimento Econômico e à Desigualdade de Renda

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Magnus dos Reis – UNISINOS (Avaliador)

Prof[a]. Dr[a]. Gisele Spricigo – UNISINOS (Avaliadora)

Prof[a]. Dr[a]. Suelene Mascarini – UNICAMP (Avaliador Externo)

Prof. Dr. Antônio Carlos Diegues – UNICAMP (Avaliador Externo)

Prof. Dr. Júlio Rohenkohl – UFSM (Avaliador Externo)

Prof[a]. Dr[a]. Janaína Ruffoni (Orientadora)

Visto e permitida a impressão
Porto Alegre

Prof. Dr. Magnus dos Reis
Coordenador PPG em Economia do Desenvolvimento

Porto Alegre
2025

Dedicatória

Este trabalho é dedicado à Luciana e ao Vicente.

Agradecimentos

À esposa Luciana Carlize Juliani Smolski e ao filho Vicente Juliani Smolski, pelo permanente apoio, incentivo e compreensão ao longo de toda essa jornada, que antecede em muito esta tese.

À minha orientadora, Janaína Ruffoni, pela confiança em minha capacidade, pelo incentivo constante nesta caminhada do Doutorado, pela parceria na participação em eventos nacionais e internacionais, pelas publicações e pelos valiosos ensinamentos que contribuíram para a organização das ideias e para a melhoria contínua da produção científica.

À Suelene Mascarini, pela parceria, pelos aprendizados compartilhados e pelos incentivos constantes, incluindo o encorajamento para a participação em eventos internacionais fundamentais para minha formação.

Aos professores Renato de Castro Garcia, Adelar Fochezatto, Ron Boschma, Dominik Hartmann e Antônio Carlos Diegues, pelos inestimáveis ensinamentos transmitidos por meio de suas aulas, artigos, palestras e pareceres, nos campos da Economia da Inovação, Econometria Espacial, Geografia Econômica Evolucionária, Complexidade Econômica e Desenvolvimento Econômico e Industrial, respectivamente.

Aos professores do Doutorado em Economia da Unisinos — Magnus dos Reis, Gisele Spricigo, Marcos Tadeu Caputi Lelis, Tiago Wickstrom Alves, Guilherme Stein, Luciana de Andrade Costa, Rafael Kunst, Bibiana Volkmer Martins, Paola Rücker Schaeffer e André Moreira Cunha —, aos quais sou imensamente grato pelos ensinamentos transmitidos em suas aulas, cada um contribuindo, em sua especialidade, para minha formação. Aos colegas do Doutorado em Economia da Unisinos, pela troca de conhecimentos e experiências enriquecedoras.

À *Research Network on Knowledge, Innovation and Regional Development in South America* (RSA/KIRDSA), à Associação Brasileira de Economia Industrial e Inovação (ABEIN), ao Grupo de Pesquisa em Dinâmica Econômica da Inovação (GDIN) e aos integrantes do grupo de orientandos da professora Janaína Ruffoni.

Aos professores e colegas do Mestrado em Desenvolvimento e Políticas Públicas da UFFS, pelos ensinamentos, trocas de experiências e incentivos.

Por fim, mas não menos importante, expresso minha gratidão à política educacional deste país — tanto pública quanto privada —, que possibilitou minha trajetória até aqui. Sem incentivos e oportunidades no campo da educação, as desigualdades e restrições ao verdadeiro desenvolvimento no Brasil seriam ainda mais profundas.

"Destarte, os problemas de desenvolvimento têm que ser considerados concomitantemente como problemas de produção e distribuição."

(Celso Furtado)

"[W]e show that the level of complexity of a country's economy predicts the types of products that countries will be able to develop in the future, suggesting that the new products that a country develops depend substantially on the capabilities already available in that country."

(César Hidalgo e Ricardo Hausmann)

Resumo

Essa tese é composta por três artigos que analisam o comportamento da complexidade econômica e *relatedness* nas microrregiões do Brasil no período de 2002 a 2020. A literatura sobre complexidade econômica está em plena expansão, oferecendo evidências cada vez mais robustas sobre a configuração da estrutura econômica de um país e suas implicações para a geração de riqueza, o bem-estar da população e temas correlatos. Porém, lacunas importantes ainda persistem quanto aos seus efeitos sobre o crescimento econômico e desigualdade de renda formal, principalmente em países em desenvolvimento. Ao analisar o nível microrregional, levamos em conta as dinâmicas de heterogeneidade temporal e espacial, ao passo que utilizamos dados confiáveis da realidade regional e controlamos os fatores não observados. No primeiro artigo efetua-se a análise da complexidade econômicas das atividades e verifica-se a evolução do padrão da distribuição espacial da complexidade econômica e *relatedness* (proximidade cognitiva de atividades) nas microrregiões brasileiras por meio da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Os resultados demonstram que as atividades produtivas com maior complexidade econômica estão no setor de Indústrias de Transformação, seguida por Atividades de Informática e Serviços Relacionados. Verifica-se que existe dependência espacial positiva da complexidade econômica e *relatedness*, ou seja, a existência de alta concentração espacial em algumas regiões, que é influenciada pelo cenário econômico - evidenciado pela tendência de elevação da concentração espacial após a crise brasileira de 2015/2016 no caso da complexidade. Observa-se que a formação de *clusters* do tipo alto-alto (alta complexidade e *relatedness* na microrregião e nos vizinhos) se encontra principalmente nas regiões Sudeste e Sul em todo o período, representando disparidades de capacitações produtivas no território. No segundo artigo, são examinados os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras. Para tal, foram aplicados modelos dinâmicos de dados em painel espacial (SDM, SDGMM-SYS e SDGMM-DIF) com instrumentos, com as 558 microrregiões do Brasil, usando dados de emprego para as 59 atividades econômicas no período. Os resultados sugerem que elevações nos níveis de complexidade econômica e *relatedness* são associadas a elevações no PIB *per capita* microrregional. Adicionalmente, são encontrados efeitos desiguais da complexidade econômica sobre o crescimento econômico quando examinadas separadamente as grandes regiões no Brasil. Por fim, no terceiro artigo, investiga-se a influência da complexidade econômica e da *relatedness* sobre a desigualdade regional de renda formal no mercado de trabalho brasileiro. Para isso, são utilizados os dados de emprego para cada atividade econômica nas 558 microrregiões do Brasil no período analisado. O estudo emprega modelos de regressão de painel de efeitos fixos dinâmicos e o Método dos Momentos Generalizados (GMM) com a utilização de instrumentos. Os resultados revelam que tanto a complexidade econômica como a *relatedness* influenciam na redução da desigualdade de renda no mercado de trabalho formal, sendo que o efeito da complexidade econômica se destaca particularmente nas microrregiões caracterizadas com alta desigualdade de renda no período inicial. Estes resultados constituem uma contribuição original para o contexto regional brasileiro, destacando os transbordamentos virtuosos da complexidade econômica e proximidade cognitiva das atividades econômicas sobre a redução da desigualdade de renda. Em síntese, esta tese demonstrou que a complexidade econômica e o *relatedness* têm efeitos positivos sobre o crescimento econômico e reduzem as desigualdades de renda formal microrregional no Brasil. Estes achados reforçam a necessidade de políticas públicas que promovam a complexidade econômica, a diversificação produtiva e as capacitações regionais, especialmente nas regiões historicamente desfavorecidas.

Palavras-chaves: Complexidade Econômica. Crescimento Econômico, Desigualdade de Renda, Microrregiões, Brasil.

Abstract

This thesis consists of three articles that examine the behavior of economic complexity and relatedness in Brazil's micro-regions from 2002 to 2020. The economic complexity literature has been rapidly expanding, providing increasingly robust evidence on how a country's economic structure is shaped and its implications for wealth generation, population well-being, and related topics. However, significant gaps remain regarding its effects on economic growth and formal income inequality, particularly in developing countries. At the micro-regional level, this study accounts for the dynamics of temporal and spatial heterogeneity, using reliable regional data while controlling for unobserved factors. The first article calculates the economic complexity of different activities, and analyzes the spatial distribution patterns of economic complexity and relatedness (cognitive proximity between activities) across Brazilian micro-regions through Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA). The findings indicate that the most complex economic activities are concentrated in the manufacturing sector, followed by IT and related services. The study also identifies a positive spatial dependence of economic complexity and relatedness, revealing a high degree of spatial concentration in certain regions. This concentration is influenced by the broader economic context, as evidenced by the increased spatial clustering of economic complexity following the 2015/2016 Brazilian economic crisis. The formation of high-high clusters (high complexity and relatedness within the micro-region and its neighboring areas) is predominantly observed in the Southeast and South regions throughout the analyzed period, reflecting significant disparities in productive capabilities across the country. The second article examines the effects of economic complexity and relatedness on economic growth in Brazil's micro-regions. To this end, dynamic spatial panel data models (SDM, SDGMM-SYS, and SDGMM-DIF) with instrumental variables were applied to a dataset covering 558 Brazilian micro-regions, incorporating employment data for 59 economic activities over the period. The results suggest that higher levels of economic complexity and relatedness are associated with an increase in micro-regional GDP per capita. Additionally, the effects of economic complexity on economic growth vary across the country's regions, highlighting regional disparities. Finally, the third article investigates the influence of economic complexity and relatedness on regional formal income inequality in Brazil's labor market. Employment data for each economic activity in the 558 micro-regions were analyzed using dynamic fixed-effects panel regression models and the Generalized Method of Moments (GMM) with instrumental variables. The findings reveal that both economic complexity and relatedness contribute to reducing income inequality in the formal labor market, with the impact of economic complexity being particularly pronounced in micro-regions that exhibited high initial income inequality. These results provide an original contribution to the regional economic literature in Brazil, emphasizing the positive spillover effects of economic complexity and cognitive proximity among economic activities in reducing income disparities. In summary, this thesis demonstrates that economic complexity and relatedness have positive effects on economic growth and play a significant role in mitigating formal income inequality at the micro-regional level in Brazil. These findings underscore the need for public policies that foster economic complexity, productive diversification, and regional capacity building, particularly in historically disadvantaged areas.

Keywords: Economic Complexity. Economic Growth. Income Inequality. Micro-regions. Brazil.

Lista de Figuras

1.1 Relação entre Complexidade Econômica e *Relatedness* na abordagem da especialização inteligente 37
1.2 Modelo de redes conectando regiões e atividades para inferir as capacitações (*capabilities*) dos locais 39
1.3 Ranking do nível de complexidade econômica dos setores - Índice de Complexidade Econômica das Atividades 45
1.4 Mapa do Indicador de Complexidade Econômica entre 2002 e 2020 (A)* e Médias da Complexidade Econômica por região brasileira entre 2002 e 2020 (B)** 47
1.5 Mapa LISA do Indicador de Complexidade Econômica entre 2002 e 2020 . . . 49
1.6 Mapa do Indicador de Densidade de *Relatedness* entre 2002 e 2020 (A)* e Médias do Indicador de Densidade de *Relatedness* por região brasileira no período de 2002 a 2020 (B)** 51
1.7 Mapa LISA do Indicador de Densidade de *Relatedness* entre 2002 e 2020 . . . 52
1.8 Indicador de Autocorrelação Espacial (I de Moran) da Complexidade Econômica (A) e *Relatedness* (B) entre 2002 e 2020 60

2.1 Distribuição espacial do PIB *per capita* (A), complexidade econômica (B) e densidade de *relatedness* (C) em 2020, 2010, 2014 e 2020 87
2.2 Mapa LISA (Knn3) para o PIB *per capita* (A), complexidade econômica (B) e densidade de *relatedness* (C) em 2020, 2010, 2014 e 2020 88

3.1 Mapa da distribuição espacial das microrregiões mais desiguais (>50%) e menos desiguais (<50%) em 2002 126

Lista de Tabelas

1.1 Microrregiões com 10 maiores e menores *ICEativ* e *DRativ* em 2002 e 2020 . . 59

2.1 Revisão da literatura empírica sobre crescimento econômico, complexidade econômica e *relatedness* 71
2.2 Descrição das variáveis e fontes utilizadas 81
2.3 Análise descritiva das variáveis utilizadas nos modelos 83
2.4 Regressões SDM, SDGMM-SYS e SDGMM-DIF, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, microrregiões do Brasil no período 2002 a 2020 92
2.5 Regressões SDM, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, separadas por regiões do Brasil no período 2002 a 2020 94
2.6 Regressões SDM, SDGMM-SYS e SDGMM-DIF, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, microrregiões do Brasil no período 2002 a 2020 (variáveis dependentes alternatvas: $lfitness$ e $wlfitness$) 99
2.7 Regressões SDM, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, separadas por regiões do Brasil no período 2002 a 2020 (variáveis dependentes alternatvas: $lfitness$ e $wlfitness$) 100

3.1 Revisão da literatura empírica sobre desigualdade, Complexidade Econômica e *Relatedness* 114
3.2 Descrição das variáveis e fontes utilizadas nos modelos econométricos propostos 123
3.3 Resultados das regressões para o período de 2002 a 2020, variável dependente $lgini$ 127
3.4 Resultados das regressões segmentadas para o período de 2002 a 2020, variável dependente $lgini$ 129
3.5 Resultados das regressões dos testes de robustez para o período de 2002 a 2020, variável dependente $lgini$ 136
3.6 Resultados das regressões segmentadas método GMM-DIF para o período de 2002 a 2020, variável dependente $lgini$ 137

Sumário

APRESENTAÇÃO 18

Tema 19

Objetivos 19

Justificativa 20

Estrutura 22

Referências 23

1 COMPLEXIDADE ECONÔMICA E *RELATEDNESS* NAS MICRORREGIÕES DO BRASIL - AVALIAÇÃO DOS SETORES E ANÁLISE EXPLORATÓRIA ESPACIAL (2002 A 2020) **27**

1.1 Introdução 28

1.2 Revisão da literatura 30

1.2.1 Complexidade Econômica: a construção da base teórica 30

1.2.2 O Princípio de *Relatedness* 33

1.2.3 Complexidade Econômica e *Relatedness* sob o aspecto regional da economia e da inovação 35

1.3 Metodologia 38

1.3.1 Dados e Indicadores de Complexidade Econômica e *Relatedness* 38

1.3.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) 42

1.4 Resultados 44

1.5 Discussão dos Resultados 52

1.6 Considerações Finais 56

1.7 Apêndice A 59

Referências 61

2 EFEITOS DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E RELATEDNESS SOBRE O CRESCIMENTO ECONÔMICO DAS MICRORREGIÕES BRASILEIRAS **67**

2.1 Introdução 68

2.2 Principais estudos empíricos na literatura da Complexidade Econômica, *Relatedness* e crescimento econômico 70

2.3 Metodologia 75

2.3.1 Os Indicadores de Complexidade Econômica e *Relatedness* 75

2.3.2 Dados e variáveis utilizadas 79
2.3.3 Modelos econométricos utilizados 83
2.3.4 Retrato do PIB *per capita*, Complexidade Econômica e Densidade de *Relatedness* nas microrregiões brasileiras 86
2.4 Resultados empíricos e discussão 89
2.5 Considerações Finais e Implicações 96
2.6 Apêndice - Testes de Robustez 99
Referências 101

3 INFLUÊNCIA DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E *RELATEDNESS* SOBRE A DESIGUALDADE DE RENDA NAS MICRORREGIÕES BRASILEIRAS 107
3.1 Introdução 108
3.2 Abordagem territorial da literatura da complexidade econômica e *relatedness* . 110
3.3 Literatura da Complexidade Econômica e *Relatedness*, sua relação com a desigualdade de renda e hipóteses 113
3.4 Metodologia 118
3.4.1 Indicadores de Complexidade Econômica e *Relatedness* 118
3.4.2 Dados e variáveis utilizadas 121
3.4.3 Modelos econométricos utilizados 124
3.5 Resultados empíricos e discussão 125
3.6 Considerações Finais 133
3.7 Apêndice - Testes de Robustez 135
Referências 138
CONCLUSÕES 143

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e seus efeitos nas sociedades têm sido o tema que ocupa muitos dos economistas contemporâneos. A perspectiva da complexidade econômica, por sua vez, postula que existem conhecimentos produtivos específicos para construir produtos e serviços mais sofisticados, dominados por poucos países, que conseguem ser bem-sucedidos na produção de uma diversidade maior de produtos em comparação com seus pares. Desse modo, esta linha de pesquisa emergente agrupa uma pluralidade de pesquisadores com sucesso na criação de indicadores que incorporaram conjuntamente os benefícios da especialização e da diversificação produtiva, para explicar o potencial de geração de riqueza das nações (Hausmann; Hwang; Rodrik, 2007; Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo; Hausmann, 2009; Simoes; Hidalgo, 2011; Hidalgo, 2021, 2023).

Nesta perspectiva, a configuração da estrutura produtiva das economias importa, uma vez que são requeridas certas capacidades (conhecimentos produtivos) para a produção de toda a gama de produtos. Além disso, nem todas as economias conseguem efetuar uma transformação da sua estrutura econômica em prol de produtos, setores, indústrias e atividades econômicas e laborais mais sofisticadas [1]. Porém, a análise avança agora para a observação não só dos produtos exportados pelos locais, mas também da produção de conhecimento e da observação das especifidades das atividades econômicas realizadas.

É assim que se torna a considerar o território extremamente relevante para entender a evolução da estrutura econômica, sendo que a discussão sobre as dinâmicas da complexidade econômica geograficamente localizadas tomam corpo em formato de produção teórica e empírica, com benefícios de novas técnicas de análise e bases de dados. A capacidade de efetuar determinada atividade econômica diz respeito também ao grau de proximidade de capacidades requeridas para realizar as demais atividades da sua pauta produtiva (*relatedness*).

Nesta literatura, lacunas importantes ainda persistem ao relacionar o tema da complexidade econômica aos estudos regionalizados sobre o crescimento econômico. Em complemento, ao considerar a questão da desigualdade de renda, os resultados empíricos ainda divergem em função da característica dos países analisados e, são escassas as análises em níveis regionais. É imperativo que se considere a questão econométricas de dependência espacial nestas investigações, ao aproveitar da crescente disponibilidade de dados em níveis regionais, ao passo que

[1] Não por acaso, esta perspectiva obteve evolução a partir da observância da pauta exportadora dos países, visto que o cenário internacional é o campo de disputas entre os produtos com maior carga tecnológica pelas nações.

é necessário compreender os efeitos da elevação da complexidade nos territórios dos países de renda média. Utilizar dados detalhados e confiáveis, em um período de tempo suficientemente grande é um desafio nesta literatura. Encontrar variáveis de controle com confiabilidade e tratar dos problemas de endogeneidade se tornam desafios, dada falta de compreensão dos mecanismos existentes entre complexidade econômica e desigualdade de renda.

No caso brasileiro, a lacuna empírica sobre a relação entre sofisticação produtiva, crescimento econômico e desigualdade se reflete na escassez de evidências robustas para os dados regionais. Trata-se ainda de uma literatura relativamente nova, em expansão e que insere a questão das capacidades produtivas locais no centro do debate do crescimento e da distribuição de renda do trabalho no contexto brasileiro. Desta forma, o problema de pesquisa desta tese se encontra em analisar a evolução espacial da complexidade econômica e proximidade cognitiva de atividades (*relatedness*) e seus efeitos sobre o crescimento econômico e a desigualdade de renda nas microrregiões brasileiras.

Tema

O tema proposto para esta tese versa sobre os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento econômico e a desigualdade de renda das microrregiões do Brasil. A tese aqui proposta, portanto, será alicerçada sobre a literatura que trata dos efeitos do conhecimento produtivo dos locais e do seu potencial de diversificação (complexidade econômica) e das relações de proximidade produtiva entre as atividades e regiões (*relatedness*), em se tratando das capacidades produtivas presentes em seu território. Nota-se que esses fatores têm despertado crescente atenção, devido ao seu rico potencial empírico e teórico na análise da relação entre crescimento econômico e desigualdade de renda formal, bem como nas políticas potenciais que podem ser geradas. Para esta tese, delimita-se o caso do Brasil para as suas microrregiões, no período recente – 2002 a 2020.

Objetivos

Objetivo Geral

O objetivo geral desta tese é analisar quais são os efeitos da complexidade econômica e da *relatedness* sobre o crescimento econômico e desigualdade de renda formal regionais, tendo

como objeto de estudo as microrregiões brasileiras e as atividades econômicas, no período de 2002 a 2020.

Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos:

a) Mensurar a complexidade econômica das atividades e analisar a evolução da distribuição espacial da complexidade econômica e da *relatedness* nas microrregiões brasileiras;

b) Analisar os efeitos da complexidade econômica e da *relatedness* sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras;

c) Analisar os efeitos da complexidade econômica e da *relatedness* sobre o nível de desigualdade de renda formal das microrregiões brasileiras.

Justificativa

A tese desenvolveu um estudo sobre a evolução da complexidade econômica e *relatedness* e seus efeitos no crescimento econômico e desigualdade de renda formal nas microrregiões brasileiras. Verifica-se que grandes disparidades tecnológicas e sociais são persistentes nos territórios brasileiros, que se manifestam no âmago da sua formação econômica, baseada em uma industrialização desigual, onde as regiões conviviam com populações em níveis de subsistência e subemprego (Prado Júnior, 1976; Furtado, 1973). Estas desigualdades, relacionadas às dinâmicas de desempenho (crescimento econômico) e distribuição (da renda), persistem em diversos aspectos, apesar do fato de que o Brasil tenha experimentado sua Revolução Industrial e Capitalista no século XX (Bresser-Pereira, 2018), com relativa evolução da sua estrutura econômico-industrial em seu território.

Mais recentemente, contudo, há um processo latente de desindustrialização e baixo dinamismo econômico sendo evidenciado no Brasil (Bresser-Pereira, 2018; Cano, 2012; Nassif, 2008) [2], sobretudo em setores intensivos em conhecimento e tecnologia (Morceiro; Ghilhoto, 2023). Ainda, estudos apontam o agravamento no desadensamento industrial [3] (Sugimoto; Die-

[2] O conceito clássico de desindustrialização remete à redução na participação no emprego industrial sobre o emprego total, porém outros processos relacionados como a re-primarização da pauta de exportações e a doença holandesa devem ser considerados (Oreiro; Feijó, 2010; Bresser-Pereira, 2018).

[3] O adensamento industrial é representado pelo uso intensivo pela indústria de insumos e componentes fabricados por produtores domésticos, o que leva à elevação no desenvolvimento tecnológico e *spillovers* intersetoriais, enquanto o desadensamento industrial reduz as ligações intersetoriais e eleva a dependência de importações de componentes necessários ao setor (Sugimoto; Diegues, 2022; Morceiro, 2018).

gues, 2022) e queda da complexidade econômica da pauta de produção no país (Britto; Freitas; Romero, 2015; Gala, 2017; OEC, 2024).

Desta forma, entende-se ser relevante que as abordagens as quais evidenciam as capacidades produtivas (aqui entendidas como capacitações ou conhecimentos necessários para a produção de determinados produtos ou serviços) distribuídas regionalmente, sejam melhor entendidas em prol da construção de políticas, a fim de superar os atrasos socioeconômicos. A perspectiva da complexidade econômica, por sua vez, tem evoluído para um maior entendimento sobre as externalidades positivas que podem ser auferidas pelos territórios com o impulsionamento de políticas direcionadas à maior sofisticação produtiva (Hidalgo, 2023; Rodrik, 2006) e aos mecanismos que facilitam o fluxo de conhecimentos entre indústrias e regiões (Hidalgo; Balland et al., 2018) [4].

A literatura da complexidade econômica, pela sua característica recente, possui lacunas e oportunidades, quando se trata do estudo do território, que podem ser proveitosas na sua utilização para entendimento do caso brasileiro. Isso porque a produção recente mostra que a sua aplicação na realidade regional ainda é incipiente (Junior; Fagundes; Figueiredo, 2021) e existe a necessidade de confrontar desafios sociais e ambientais deste século, juntamente às deficiências de economias, baseadas em atividades de baixos valor agregado e conhecimento (Ferraz et al., 2021). Ainda, as desigualdades aumentaram desde os anos 1980 nos territórios, sendo necessárias políticas locais e regionais para reverter esta polarização (Boschma, 2022; Feldman; Guy; Iammarino, 2021).

A níveis regionais, o efeito da complexidade econômica sobre as desigualdades ainda não é completamente conhecido e os testes empíricos têm demonstrado efeitos divergentes (Hartmann; Pinheiro, 2024; Morais; Swart; Jordaan, 2021). É necessário descobrir, a partir de comparações regionais, o tipo de proximidade e capacidades que geram diversificação (Boschma, 2017), como identificar não só o papel das exportações, mas também dos serviços sofisticados para a mudança técnica (Hartmann; Bezerra; Pinheiro, 2019). Com isto, contribuem para novas possibilidades de políticas industriais em direção à atividades relacionadas, difusão geográfica e do papel dos diversos agentes para a mudança técnica (Hidalgo, 2023) e com a descoberta de estratégias de especialização inteligentes para o crescimento das regiões (Mewes;

[4] A despeito da relevância das políticas industriais realizadas para a economia brasileira no passado (Suzigan, 1996), existe, ainda, a exigência de avaliar as possibilidades e desafios em um cenário em que a mudança técnica das nações se torna cada vez mais necessária (Garcia; Santos; Suzigan, 2021; Suzigan; Garcia; Feitosa, 2020; La Rovere; Hasenclever; Erber, 2004), devido aos obstáculos atuais de economias emergentes – tecnológicos, ambientais, de saúde pública e socioeconômicos.

Broekel, 2022) [5].

Estudos recentes questionam se políticas direcionadas para elevar a complexidade econômica podem contribuir com a mudança técnica e gerar externalidades positivas nos locais, o que indica que a literatura está em expansão em várias direções [6], com melhorias nos indicadores para que as informações relevantes de inovação sejam consideradas (Stojkoski; Koch; Hidalgo, 2023). Assim, a produção teórica e empírica, que combinam as perspectivas da complexidade econômica, proximidade cognitiva e territórios, logra relevância consistente no cenário nacional e internacional. Tratam de temas necessários a serem analisados em conjunto, sob a égide dos efeitos socioeconômicos e das capacidades produtivas locais para o caso das regiões do Brasil, sendo este o diferencial desta tese.

Estrutura

Além desta apresentação, para cumprir os objetivos propostos, a tese será dividida em três artigos independentes para o caso brasileiro no período recente (2002 a 2020): no primeiro artigo é apresentado o cálculo da complexidade econômica das atividades e é analisado o padrão da distribuição espacial dos indicadores de complexidade econômica e *relatedness* ao longo do tempo, ao utilizar do ferramental da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Foi exposto com maior profundidade o marco teórico-conceitual sobre a literatura da complexidade econômica e do papel da proximidade entre atividades (*relatedness*) para o desenvolvimento econômico dos países e sua dinâmica regional. Além disso, foi sistematizada a construção dos indicadores, sua relevância para o campo de pesquisa e da sua relação com a dinâmica dos territórios.

A contribuição do segundo artigo para a literatura da complexidade econômica foi analisar os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento econômico. Para tanto, foram utilizados modelos dinâmicos de dados em painel Espacial Durbin - SDM (*Spatial*

[5] Outros autores buscam ainda entender quais lições de políticas podem contribuir para geração de complexidade, por exemplo com as políticas de tipo Estado-academia-indústria (Hajouji, 2022), questionam se as políticas para a complexidade econômica podem convergir com a mudança estrutural e social das regiões (Fairbrother, 2017) e como podem ser criadas políticas de complexidade econômica orientada a missão para setores relevantes como o setor da saúde (Romero; Silveira; Freitas, 2022).

[6] Como exemplos, buscam avaliar como as políticas territoriais podem estar relacionadas com a diversificação e complexidade econômica das cidades (Dong et al., 2022) e da elevação da capacidade de produção local de produtos sofisticados para exportação (Rodrik, 2006). Buscam compreender como gerar políticas para reorientar capacidades para industrialização com complexidade para a economia verde (Mealy; Teytelboym, 2020) e entender os focos de pesquisa em políticas industriais para complexidade econômica, sustentabilidade e desigualdades (Ferraz et al., 2021).

Durbin Model), Espacial Durbin com Método dos Momentos Generalizados em Diferenças – SDGMM-DIF (*Spatial Durbin Generalized Method of Moments - Differences*) e Espacial Durbin com Método dos Momentos Generalizados Dinâmicos – SDGMM-SYS (*Spatial Durbin Generalized Method of Moments - Dynamic*), com instrumentos, com as 558 microrregiões do Brasil, com dados de emprego para as 59 atividades econômicas.

O terceiro artigo adiciona novas evidências ao caso regional brasileiro ao analisar os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* na desigualdade intra-regional de renda formal no Brasil. Para tal fim, foram utilizados os dados de emprego para cada atividade econômica nas 558 microrregiões do Brasil. Empregaram-se modelos de regressão de painel de efeitos fixos dinâmicos e o Método dos Momentos Generalizados (GMM - *Generalized Method of Moments*) com a utilização de variáveis instrumentais para lidar com as questões de endogenia.

As considerações finais da tese são apresentadas em seguida, que abordarão os principais resultados encontrados e as respectivas implicações para as políticas públicas. Ainda, serão elencadas as limitações deste trabalho, bem como serão consideradas as oportunidades para trabalhos futuros que se entenda relevante para esta temática.

Referências

BOSCHMA, Ron. Regional Diversification and Inequality between and within Regions. **Policy Debate of the Hour**, v. 23, september, 2022.

_____. Relatedness as driver of regional diversification: a research agenda. **Regional Studies**, Routledge, v. 51, n. 3, p. 351–364, 2017.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. **Em busca do desenvolvimento perdido**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018. P. 168.

BRITTO, Gustavo; FREITAS, Elton; ROMERO, João P. Complexidade industrial e inovação na abordagem da complexidade: uma análise do caso brasileiro. In: January. INDÚSTRIA e desenvolvimento produtivo no Brasil. FGV: EESP, 2015. v. 1, p. 417–439.

CANO, Wilson. A desindustrialização no Brasil. **Economia e Sociedade**, v. 21, Número Especial, p. 831–851, 2012.

DONG, Zhaoyingzi et al. Industrial land policy and economic complexity of Chinese Cities. **Industry and Innovation**, Routledge, v. 29, n. 3, p. 367–395, 2022.

FAIRBROTHER, Peter. When politics meets economic complexity: Doing things differently in the Gippsland region, Australia. **Australasian Journal of Regional Studies**, v. 23, n. 3, 2017.

FELDMAN, Maryann; GUY, Frederick; IAMMARINO, Simona. Regional income disparities, monopoly and finance. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 14, n. 1, p. 25–49, 2021.

FERRAZ, Diogo et al. Linking economic complexity, diversification, and industrial policy with sustainable development: A structured literature review. **Sustainability (Switzerland)**, MDPI, v. 13, n. 3, p. 1–29, fev. 2021.

FURTADO, Celso. **O mito do desenvolvimento econômico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1973.

GALA, Paulo. **Complexidade Econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2017. P. 144.

GARCIA, Renato; SANTOS, Ulisses Pereira dos; SUZIGAN, Wilson. Industrial upgrade, economic catch-up and industrial policy in Brazil: general trends and the specific case of the mining industry. **Nova Economia**, Nova Economia, v. 30, Special Issue, p. 1089–1114, 2021.

HAJOUJI, Nassim. The Links between Elite Conflict, Education Policies and Economic Complexity: Analysis of the (Similar, yet Different) Developmental Trajectories of Mauritius & Singapore. **Policy Paper 04/22**, p. 01–22, 2022.

HARTMANN, Dominik; BEZERRA, Mayra; PINHEIRO, Flávio L. Identifying smart strategies for economic diversification and inclusive growth in developing economies. The case of Paraguay. Hohenhein, 2019. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/195059/1/1663049440.pdf>.

HARTMANN, Dominik; PINHEIRO, Flávio L. Economic Complexity and Inequality at the National and Regional Levels. In: CHEN, Ping; ELSNER, Wolfram; PYKA, Andreas (Ed.). **Routledge International Handbook of Complexity Economics**. 1. ed. London: Rotlege, 2024. P. 766.

HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César A. The network structure of economic output. **Journal of Economic Growth**, v. 16, n. 4, p. 309–342, 2011.

HAUSMANN, Ricardo; HWANG, Jason; RODRIK, Dani. What you export matters. **Journal of Economic Growth**, v. 12, n. 1, p. 1–25, 2007.

HIDALGO, César A. Economic complexity theory and applications. **Nature Reviews Physics**, v. 3, n. 2, p. 92–113, 2021.

_____. The policy implications of economic complexity. **Research Policy**, v. 52, n. 9, 2023.

HIDALGO, César A.; BALLAND, Pierre Alexandre et al. The Principle of Relatedness. In: UNIFYING THEMES IN COMPLEX SYSTEMS IX. ICCS 2018. (Ed.). **Springer Proceedings in Complexity**. IX. ed. Cham: Springer International Publishing, 2018. v. IX. P. 451–457.

HIDALGO, César A.; HAUSMANN, Ricardo. The building blocks of economic complexity. **PNAS**, v. 119, n. 6166, p. 15, 2009.

JUNIOR, Ernani de Almeida Silva; FAGUNDES, Mayra Batista Bitencourt; FIGUEIREDO, Adriano Marcos Rodrigues. Economic complexity: a systematic review of literature. **Desafio online**, v. 9, n. 1, p. 116–137, 2021.

LA ROVERE, Renata Lèbre; HASENCLEVER, Lia; ERBER, Fabio. Industrial and technology policy for regional development Promoting clusters in Brazil Affiliations. **TMSD**, v. 2, n. 3, p. 205–217, 2004.

MEALY, Penny; TEYTELBOYM, Alexander. Economic complexity and the green economy. **Research Policy**, v. 51, 2020.

MEWES, Lars; BROEKEL, Tom. Technological complexity and economic growth of regions. **Research Policy**, v. 51, n. 8, 2022.

MORAIS, Margarida Bandeira; SWART, Julia; JORDAAN, Jacob Arie. Economic complexity and inequality: Does regional productive structure affect income inequality in Brazilian states? **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 2, p. 1–23, 2021.

MORCEIRO, Paulo César. **A indústria brasileira no limiar do século XXI: uma análise da sua evolução estrutural, comercial e tecnológica**. 2018. F. 216. Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.

MORCEIRO, Paulo César; GHILHOTO, Joaquim José Martins. Desindustrialização setorial e estagnação de longo prazo do setor manufatureiro brasileiro. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 43, n. 2, p. 418–441, 2023.

NASSIF, André. Há evidências de desindustrialização no Brasil? **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 28, 1(109), p. 72–96, 2008.

OEC. **Observatory of Economic Complexity**. [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://oec.world/>. Acesso em: 8 jan. 2023.

OREIRO, José Luis; FEIJÓ, Carmen A. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 30, n. 2, p. 219–232, 2010.

PRADO JÚNIOR, Caio. **História Econômica do Brasil**. 37. ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1976.

RODRIK, Dani. What's So Special about China's Exports? **China & World Economy**, v. 14, n. 5, p. 1–19, 2006.

ROMERO, João P; SILVEIRA, Fabrício; FREITAS, Elton. **Mission healthcare: using economic complexity to devise mission-oriented diversification strategies for Brazil**. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, jan. 2022. (TEXTOS PARA DISCUSSÃO). Disponível em: <https://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20639.pdf>.

SIMOES, Alexander J.G.; HIDALGO, César A. The economic complexity observatory: An analytical tool for understanding the dynamics of economic development. **AAAI Workshop - Technical Report**, WS-11-17, January 2011, p. 39–42, 2011.

STOJKOSKI, Viktor; KOCH, Philipp; HIDALGO, César A. Multidimensional economic complexity and inclusive green growth. **Communications earth & environment**, v. 4, n. 130, 2023.

SUGIMOTO, Thiago Noronha; DIEGUES, Antônio Carlos. A China e a desindustrialização brasileira: um olhar para além da especialização regressiva. **Nova Economia**, v. 32, n. 2, p. 477–504, 2022.

SUZIGAN, Wilson. Experiência histórica de política industrial no Brasil. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 16, n. 1, p. 3–19, 1996.

SUZIGAN, Wilson; GARCIA, Renato; FEITOSA, Paulo Henrique Assis. Institutions and industrial policy in Brazil after two decades: have we built the needed institutions? **Economics of Innovation and New Technology**, v. 29, n. 7, p. 799–813, out. 2020.

1. COMPLEXIDADE ECONÔMICA E *RELATEDNESS* NAS MICRORREGIÕES DO BRASIL - AVALIAÇÃO DOS SETORES E ANÁLISE EXPLORATÓRIA ESPACIAL (2002 A 2020)

Resumo: A literatura da complexidade econômica avança para um maior entendimento das atividades com maior utilização de capacidades produtivas específicas sobre as economias, porém, no campo dos estudos regionalizados a análise ainda é incipiente. Este artigo busca analisar a complexidade econômicas das atividades e verificar a evolução da distribuição espacial da complexidade econômica e *relatedness* (proximidade cognitiva de atividades) nas microrregiões brasileiras durante o período de 2002 a 2020. Como metodologia, calcula-se a complexidade econômica das atividades e é utilizada a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para avaliar a dinâmica dos indicadores de complexidade econômica e *relatedness* no período. Como principais resultados demonstra-se que: a) as atividades produtivas com maior complexidade econômica estão no setor de Indústrias de Transformação, seguida por Atividades de Informática e Serviços Relacionados; b) existe dependência espacial positiva destes indicadores, indicando a existência de alta autocorrelação espacial, que é influenciada pelo cenário econômico no caso da complexidade; c) a formação de *clusters* do tipo alto-alto se encontra principalmente nas regiões Sudeste e Sul em todo o período. Tais evidências reforçam o fato de que as desigualdades de distribuição das atividades econômicas no território persistem e as políticas industriais devem estar atentas às capacitações produtivas locais para que as disparidades intra e inter-regionais não se ampliem.

Palavras-Chave: Complexidade Econômica, *Relatedness*, AEDE, Brasil.
JEL: C38; R12; R58.

Abstract: The economic complexity literature has made significant progress in understanding activities that rely on specialized productive capabilities. However, in regional studies, this topic remains underexplored. This paper aims to assess the economic complexity of activities and examine the spatial distribution and evolution of economic complexity and relatedness (cognitive proximity between activities) across Brazilian micro-regions from 2002 to 2020. The methodology combines the calculation of activity-level economic complexity with Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) to capture the dynamics of complexity and relatedness indicators over time. The key findings are: a) activities with the highest economic complexity are concentrated in the Manufacturing sector, followed by Information Technology and Related Services; b) there is evidence of positive spatial dependence, indicating strong spatial autocorrelation influenced by broader economic conditions; c) high-high clusters of complexity are primarily located in the Southeast and South regions throughout the analyzed period. These results confirm the persistence of regional inequalities in the distribution of economic activities in Brazil. To prevent the widening of intra- and inter-regional disparities, industrial policies must focus on strengthening local productive capabilities.

Keywords: Economic complexity; Relatedness; ESDA; Brazil.

1.1 Introdução

A perspectiva da complexidade econômica busca compreender as dinâmicas da estrutura econômica partir da composição de capacidades produtivas específicas presentes nos países (Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo; Hausmann, 2009; Simoes; Hidalgo, 2011; Hidalgo, 2023, 2021). Os benefícios das economias de especialização/localização para a troca de externalidades positivas (Marshall, 1890) e dos efeitos das economias de diversidade urbana (Jacobs, 1969) são contemplados nesta literatura como base para a construção de indicadores inovadores. Dessa forma, tem-se observado que a estrutura produtiva dos territórios tende a se concentrar tanto espacialmente quanto temporalmente nas regiões, principalmente nas mais populosas, visto que requerem alta carga de conhecimento e de divisão do trabalho (Balland; Jara-Figueroa et al., 2020).

Neste contexto, a avaliação da proximidade cognitiva das atividades econômicas (*relatedness*) torna-se fundamental para identificar os canais que possam gerar aprendizado coletivo e compreender os mecanismos que facilitam a troca de conhecimento entre as regiões e as indústrias (Hidalgo; Balland et al., 2018). Isso contribui para que os formuladores de políticas passam acompanhar e antecipar o padrão de mudança de especialização dos locais (Hidalgo; Winger et al., 2007; Hidalgo, 2021). Além disso, colabora com a identificação de limitações de diversificação produtiva de forma regional (Boschma, 2017). Assim, possibilita a formulação de políticas que considerem as oportunidades territoriais e a distância cognitiva em relação a setores complexos e permite identificar o padrão único que pode levar determinado local a desenvolver a capacidade de diversificação em direção a atividades econômicas mais sofisticadas (Hidalgo; Balland et al., 2018).

Uma série de trabalhos recentes ressalta o aspecto territorial da complexidade econômica, observando seus efeitos sobre os indicadores socioeconômicos e analisando suas dinâmicas relacionadas à urbanização e distribuição espacial (Gao; Zhou, 2018; Chávez; Mosqueda; Gómez-Zaldívar, 2017; Fagundes et al., 2019; Garcez; Arend; Giovanini, 2019; Fritz; Manduca, 2021; Antonietti; Burlina, 2019; Verheij; Oliveira, 2020; Di Clemente; Strano; Batty, 2021). Embora essa literatura apresente resultados empíricos robustos para a evolução do campo de pesquisa, o tema ainda é explorado de maneira limitada no contexto regional brasileiro, que passa por processos de desindustrialização (Oreiro; Feijó, 2010; Bresser-Pereira, 2018; Morceiro; Ghilhoto, 2023; Araujo; Feijó, 2023), redução de complexidade econômica (Britto; Frei-

tas; Romero, 2015; Gala, 2017; OEC, 2024), desconcentração da indústria de transformação (Caldarelli, 2023) e agravamento no desadensamento industrial (Sugimoto; Diegues, 2022). Apesar disso, os esforços das recentes políticas para reindustrialização (Nova Indústria Brasil) entendem a relevância de efetuar um "mapeamento das principais aglomerações industriais regionais, arranjos e sistemas produtivos existentes" (BRASIL, 2024, p. 18), reiterando a necessidade de um maior entendimento das capacidades locais no desenvolvimento do tecido produtivo.

As evidências encontradas neste artigo apontam que as atividades produtivas com maior complexidade econômica estão concentradas principalmente nas atividades da Indústria de Transformação, seguida por Atividades de Informática e Serviços Relacionados. Além disso, os resultados mostram que regiões que apresentam maiores indicadores de complexidade econômica e *relatedness* tendem a estar próximas de outras regiões com valores igualmente altos, e o mesmo ocorre para regiões com valores baixos. Em adição, os resultados apontam para formação e *clusters* alto-alto concentrados em grande parte nas regiões do Sul e Sudeste do Brasil enquanto que os *cluster* baixo-baixo nas regiões Norte e Nordeste. Demonstra-se assim que as disparidades regionais relacionadas à sofisticação produtiva e proximidade de conhecimentos no tecido produtivo persistem no território brasileiro. Nossos achados apontam também que o nível de complexidade econômica das microrregiões apresenta um aumento na concentração espacial após o início da crise brasileira de 2015/2016, enquanto a proximidade cognitiva das atividades econômicas demonstra sinais desconcentração após 2011. Ressalta-se a importância da avaliação das capacidades locais para que políticas sejam implementadas de forma assertiva, promovendo aprendizado local e evitando que desigualdades entre as regiões se ampliem (Boschma, 2022).

Este artigo está estruturado da seguinte maneira: na próxima seção é apresentada a fundamentação teórica, abordando os principais conceitos estruturantes a respeito da perspectiva da complexidade econômica e *relatedness* e das suas relações com as atividades econômicas distribuídas no território. Em seguida, na metodologia são apresentados os indicadores e as bases de dados empregados no trabalho, em como o ferramental da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) Após, são discutidos os resultados e as implicações dos achados, seguidos pelas considerações finais.

1.2 Revisão da literatura

1.2.1 Complexidade Econômica: a construção da base teórica

A elaboração de indicadores empíricos e longitudinais de complexidade econômica dos países (Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo; Hausmann, 2009; Simoes; Hidalgo, 2011) expandiu o poder de análise para compreender como as transformações estruturais nas nações, e ao longo de seus territórios, ocorrem (Hartmann; Guevara et al., 2017), ou seja, avaliando o padrão da estrutura produtiva local, ou o "espaço do produto". Diante disso, complexidade e sofisticação produtiva de um país ou local seriam, agora, quantificadas com a ajuda de técnicas de ciência da computação, a partir da pauta exportadora local, medindo indiretamente a sofisticação tecnológica daquele tecido produtivo, ou seja, sua "complexidade econômica" (Gala, 2017).

Assim, o padrão de especialização local, ou seja, não só a configuração da pauta de produção e exportação dos países em seu nível de diversificação, mas também o nível de complexidade das ocupações e atividades nos territórios, torna-se extremamente relevante para determinar o crescimento e dinamismo econômico (Hausmann; Hwang; Rodrik, 2007). Desta forma, as diferenças regionais na renda podem estar relacionadas às diferenças na complexidade econômica territorial, as quais buscam explicar as capacidades locais, para gerar determinadas configurações de produção econômica (Hidalgo; Hausmann, 2009). O campo de estudo da complexidade econômica vem crescendo nos últimos tempos devido a (a) introdução das métricas de *relatedness* - que permitem explicar a dependência ao padrão local das atividades econômicas, prevendo padrões de especialização e as atividades que irão crescer o declinar e; (b) ao desenvolvimento de métricas de complexidade, que se aproveitam dos dados de exportações, patentes, atividades econômicas e emprego para estimar a diversidade e sofisticação presentes nas economias (Hidalgo, 2021).

Na perspectiva da complexidade econômica, as capacidades (*capabilities*) [1] necessá-

[1] Segundo Tatsch (2021), o termo capacidades (do inglês "*capabilities*"), que é o termo mais empregado para as habilidades/aptidões, que envolvem as competências, é o mais utilizado mesmo que a tradução mais adequada seja "capacitações". Embora o estudo das capacidades das firmas tenha vários vieses na literatura – capacidade de inovar, capacidades tecnológicas das firmas, capacidades das firmas se reinventarem ou capacidade absortiva das empresas, as capacidades "estao relacionadas aos esforços de busca, absorçao e aplicaçao de conhecimentos e informaçoes necessários para as firmas empreenderem mudanças técnicas" (Tatsch, 2021, p. 191). Longe de esgotar o conceito, para Penrose (2006) como a firma se constitui de um conjunto de recursos produtivos em que a disposição e seus usos dependem de decisões administrativas no tempo, a capacidade das firmas é expressada pelos serviços produtivos que elas prestam, no potencial de adaptação da suas estruturas, das suas tecnologias e oportunidades mercadológicas. Para Nelson e Winter (1982) as capacidades das firmas estão associadas ao conhecimento e ao aprendizado refletidas nas suas rotinas, logo resultam em processos virtuosos de diversidade empresarial na

rias para que atividades mais complexas surjam são representadas como *inputs* específicos que formam blocos de construção da produção disponibilizada e incorporada localmente em cada período de tempo. Desta forma, "*capabilities could be tangible inputs, such as bridges, ports and highways, or intangibles, such as norms, institutions, skills or the existence of particular social networks*" (Hidalgo, 2009, p. 2). Dado que o conhecimento tem alto custo para ser adquirido e transferido, ele se encontra modularizado na forma das capacidades, de forma que algumas capacidades estão incorporadas nos níveis dos indivíduos, outras nas instituições, nas redes entre as organizações e como estas interagem (Hausmann; Hidalgo et al., 2011). Assim, um produto ou atividade não podem ser criadas em um local que não possui todas as capacitações requeridas para a construção de tais.

Com o intuito de dar conta deste novo conceito, foi preciso avaliar, em um primeiro momento, a não-ubiquidade dos bens produzidos em determinado local, ou seja, a produção de bens raros e complexos. Hausmann, Hidalgo et al. (2011, p. 21) informam que a "*ubiquity is is related to the number of countries that a product is connected to*". A não-ubiquidade diz respeito ao fato de que a sua produção não é efetuada em todos os territórios: quanto mais ubíquo o produto, mais facilmente ele é produzido, pois exige menor carga de conhecimentos e, assim, é encontrado mais facilmente em qualquer local [2]. Requerem, portanto, poucas capacidades para ser construídos, ao contrário de produtos não-ubíquos, que necessitam de uma maior quantidade de conhecimentos (Hausmann; Hidalgo et al., 2011).

No entanto, para contornar o fato de que países pobres podem estar exportando fortemente somente algum produto natural raro, segundo Gala (2017), o índice foi construído para que se comparasse a ubiquidade de determinada produção (quanto menos ubíquo, ou seja, produz-se em poucos locais, maiores capacidades se requerem para a produção de um produto) com a diversidade de produtos produzidos em determinado local (quantidade de produtos que um país é especializado em produzir). A diversidade "*is related to the number of products that a country is connected to*" Hausmann, Hidalgo et al. (2011, p. 21).

Ambos os conceitos foram combinados para que o indicador de complexidade resultante pudesse corrigir as informações que cada um carregavam entre si, desta forma "*diversity can*

busca de lucros, o que molda a memória organizacional e os processos inovativos. Em uma economia do aprendizado para Lundvall e Johnson (1994), a capacidade de aprender, preservar e estocar conhecimento é um aspecto essencial para o sucesso das pessoas, organizações e regiões, o que reflete na maneira que estas estão organizadas e no desenvolvimento inovativo.

[2]Este conceito combina as características da produção de bens com alto conteúdo tecnológico envolvido e difícil produção, com a fabricação de outros bens, produtos ou serviços, os quais são extremamente escassos na natureza, como por exemplo os diamantes (Gala, 2017).

therefore be used to correct the information carried by ubiquity, and ubiquity can be used to correct the information carried by diversity" (Hausmann; Hidalgo et al., 2011, p. 20). Assim se corrige, portanto, o "peso" relativo da produção de um produto natural raro por determinado país na construção do indicador de complexidade.

Aqueles produtos que requerem uma gama maior de capacidades (máquinas de raios-x e medicamentos por exemplo), serão dominados por poucos, pois é necessário uma diversidade maior de conhecimentos produtivos na cadeia de produção daqueles bens mais complexos, como os manufaturados. Desta forma, a não-ubiquidade de produtos exportados, atividades econômicas, laborais ou de pesquisa, comparada com a diversidade delas, revela a complexidade econômica da localidade, mostrando que o padrão de especialização produtiva é fator crucial para entender o processo de desenvolvimento econômico [3].

As "capacidades" disponíveis de um país são representadas nesta literatura pela observação direta da realização de determinados produtos ou atividades econômicas, encontrados em países que possuem igualmente a excelência na realização de uma diversidade de protudos e dizem respeito as suas capacidades não comercializáveis dos locais (Hidalgo; Hausmann, 2009). Desta forma, para fabricar um produto entende-se que o país tenha todas as capacidades para tal: "*to be able to produce a particular portfolio, the collection of agents active in an economy requires particular capabilities associated with the products in the portfolio*" (Frenken; Neffke; Van Dam, 2023, p.2).

Estas atividades estão, portanto, incorporadas de determinados conhecimentos (*knowhow*), pelos quais foram moldados em indivíduos, organizações, redes de organizações ou mesmo através de capacidades coletivas, capazes de traduzir em novas combinações o conhecimento organizado (Hausmann; Hidalgo et al., 2011). Outrossim, as capacidades locais podem explicar em quais novas especializações os locais vão evoluir e o seu padrão de especialização produtiva ao longo do tempo (Boschma, 2017). A complexidade econômica se refere à diversidade de conhecimentos incorporadas naquela sociedade, e "*is expressed in the composition of a country's productive output and reflects the structures that emerge to hold and combine knowledge*" (Hausmann; Hidalgo et al., 2011, p.18).

Existem vantagens na utilização desta metodologia da complexidade para mensurar o

[3] Desenvolvimento este que depende, então, da composição do PIB (Produto Interno Bruto) do país/localidade e do tipo de produto produzido, sendo, portanto, o desenvolvimento econômico algo sistêmico, que deriva da configuração setorial alcançada ao longo dos territórios. As evidências apontam assim para uma relação negativa entre a diversificação da produção interna e a média de ubiquidade dos produtos exportados, ao passo que a diversificação da pauta exportadora é diretamente relacionada à complexidade dos bens produzidos (Hausmann; Hidalgo, 2011).

desenvolvimento econômico por meio do domínio das técnicas de produção, produtos desenvolvidos e atividades econômicas realizadas localmente de forma detalhada. Isto se deve ao fato de que se considerar que o tipo de produto produzido importa, bem como se vale de bases de dados detalhadas e técnicas inovadoras [4].

As métricas de *relatedness* tiveram contribuições de diversos campos de pesquisa, como da Economia Evolucionária, da Geografia Econômica, da Economia Urbana e da Economia da Inovação (Hidalgo, 2021). As literaturas da Economia do Desenvolvimento, da Ciência das Redes, dos Sistemas Complexos e do Crescimento Endógeno impulsionaram as questões referentes ao desenvolvimento de ambos - complexidade econômica e *relatedness*, impulsionados por técnicas derivadas da Estatística e Aprendizado de Máquina - os cálculos de redução de dimensionalidade e as técnicas derivadas dos sistemas de recomendação [5]. Os achados empíricos recentes avançam para uma maior compreensão a respeito do crescimento econômico, como se relaciona com as desigualdades e quais os seus impactos sobre os fatores ambientais.

1.2.2 O Princípio de *Relatedness*

Uma questão destacada pela literatura da complexidade econômica é a relevância das capacidades locais para a elevação da sofisticação produtiva. Isto fez com que o nível de similaridade entre os produtos e atividades econômicas fosse melhor compreendida, resultando na crescente relevância do estudo do princípio de "*relatedness*". Este princípio utiliza a noção de "proximidade", que observa que a habilidade de um país produzir determinado bem é relacionada também em produzir outros produtos (Hidalgo; Winger et al., 2007) [6].

Existem condições para que se efetue a produção com excelência de determinados bens próximos, como a intensidade de trabalho e de capital utilizados, o nível tecnológico envolvido

[4] A análise da complexidade econômica das exportações dos países revelam, segundo Gala (2017), que: o comércio mundial é determinado por produtos fabricados através de capacidades locais não-transacionáveis; cada país tem um conjunto de capacidades de produção locais e os países necessitam da totalidade de capacidades locais produtivas, para produzir determinados produtos. Além disso, as métricas para medir a complexidade econômica de produtos e localidades, ao contrário das abordagens anteriores para determinar o crescimento e desenvolvimento dos países, são agnósticas acerca da natureza dos fatores envolvidos (Hidalgo, 2021; Hidalgo; Winger et al., 2007).

[5] A literatura da complexidade econômica evoluiu de forma acelerada recentemente, em primeiro lugar devido à introdução das métricas de *relatedness* para avaliar a proximidade entre atividades/produtos e os locais. Em segundo lugar, foram impulsionadas pelo desenvolvimento dos indicadores de complexidade econômica das atividades geograficamente localizadas (exportações, emprego, patentes, artigos, etc) (Hidalgo, 2021). Segundo o autor, os avanços recentes da literatura buscam compreender como os fatores demográficos, institucionais, tecnológicos e financeiros contribuem para a promoção da complexidade.

[6] Como exemplificado por Hidalgo, Winger et al. (2007), é possível que um país que exporte maçãs tenha habilidades para exportar de igual forma peras, pois compartilham semelhantes condições de solo, clima, normas sanitárias, caminhões frigoríficos e acordos comerciais, capacidades estas que seriam pouco relevantes em outro setor ou atividade como na fabricação de eletrodomésticos.

na produção, os *inputs*/*outputs* necessários para produção considerando determinada cadeia de valor a que se está exposto e, a utilização de materiais similares e também requisitos institucionais (Hidalgo; Winger et al., 2007; Hidalgo; Balland et al., 2018). Porém, a proximidade cognitiva destes produtos e setores revela o quanto as firmas estão conectadas e disponíveis para o aprendizado interativo entre elas, o que determina de igual forma os transbordamentos de conhecimento (Boschma; Frenken, 2011).

De forma sucinta, a *relatedness* entre dois produtos ou atividades se refere a quantidade de capacidades (necessárias para a sua produção) que possuem em comum (Frenken; Neffke; Van Dam, 2023). Teoricamente, é possível que não se tenha nenhuma capacidade em comum para efetuar duas atividades (mínimo), que se tenha todas as capacidades iguais exceto uma (máximo de proximidade) e que dentro destes extremos existam uma diversidade de combinações entre as atividades econômicas. Assim, a *relatedness* pode capturar a noção de capacidade asbortiva, pois o conjunto de produtos capazes de serem efetuados em determinado local dependem: do conhecimento prévio acumulado no local que é relacionado entre si e; do tipo de interação que leva ao aprendizado, entre as atividades similares o suficiente para não concorrerem entre si (Hidalgo, 2021).

A ideia do "*relatedness*" industrial, a partir dos anos 2000, combinado com novos métodos de observação, contribuíram para entender a natureza e o escopo dos transbordamentos de conhecimento contidos na perspectiva regional (Boschma; Minondo; Navarro, 2013; Boschma; Frenken, 2011). Se torna assim relevante ao tema do aprendizado e desenvolvimento regional, pois a temática pode compreender e avançar sobre o entendimento das dimensões cognitivas, social, organizacional, institucional e geográfica da estrutura produtiva local (Boschma; Frenken, 2011).

Quando se eleva a variedade de setores e produtos relacionados em um local, maior se torna o aprendizado para as indústrias locais, contribuindo para aumentar a probabilidade dos "*spillovers*" intersetoriais que resultam em crescimento econômico. A estrutura atual do sistema industrial de um país afeta portanto seu estado futuro, em função de que as capacidades atuais dos agentes influenciam quais novas indústrias serão desenvolvidas (Boschma; Minondo; Navarro, 2013). Isto porque os países tendem a expandir sua capacidade produtiva e de exportação em direção a setores relacionados ao seu "*portfolio*".

Estes fatores moldam as diferenças entre locais que já são ricos e os demais locais pobres, segundo Boschma, Minondo e Navarro (2013, p.4), "*rich countries that have a wide range*

of related export products have more opportunities to diversify into new related export products and thus have more opportunities to sustain economic growth than do poorer countries". Observando a estrutura do "*Product Space*", é possível verificar que existem oportunidades diferentes para alcançar o desenvolvimento pelos países. Ocorre que o processo de difusão de conhecimento é desigual entre os países, pois para países localizados na periferia da rede de produtos, com maiores distâncias cognitivas entre seus setores e que consequentemente exportam produtos menos sofisticados, mover-se para produtos com maior complexidade se torna um processo com maior dificuldade (Hidalgo; Winger et al., 2007).

Outra questão relevante nesta literatura é que a metodologia utilizada para identificar setores e produtos complexos e mensurar a sua proximidade cognitiva (*relatedness*) é a princípio agnóstica a respeito à natureza dos fatores individuais, diferentemente de outras abordagens de crescimento econômico e desenvolvimento. Os resultados *a priori* emergem dos dados, a partir de técnicas de redução de dimensionalidade, sendo que as métricas de *relatedness* podem ser obtidas a partir de múltiplos canais (dados de emprego, indústrias, patentes, atividades econômicas, etc) (Hidalgo, 2021). Isto faz com que o poder de análise da sofisticação produtiva dos países seja melhor entendido, inclusive observando as transformações e combinações de elevação do conhecimento produtivo em setores emergentes além do setor manufatureiro, como por exemplo nos serviços complexos (Giovanini, 2018).

1.2.3 Complexidade Econômica e *Relatedness* sob o aspecto regional da economia e da inovação

O que foi exposto até aqui permite inferir que tipo de estrutura produtiva local depende da forma de proximidade entre os agentes, ou seja, o parentesco/proximidade (*relatedness*) entre as atividades, em que o grau de capacidade de absorção de conhecimentos necessários para executar determinadas atividades em um país e/ou em seus territórios importa. Desta forma, o sucesso em determinada região ou setor, em produzir determinado bem requer não só proximidades geográficas ou culturais de atividades, mas também um grau de proximidade tecnológica e cognitiva, o que faz com que esta literatura seja muito relevante ao estudo da estrutura econômica regional e inovação. Segundo Hidalgo (2021), a proximidade entre atividades revela que o aprendizado necessita de interações entre setores próximos, mas não suficientemente similares

para concorrerem entre si [7].

O princípio de *relatedness*, portanto, indica que atividades, áreas de pesquisa, setores ou indústrias são próximas quando requerem tipos similares de conhecimentos ou *inputs* para sua realização, refletindo as diversas formas com que as economias e organizações aprendem (Hidalgo; Balland et al., 2018). Assim, a diversificação das atividades econômicas no território tende a ocorrer em direção a atividades similares – diversidade/variedade relacionada, pois dependem de capacidades similares, as quais os locais já possuem para serem combinadas; por outro lado, a diversificação em atividades não-relacionadas se torna extremamente relevante para a criação de inovações e novos mercados (Boschma, 2017).

Desta forma, muitos fatores podem fazer com que os territórios apresentem produtos com *relatedness* similares, por exemplo, com a intensidade de trabalho, terra e capital requeridos, a sofisticação tecnológica necessária, as entradas e saídas requeridas da sua estrutura produtiva, ou, até mesmo, fatores relacionados as diversas institucionalidades (Hidalgo; Winger et al., 2007). Ademais, traz a ideia de capacidade de absorção dos agentes, pois habilidades para a absorção de novos conhecimentos dependem do conhecimento prévio relacionado a determinada atividade localizada no território (Hidalgo, 2021).

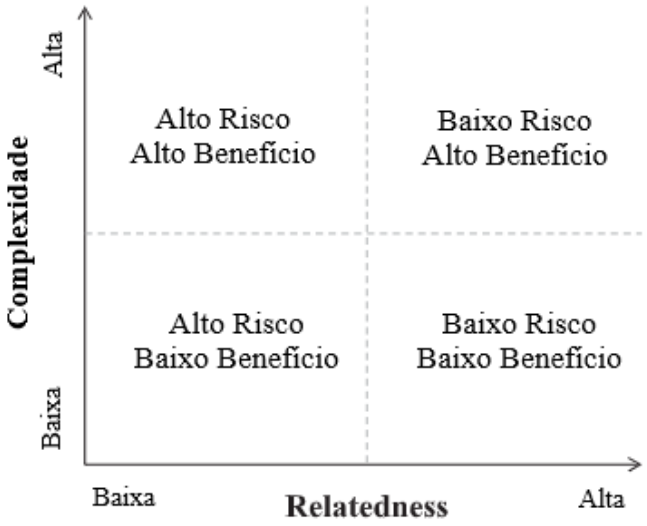
Esta perspectiva pode contribuir para políticas públicas que busquem identificar e fomentar oportunidades tecnológicas a partir das estruturas econômicas derivadas das capacidades produtivas regionalmente localizadas. Balland, Boschma et al. (2018) propõe uma abordagem do tipo *bottom-up*, em torno da relação entre complexidade das atividades e *relatedness* (Figura 1.1). Embora os autores estejam visualizando a estratégia de *smart especialization*, esta abordagem permite identificar a base de conhecimentos locais e de possibilidades tecnológicas, uma vez que se utiliza a *relatedness* local para avaliar o conjunto de competências mais favoráveis, para que a região possa avançar em especializações de atividades mais complexas. De igual forma, permite mapear atividades com maior potencial, ou, até mesmo, desejável, para direcionar os territórios [8].

A ideia da proximidade é, portanto, relevante para a complexidade econômica sob o prisma regional, pois a capacidade de produzir determinado produto em uma região se relaciona à capacidade de produzir outros, dependendo, então, da semelhança entre eles e da habilidade

[7] Conforme Hidalgo (2021), com este ferramental, foi possível criar diversas medidas de proximidade entre produtos, indústrias, setores, ocupações e áreas de pesquisa, por exemplo, entendendo como estas atividades se conectam, evoluem e quais as capacidades dos territórios em produzir determinado bem.

[8] Como exemplo, há o quadrante “Baixo Risco, Alto Benefício” (Figura 1.1), uma vez que são regiões, as quais possuem atividades mais complexas concomitante a uma maior proximidade cognitiva, o que torna o potencial de crescimento econômico local e desenvolvimento de novas combinações maior.

Figura 1.1: Relação entre Complexidade Econômica e *Relatedness* na abordagem da especialização inteligente



Fonte: Adaptado de Balland, Boschma et al. (2018).

local para tal. Hidalgo, Winger et al. (2007) exemplificam que um país que exporta maçãs tem alta probabilidade de ter as capacidades para também exportarem peras. A fim de mensurarem o quão semelhantes são as capacidades locais para a produção de cada bem, os autores criaram, a partir das probabilidades de exportação de cada produto (co-ocorrência de produtos, setores, etc.) com vantagens comparativas reveladas, uma medida de proximidade (*relatedness*).

Desta forma, cria-se uma rede de produtos (conceito de "*Product Space*" [9]), a partir das capacidades locais, onde as atividades similares se conectam, formam-se *clusters* de produtos, atividades e setores, ressaltando a distância entre eles e a especialização de cada produto que a localidade tem, como vantagens comparativas. Produtos mais complexos possuem alta conectividade, indicando alto potencial tecnológico e necessidade de maiores conhecimentos envolvidos na sua produção, enquanto os menos complexos possuem baixa conectividade entre atividades, por terem a produção mais simples (Gala, 2017).

As inter-relações entre complexidade econômica, *relatedness* e o desenvolvimento de tecnologias através de incrementos de capacitações nos territórios fica evidente (Frenken; Boschma, 2011): há uma facilidade maior dos locais em mover-se tecnologicamente a produtos

[9] A ideia de "*Product Space*" é estendida para o maior entendimento de relacionamentos entre capacitações produtivas locais. Além disso, há termos de capacidades tecnológicas, por exemplo, no efeito da criação de patentes ("*Technologial Space*"), na similaridade entre atividades econômicas e laborais ("*Industry Space*"), ou, até mesmo, na capacidade de pesquisa de campos do conhecimento ("*Research Space*") (Hidalgo, 2021), ampliando, consideravelmente, o campo de pesquisa e as potencialidades, para entender o desenvolvimento dos países.

os quais já adquiriram capacitações para tal e alguns locais possuem maior facilidade para moverem-se a produtos mais sofisticados do que outros locais, ou seja, a distância produtiva e cognitiva é menor; as firmas as quais estão posicionadas em uma parte da rede de indústrias com alta densidade (com muitas capacitações e relacionamentos produtivos e tecnológicos) crescem mais aceleradamente do que as indústrias que estão em locais isolados do Espaço do Produto; existem restrições para que as firmas façam *long jumps* tecnológicos, ou seja, movam-se de partes da rede com baixa densidade para aquelas com grande intensidade de relações [10].

Como visto, a temática da complexidade econômica observada sob o prisma do território têm impulsionado uma profícua discussão acerca do tema do desenvolvimento das capacidades locais para promover o crescimento econômico e a inovação. Possibilitam assim um novo olhar sobre as possibilidades de políticas industriais direcionadas para tal, em virtude das capacidades produtivas localizadas nas regiões e no tipo de estrutura econômica constituídos nos territórios.

1.3 Metodologia

1.3.1 Dados e Indicadores de Complexidade Econômica e *Relatedness*

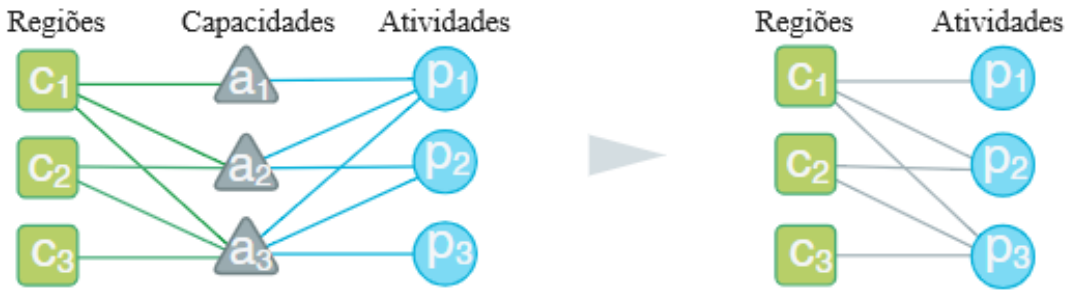
Neste artigo serão elaborados os indicadores de complexidade econômica das atividades, complexidade econômica da microrregião e de proximidade cognitiva das atividades (*relatedness*) para analisar a distribuição espacial destas duas últimas para o caso das microrregiões brasileiras entre 2002 e 2020. Para o cálculo do indicador de Complexidade Econômica ($ICEativ$) e a densidade de *relatedness* ($DRativ$), serão utilizados os dados do número de empregados por atividade econômica – CNAE 1.0 (Cadastro Nacional de Atividades Econômicas) - dos 59 grupos de atividades (ativ) das microrregiões, com dados da RAIS (2022), compilados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). A literatura recente demonstra que dados de emprego por setores econômicos refletem melhor o nível de capacidade local do que a utilização de dados de exportações locais (Hartmann; Cardoso et al., 2024; Queiroz; Romero; Freitas, 2024).

O índice de Complexidade Econômica elaborado nesta literatura (Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo; Hausmann, 2009) compara a ubiquidade da produção de determinado produto em um local com a diversidade de produtos presentes naquela área geográfica. Assim, visa re-

[10] Em complemento, a qualidade da participação da cesta de produtos exportados pelas regiões define a performance econômica (Dosi, 1990; Hausmann; Hwang; Rodrik, 2007; Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo, 2021; Hidalgo; Hausmann, 2009; Romero; Silveira, 2019; Teixeira; Missio; Dathein, 2022) e; o tipo de instituições presentes nos territórios influencia o desempenho social e econômico e ao aprendizado local (Hartmann; Guevara et al., 2017; Zhang; Wu; Wang, 2018).

fletir a combinação de domínio ou conhecimento produtivo de um local na produção que requer alta carga de conhecimentos ou capacidades, e, portanto, que não são produzidos em todos os locais (não ubiquidade), com a quantidade de especializações produtivas de determinado local (diversidade). Desta forma, partir da conexão entre os atividades econômicas e regiões[11] (Figura 1.2), buscam inferir as capacidades, ou capacitações produtivas (*capabilities*) que os locais possuem, resultando então em indicadores de posições relativas entre países/locais ao longo do tempo.

Figura 1.2: Modelo de redes conectando regiões e atividades para inferir as capacitações (*capabilities*) dos locais



Fonte: Adaptado de Hidalgo e Hausmann (2009).

Os autores utilizam o indicador de Vantagens Comparativas Reveladas - VCR (*Revealed Comparative Advantage* - RCA) de Balassa (1965) para denotar o grau de especialização/diferenciação do local na produção de um determinado bem ou serviço em comparação com os demais locais. Como demonstrado na equação abaixo do VCR, X_{cp} representa o nível de emprego da atividade p pela região c, $\sum_c X_{cp}$ representa o nível de emprego de todas as atividades do país p, $\sum_p X_{cp}$ representa o número de emprego total na atividade p, e $\sum_{c,p} X_{cp}$ representa o número total de emprego de todas as atividades por todos as regiões. Assim, é considerado que uma região tem vantagem comparativa em dada atividade se ela possuir VCR superior a 1, desta forma, é rotulado $VCR_{c,t}\ (i) = 1$ para esta atividade:

$$VCR = \left(\frac{X_{cp}}{\sum_p X_{cp}} \right) / \left(\frac{\sum_c X_{cp}}{\sum_{c,p} X_{cp}} \right) \tag{1}$$

[11] É preciso destacar que para os índices de Complexidade Econômica e *Relatedness*, estes foram calculados originalmente utilizando dados de produtos exportados por diferentes países observando toda sua pauta exportadora (Hidalgo; Winger et al., 2007; Hausmann; Hwang; Rodrik, 2007; Hidalgo; Hausmann, 2009). Neste artigo, serão utilizados dados de emprego para cada atividade econômica em cada microrregião brasileira, sendo que será a terminologia aqui utilizada na apresentação dos indicadores, cuja literatura vem empregando de forma crescente (Romero; Silveira; Freitas, 2022; Freitas; Britto; Amaral, 2024).

em que, se tem vantagens comparativas, VCR > 1: 1; 0.

Forma-se então, a partir dos pontos de corte do VCR (0,1) para cada área geográfica e atividade, a matriz M que dá origem as medidas de diversidade e ubiquidade. A diversidade de determinada região $(k_{c,0})$ é definida pelo número de especializações da região em determinadas atividades e a ubiquidade de determinada atividade é definida pelo número de regiões com determinadas especializações produtivas em cada atividade $k_{p,0}$:

$$Diversidade = k_{c,0} = \sum_{p} M_{cp} \quad (2) \qquad Ubiquidade = k_{p,0} = \sum_{c} M_{cp} \quad (3)$$

São calculadas as médias de diversidade e ubiquidade para cada região c e também para as atividades p produzidas pelos locais na análise em questão, gerando o Índice de Complexidade Econômica da região (ICE, kc) e Índice de Complexidade da Atividade (ICA, kp) [12] (Hidalgo; Hausmann, 2009; Hidalgo, 2021) utilizando os dados de atividades econômicas nas regiões:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_{p} M_{cp} k_{p,N-1} \quad (4) \qquad k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_{p} M_{cp} k_{c,N-1} \quad (5)$$

É utilizado o Método de Reflexões (MR) para o cálculo da complexidade econômica, pois produz "um conjunto de variáveis simétricas para os dois tipos de nós da rede" (Hidalgo; Hausmann, 2009, p. 10572, tradução nossa). A técnica se baseia em calcular a complexidade de atividades e regiões iterativamente com o valor prévio das medidas de ubiquidade e diversidade, onde $N \geq 1$ representa o número de iterações, sendo que se inicia com os valores médios de $kp,0$ e $kc,0$, sendo que nas próximas rodadas $(k_p,1, k_{p,2} \cdots k_{p,N}$ e $k_{c,1}, k_{c,2}, \cdots k_{c,N})$ utilizam-se os valores previamente calculados até que seja gerada estabilidade nos rankings de complexidade do ICE e ICA, não trazendo assim nova informação adicional. Também é representado por:

Com o objetivo de eliminar fatores constantes, os índices são padronizados na escala Z (Hidalgo; Hausmann, 2009; Hidalgo, 2021), em que $\vec{k}$ é o autovetor que é associado ao segundo maior autovalor de $\tilde{M}_{cc'}$ e $\tilde{M}_{pp'}$:

Para inferir a proximidade cognitiva (ϕ - *Relatedness*) entre as atividades econômicas (ou tecnologias, setores, ocupações, etc.) uma métrica utilizada por Hidalgo, Winger et al.

[12] Adaptamos do Indicador de Complexidade do Produto (ICP), originalmente calculado com dados dos produtos exportados dos países (Hidalgo; Winger et al., 2007; Hausmann; Hwang; Rodrik, 2007; Hidalgo; Hausmann, 2009)

$$k_c = \tilde{M}_{cc'} k_{c'} \quad (6) \qquad k_p = \tilde{M}_{pp'} k_{p'} \quad (7)$$

$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{M_c M_p} \quad (8) \qquad \tilde{M}_{pp'} = \sum_c \frac{M_{cp} M_{cp'}}{M_c M_p} \quad (9)$$

$$ICE_c = \frac{(\vec{k_c} - \text{mdia}(\vec{k_p}))}{\text{desvio_padro}(\vec{k_p})} \quad (10) \qquad ICA_p = \frac{(\vec{k_p} - \text{mdia}(\vec{k_p}))}{\text{desvio_padro}(\vec{k_p})} \quad (11)$$

(2007) infere a probabilidade condicional de que os pares de atividades econômicas i sejam realizadas, ou mesmo dois bens sejam produzidos no território j de maneira conjunta:

$$\phi_{i,j,t} = min\left\{P(VCRx_{i,t}|VCRx_{j,t}), P(VCRx_{i,t}|VCRx_{j,t})\right\} \quad (12)$$

Para isto, dentre muitas das técnicas conhecidas para mensurar a co-ocorrência (Hidalgo, 2021; Van Eck; Waltman, 2009), será utilizada a medida de cosseno:

$$\phi_{i,j,t} = \frac{C_{i,j,t}}{\sqrt{S_{i,t} * S_{j,t}}} \quad (13)$$

em que C_{ij} indica o número de vezes em que duas atividades são observadas juntas no período t; S_i e S_j representam o número de vezes que ocorrem as atividades i e j no tempo t.

Hidalgo, Winger et al. (2007) sugerem a geração de um indicador de *relatedness* único para cada uma das unidades geográficas relacionado à atividade econômica, a Densidade de *Relatedness* - DR (*Relatedness Density* - RD), que visa demonstrar o quão relacionado um nova atividade (ou tecnologia, produtos, etc.) está dado as atividades efetuados em cada região. Desta forma, mede a proximidade de um nova atividade econômica ao conjunto de atividades econômicas em um dado local (Boschma; Balland; Kogler, 2015), ou seja, busca medir a relação entre a probabilidade de um local a se especializar em uma nova atividade contando com a existência de atividades com capacidades "próximas" no local (Hidalgo; Balland et al., 2018).

Assim, o indicador da densidade de uma atividade i de uma região c é calculada a partir da *relatedness* da atividade i à atividade na qual a região possui VCR, dividido então pela soma da *relatedness* da atividade i de todos os outras atividades da região:

$$DR_{i,c,t} = \frac{\sum_{j \in c, j \neq i} \phi_{i,j,t}}{\sum_{j \neq i} \phi_{i,j,t}} * 100 \quad (14)$$

O indicador DR varia de 0% a 100%, indicando assim que quando a unidade geográfica possuir 0%, nenhuma atividade *i* é relacionada à atividade *i* na região *c*, enquanto se o indicador for 100%, todas as atividades relacionadas à atividade *i* pertencem ao portfólio de atividades da região *c* (Boschma; Balland; Kogler, 2015, nossa adaptação).

1.3.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Para avaliar a distribuição dos indicadores de complexidade econômica e *relatedness* das microrregiões brasileiras será utilizado o ferramental de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Em estudos regionais, a AEDE tem por objetivo entender o grau de associação local entre os indicadores estudados, buscando compreender em uma perspectiva geográfica a existência de *clusters* e de relações de associação entre as variáveis ao longo do território (Anselin, 1988).

Para avaliar as questões de efeitos espaciais, é preciso definir então uma matriz de dependência espacial (w), denominada de matriz de vizinhança ou matriz de pesos, que será utilizada para definir quais serão as regiões mais próximas e assim relacionadas entre si, ou seja, os vizinhos. [13]. Outro tipo de matriz utilizada é a de distância geográfica. Dentre as várias existentes, a matriz de vizinhos mais próximos (*Knn: K-Nearest Neighbors*) é bastante adotada na literatura (Almeida, 2012). Ela define o(s) *k*-vizinho(s) (1, 2, 3, ...) que estão mais próximos daquela região específica utilizando a distâncias dos centroides, definindo-se $w_{ij} = 1$ caso a região vizinha seja a mais próxima à região de referência e $w_{ij} = 0$ para as demais.

Um indicador utilizado para testar a autocorrelação espacial de determinada variável com as suas vizinhanças a partir da matriz de pesos determinada, medindo consequentemente a força desta relação, é o I Global de Moran:

$$I_W = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (z_i - \bar{z})}{\sum_i (z_i - \bar{z})^2} \quad (15)$$

onde $i \neq j$, w representa a matriz de pesos atribuída, n o número de regiões, z a variável de in-

[13] Dentre as matrizes mais utilizadas estão a matriz de contiguidade que define $w_{ij} = 1$ se uma região faça fronteira (seja contígua), e $w_{ij} = 0$ caso não faça (não sendo contígua) (Golgher, 2015). Caso se utilize todos os primeiros vizinhos daquela região, se apresentará uma matriz de pesos denominada tipo *Queen* de ordem 1 (de ordem 1, 2, etc.).

teresse analisada, i e j as regiões (Loonis; Bellefon, 2018). A hipótese nula desta relação é que os vizinhos não co-variam com a região, sendo que para valores de $I_W > 0$ há uma autocorrelação espacial positiva. É possível obter a significância estatística desta autocorrelação através do cálculo dos valores limites para H_0 (Loonis; Bellefon, 2018):

$$E(I_W) = -\frac{1}{n-1} \qquad (16) \qquad\qquad \frac{I_W - E(I_W)}{\sqrt{\text{Var}(I_W)}} \sim N(0,1) \qquad (17)$$

O I Global de Moran demonstra, portanto, a presença ou não de um padrão de dependência espacial utilizando todos os dados da amostra analisada. No entanto, Anselin (1995) elabora um indicador local para analisar a associação espacial, o LISA (*Local Indicator of Spatial Association*), onde cada observação pode ter sua contribuição analisada, sendo possível analisar os clusters estatisticamente significativos ao longo dos locais. [14] O I de Moran Local é dado por:

$$I_i = (z_i - \bar{z}) \sum_j w_{ij} \left(z_j - \bar{z}\right) \qquad (18)$$

Assim, valores superiores a zero de I_i indicam que existe um agrupamento de valores similares (maiores que a média) e, valores menores que zero indicam uma combinação de valores dissimilares, por exemplo, altos valores rodeados por baixos valores (Loonis; Bellefon, 2018). Para este agrupamento ser estatisticamente significativo, as combinações de valores semelhantes ou dissimilares devem ser diferentes do que seria observado em uma distribuição espacial randomizada:

$$Z(I_i) = \frac{I - E(I_i)}{\sqrt{\text{Var}(I_i)}} \sim N(0,1) \qquad (19)$$

Os valores limites então são definidos para testar a hipótese nula de que os valores são normalmente distribuídos. O indicador LISA demonstra então as áreas onde os processos de autocorrelação local (I Local de Moran) são maiores que os processos de autocorrelação global (I Global de Moran) e onde não há autocorrelação Loonis e Bellefon (2018) [15].

[14] Neste sentido, em cada observação é possível auferir quais são as extensões dos clusters espaciais com relação aos valores similares ao redor da observação e, a soma de todos os indicadores LISA das observações representa proporcionalmente o indicador de Moran Global.

[15] O diagrama de Moran demonstra, por outro lado, a existência de quatro grupos ao longo da distribuição dos grupos: o grupo alto-alto (onde altos valores observados são circundados por altos valores na região vizinha), alto-baixo (onde altos valores observados são circundados por baixos valores na região vizinha), baixo-alto (baixos valores são circundados por altos valores na região vizinha) e baixo-baixo (baixos valores são circundados por baixos valores na região vizinha).

1.4 Resultados

Nesta seção, serão apresentados os resultados dos cálculos do *ranking* da Complexidade Econômica da Atividade (*ICA*), os indicadores de Complexidade Econômica (*ICEativ*) e *relatedness* (*DRativ*), e a relação destes últimos com a sua distribuição espacial no território brasileiro no período de 2002 a 2020. O indicador *ICA*, conforme abordado na seção de metodologia, faz parte da estratégia empírica do Método de Reflexões utilizado para calcular a complexidade econômica das microrregiões. Desta forma, o *ICA* é um indicador que representa a complexidade de cada atividade econômica utilizada, neste caso as 59 atividades constantes no CNAE 1.0 a 2 dígitos empregando o nível de emprego formal para cada faixa, sendo relevante a este estudo analisar o rol de atividades de acordo com seu nível de complexidade.

A relação das atividades em função do *ranking* elaborado a partir de sua complexidade econômica nos períodos selecionados (2002, 2010 e 2020) é apresentada na Tabela 1.3. A atividade mais complexa em 2020 é a de Fabricação de Máquinas para Escritório e Equipamentos de Informática (Seção D, Divisão 30), seguida das atividades nos setores (D-32) e (D-33) [16]. Nota-se que em todos os períodos, as atividades no topo do *ranking* estão dominadas por atividades econômicas de Indústrias da Transformação (Seção D), seguidas de atividades da seção K[17] em especial Atividades de Informática e Serviços Relacionados (K-72).

Estes resultados confirmam estudos seminais (Hidalgo; Winger et al., 2007; Hidalgo, 2009; Hausmann; Hidalgo et al., 2011) em que os locais mais industrializados possuem indústrias nos setores de Maquinaria, Veículos e Químicos sofisticados, localizadas no centro da rede produtiva, com maiores conexões, as quais possuem maiores transbordamentos de conhecimentos produtivos e indivíduos qualificados [18]. Para o caso brasileiro, Freitas, Britto e Amaral (2024) mostram que entre 2006 e 2016 os setores mais complexos eram representados pelo setor de Computadores e Equipamentos Eletrônicos, Transporte, Máquinas e Equipamentos,

[16] (D-32) Fabricação de Material Eletrônico e de Aparelhos e Equipamentos de Comunicações; (D-33) Fabricação de Equipamentos de Instrumentação Médico-Hospitalares, Instrumentos de Precisão e Ópticos, Equipamentos para Automação Industrial, Cronômetros e Relógios.

[17] Atividades Imobiliárias, Aluguéis e Serviços Prestados as Empresas.

[18] Atividades produtivas em mercados de competição imperfeita (que se valem de curvas de aprendizagem consistentes, com elevado progresso técnico em altos padrões de pesquisa e desenvolvimento, com economias de escala e escopo, contando com barreiras à entrada, concentração industrial e diferenciação por marcas, por exemplo), características do setor manufatureiro (mas não só), geram ao longo dos territórios grandes efeitos de externalidades de redes e apresentam características de aglomerações locais (Gala, 2017). Isto faz com que atividades mais complexas, ou seja, que exigem maior gama de capacidades para sua geração, ao se enquadrarem nestas características, ganhem relevância nos estudos em desenvolvimento econômico, com foco na estrutura produtiva local.

Figura 1.3: Ranking do nível de complexidade econômica dos setores - Índice de Complexidade Econômica das Atividades

Nota: Períodos selecionados; nome da atividade econômica apresentado compõe-se pela Seção da CNAE 1.0, a divisão de 2 dígitos da CNAE 1.0, seguida pela descrição da Divisão.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Material Elétrico e Químico[19] e, Queiroz, Romero e Freitas (2023) demonstram que para os Estados brasileiros as atividades de Produtos Eletrônicos e Maquinaria e Equipamentos possuíam maior complexidade industrial [19]. Guardadas as proporções e especificidades dos produtos mais complexos exportados pelos países nas cadeias mundiais de valor, estes grandes setores econômicos estão entre os que apresentam maior complexidade conforme os dados do Observatório da Complexidade Econômica (OEC, 2024).

A evolução da distribuição espacial microrregional da complexidade econômica no período pode ser visualizada na Figura 1.4A. Conforme apresentado na seção anterior, quanto maior o indicador $ICEativ$, maior a complexidade econômica da microrregião, vice-versa.

Observa-se inicialmente que a quantidade de microrregiões com maior complexidade ($ICEativ$>0) se situam majoritariamente nas regiões Sul e Sudeste ao longo de todos os anos do período analisado (destacando os Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Rio de Janeiro). São exibidos poucos exemplares em outras regiões que apresentem maior complexidade econômica, de forma que o quadro não se altera substantivamente ao longo dos anos apresentados.

A região Sul é aquela com maior média de complexidade econômica em todos os anos - conforme mostra a Figura 1.4B que apresenta as médias (e os respectivos intervalos de confiança) da complexidade econômica das microrregiões agrupadas pelas cinco regiões do país - seguida pela média microrregional da região Sudeste. Ambas as regiões apresentam uma tendência de relativa estabilidade, bem como se observa que as suas dinâmicas se distinguem consideravelmente das demais regiões, constando como as mais complexas neste estudo. É preciso pontuar que a região Centro-Oeste, a partir de 2013, vem elevando sua complexidade média, direção contrária ao desempenho da região Nordeste no mesmo período.

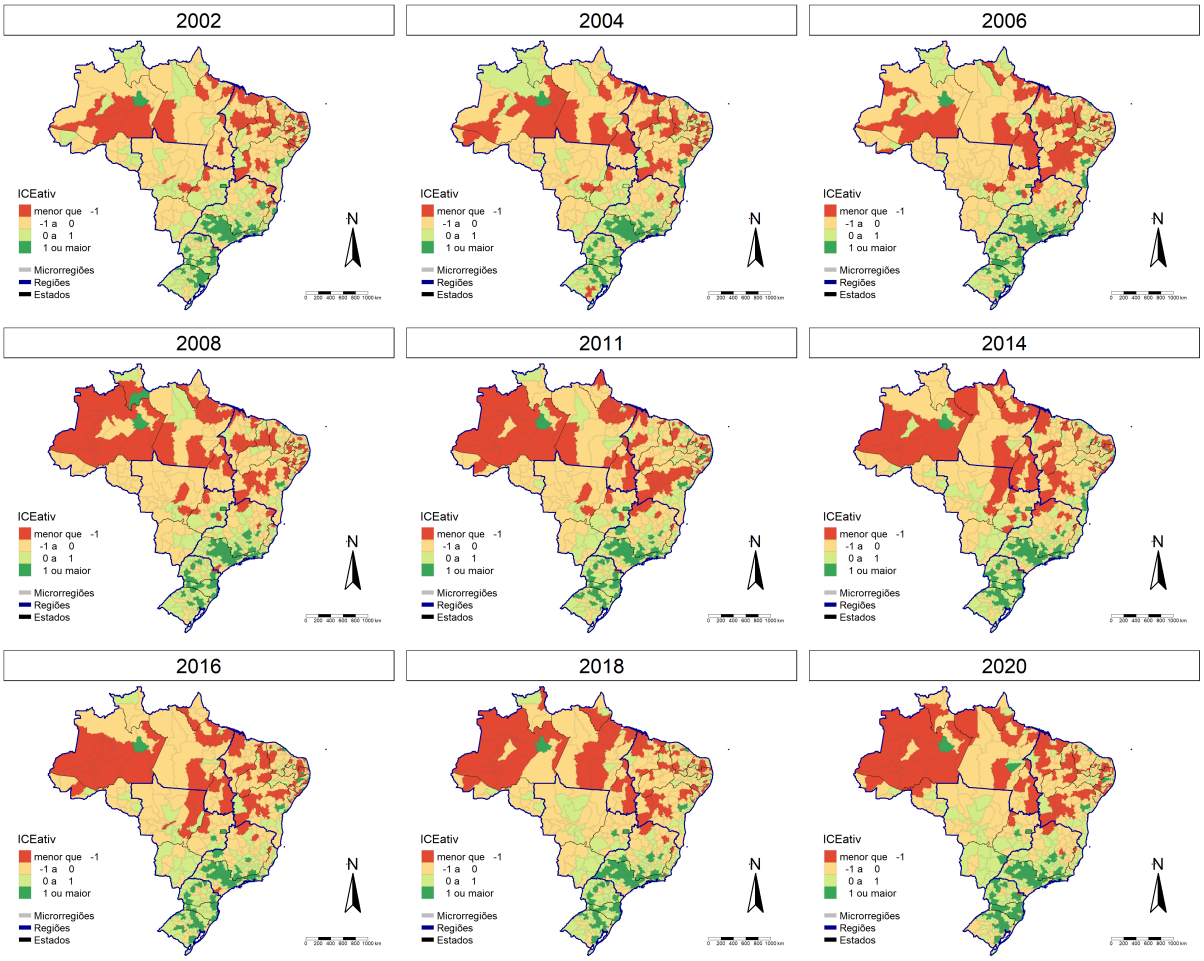
O padrão de autocorrelação espacial da variável $ICEativ$ durante o período analisado pode ser avaliado analisando a evolução do I Global de Moran na Figura 1.8.A [20]. Nota-se que apresentam coeficientes de I de Moran com valores positivos e estatisticamente significantes ($p = 0,01$), sendo que as matrizes do tipo *Knn* possuem maior valor. Isto confirma que a complexidade econômica apresenta um padrão de concentração espacial ao longo das microrregiões brasileiras, ou seja, autocorrelação espacial positiva (Almeida, 2012). Esta evidência corrobora os achados de Verheij e Oliveira (2020) em que em níveis municipais demonstram que a com-

[19] Os autores utilizaram o CNAE 2.0.

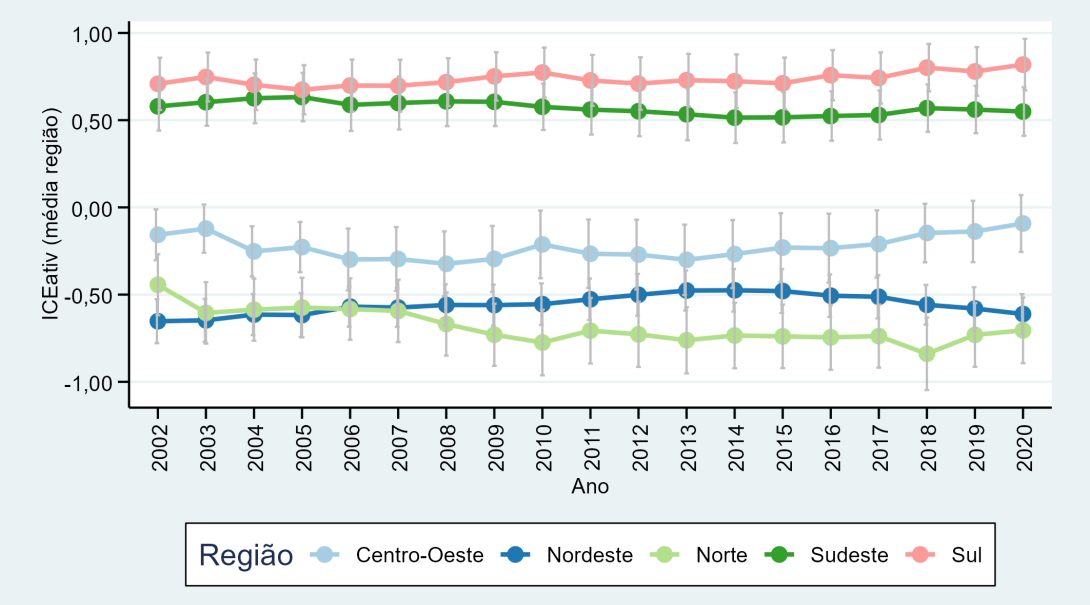
[20] Para todos os anos entre 2002 e 2020 são comparados os valores referentes às matrizes de pesos tipo *Knn* (nível 1 ao 4) e *Queen* (nível 1 ao 4).

Figura 1.4: Mapa do Indicador de Complexidade Econômica entre 2002 e 2020 (A)* e Médias da Complexidade Econômica por região brasileira entre 2002 e 2020 (B)**

(A)



(B)



Nota: *Períodos selecionados, microrregiões brasileiras. ** Média e intervalos de confiança (±0,95).

Fonte: Elaborado pelo autor.

plexidade econômica possui uma forte autocorrelação espacial, desta forma sendo altamente concentrada no território.

Quanto à magnitude desta concentração ao longo do tempo, verifica-se que há uma tendência de desconcentração espacial do indicador de complexidade econômica microrregional entre os anos de 2002 (I de Moran de 0,55 - *Knn3*) e 2015 (I de Moran de 0,47), bem como há uma reversão desta tendência e portanto aumento da concentração espacial da complexidade econômica entre 2016 (I de Moran de 0,51) e 2020 (I de Moran de 0,53). Importante ressaltar que a partir de 2015/2016 há o surgimento de uma crise político-institucional que afeta o país em direção a uma profunda queda da atividade econômica brasileira que resulta em recessão[21] (Oreiro; Paula, 2021).

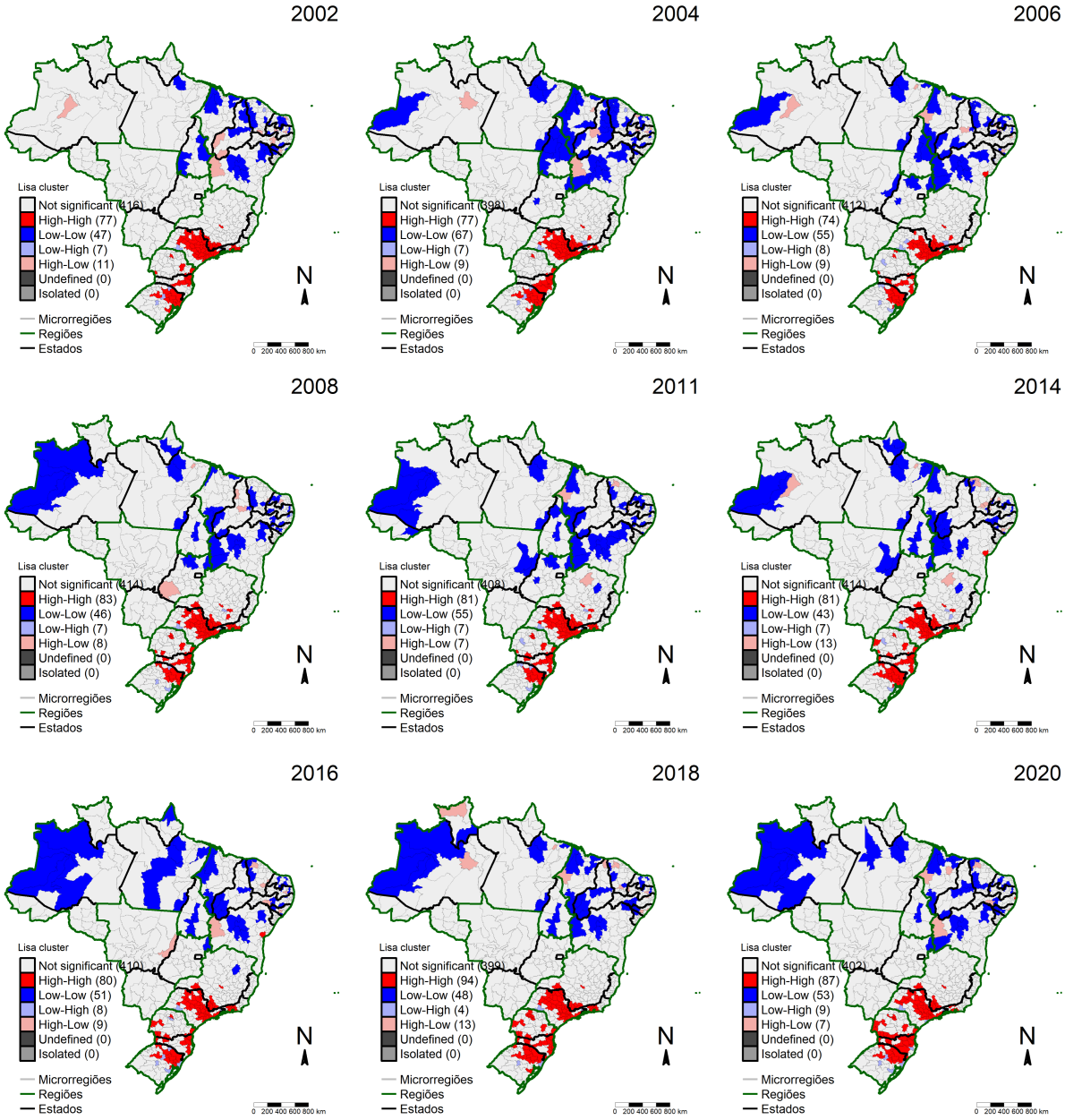
Para detectar padrões de autocorrelação local de $ICEativ$, na Figura 1.5 são apresentados os mapas de significância LISA (*Local Indicator of Spatial Autocorrelation*) para a complexidade econômica nos períodos selecionados [22]. É possível verificar que os *clusters* estatisticamente significantes (p-valor $<$ 0,05) com complexidade econômica do tipo alto-alto seguem o padrão de distribuição avaliado anteriormente (concentração nas regiões Sudeste e Sul). Adicionalmente, é possível identificar que a quantidade de *clusters* alto-alto (alta complexidade econômica da microrregião e dos vizinhos) elevou-se no período (de 77 em 2002 para 87 em 2020), indicando que se elevou a quantidade de *clusters* com alta complexidade econômica com microrregiões vizinhas igualmente com alta complexidade. O número de *clusters* do tipo baixo-baixo (baixa complexidade econômica na microrregião seguida de baixa complexidade das regiões vizinhas) elevou-se no período, passando de 48 no ano de 2002 para 53 em 2020.

Quanto à localização espacial dos *clusters*, nota-se que aqueles com a configuração alto-alto se localizam em maior número, em primeiro lugar na região Sudeste, sendo 54 em 2002 mas reduzindo-se para 48 em 2020. A região Sul vem elevando o número de *clusters* tipo alto-alto: passou de 23 no primeiro ano para 38 no último. A região Nordeste é a que possui maior número de *clusters* de baixa complexidade econômica, do tipo baixo-baixo: 44 e 42 (2002 e 2020). Esta região destaca-se também por apresentar o maior número de *clusters* do tipo alto-baixo, que são microrregiões com alta complexidade econômica porém rodeadas de microrregiões com baixa complexidade, passando de 10 *clusters* em 2002 para 7 em 2020.

[21] Segundo Oreiro e Paula (2021), o conjunto de "choques" negativos que contribuíram para a crise incluíram a deterioração dos termos de troca, políticas fiscais contracionistas, cortes nos gastos públicos, crise decorrente da Operação Lava Jato, redução da oferta e demanda de crédito e os reajustes nos preços administrados.

[22] Foi utilizada a matriz de pesos tipo *Knn3*, contendo três microrregiões vizinhas. O critério para escolha foi aquela com maior indicador LISA, comparando-se com matrizes do tipo *Knn* (nível 1, 2, 3 e 4) e *Queen* (nível 1, 2, 3 e 4).

Figura 1.5: Mapa LISA do Indicador de Complexidade Econômica entre 2002 e 2020



Nota: períodos selecionados, microrregiões brasileiras.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Estes resultados se alinham aos achados sobre a distribuição espacial dos Índice de Sofisticação Econômica para os municípios brasileiros encontrado em Freitas e Andrade Paiva (2015), cujos autores confirmam esta concentração da sofisticação produtiva utilizando dados de exportações. A literatura da complexidade econômica tem demonstrado, por sua vez, que atividades mais sofisticadas tem forte relação com centros econômicos regionais consequentemente com grandes aglomerações (Balland; Jara-Figueroa et al., 2020). Em estudo recente, Fritz e Manduca (2021) constatam essa relação para o caso dos condados dos Estados Uni-

dos da América, onde as áreas metropolitanas possuem maior complexidade que as demais, se associando adicionalmente a maiores níveis de renda e crescimento econômico.

Em relação à densidade de *relatedness* (*DRativ*), a Figura 1.6A apresenta a distribuição espacial no território brasileiro. Como verificado na seção anterior, quanto maior o indicador, maior é a proximidade cognitiva das atividades econômicas (*relatedness*). Desta forma, é possível visualizar que o padrão de aglomeração com os maiores indicadores não são localizadas somente nas regiões Sul e Sudeste. Embora se perceba que os valores em menor nível tendem a se localizar nas regiões Norte e Nordeste, não se distingue claramente indicativos de formações de *clusters* ao longo do território, sugerindo que o indicador *DRativ* é menos concentrado no território [23].

Como pode ser visto na Figura 1.6B, é reforçada a ideia de que as regiões Sul e Sudeste apresentam em média maiores indicadores de proximidade cognitiva das atividades em todo o período. Adicionalmente, a região Centro-Oeste tem reduzido em média seus indicadores de *relatedness* de forma regular após 2009. A região Nordeste, por sua vez, apresenta incrementos contínuos neste indicador, porém suas microrregiões em média ainda possuem reduzida *relatedness*, em valores semelhantes com a região Norte.

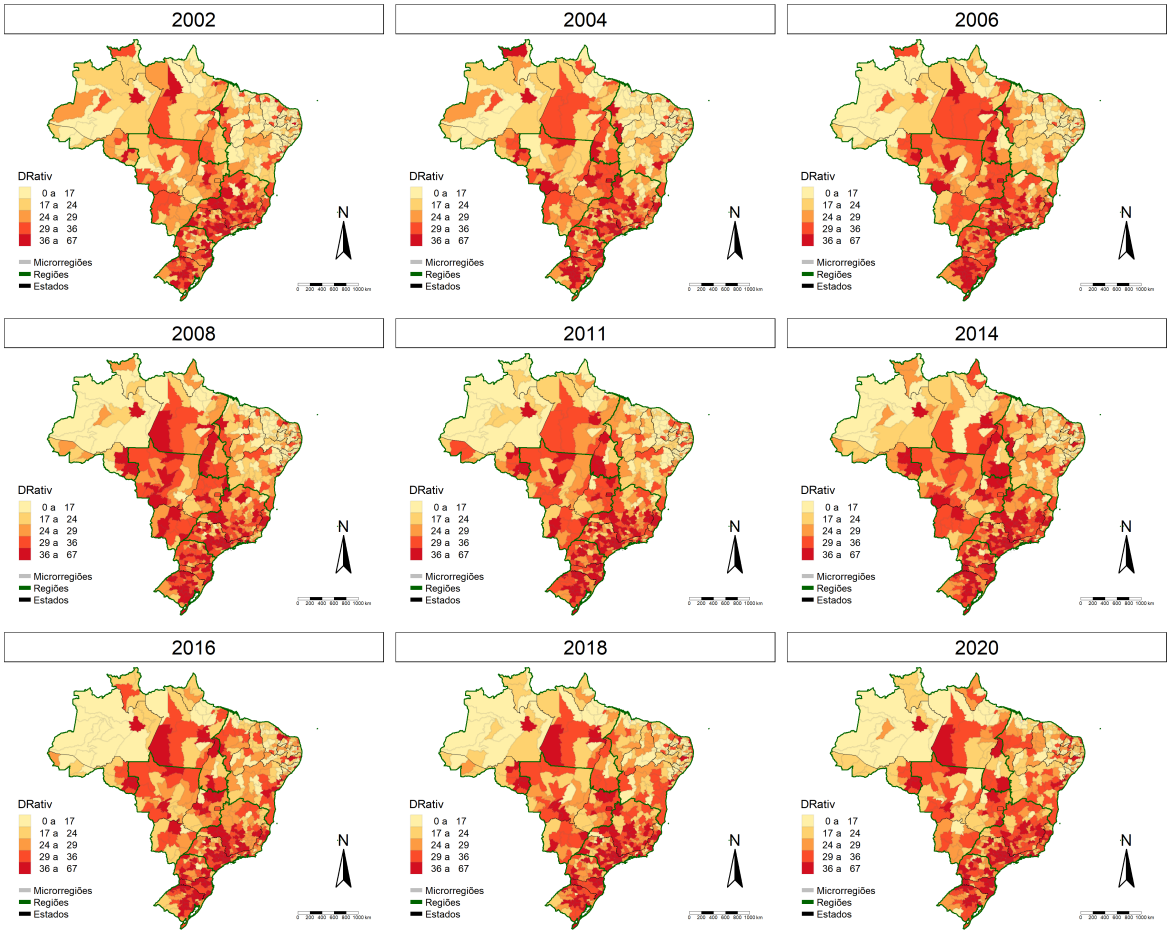
Avaliando o padrão de autocorrelação espacial de *DRativ* com a evolução do *I* Global de Moran no período analisado (Figura 1.6B), nota-se que para todos os períodos as matrizes de pesos tipo *Knn* apresentam valores positivos e estatisticamente significantes (*p=0,01*), demonstrando que a densidade de *relatedness* também possui forte autocorrelação espacial no território. Quanto a sua magnitude, verifica-se dois períodos distintos: elevação dos níveis de autocorrelação espacial entre 2002 e 2011 (*I* de Moran de 0,44 e 0,52 - *Knn3*) e sua redução entre 2012 e 2020 (0,51 e 0,44 respectivamente), indicando que neste segundo período *DRativ* ficou menos concentrada no território.

Os padrões de autocorrelação local de *DRativ* nos períodos selecionados são mostrados na Figura 1.7, sendo utilizada a matriz de pesos tipo *Knn3*, contendo três microrregiões vizinhas mais próximas. Os *clusters* estatisticamente significantes ($p = 0,05$) do tipo alto-alto mantiveram-se em 53 em 2002 e 2020, localizados majoritariamente nas regiões Sudeste e Sul. Por outro lado, elevaram-se o número de *clusters* tipo baixo-baixo, com baixa *relatedness* na microrregião e também nas microrregiões vizinhas, de 56 para 65, se localizando principalmente na região Nordeste.

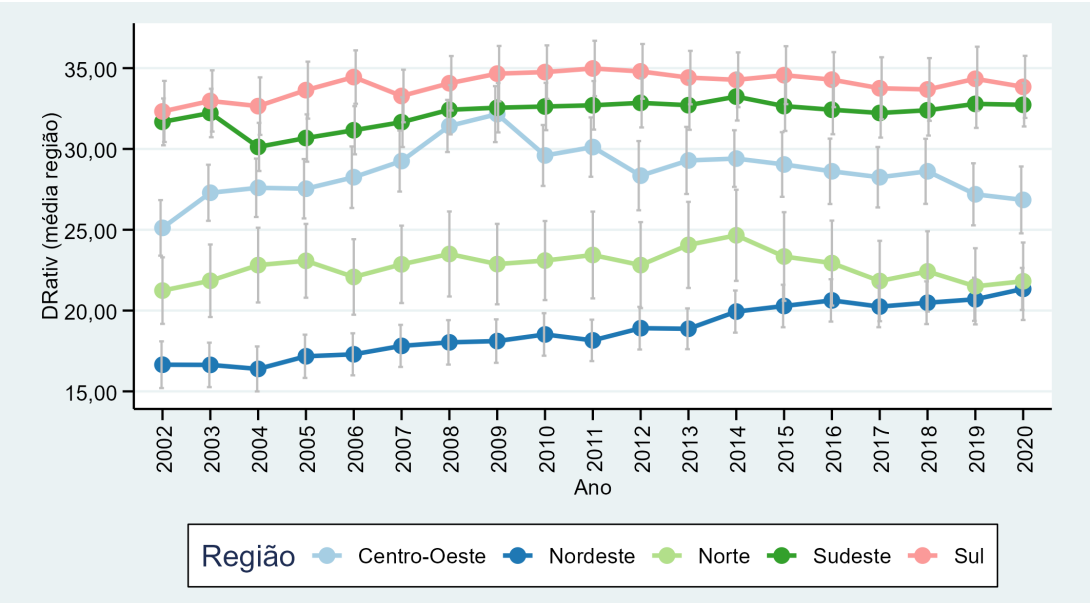
[23] Assim, como será visto a seguir, a análise de autocorrelação espacial e o indicador LISA contribuem com a avaliação do nível de concentração espacial do respectivo indicador ao longo do tempo.

Figura 1.6: Mapa do Indicador de Densidade de *Relatedness* entre 2002 e 2020 (A)* e Médias do Indicador de Densidade de *Relatedness* por região brasileira no período de 2002 a 2020 (B)**

(A)*

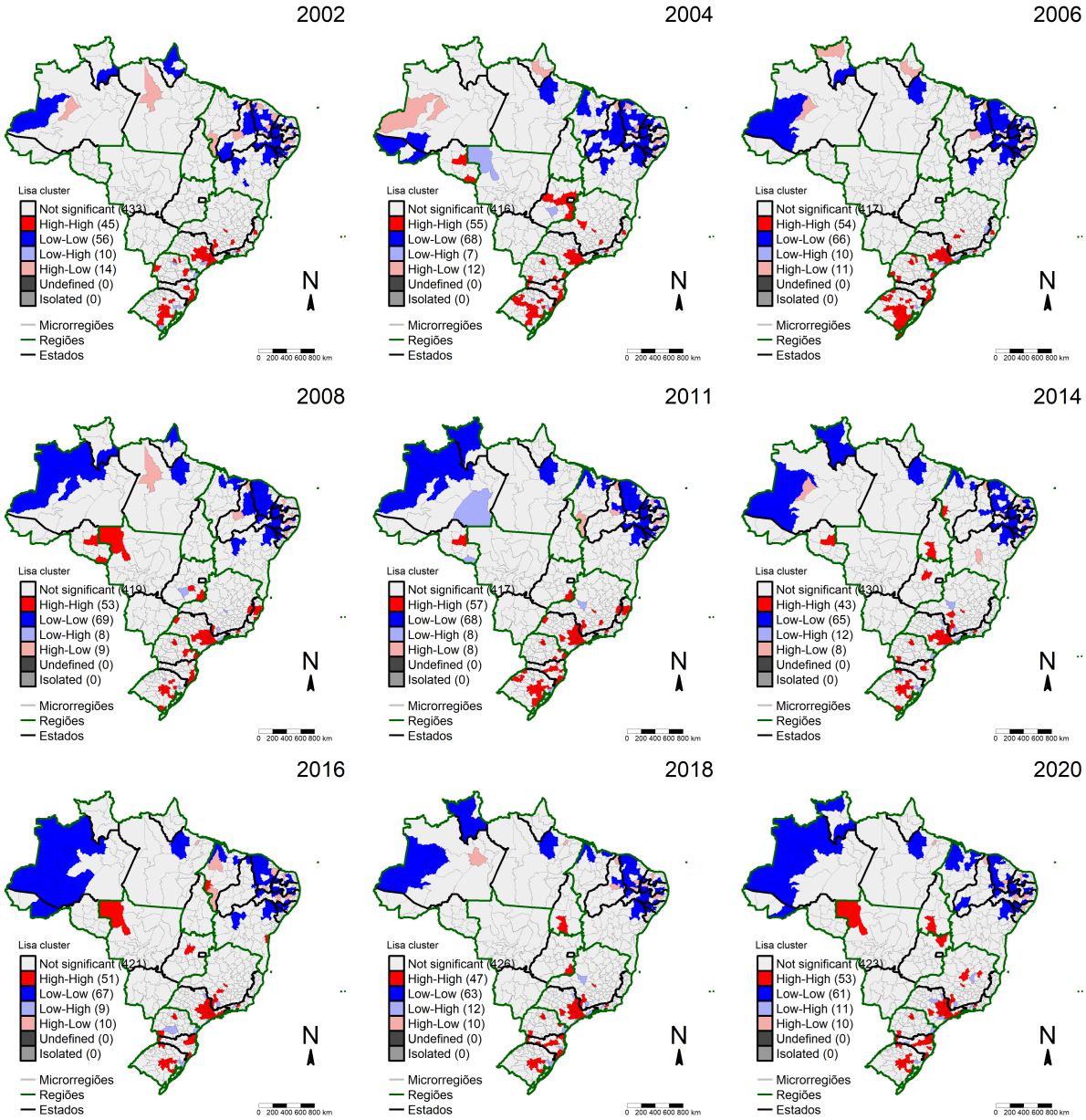


(B)**



Nota: * Períodos selecionados, microrregiões brasileiras. ** Média e intervalos de confiança (±0,95).
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1.7: Mapa LISA do Indicador de Densidade de *Relatedness* entre 2002 e 2020



Nota: períodos selecionados, microrregiões brasileiras.
Fonte: Elaborado pelo autor.

1.5 Discussão dos Resultados

Os resultados deste artigo mostram a relevância das atividades industriais no *ranking* de complexidade econômica e apontam para a existência de manutenção da concentração espacial das atividades com maior complexidade econômica e *relatedness* no Sul e Sudeste. Isto reforça o fato de que no Brasil ainda existem desigualdades regionais persistentes, bem como esta concentração segue a distribuição dos melhores indicadores de atividade econômica, renda e

educação que permanecem nas regiões do Sul e Sudeste (Freitas; Andrade Paiva, 2015). Estas regiões são, historicamente, consideradas como os centros dinâmicos da economia brasileira, onde os setores industriais são extremamente relevantes e tiveram participação ativa no que Bresser-Pereira (2018) chamou de Revolução Industrial e Capitalista do país entre 1930 e 1990, em que o processo de industrialização fomentava a superação da estrutura econômica colonial (Furtado, 1964).

No período de 1970-80 há um processo de desconcentração virtuosa das atividades econômicas no território brasileiro, com altas taxas de crescimento da indústria, já entre 1980-89 ocorre a década perdida afetando diretamente o setor industrial e entre 1989 e 2005 começa a era neoliberal, com períodos de crise fiscal, desemprego, redução de crédito ao setor privado e desconcentração industrial com perda da participação industrial de São Paulo (Cano, 2008) e desindustrialização (Cano, 2008; Bresser-Pereira, 2018).

Há uma agenda de pesquisa intensa sobre os processos de concentração regional do sistema produtivo industrial e aquisição de capacidades locais após os anos 2000. Constata-se que não houve alteração no padrão de distribuição regional da manufatura (Abdal, 2017) e que as disparidades regionais brasileiras nos setores de manufatura e de alta intensidade tecnológica persistem (Ribeiro; Cardozo; Martins, 2021). Embora a manufatura permanece concentrada nas regiões Sul e Sudeste (Neto; Silva; Severian, 2020), especialmente de alta intensidade tecnológica (Abdal, 2017), há a desconcentração espacial dos setores de manufatura e o recuo na participação destas nas estruturas produtivas dos locais, centralizando no Sudeste as atividades intensivas em ciência e tecnologia (Ribeiro; Cardozo; Martins, 2021). Caldarelli (2023) demonstra que entre 2002-2020 ocorre um processo de desindustrialização regional juntamente com a desconcentração espacial da indústria de transformação e estagnação dos seus indicadores de produtividade nas regiões Sul e Sudeste. Com isso, o setor industrial, que é extremamente relevante para a complexidade econômica, apresentou uma redução em sua densificação produtiva (Morceiro; Guilhoto, 2020), levando ao agravamento no desadensamento industrial e redução de conexões entre as firmas (Sugimoto; Diegues, 2022).

Assim sendo, os empregos industriais são fortemente impactados. O processo de desconcentração espacial em diferentes indústrias continua a ocorrer beneficiando a região Sul (Saboia, 2013), em um contexto de perda de relevância da indústria, sendo mais intensa em setores de baixa tecnologia, voltados ao processamento de recursos naturais e uso intensivo de mão de obra (Neto; Silva; Severian, 2020). Reduz-se assim a participação dos empregos industriais nas

metrópoles e ocorre a substituição por atividades de serviços (Saboia, 2013). Logo, a convergência da participação do emprego industrial contribuiu para a desconcentração espacial destas atividades (mesmo com período de concentração entre 2009-2014), exceto para os setores de alta tecnologia que se mantiveram concentradas regionalmente (Rocha; Araújo, 2021).

Neste artigo, a concentração espacial refere-se à complexidade econômica e à proximidade cognitiva das atividades econômicas (*relatedness*) das microrregiões, seguindo um padrão regional semelhante, embora com variações de intensidade conforme o ciclo econômico, como observado. A literatura vem reconhecendo que países que possuem maiores índices de complexidade econômica, por sua vez, podem não só auferir maior crescimento econômico e igualdade de renda (Hartmann; Guevara et al., 2017), mas também podem exibir maiores níveis de capital humano agregado empregado no seu tecido industrial (Hidalgo; Hausmann, 2009) e maior sofisticação de empregos gerados (Gala; Rocha; Magacho, 2018). Uma implicação dos resultados aqui encontrados em nível regional é que o baixo indicador de complexidade e *relatedness* nas regiões Norte-Nordeste do Brasil pode impossibilitar o seu sucesso na diversificação regional e a entrada em novos setores e tecnologias.

Desta forma, ocorre a persistência de um conjunto de indústrias relacionadas nestes locais, contribuindo para que novos setores surjam derivados apenas de setores e atividades já existentes (Boschma; Frenken, 2011). Os recentes processos de desconcentração produtiva local com redução da relevância da indústria nacional mostram que o conjunto de capacidades locais existentes pode, em muitos casos, dificultar a diversificação regional de atividades econômicas, mitigando o crescimento e o surgimento de novos produtos e setores (Boschma, 2017). Ainda, Neffke, Henning e Boschma (2011) destacam que, como novos setores e produtos tendem a surgir em regiões que possuem vários setores relacionados, favorecendo o processo de destruição criativa de Schumpeter (1961), infere-se que os processos inovativos brasileiros continuam sendo favorecidos em maior intensidade nas regiões Sul-Sudeste, ampliando as desigualdades de capacidades regionais.

As evidências deste artigo permitem incluir uma série de *insights* para as políticas públicas industriais, pois caso a região não possua todas as capacidades requeridas para a criação de novas atividades, se torna mais difícil que ocorra o desenvolvimento econômico em prol de atividades mais complexas (Boschma, 2017), sendo informação relevante para a formulação de estratégias ótimas de diversificação produtiva (Hidalgo; Balland et al., 2018). Os incentivos industriais em direção à mudanças estruturais devem considerar que “saltos” técnicos maiores

são mais desafiadores pelas regiões (Hidalgo; Winger et al., 2007), necessitando de políticas construídas em função das capacidades produtivas dos agentes, para que se elevem os aprendizados coletivos nos locais (Hidalgo; Balland et al., 2018). Isto se torna extremamente relevante ao serem analisadas as microrregiões que possuem reduzidas capacidades para abrigar setores mais complexos e aquelas em que o atraso das capacidades produtivas locais é histórico, como o Norte e o Nordeste.

O princípio de *relatedness*, de igual forma, pode ajudar os formuladores de políticas a descobrir o padrão único que pode levar determinado local a desenvolver a capacidade de diversificar em direção a atividades econômicas mais complexas (Hidalgo; Balland et al., 2018), o que pode contribuir para a reversão da perda da relevância da indústria no Sudeste e o surgimento de novas indústrias e serviços complexos nas outras regiões. As políticas podem ainda identificar quais são os mecanismos que facilitam a troca de conhecimento entre as regiões e nas suas indústrias, como a elevação do fluxo de pessoas com conhecimentos específicos necessários à região, o fortalecimento de parques industriais que contribuam para o aprendizado coletivo local (Hidalgo; Balland et al., 2018) e quais instituições podem redistribuir/criar capacitações aos agentes locais, coordenando instrumentos de ciência, inovação e política industrial em soluções personalizadas (Hausmann; Yildirim et al., 2024).

Tais políticas podem contribuir para que se evite a elevação ainda maior das desigualdades de capacidades produtivas entre as regiões Sudeste-Sul e Norte-Nordeste, pois aquelas microrregiões localizados na periferia, com reduzidas capacidades produtivas, tendem a se distanciar cada vez mais de locais mais dinâmicos (Hidalgo; Balland et al., 2018). Isto porque a geração de capacidades locais e de aprendizado coletivo pode ocorrer de forma mais fácil em locais com maior proximidade cognitiva entre as atividades econômicas - maior *relatedness*, do que nas demais regiões. Caso não observadas as diferentes capacidades produtivas dos locais, as políticas industriais - como no caso da recente Nova Indústria Brasil (BRASIL, 2024) - podem favorecer mais que proporcionalmente regiões que já tem as capacidades desenvolvidas para tal - como o Sul-Sudeste - frustrando as intenções de um crescimento econômico inclusivo, elevando as desigualdades locais dentro e entre as regiões como mostram estudos recentes (Boschma, 2022). Processos estes que aumentam as disparidades regionais pela inibição da mudança técnica, reduzem as capacidades locais e promovem o subdesenvolvimento como fundamentado por Furtado (1964), em que pese, as políticas industriais e sociais devem se complementar (Hartmann; Guevara et al., 2017).

Fica evidente que a literatura da complexidade econômica, sob uma nova roupagem e métodos, converge com as conclusões dos autores estruturalistas (Furtado, 1964; Prebisch, 1962; Hirschman, 1958), os quais pontuam que o processo de desenvolvimento econômico se relaciona umbilicalmente com a necessidade de mudança do tecido produtivo setorial. É ressaltada a necessidade da mudança técnica de atividades simples para a realização daquelas com maior sofisticação tecnológica e valor agregado (Gala, 2017; Felipe et al., 2012).

1.6 Considerações Finais

Este artigo analisou a complexidade econômica das atividades e verificou a evolução da distribuição espacial da complexidade econômica e *relatedness* (proximidade cognitiva de atividades) das microrregiões brasileiras durante o período de 2002 a 2020. Para tanto utilizou os dados de emprego da RAIS (2022) para o cálculo da complexidade econômica das atividades, complexidade econômica e *relatedness* das microrregiões.

Em *primeiro* lugar, as evidências encontradas neste artigo apontam que as atividades produtivas com maior complexidade econômica se localizam majoritariamente no setor de Indústrias de Transformação, seguida por Atividades de Informática e Serviços Relacionados em considerando o CNAE 1.0. Em *segundo*, constata-se que há autocorrelação espacial positiva (*I* Global de Moran) dos indicadores de complexidade econômica e *relatedness* das microrregiões. Com relação à dinâmica ao longo do tempo, a complexidade econômica das microrregiões apresenta elevação da concentração espacial após a crise brasileira de 2015/2016, enquanto a proximidade cognitiva das atividades vem apresentando indícios de desconcentração regional após 2011. Em *terceiro* lugar, visualiza-se a formação de *clusters* através do indicador *I* Local de Moran, sendo que as formações alto-alto permanecem majoritariamente nas regiões Sudeste e Sul, enquanto as formações baixo-baixo localizam-se nas regiões Norte e Nordeste. Demonstra-se assim que as disparidades regionais relacionadas à sofisticação produtiva e proximidade de conhecimentos no tecido produtivo persistem no território brasileiro.

Isto é relevante para o campo de estudo da distribuição espacial das atividades econômicas pois o Brasil encontra-se em um cenário recente em níveis macroeconômicos de desindustrialização (Oreiro; Feijó, 2010; Bresser-Pereira, 2018; Morceiro; Ghilhoto, 2023; Araujo; Feijó, 2023), redução da complexidade econômica da sua pauta exportadora (Britto; Freitas; Romero, 2015; Gala, 2017; OEC, 2024) e em níveis regionais, desconcentração da indústria de

transformação, com perda da importância relativa destas atividades nas economias locais e estagnação dos seus níveis de produtividade (Caldarelli, 2023; Ribeiro; Cardozo; Martins, 2021; Abdal, 2017; Neto; Silva; Severian, 2020), elevação da concentração espacial em setores de alta tecnologia (Abdal, 2017; Rocha; Araújo, 2021), redução da densificação produtiva local (Morceiro; Guilhoto, 2020) e agravamento o desadensamento industrial (Sugimoto; Diegues, 2022).

A perspectiva da complexidade econômica busca um maior entendimento sobre o papel do rol de atividades econômicas, não somente as industriais (embora ainda sejam as que mais fomentem o aprendizado coletivo e utilização de capacitações), sobre o desenvolvimento do tecido econômico local. Isto porque atividades mais complexas se beneficiam da combinação das economias de especialização e diversificação, que dependem outrossim de ambientes com alto grau de aprendizado coletivo, incorporação de conhecimentos produtivos em produtos e empregos em prol de novas combinações, maior proximidade cognitiva de atividades, maior densidade na rede de conexões entre os agentes que possibilitam melhores oportunidades tecnológicas para o salto técnico.

Desta forma, as políticas públicas industriais devem levar em consideração o nível de conhecimentos produtivos locais e capacitações, em função de que desigualdades regionais podem ser ampliadas. Ainda, como novas indústrias tendem a surgir em setores que já são mais complexos e possuem capacitação para tal, os saltos técnicos almejados pelas regiões e a criação de inovações podem não ser acessíveis a todos os locais. Isto pode determinar o ritmo e o tipo de crescimento econômico que as regiões tendem a experimentar, bem como mitigar a evolução das atividades e do emprego com maiores cargas de conhecimento empregado. Desta forma, ampliariam-se as desigualdades históricas encontradas em nosso território, visto que atividades econômicas menos complexas - derivadas de extrativismos e *commodities* - podem pautar a elevação dos processos de subdesenvolvimento relatados por Furtado (1964).

Dentre variadas maneiras de se efetuarem os cálculos da complexidade econômica - exportações, patentes, empregos, produção intelectual, etc. - escolheu-se neste artigo utilizar o CNAE 1.0 a 2 dígitos empregando o nível de emprego formal para cada atividade econômica, sendo que aprofundar a estratificação nos setores e/ou nas atividades laborais é um desafio para um único trabalho. Estudos futuros podem buscar mensurar o nível de distanciamento da complexidade econômica entre as atividades econômicas locais e podem avaliar o impacto sobre as atividades laborais. Em sendo as transformações ecológicas e ambientais em voga,

novas pesquisas poderiam inserir as pautas do meio ambiente e dos impactos da complexidade econômica sobre este.

1.7 Apêndice A

Tabela 1.1: Microrregiões com 10 maiores e menores *ICEativ* e *DRativ* em 2002 e 2020

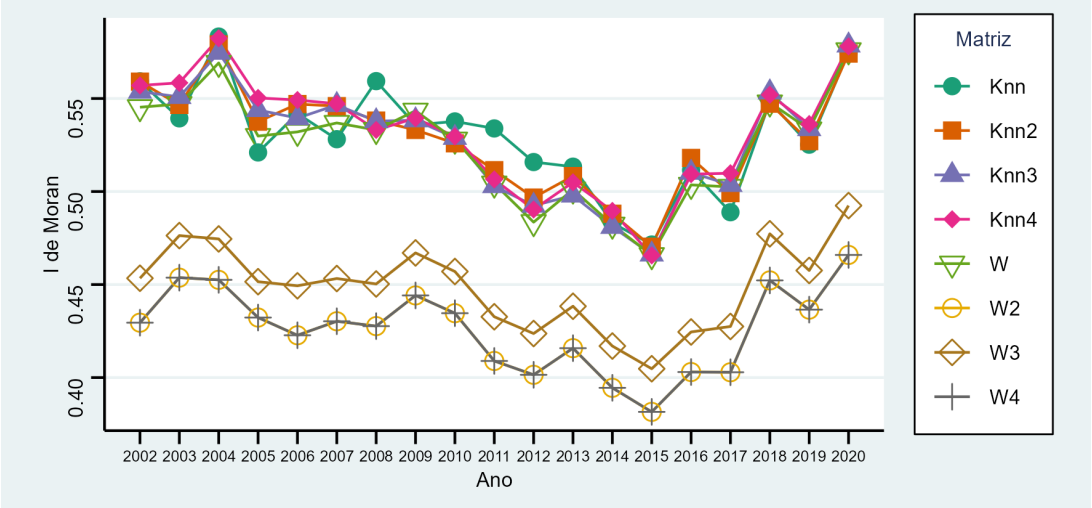
Complexidade							
	2002				**2020**		
Código*	**Microrregião**	**UF**	**ICEativ**	**Código***	**Microrregião**	**UF**	**ICEativ**
35060	Itapecerica da Serra	São Paulo	2,857	43016	Caxias do Sul	Rio Grande do Sul	2,522
42008	Joinville	Santa Catarina	2,816	35047	Jundiaí	São Paulo	2,509
35057	Osasco	São Paulo	2,702	35046	Sorocaba	São Paulo	2,484
13007	Manaus	Amazonas	2,583	31053	Santa Rita do Sapucaí	Minas Gerais	2,443
35061	São Paulo	São Paulo	2,466	35060	Itapecerica da Serra	São Paulo	2,408
42012	Blumenau	Santa Catarina	2,308	35057	Osasco	São Paulo	2,399
35059	Guarulhos	São Paulo	2,306	42007	São Bento do Sul	Santa Catarina	2,362
35050	São José dos Campos	São Paulo	2,304	35050	São José dos Campos	São Paulo	2,349
43026	Porto Alegre	Rio Grande do Sul	2,289	35032	Campinas	São Paulo	2,309
35047	Jundiaí	São Paulo	2,189	41037	Curitiba	Paraná	2,137
...	...	...	...	...	...	...	...
24010	Serra de Santana	Rio Grande do Norte	-1,861	13003	Alto Solimões	Amazonas	-1,794
24009	Angicos	Rio Grande do Norte	-1,943	25019	Umbuzeiro	Paraíba	-1,836
24003	Médio Oeste	Rio Grande do Norte	-2,301	21007	Gurupi	Maranhão	-1,846
25005	Piancó	Paraíba	-2,301	13002	Japurá	Amazonas	-2,011
21001	Litoral Ocidental Maranhense	Maranhão	-2,493	13012	Purus	Amazonas	-2,180
23025	Serra do Pereiro	Ceará	-3,169	27007	Traipu	Alagoas	-2,463
26007	Vale do Ipanema	Pernambuco	-3,169	29013	Jeremoabo	Bahia	-2,531
27007	Traipu	Alagoas	-3,169	21001	Litoral Ocidental Maranhense	Maranhão	-3,082
29002	Cotegipe	Bahia	-3,169	23004	Meruoca	Ceará	-3,082
29013	Jeremoabo	Bahia	-3,169	27001	Serrana do Sertão Alagoano	Alagoas	-3,082
Relatedness							
	2002				**2020**		
Código*	**Microrregião**	**UF**	**DRativ**	**Código***	**Microrregião**	**UF**	**DRativ**
41037	Curitiba	Paraná	65	35032	Campinas	São Paulo	67
35061	São Paulo	São Paulo	64	33018	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	60
33018	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	61	41011	Londrina	Paraná	57
35057	Osasco	São Paulo	59	41009	Maringá	Paraná	55
43026	Porto Alegre	Rio Grande do Sul	57	35046	Sorocaba	São Paulo	54
35032	Campinas	São Paulo	56	41037	Curitiba	Paraná	53
35046	Sorocaba	São Paulo	56	35047	Jundiaí	São Paulo	52
41011	Londrina	Paraná	54	31052	Pouso Alegre	Minas Gerais	50
42020	Araranguá	Santa Catarina	52	42018	Tubarão	Santa Catarina	50
35059	Guarulhos	São Paulo	49	35057	Osasco	São Paulo	49
...	...	...	...	...	...	...	...
25006	Itaporanga	Paraíba	2	13002	Japurá	Amazonas	4
23004	Meruoca	Ceará	0	23028	Lavras da Mangabeira	Ceará	4
23025	Serra do Pereiro	Ceará	0	23029	Chapada do Araripe	Ceará	4
23028	Lavras da Mangabeira	Ceará	0	23030	Caririaçu	Ceará	4
23030	Caririaçu	Ceará	0	27007	Traipu	Alagoas	4
26007	Vale do Ipanema	Pernambuco	0	29013	Jeremoabo	Bahia	4
27001	Serrana do Sertão Alagoano	Alagoas	0	23025	Serra do Pereiro	Ceará	2
27007	Traipu	Alagoas	0	21001	Litoral Ocidental Maranhense	Maranhão	0
29002	Cotegipe	Bahia	0	23004	Meruoca	Ceará	0
29013	Jeremoabo	Bahia	0	27001	Serrana do Sertão Alagoano	Alagoas	0

Nota: períodos selecionados, microrregiões brasileiras. * Código IBGE. São listados no seguinte *ranking* (Tabela 1.1) as 10 microrregiões com os maiores índices de complexidade econômica aqui calculados em 2002 e em 2020, bem como aquelas que estão na parte inferior da lista, ou seja, as microrregiões com menor *ICEativ*. Considerando a parte superior da lista, em 2002 a microrregião mais mais sofisticada era Itapecerica da Cerra (SP), seguida de Joinville (SC) e Osasco (SP). Já em 2020, são as mais complexas Caxias do Sul (RS), Jundiaí e Sorocaba (ambas no Estado de São Paulo). São microrregiões, portanto, que detém maior sofisticação das atividades econômicas e uma grande diversidade e qualidade em questão de postos de trabalho. Observa-se que o Estado de São Paulo detém maior quantidade de microrregiões de maior complexidade nos períodos, confirmando estudos prévios (Queiroz; Romero; Freitas, 2023) e ressaltando a relevância já conhecida do Estado para a dinâmica industrial e econômica do país. Quanto ao *ranking* das microrregiões relativo ao *DRativ* (Tabela 1.1), Curitiba (SC), São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ) encontram-se nas primeiras colocações em 2002 sendo as com maior proximidade de conhecimentos produtivos. Já em 2020 Campinas (SP) Rio de Janeiro (RJ) e Londrina (PR) estão no topo da lista. O Estado de São Paulo possuía 5 microrregiões no primeiro ano entre as 10 primeiras e passou para 4 no último ano da análise. Quanto às microrregiões no final da lista, em ambos os períodos o Estado do Ceará continha 5 microrregiões entre as 10 com menor *DRativ*, contendo nas listas microrregiões localizadas majoritariamente nos Estados da região Nordeste.

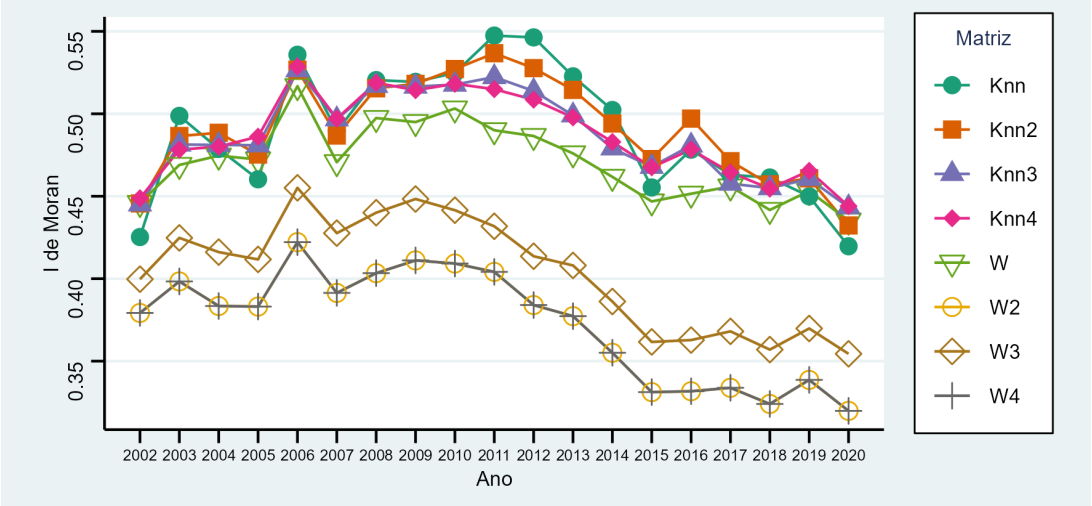
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1.8: Indicador de Autocorrelação Espacial (I de Moran) da Complexidade Econômica (A) e *Relatedness* (B) entre 2002 e 2020

(A)



(B)



Nota: *Knn* (Matriz de pesos *K-Nearest Neighbors*), *W* (Matriz de pesos *Queen*).
Fonte: Elaborado pelo autor.

Referências

ABDAL, Alexandre. Desenvolvimento Regional no Brasil contemporâneo: para uma qualificação do debate sobre desconcentração industrial. **Novos Estudos CEBRAP**, v. 36, n. 2, p. 107–126, 2017.

ALMEIDA, Eduardo. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.

ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.

_____. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Dorddrecht: Springer Science & Business Media, 1988. P. 284.

ANTONIETTI, Roberto; BURLINA, Chiara. **From variety to economic complexity: empirical evidence from Italian regions**. Utrecht: [s.n.], out. 2019. Disponível em: <http://econ.geo.uu.nl/peeg/peeg1930.pdf>.

ARAUJO, Eliane; FEIJÓ, Carmem. **Industrialização e Desindustrialização no Brasil: Teorias, Evidências e Implicações de Política**. Curitiba: Editora Appris, 2023. P. 474.

BALASSA, Bela. Trade Liberalisation and "Revealed"Comparative Advantage. **Manchester**, v. 33, n. 2, p. 99–123, 1965.

BALLAND, Pierre Alexandre; BOSCHMA, Ron 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, Pierre Alexandre; JARA-FIGUEROA, Cristian et al. Complex economic activities concentrate in large cities. **Nature Human Behaviour**, v. 4, n. 3, p. 248–254, 2020.

BOSCHMA, Ron. Regional Diversification and Inequality between and within Regions. **Policy Debate of the Hour**, v. 23, september, 2022.

_____. Relatedness as driver of regional diversification: a research agenda. **Regional Studies**, Routledge, v. 51, n. 3, p. 351–364, 2017.

BOSCHMA, Ron; BALLAND, Pierre Alexandre; KOGLER, Dieter Franz. 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, 2015.

BOSCHMA, Ron; FRENKEN, Koen. Technological relatedness, related variety and economic geography. In: PUBLISHING, Edward Elgar (Ed.). **Handbook of Regional Innovation and Growth**. Cheltenham, UK: [s.n.], 2011. P. 187–197.

BOSCHMA, Ron; MINONDO, Asier; NAVARRO, Mikel. The Emergence of New Industries at the Regional Level in Spain: A Proximity Approach Based on Product Relatedness. **Economic Geography**, v. 89, n. 1, p. 29–51, 2013.

BRASIL. **Nova indústria Brasil – forte, transformadora e sustentável: Plano de Ação ara a neoindustrialização 2024-2026**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 2024. P. 106. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. **Em busca do desenvolvimento perdido**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018. P. 168.

BRITTO, Gustavo; FREITAS, Elton; ROMERO, João P. Complexidade industrial e inovação na abordagem da complexidade: uma análise do caso brasileiro. In: January. INDÚSTRIA e desenvolvimento produtivo no Brasil. FGV: EESP, 2015. v. 1, p. 417–439.

CALDARELLI, Carlos Eduardo. A (des)industrialização brasileira em uma perspectiva regional. In: INDUSTRIALIZAÇÃO e Desindustrialização no Brasil: Teorias, Evidências e Implicações de Políticas. Curitiba: Editora Appris, 2023. P. 474.

CANO, Wilson. **Desconcentração produtiva regional do Brasil 1970-2005**. 3. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

CHÁVEZ, Juan Carlos; MOSQUEDA, Marco T.; GÓMEZ-ZALDÍVAR, Manuel. Economic complexity and regional growth performance: Evidence from the Mexican economy. **Review of Regional Studies**, v. 47, n. 2, p. 201–219, 2017.

DI CLEMENTE, Riccardo; STRANO, Emanuele; BATTY, Michael. Urbanization and economic complexity. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.

DOSI, Giovanni. Finance, innovation and industrial change. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 13, n. 3, p. 299–319, 1990.

FAGUNDES, Mayara Batista Bitencourt et al. Complexidade econômica regional: uma abordagem a partir de dados de emprego. **Revista de Desenvolvimento Econômico - RDE**, v. 2, n. 43, p. 161–181, 2019.

FELIPE, Jesus et al. Product complexity and economic development. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 23, n. 1, p. 36–68, mar. 2012.

FREITAS, Elton; BRITTO, Gustavo; AMARAL, Pedro. Related industries, economic complexity, and regional diversification: An application for Brazilian microregions. **Papers in Regional Science**, Elsevier, v. 103, n. 1, p. 100011, 2024.

FREITAS, Elton Eduardo; ANDRADE PAIVA, Emília. Diversificação e sofisticação das exportações: uma aplicação do product space aos dados do Brasil. **Rev. Econ. NE**, v. 46, n. 3, p. 79–98, 2015.

FRENKEN, Koen; BOSCHMA, Ron. Notes on a complexity theory of economic development. In: BATHELT, Harald; FELDMAN, Maryann; KOGLER, Dieter (Ed.). **Beyond territory: dynamic geographies of knowledge creation, diffusion, and innovation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2011. P. 251.

FRENKEN, Koen; NEFFKE, Frank; VAN DAM, Alje. Capabilities, institutions economic development: synthesis and regional a proposed. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 112, p. 1–11, 2023.

FRITZ, Benedikt S.L.; MANDUCA, Robert A. The economic complexity of US metropolitan areas. **Regional Studies**, v. 55, n. 7, p. 1299–1310, 2021.

FURTADO, Celso. **Development and undevelopment**. Berkeley: University of California Press, 1964.

GALA, Paulo. **Complexidade Econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2017. P. 144.

GALA, Paulo; ROCHA, Igor; MAGACHO, Guilherme. The structuralist revenge: Economic complexity as an important dimension to evaluate growth and development. **Brazilian Journal of Political Economy**, Centro de Economia Politica, v. 38, n. 2, p. 219–236, abr. 2018.

GAO, Jian; ZHOU, Tao. Quantifying China's regional economic complexity. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 492, p. 1591–1603, 2018.

GARCEZ, Lucas Cidade; AREND, Marcelo; GIOVANINI, Adilson. Complexidade econômica e desequilíbrios regionais em Santa Catarina. **Textos de Economia**, v. 22, n. 1, p. 04–31, 2019.

GIOVANINI, Adilson. **Mudança estrutural no século XXI: a contribuição dos serviços intermediários para o aumento da complexidade econômica**. 2018. F. 439. Doutorado – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

GOLGHER, André Braz. **Introdução à Econometria Espacial**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. P. 384.

HARTMANN, Dominik; CARDOSO, Ben-hur et al. Complexidade setorial e estratégias de diversificação inteligente em nível microrregional: o caso de Santa Catarina. **Nova Econ.**, v. 34, n. 3, p. 1–45, 2024.

HARTMANN, Dominik; GUEVARA, Miguel R. et al. Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality. **World Development**, v. 93, p. 75–93, 2017.

HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César A. The network structure of economic output. **Journal of Economic Growth**, v. 16, n. 4, p. 309–342, 2011.

HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César A. et al. **The Atlas of economic complexity - mapping paths to prosperity**. Massachusetts: Center for International Development, Harvard University, 2011.

HAUSMANN, Ricardo; HWANG, Jason; RODRIK, Dani. What you export matters. **Journal of Economic Growth**, v. 12, n. 1, p. 1–25, 2007.

HAUSMANN, Ricardo; YILDIRIM, Muhammed Ali et al. Innovation Policies Under Economic Complexity. **Growth Lab Working Paper Series**, n. 234, 2024. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=4814938>.

HIDALGO, César A. Economic complexity theory and applications. **Nature Reviews Physics**, v. 3, n. 2, p. 92–113, 2021.

_____. The Dynamics of Economic Complexity and the Product Space over a 42 year period. Cambridge, MA, 2009.

_____. The policy implications of economic complexity. **Research Policy**, v. 52, n. 9, 2023.

HIDALGO, César A.; BALLAND, Pierre Alexandre et al. The Principle of Relatedness. In: UNIFYING THEMES IN COMPLEX SYSTEMS IX. ICCS 2018. (Ed.). **Springer Proceedings in Complexity**. IX. ed. Cham: Springer International Publishing, 2018. v. IX. P. 451–457.

HIDALGO, César A.; HAUSMANN, Ricardo. The building blocks of economic complexity. **PNAS**, v. 119, n. 6166, p. 15, 2009.

HIDALGO, César A.; WINGER, Bailey et al. The product space conditions the development of nations. **Science**, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.

HIRSCHMAN, Albert O. **The Strategy of Economic Development**. New Haven: Yale University Press, 1958.

JACOBS, Jane. **The economy of cities**. New York, NY: Random House, 1969.

LOONIS, Vincent; BELLEFON, Marie-Pierre de. **Handbook of Spatial Analysis: Theory and Application with R**. Eurostat: INSEE, 2018. P. 394.

LUNDVALL, Bengt Åke; JOHNSON, Bjorn. The Learning Economy. **Journal of Industry Studies**, v. 1, n. 2, p. 23–42, 1994.

MARSHALL, Alfred. **Principles of Economics**. London: Macmillan, 1890.

MORCEIRO, Paulo César; GHILHOTO, Joaquim José Martins. Desindustrialização setorial e estagnação de longo prazo do setor manufatureiro brasileiro. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 43, n. 2, p. 418–441, 2023.

MORCEIRO, Paulo César; GUILHOTO, Joaquim José Martins. Adensamento produtivo e esgarçamento do tecido industrial brasileiro. **Economia e Sociedade**, v. 29, n. 3, p. 835–860, 2020.

NEFFKE, F; HENNING, M; BOSCHMA, R. How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. **Economic Geography**, Wiley Online Library, 2011. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1944-8287.2011.01121.x/full>.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

NETO, Aristides Monteiro; SILVA, Raphael de Oliveira; SEVERIAN, Danilo. Região e indústria no Brasil: ainda a continuidade da "desconcentração concentrada"? **Economia e Sociedade**, v. 29, n. 2, p. 581–607, 2020.

OEC. **Observatory of Economic Complexity**. [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://oec.world/>. Acesso em: 8 jan. 2023.

OREIRO, José Luis; FEIJÓ, Carmen A. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 30, n. 2, p. 219–232, 2010.

OREIRO, José Luis; PAULA, Luiz Fernando de. **Macroeconomia da estagnação brasileira**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021. P. 192.

PENROSE, Edith Tilton. **A teoria do crescimento da firma**. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2006.

PREBISCH, Raúl. **O desenvolvimento economico da America Latina e alguns de seus problemas principais**. v. VII. [S.l.: s.n.], 1962. Disponível em: <https://archivo.cepal.org/pdfs/cdPrebisch/003.pdf>.

QUEIROZ, Arthur Ribeiro; ROMERO, João Prates; FREITAS, Elton Eduardo. Economic complexity and employment in Brazilian states. **CEPAL Review**, v. 139, April, p. 177–196, 2023.

_____. Relatedness and regional economic complexity: Good news for some, bad news for others. **EconomiA**, 2024.

RAIS. **Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>. Acesso em: 28 ago. 2022.

RIBEIRO, Cássio Garcia; CARDOZO, Soraia Aparecida; MARTINS, Humberto. Dinâmica Regional Da Indústria De Transformação No Brasil (2000-2017). **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 23, E202120, p. 1–31, 2021.

ROCHA, Roberta De Moraes; ARAÚJO, José Ewerton Silva. The dynamics of industrial geographic distribution: Evidence from brazil (2002-2014). **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 41, n. 4, p. 760–781, 2021.

ROMERO, João P; SILVEIRA, Fabrício. Mudança estrutural e complexidade econômica: identificando setores promissores para o desenvolvimento dos estados brasileiros. In: LEITE, Marcos Vicincius Chliatto (Ed.). **Alternativas para o desenvolvimento brasileiro: Novos horizontes para a mudança estrutural com igualdade**. Santiago: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2019.

ROMERO, João P; SILVEIRA, Fabrício; FREITAS, Elton. **Mission healthcare: using economic complexity to devise mission-oriented diversification strategies for Brazil**. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, jan. 2022. (TEXTOS PARA DISCUSSÃO). Disponível em: <https://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20639.pdf>.

SABOIA, João. A continuidade do processo de desconcentração regional da indústria brasileira nos anos 2000. **Nova Economia**, v. 23, n. 2, p. 219–278, 2013.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

SIMOES, Alexander J.G.; HIDALGO, César A. The economic complexity observatory: An analytical tool for understanding the dynamics of economic development. **AAAI Workshop - Technical Report**, WS-11-17, January 2011, p. 39–42, 2011.

SUGIMOTO, Thiago Noronha; DIEGUES, Antônio Carlos. A China e a desindustrialização brasileira: um olhar para além da especialização regressiva. **Nova Economia**, v. 32, n. 2, p. 477–504, 2022.

TATSCH, Ana Lúcia. Processos de aprendizado e capacidades no nível das firmas. In: RAPINI, Márcia Siqueira et al. (Ed.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação Fundamentos teóricos e a economia global Coleção População e Economia Global**. 2. ed. Belo Horizonte, MG: FACE - UFMG, 2021. P. 711.

TEIXEIRA, Felipe Orsolin; MISSIO, Fabrício José; DATHEIN, Ricardo. Economic complexity, structural transformation and economic growth in a regional context: Evidence for Brazil. **PSL Quarterly Review**, v. 75, n. 300, p. 47–79, 2022.

VAN ECK, Nées Jan; WALTMAN, Ludo. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 8, p. 1635–1651, 2009.

VERHEIJ, Timo; OLIVEIRA, Heder de. Is economic complexity spatially dependent? A spatial analysis of interactions of economic complexity between municipalities in Brazil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 1, p. 318–338, 2020.

ZHANG, Qizi; WU, Yejun; WANG, Lei. Implications of Increased Regional Economic Complexity. In: ZHANG, Qizi (Ed.). **Transforming Economic Growth and China's Industrial Upgrading**. Beijing, China: Springer, 2018. P. 153–178.

2. EFEITOS DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E RELATEDNESS SOBRE O CRESCIMENTO ECONÔMICO DAS MICRORREGIÕES BRASILEIRAS[1]

Resumo: O objetivo deste artigo é examinar os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* (proximidade de conhecimentos produtivos) sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras. A perspectiva da complexidade econômica sugere que os países que avançam em termos de sofisticação produtiva e *relatedness* tendem a alcançar altos níveis de renda e crescimento econômico. Além disso, estudos com análises em nível regionais tem consistentemente contribuído para o conjunto de evidências favoráveis a esta afirmação. Nós utilizamos modelos dinâmicos de econometria espacial (SDM, SDGMM-SYS e SDGMM-DIF) com as 558 microrregiões do Brasil, usando dados de emprego para as 59 atividades econômicas no período de 2002 a 2020. Nossos resultados sugerem que, em primeiro lugar, elevações nos níveis de complexidade econômica são associadas a elevações no PIB per capita. Em segundo lugar, a densidade das atividades (*relatedness density*) exibe uma correlação positiva com o PIB *per capita*. Em terceiro lugar, um achado importante é que existem efeitos desiguais da complexidade econômica sobre o crescimento econômico quando examinadas separadamente as grandes regiões no Brasil, principalmente em relação ao PIB *per capita*. Há uma falta de evidências com relação aos efeitos da *relatedness* e da complexidade econômica sobre o crescimento regional no Brasil e, as questões de endogeneidade e dependência espacial têm sido desconsideradas. Este estudo considera este gap relatando novas evidências dos efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento regional, bem como dos efeitos diferenciados com relação às regiões brasileiras. Um maior entendimento destes processos contribui para a formulação de intervenções estratégicas para promover complexidade econômica, *relatedness* e crescimento econômico regional.

Palavras-Chave: Complexidade Econômica, *Relatedness*, PIB *per capita*, Microrregiões, Brasil.

JEL: O47; R11; R11.

Abstract: This paper examines the effects of economic complexity and relatedness (proximity of productive knowledge) on the economic growth of Brazilian microregions. The perspective of economic complexity suggests that countries advancing in terms of productive sophistication and relatedness tend to achieve higher levels of income and economic growth. Additionally, regional-level analyses have consistently contributed to the growing body of evidence supporting this assertion. We employed dynamic spatial econometric models (SDM, SDGMM-SYS, and SDGMM-DIF) across 558 Brazilian microregions, utilizing employment data for 59 economic activities from 2002 to 2020. Our findings suggest that, firstly, an increased level of economic complexity in microregions is associated with a higher GDP per capita. Secondly, the density around industries (relatedness density) positively affects GDP per capita. Thirdly, and most importantly, our analysis reveals that economic complexity has unequal effects on the economic growth of microregions when examining distinct major Brazilian regions, particu-

[1]Uma versão deste artigo foi apresentada no 51º Encontro Nacional de Economia da ANPEC - Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Economia, no Rio de Janeiro/RJ - Brasil em 2023 e o artigo está publicado na Revista Estudos Econômicos: Smolski, F. M. da S., Ruffoni, J., e Mascarini, S. (2024). The effect of economic complexity and relatedness on the economic growth of brazilian microregions. Estud. Econ., 54(4), 1–37.

larly concerning per capita GDP. A lack of empirical evidence exists regarding the effects of relatedness and economic complexity on regional growth in Brazil, with issues of endogeneity and spatial dependence often overlooked. Our study addresses this gap by providing new insights into the effects of economic complexity and relatedness on regional growth, as well as the varying effects among Brazilian regions. Understanding these processes aids in formulating strategic interventions to promote economic complexity, relatedness, and regional economic growth.

Keywords: Economic complexity; Relatedness; GDP per capita; Microregions; Brazil.

2.1 Introdução

A perspectiva da complexidade econômica postula que a construção de produtos e serviços mais sofisticados e de alto valor agregado requer maiores capacidades específicas e conhecimentos produtivos. Ao mesmo tempo, os países que possuem estes domínios tendem a ter sucesso na produção de uma diversidade maior de produtos em comparação com seus pares. Essa linha de pesquisa, ao criar indicadores que incorporam os benefícios da especialização e da diversificação produtiva, tem os utilizado para buscar explicar o potencial de geração de riqueza das nações (Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo; Hausmann, 2009; Simoes; Hidalgo, 2011; Hidalgo, 2023, 2021);.

Esta literatura busca analisar a importância do território na evolução da estrutura econômica, ao passo que surgem discussões teóricas e empíricas sobre as dinâmicas da complexidade econômica geograficamente delimitadas, ou seja, a considerar a proximidade física e cognitiva das atividades nos territórios. Além da capacidade de produzir um determinado produto, é relevante levar em conta a proximidade das capacidades necessárias para a produção de outros produtos na estrutura produtiva (*relatedness*). Estudos recentes buscam entender a dinâmica e as influências do aumento de complexidade econômica das atividades produtivas na renda regional, sugerindo que a presença de maiores parentescos entre atividades (*relatedness*) no território são fundamentais para que a atividade econômica local cresça e novas indústrias surjam se desenvolvam (Balland; Boschma et al., 2018; Chávez; Mosqueda; Gómez-Zaldívar, 2017; Hausmann; Hidalgo, 2011; Mewes; Broekel, 2022; Vinci; Benzi, 2018).

Além disso, existem os que avaliam o efeito da complexidade econômica no crescimento econômico em níveis territoriais considerando os países e regiões de blocos econômicos: Chávez, Mosqueda e Gómez-Zaldívar (2017) encontraram efeitos positivos da complexidade na renda estadual no México; Gao e Zhou (2018) e Zhang, Wu e Wang (2018) analisaram o caso

das províncias chinesas e setores de manufatura e comprovaram o efeito da complexidade no crescimento das regiões.

No contexto brasileiro, os estudos têm identificado uma correlação positiva entre complexidade econômica, desenvolvimento regional e diversificação econômica (Queiroz; Romero; Freitas, 2023; Françoso; Boschma; Vonortas, 2024; Teixeira; Missio; Dathein, 2022; Galetti et al., 2022; Queiroz; Romero; Freitas, 2024). Além disso, estes trabalhos têm demonstrado que elevações na *relatedness* dos locais aumenta a probabilidade de entrada em novos setores nas regiões com maior complexidade econômica. Por outro lado, a complexidade de um setor diminui a probabilidade de sua especialização nas regiões menos complexas, enquanto amplificam a probabilidade nas regiões com maior complexidade econômica (Queiroz; Romero; Freitas, 2024; Freitas; Britto; Amaral, 2024).

Assim, a literatura tem procurado avançar no entendimento do papel da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento e a riqueza das regiões. Entretanto, análises com o recorte microrregional para o Brasil ainda são escassas. Nesta linha, entende-se como relevante identificar a existência de efeitos desiguais por região no Brasil, visando melhor compreender a dificuldade e persistência do crescimento da renda em locais historicamente mais atrasados. Este é um tema em destaque na literatura internacional (Boschma, 2022).

Este trabalho aqui proposto, no entanto, utiliza métodos que consideram os efeitos de simultaneidade das variáveis sobre investigação, um *gap* na literatura conforme Teixeira, Missio e Dathein (2022) e considera as dinâmicas de heterogeneidade temporal e espacial. Ainda, este estudo oferece uma oportunidade significativa para melhorar o entendimento da relevância da complexidade econômica e *relatedness* para o crescimento regional, efetuando uma contribuição original para a literatura. Embora estas pesquisas representem um progresso na literatura ao se concentrarem na questão da diversificação regional, as pesquisas sobre *relatedness*, complexidade econômica e crescimento regional, continuam escassas em particular nos países emergentes.

Neste sentido, este capítulo objetiva analisar o efeito da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento do PIB *per capita* das 558 microrregiões brasileiras no período de 2002 a 2020. O trabalho contribui para literatura existente ao trazer novas evidências sobre o papel da complexidade econômica e da *relatedness* sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras. Além disso, o estudo faz uso de dados de emprego, e não de comércio ou exportações, para o cálculo da complexidade, adotando o que a literatura afirma ser um avanço

na discussão a respeito da complexidade econômica (Romero; Freitas et al., 2022).

Além desta introdução, a próxima subseção busca apresentar os principais estudos empíricos que compõe a perspectiva da complexidade econômica e *relatedness* e sua relevância ao estudo do crescimento econômico no território, seguido pela descrição metodológica. Na sequência, serão apresentados os principais resultados e discussões do trabalho bem como as considerações finais.

2.2 Principais estudos empíricos na literatura da Complexidade Econômica, *Relatedness* e crescimento econômico

Estudos emergentes buscam entender a dinâmica e as influências da elevação da complexidade econômica das atividades produtivas na renda dos locais, bem como sugerindo que a presença de maiores parentescos entre atividades (*relatedness*) são fundamentais para que a atividade econômica local cresça e também novas indústrias surjam nestes mercados (Balland; Boschma et al., 2018; Chávez; Mosqueda; Gómez-Zaldívar, 2017; Hausmann; Hidalgo, 2011; Mewes; Broekel, 2022; Vinci; Benzi, 2018).

A Tabela 2.1 sintetiza os principais trabalhos empíricos que mensuram as relações entre complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento econômico, ressaltando as principais variáveis dependentes, independentes e controles utilizados, seu efeito encontrado e o modelo econométrico empregado. Originalmente esta literatura iniciou suas análises utilizando dados de exportações dos países, como demonstrado em Hidalgo e Hausmann (2009) e Hausmann, Hidalgo et al. (2011), demonstrando, portanto, que a complexidade econômica estava diretamente relacionada com a competência para competir em mercados globais. Surgem, no entanto, uma miríade de novas evidências neste sentido.

Analisando a inclusão da exportação de serviços sofisticados nos indicadores de complexidade econômica, Stojkoski, Utkovski e Kocarev (2016) constatam que existem efeitos relevantes sobre o crescimento econômico. Zhu e Li (2017) adicionam indicativos que tanto a complexidade econômica quanto o capital humano impactam no crescimento das nações. Gala, Rocha e Magacho (2018) apontam que a complexidade econômica das exportações é estatisticamente significativa para entender a convergência de renda entre países pobres e ricos.

Tabela 2.1: Revisão da literatura empírica sobre crescimento econômico, complexidade econômica e *relatedness*

Autores	Período	Nível	VD	Princ. VI*	Efeito	Controles	Modelo**
			Complexidade Econômica				
Hidalgo e Hausmann (2009)	1985-2005	Países (Mundo)	PIB (variação)	ICE (exportações), PIB	(+)		Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)
Hausmann e Hidalgo (2011)	19781988, 19881998, 19982008	Países (Diversos)	PIB *per capita*	ICE (exportações), ICE (início do período)	(+)	População (log), Concentração de exportações, Renda *per capita* (início período), Exportação de produtos naturais/PIB.	Dados em painel de efeitos fixos
Stojkoski, Utkovski e Kocarev (2016)	19982008	Países (Diversos)	PIB *per capita* (variação) (log)	ICE (exportações)	(+)	PIB *per capita* inicial, Exportação de recursos naturais, Índice inicial de diversidade	Dados em painel com efeitos fixos
Zhu e Li (2017)	1995, 2000, 2005 e 2010	Países (Diversos)	PIB *per capita* (variação)	ICE (exportações)	(+)	Renda inicial, Nível educacional população com ensino médio (log); Nível educacional população com ensino superior (log).	Dados em painel com efeitos fixos
Chávez, Mosqueda e Gómez-Zaldívar (2017)	1998–2003, 2003–2008	Estados (México)	PIB *per capita* (variação)	ICE, PIB *per capita* (log)	(+)	Estados mineradores (dummies).	Dados em painel
Gala, Camargo et al. (2018)	19792011	Países (Diversos)	PIB *per capita* (variação) (log)	PIB *per capita* no primeiro período (variação) (log)	(+)	Gastos do governo/PIB, Crescimento da população, Exportações/PIB.	Dados em painel dinâmico
Salles, Pinto Rocha e Vasconcelos (2018)	20022014	Estados (Brasil)	PIB *per capita* (log)	ICE (log) (produtos exportados)	(+)	Exportações/PIB, Exportações de commodities/PIB. População,	Dados em painel
Gao e Zhou (2018)	19952015	Províncias (China)	PIB *per capita* (log)	ICE /Fitness (2690 firmas, 70 categorias de indústrias),	(+)	População (log), Urbanização, Escolaridade, Inovação (log), Comércio.	Dados em painel efeitos fixos – tempo, província.
Zhang, Wu e Wang (2018)	20022007	Províncias (China)	PIB *per capita* (log)	ICE (empresas, setores).	(+)	Investimento direto estrangeiro, Instituições, Abertura econômica, Grau de especialização das Exportações, Infraestrutura, Recursos naturais, Capital humano (gastos em educação), Urbanização, Geografia da economia local.	Dados em painel efeitos fixos – tempo, província – GMM2S
Romero e Silveira (2019)	2005 e 2015	Estados (Brasil)	Valor Bruto da Produção (log), Valor Bruto da Produção Industrial (log).	ICE (produtos exportados, base Conntrade HS 2007), ICE (lag)	(+)		Cross Section

continua . . .

. . . continua

Autores	Período	Nível	VD	Princ. VI*	Efeito	Controles	Modelo**
Mewes e Broekel (2022)	20002014	Regiões (Europa)	PIB (log)	ICE (patentes), PIB *per capita* período anterior (log)	(+)	Patentes *per capita* (log), Quociente Locacional atividades, Diversidade Regional (entropia patentes), Participação patentes alta tecnologia,	Dados em painel espacial efeitos fixos GMM, SAR
Fritz e Manduca (2021)	19982015	Condados (Estados Unidos da América)	Renda *per capita* (log)	ICE (empregos setores), Fitness	(+)	Taxa de desemprego, Emprego na manufatura/população, Número de patentes, Idade média da população, População, Participação da população com ensino superior, População negra, Cobertura sindical, Salário mínimo local, População elegível ao voto.	Dados de painel de efeitos fixos
Teixeira, Missio e Dathein (2022)	20032014	Estados (Brasil)	PIB	ICE (exportações SH2 97 produtos), Fitness	(+)	PIB dos principais parceiros comerciais do Estado, Taxa de câmbio, Formação bruta de capital fixo, Educação, Taxa de juros, Preços de commodities.	Dados em painel dinâmico GMM2S
				Relatedness			
Balland, Boschma et al. (2018)	1985–89, 1990–94, 1995–99, 2000–04 e 2005–09	Países (Europa)	Crescimento tecnológico (número de patentes)	Densidade de *relatedness*, ICE (tecnologias/patentes)	(+)	População (log), PIB *per capita*, Densidade Populacional, Estoque tecnológico (patentes).	Modelo de probabilidade linear, painel de efeitos fixos
Alonso e Martín (2019)	20042014	Estados (Brasil e México)	Vantagem comparativa (produto)	Densidade de *relatedness* (exportações), Densidade de *relatedness* importação (exportações)	(+)	Vantagem comparativa do produto nas regiões no primeiro período.	Modelo de probabilidade linear, painel de efeitos fixos
Davies e Maré (2021)	1986, 1996 e 2006	Áreas urbanas (Nova Zelândia)	Emprego regional (crescimento)	*relatedness* (atividades) (lag), ICE (atividade) (lag), ICE (atividade, cidade) (lag)	(+)	Participação local no emprego	Dados em painel

continua . . .

...continua

Autores	Período	Nível	VD	Princ. VI*	Efeito	Controles	Modelo**
Galetti et al. (2022)	2003–06, 2007–10, 2011–14 e 2015–18	Microrregiões (Brasil)	Novas especializações (ocupações)	*relatedness* (indicador baseado em indústrias e atividades), ICE (ocupações), Complementariedade de ocupações, Densidade de ocupações	(+)	Participação da ocupação no emprego local (lag), Média dos salários da ocupação (lag), PIB *per capita* (lag), Participação ensino superior nas ocupações, (lag) Participação trabalhadores da manufatura (lag).	Dados em painel de efeitos fixos
Hane-Weijman, Eriksson e Rigby (2022)	20022012	Regiões (Suécia)	Emprego (taxa de variação)	*relatedness* (ocupações) (variação), ICE (ocupações)(variação)	(+)	Tamanhos dos estabelecimentos, Participação do emprego público, Participação emprego em manufaturas, Número de especializações ocupacionais	Dados em Painel
Françoso, Boschma e Vonortas (2024)	200610, 201115 e 201619	Mesorregiões (Brasil)	Nova vantagem comparativa (setor, tecnologia)	*relatedness* (setor, tecnologia), ICE (setor, tecnologia)	(+/)	Densidade populacional (lag), PIB *per capita* (lag), Variedade de setores na região (lag), Tamanho do setor/tecnologia (lag)	Modelo de probabilidade linear

Nota: *VD – Variável Dependente; Princ. VI – Principais Variáveis Independentes; ** Efeito das principais variáveis: Índice de Complexidade Econômica (ICE) e *Relatedness*. **MQO – Mínimos Quadrados Ordinários; SEM – *Spatial Error Model*; SDM – *Spatial Durbin Model*; GMM – *Generalized Method of Momments*; GMM2S – *Generalized Method of Momments Two Steps*; SAR – *Spatial Autoregressive Model*

Fonte: Elaborado pelo autor.

Surgem também abordagens para entender a relevância da complexidade econômica sobre o crescimento em níveis de territórios nacionais e regiões de blocos econômicos. Chávez, Mosqueda e Gómez-Zaldívar (2017) encontram efeitos positivos da complexidade sobre a determinação da renda em nível de Estados, para o caso do México. Gao e Zhou (2018) e Zhang, Wu e Wang (2018) analisam o caso das províncias chinesas e setores de manufatura, utilizando métodos econométricos robustos comprovam o efeito da complexidade sobre o crescimento das regiões.

Para o caso brasileiro, Teixeira, Missio e Dathein (2022) mensuram o efeito da complexidade econômica entre 2003 e 2014 sobre o PIB dos Estados, utilizando dados de exportações e diversos controles, demonstram que existem efeitos positivos, bem como efeitos da taxa real de câmbio. Salles, Pinto Rocha e Vasconcelos (2018) analisam trajetória da complexidade de produtos exportados, no Estado de Minas Gerais, demonstram que há um efeito positivo sobre o crescimento econômico, porém o referido Estado não consegue sair da armadilha de baixa sofisticação da sua produção, dado que aumentou a distância entre os produtos exportados e aqueles com maior complexidade.

As análises da abordagem da proximidade e das capacidades regionais também estão em ascensão. Tessarin et al. (2020) avaliaram as proximidades produtivas e tecnológicas em termos de habilidades de ocupações, para 100 setores manufatureiros com dados da PIA-Empresa do IBGE, sendo que com matrizes de vizinhança setorial espacial mostraram que trabalhadores com habilidades específicas se relacionam com as oportunidades tecnológicas destes setores. Romero e Silveira (2019) identificaram as indústrias que são mais promissoras para que se possa elevar a complexidade econômica e renda a nível dos Estados brasileiros, utilizando dados de produtos exportados com utilização das vantagens comparativas reveladas, e desta forma puderam encontrar potenciais de produtos que dependem de capacidades próximas para políticas industriais a níveis de Estado e, puderam inferir o efeito positivo da aquisição de competitividade sobre o produto total.

Desta forma, se entende que estes processos relacionados aos efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre o crescimento econômico regional ainda não são plenamente entendidos para o território brasileiro.

2.3 Metodologia

2.3.1 Os Indicadores de Complexidade Econômica e *Relatedness*

De acordo com a metodologia desenvolvida por Hidalgo e Hausmann (2009), o índice de complexidade econômica combina a presença de uma atividade econômica específica dentro de um local com a diversidade de atividades constantes na mesma área geográfica. Este indicador traduz uma sinergia do conhecimento produtivo local ou das habilidades necessárias para manufaturar bens e serviços que demandam alto nível de capacitações e que assim não são distribuídas livremente (não-ubiquidade) com a amplitude das especializações produtivas encontradas em um dado local (diversidade). Nós utilizamos neste artigo dados de emprego para calcular o índice de complexidade econômica e o indicador de *relatedness* para as microrregiões brasileiras entre 2002 e 2020, de forma aderente aos métodos utilizados em estudos prévios (Gao; Zhou, 2018; Queiroz; Romero; Freitas, 2024; Zhang; Wu; Wang, 2018).

Para determinar o nível de especialização local em uma dada atividade econômica, utilizou-se a métrica das Vantagens Comparativas Reveladas (VCR) proposto por Balassa (1965):

$$VCR = \left(\frac{X_{cp}}{\sum_p X_{cp}} \right) / \left(\frac{\sum_c X_{cp}}{\sum_{c,p} X_{cp}} \right) \tag{20}$$

X_{cp} representa o nível de emprego em uma atividade econômica p dentro da microrregião c, $\sum_c X_{cp}$ representa o total de emprego na microrregião c ao longo de todas as atividades, $\sum_p X_{cp}$ representa o total de emprego na atividade p para a microrregião e, $\sum_{c,p} X_{cp}$ representa o total de emprego ao longo de todas as atividades do país. Considera-se que uma microrregião possui vantagem comparativa quando o VCR supera 1, sendo configurado o valor de $VCR_{c,t}(i) = 1$ se tem vantagem comparativa, e 0 caso contrário.

Forma-se então, a partir dos pontos de corte do VCR (0,1) para cada área geográfica e atividade, a matriz M que dá origem as medidas de diversidade e ubiquidade:

$$Diversidade = k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \tag{21}$$

$$Ubiquidade = k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \tag{22}$$

A diversidade de uma região particular ($k_{c,0}$) é determinada pela contabilidade de ativi-

dades específicas dentro de uma microrregião, enquanto a ubiquidade de uma atividade econômica específica é acessada pelo número de especializações da microrregião em uma atividade econômica ($k_{p,0}$). Utilizando as médias de diversidade para cada região c e de ubiquidade das atividades p produzidas na microrregião em análise, a complexidade econômica (ICE) da região (k_c) é calculada com as equações abaixo (Hidalgo; Hausmann, 2009; Hidalgo, 2021):

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} k_{p,N-1} \tag{23}$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_p M_{cp} k_{c,N-1} \tag{24}$$

É utilizado o Método de Reflexões (MR) para o cálculo da complexidade econômica, pois produz "um conjunto de variáveis simétricas para os dois tipos de nós da rede" (Hidalgo; Hausmann, 2009, p. 10572, tradução nossa), microrregiões e atividades econômicas. A técnica se baseia em calcular a complexidade de atividades e regiões iterativamente com o valor prévio das medidas de ubiquidade e diversidade, em que $N \geq 1$ representa o número de iterações, sendo que se inicia com os valores médios de $kp,0$ e $kc,0$, sendo que nas próximas rodadas ($k_{p,}1, k_{p,2} \cdots k_{p,N}$ e $k_{c,1}, k_{c,2}, \cdots k_{c,N}$) utilizam-se os valores previamente calculados até que seja gerada estabilidade nos rankings de complexidade do *ICE* (Índice de Complexidade Econômica) e *ICA* (Índice de Complexidade da Atividade), não trazendo assim nova informação adicional. Isto é efetuado utilizando as seguintes equações:

$$k_c = \tilde{M}_{cc'} k_{c'} \tag{25}$$

$$k_p = \tilde{M}_{pp'} k_{p'} \tag{26}$$

em que:

$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{M_c M_p} \tag{27}$$

$$\tilde{M}_{pp'} = \sum_c \frac{M_{cp} M_{cp'}}{M_c M_p} \tag{28}$$

Para eliminar os fatores constantes, os índices são padronizados utilizando o score Z

(Hidalgo; Hausmann, 2009; Hidalgo, 2021):

$$ICE_c = \frac{(\vec{k}_c - \text{mdia}(\vec{k}_p))}{\text{desvio_padro}(\vec{k}_p)} \tag{29}$$

$$ICA_p = \frac{(\vec{k}_p - \text{mdia}(\vec{k}_p))}{\text{desvio_padro}(\vec{k}_p)} \tag{30}$$

em que $\vec{k}$ é o autovetor que é associado ao segundo maior autovalor de $\tilde{M}_{cc'}$ e $\tilde{M}_{pp'}$.

Já o Método de Complexidade *Fitness* (MCF) foi introduzido por Tacchella et al. (2012), com o objetivo de oferecer um indicador, não-linear e com abordagem iterativa para mensurar a complexidade econômica de países e regiões através de dados de exportações ou atividades econômicas.

Ao contrário do método tradicional de reflexões para calcular a complexidade econômica, o MCF postula que a complexidade de um produto não pode ser definida como a média da *fitness* dos países que os produzem (Tacchella et al., 2012, p. 1). Ao invés disto, um produto pode apenas ser considerado com alta complexidade se for produzido em um país ou região altamente competitiva. Tacchella et al. (2012) descrevem o processo iterativo do MCF como segue:

$$\begin{cases} \widetilde{F}_c^{(n)} = \sum_p M_{cp} Q_p^{(n-1)} \\ \widetilde{Q}_p^{(n)} = \frac{1}{\sum_c M_{cp} \frac{1}{F_c^{(n-1)}}} \end{cases} \tag{31}$$

$$\begin{cases} F_c^{(n)} = \frac{\widetilde{F}_c^{(n)}}{\left\langle \widetilde{F}_c^{(n)} \right\rangle_c} \\ Q_p^{(n)} = \frac{\widetilde{Q}_p^{(n)}}{\left\langle \widetilde{Q}_p^{(n)} \right\rangle_p} \end{cases} \tag{32}$$

em que F_c é a medida de *fitness* de uma região, Q_p é a complexidade de uma atividade obtida em um ponto fixo do tempo, M_{cp} representa a matriz M binária região-atividade.

O método iterativo é baseado na computação e na normalização dos resultados para definir a medida *fitness* - a complexidade das atividades em cada n iterações. O valor final da medida *fitness* reflete a complexidade econômica da região (Gao; Zhou, 2018). A vantagem deste processo iterativo é que, em cada iteração, ambas as variáveis são normalizadas e a informação é refinada, como reportado por Tacchella et al. (2012). No nosso trabalho, nós computamos 20 iterações e o indicador final de *fitness* foi utilizado na forma logarítmica, como empregado por

estudos prévios (Tacchella et al., 2012; Cristelli; Tacchella; Pietronero, 2015; Gao; Zhou, 2018; Stojkoski; Koch; Hidalgo, 2023).

Neste trabalho, utilizaremos os dados das atividades econômicas e seu número de vínculos para o cálculo da complexidade econômica e *fitness*. Para tanto, são empregados os dados da RAIS (2022) sobre o número de empregados por atividade econômica – CNAE 1.0 (Cadastro Nacional de Atividades Econômicas) - dos 59 grupos de atividades das microrregiões brasileiras, compilados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Os dados das atividades econômicas para o cálculo da complexidade econômica regional já vem sendo utilizado na literatura (Romero; Silveira; Freitas, 2022; Freitas; Britto; Amaral, 2024), sendo que serão utilizados também para calcular o indicador de *relatedness* a ser explanado a seguir.

Nossa segunda variável de interesse examina o efeito de capacidades microrregionais das atividades econômicas - proximidade cognitiva - sobre o crescimento econômico. Com base em estudos anteriores (Hidalgo; Winger et al., 2007; Davies; Maré, 2021; Galetti et al., 2022; Hane-Weijman; Eriksson; Rigby, 2022; Elekes; Baranowska-Rataj; Eriksson, 2023), nós aplicamos o conceito de densidade de *relatedness*. Esta métrica quantifica a proximidade de uma atividade econômica a um conjunto de atividades econômicas presentes em uma microrregião.

Essencialmente, ela acessa a probabilidade de um local em se especializar em uma nova atividade econômica considerando a presença de atividades intimamente relacionadas dentro da mesma região. Desta forma, o indicador de densidade de *relatedness* de uma atividade i em uma microrregião c é derivada da *relatedness* da atividade i para a atividade na qual a microrregião detém VCR, dividida pela soma da *relatedness* da atividade i para todas as outras atividades no território.

O primeiro passo envolve a identificação da proximidade (ϕ) - ou *relatedness* - entre as atividades econômicas para computar a densidade de *relatedness*. Isto é determinado através da probabilidade condicional de que pares de atividades, denotadas como i, constem de maneira conjunta no território j:

$$\phi_{i,j,t} = min\left\{P(VCRx_{i,t}|VCRx_{j,t}), P(VCRx_{i,t}|VCRx_{j,t})\right\} \tag{33}$$

Para isto, dentre muitas das técnicas conhecidas para mensurar a co-ocorrência (Hidalgo, 2021; Van Eck; Waltman, 2009), será utilizada a medida de similaridade cosseno, representada por:

$$\phi_{i,j,t} = \frac{C_{i,j,t}}{\sqrt{S_{i,t} * S_{j,t}}} \tag{34}$$

em que C_{ij} indica o número de vezes em que duas atividades são observadas juntas no período t; S_i e S_j representam o número de vezes que ocorrem as atividades/produtos/tecnologias i e j no tempo t.

Hidalgo, Winger et al. (2007) sugerem a geração de um indicador de *relatedness* único para cada uma das unidades geográficas relacionado ao produto, a Densidade de *Relatedness* - DR (*Relatedness Density* - RD), que visa demonstrar o quão relacionado um nova atividade (ou tecnologia, produtos, etc.) está dado as atividades efetuados em cada região. Desta forma, mede a proximidade de uma nova atividade ao conjunto de atividades em um dado local (Boschma; Balland; Kogler, 2015). Busca assim medir a relação entre a probabilidade de um local a se especializar em um novo produto contando com a existência de atividades com capacidades "próximas" no local (Hidalgo; Balland et al., 2018).

Assim, o indicador da densidade de uma atividade i de uma região c é calculada a partir da *relatedness* da atividade i à atividade na qual a região possui VCR, dividido então pela soma da *relatedness* da atividade i de todos os outras atividades da região:

$$DR_{i,c,t} = \frac{\sum_{j \in c, j \neq i} \phi_{i,j,t}}{\sum_{j \neq i} \phi_{i,j,t}} * 100 \tag{35}$$

O indicador DR varia de 0% a 100%. Indicando assim que quando a unidade geográfica possuir 0%, nenhuma atividade i é relacionada à atividade i na região c. Logo, se o indicador for 100%, todas as atividades relacionadas à atividade i pertencem ao portfólio de atividades da região c, conforme estruturam Hidalgo e Hausmann (2009) e Boschma, Balland e Kogler (2015).

2.3.2 Dados e variáveis utilizadas

Este trabalho utiliza informações anuais agregadas nas 558 microrregiões brasileiras, para o período de 2002 a 2020. As variáveis são apresentadas na Tabela 2.2. Avaliar a evolução do processo econômico pela unidade de análise das microrregiões é uma prática comum na literatura relacionada à complexidade econômica (Françoso; Boschma; Vonortas, 2024; Galetti et al., 2022; Queiroz; Romero; Freitas, 2024). Esta abordagem permite controlar os fatores não observados derivados da autonomia administrativa de diferentes configurações (por exemplo,

municípios e Estados), deste modo promovendo um melhor entendimento dos resultados e prevenindo questões relacionadas aos problemas de endogenia e heterogeneidade não-observada nos dados em painel (Wooldridge, 2010).

A variável dependente analisada é o crescimento econômico das microrregiões do Brasil, representado por $lpibpc$ (e também a sua primeira diferença - $\Delta lpibpc$). O crescimento econômico é quantificado usando o logaritmo do PIB *per capita* das microrregiões. Os dados para esta variável foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) e os valores atualizados pelo IPCA (Índice de Preços do Consumidor Amplo) de 2020.

Nossas principais variáveis de interesse são a Complexidade Econômica ($ICEativ$) e a densidade de *relatedness*, sendo aqui representa por $DRativ$. Ambos são calculados utilizando os dados do número de empregados por atividade econômica – CNAE 1.0 (Cadastro Nacional de Atividades Econômicas) - dos 59 grupos de atividades (ativ) das microrregiões, com dados da RAIS (2022), compilados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). As variáveis $wICEativ$ e $wDRativ$ são os indicadores das suas regiões vizinhas, conforme matriz de pesos espaciais utilizada (matriz Knn3).

A base de dados da RAIS (2022) apresenta informações detalhadas da atividade formal brasileira, sobretudo com referência à quantidade e aos valores de salários, da mesma forma que apresenta dados dos estabelecimentos privados e dos empregos nas administrações públicas, cobrindo cerca de 65% da força de trabalho total brasileira, desta forma contendo informações amplas do trabalho formal (Freitas; Britto; Amaral, 2024; Galetti et al., 2022; Ulyssea, 2018). No entanto, deixa de fora os dados das atividades informais, o que pode ser visto como uma limitação nesta literatura (Freitas; Britto; Amaral, 2024). Ainda, estes indicadores de complexidade construídos com os dados de emprego são cada vez mais utilizados nos estudos da complexidade econômica (Romero; Silveira; Freitas, 2022; Freitas; Britto; Amaral, 2024) e representam avanços em comparação ao cálculo da complexidade com dados de comércio ou exportações.

Ainda, foram efetuados testes de robustez para os modelos propostos a partir da criação de uma variável alternativa como medida de complexidade econômica das microrregiões, usando o Método de Complexidade *Fitness* ($lfitness$ - logaritmo do indicador de $fitness$ da microrregião). Este método, introduzido por por Tacchella et al. (2012), define o Índice de Complexidade Econômica adotando uma metodologia não-linear de equações iterativas. Isto favorece regiões com atividades diversificadas e penaliza aquelas atividades que são realizadas em muitas regiões (Mariani et al., 2015). Esta metodologia tem sido empregada em estudos pré-

Tabela 2.2: Descrição das variáveis e fontes utilizadas

Variáveis	Descrição	Fonte	Sinal	Referência
Dependente				
$lpibpc$	Logarítmo natural do PIB per capita	IBGE (2022)*		Hidalgo e Hausmann (2009), Hausmann e Hidalgo (2011), Salles, Pinto Rocha e Vasconcelos (2018), Gao e Zhou (2018), Zhang, Wu e Wang (2018)
Independentes				
$ICEativ$	Índice de Complexidade Econômica (atividades)	RAIS (2022)*	(+)	Gao e Zhou (2018), Zhang, Wu e Wang (2018)
$lfitness$	Logarítmo natural do Método de Complexidade Fitness	RAIS (2022)*	(+)	Stojkoski, Koch e Hidalgo (2023)
$DRativ$	Densidade de *Relatedness*	RAIS (2022)*	(+)	Davies e Maré (2021), Galetti et al. (2022), Françoso, Boschma e Vonortas (2024)
Controles				
$ldens$	Logarítmo natural da densidade populacional das microrregiões	IBGE (2022)*	(+)	Mewes e Broekel (2022), Balland, Boschma et al. (2018), Queiroz, Romero e Freitas (2024), Stojkoski, Koch e Hidalgo (2023)
$pempind$	Proporção do emprego industrial em relação ao total do emprego na microrregião	RAIS (2022)	(+)	Davies e Maré (2021), Galetti et al. (2022)
$pexpcom$	Proporção do valor da exportação de *commodities* sobre o total exportado pela microrregião	COMEXSTAT (2022)*, IBGE (2022)	(+)	Hausmann e Hidalgo (2011), Stojkoski, Utkovski e Kocarev (2016), Salles, Pinto Rocha e Vasconcelos (2018)
$pempsup$	Proporção de empregados com pelo menos educação superior em relação ao total da população da microrregião	RAIS (2022)*	(+)	Zhu e Li (2017), Gao e Zhou (2018), Mewes e Broekel (2022), Galetti et al. (2022)
$exppartbra$	Participação das exportações totais da microrregião sobre o total de exportações brasileiras	COMEXSTAT (2022)*	(+)	Hausmann e Hidalgo (2011), Salles, Pinto Rocha e Vasconcelos (2018), Stojkoski, Utkovski e Kocarev (2016)
Heterogeneidade Espacial				
$wlpibpc(rho)$, $wlpibpc_{t-1}$	Autocorrelação espacial do PIB *per capita* em t e $t-1$	IBGE (2022)*	(+)	Verheij e Oliveira (2020)
$wICEativ_{t-1}$	Autocorrelação espacial de $ICEativ$ em $t-1$	RAIS (2022)*	(+/-)	Fawaz e Rahnama-Moghadamm (2019), Verheij e Oliveira (2020)
$wDRativ_{t-1}$	Autocorrelação espacial de $DRativ$ em $t-1$	RAIS (2022)*	(+/-)	Gómez-Zaldívar et al. (2020)

Nota: *Índice elaborado pelo autor.
Fonte: Elaborado pelo autor.

vios, como em Gao e Zhou (2018), Fritz e Manduca (2021), Teixeira, Missio e Dathein (2022) e Stojkoski, Koch e Hidalgo (2023).

Adicionalmente, outras variáveis de controle foram utilizadas: $lpibpc_{t-1}$ representa o logaritmo do PIB *per capita* do período anterior, indicador elaborado com dados do IBGE (2022);

$ldens_{t-1}$, representa o logaritmo da densidade populacional das microrregiões no período anterior, com dados de IBGE (2022), essa variável permite controlar o efeito potencial positivo esperado das aglomerações urbanas sobre o crescimento econômico, como utilizado em outros estudos (Mewes; Broekel, 2022; Balland; Boschma et al., 2018; Frenken; Van Oort; Verburg, 2007; Boschma; Iammarino, 2009; Mascarini; Garcia; Araujo, 2021; Queiroz; Romero; Freitas, 2024);

$pempind_{t-1}$, representa a proporção de emprego industrial em relação ao emprego total na microrregião no período anterior, com dados da RAIS (2022). Os estudos de Davies e Maré (2021), Galetti et al. (2022), Hane-Weijman, Eriksson e Rigby (2022) utilizam esta variável para incluir os efeitos positivos do emprego industrial sobre o crescimento, o que é esperado neste estudo;

$pexpcom_{t-1}$ representa o logaritmo natural da proporção de produtos primários exportados por microrregião no período anterior, com dados de COMEXSTAT (2022), para capturar os efeitos da exportação de produtos naturais sobre a renda local, englobando os possíveis efeitos positivos do ciclo de *commodities* na economia brasileira, indicador utilizado nos trabalhos de Hausmann e Hidalgo (2011), Stojkoski, Utkovski e Kocarev (2016) e Salles, Pinto Rocha e Vasconcelos (2018);

$pempsup_{t-1}$ representa a proporção de pessoal empregado com nível superior com relação à população total da microrregião no período anterior, com dados da RAIS (2022), para considerar o potencial efeito positivo do capital humano sobre o crescimento econômico, conforme utilizado em Zhu e Li (2017), Gao e Zhou (2018), Mewes e Broekel (2022) e Galetti et al. (2022);

$exppartbra_{t-1}$ é a participação da exportação microrregional sobre a exportação total do Brasil no período anterior, com dados de COMEXSTAT (2022). A literatura da complexidade econômica tem demonstrado que a participação no comércio internacional, sobretudo com elevação na participação nas exportações de produtos com maior sofisticação produtiva pelos países, são características intrínsecas das nações mais ricas e com maior potencial de crescimento econômico (Gala, 2017; Hausmann; Hidalgo, 2011; Hausmann; Hwang; Rodrik, 2007; Hidalgo; Hausmann, 2009; Simoes; Hidalgo, 2011);

$wlpibpc$ (rho) e $wlpibpc_{t-1}$, que representa o efeito da autocorrelação espacial com os vizinhos, em t e $t-1$, da variável dependente $lpibpc$, como operacionalizado em Verheij e Oliveira (2020) e Martini (2022), esperando-se efeitos de transbordamentos positivos do cres-

cimento de *lpibpc* sobre as microrregiões vizinhas.

A Tabela 2.3 apresenta a descrição estatística das variáveis utilizadas nos modelos econométricos, após a construção dos indicadores conforme demonstrado na seção de metodologia. Constam 10.602 dados das 558 microrregiões brasileiras, formando um painel balanceado com período de 19 anos (2002 a 2020).

Tabela 2.3: Análise descritiva das variáveis utilizadas nos modelos

Variável	**N**	**Mínimo**	**Média**	**Mediana**	**Máximo**	**Desvio Padrão**
lpibpc	10.602	5,24	8,78	8,82	12,12	1,06
DRativ	10.602	0,00	26,55	27,00	70,00	11,19
ECIativ	10.602	-3,17	0,00	-0,08	3,18	1,00
lfitness	10.602	-6,89	-0,99	-0,93	3,29	1,51
pexpcom	10.602	0,00	0,65	0,90	1,00	0,41
ldens	10.602	-2,85	1,22	1,11	6,82	1,55
pempind	10.602	0,00	0,16	0,14	0,72	0,12
pempsup	10.602	0,00	0,14	0,13	0,63	0,06
exppartbra	10.602	0,00	0,00	0,00	0,12	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.3 Modelos econométricos utilizados

A análise econométrica de dados espaciais vem a contribuir ao entendimento das dinâmicas regionais uma vez que a econometria tradicional ignora questões de dependência (autocorrelação espacial) e heterogeneidade (estrutura espacial) ao longo dos locais (Anselin, 1988), possibilitando a observação da interação entre os agentes, das externalidades e transbordamentos (Golgher, 2015). Neste trabalho serão utilizadas regressões de econometria espacial de painel com efeitos fixos de tempo, modelos Espacial Durbin - SDM (*Spatial Durbin Model*), Espacial Durbin com Método dos Momentos Generalizados em Diferenças – SDGMM-DIF (*Spatial Durbin Generalized Method of Moments - Differences*) e Espacial Durbin com Método dos Momentos Generalizados Dinâmicos – SDGMM-SYS (*Spatial Durbin Generalized Method of Moments - Dynamic*).

Para a escolha entre os modelos de painel de efeitos fixo, aleatório e empilhado, comuns na definição do modelo apropriado considerando a disponibilização dos dados em formato de painel balanceado, foram utilizados os testes de Hausmann, Chow e LM (*lagrange multiplier*). Inicialmente, serão selecionados os modelos de regressão espacial a serem utilizados em função do tipo de autocorrelação apresentada pelas variáveis (lag espacial ou erros), será utilizado os

testes de LM clássicos e robustos, que utilizam os resíduos dos modelos de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

O teste de LM erro compara o modelo MQO com o modelo de erro espacial, sendo que assume-se que $\lambda = 0$ testando-se assim a hipótese nula de que $H_0 : \lambda = 0$ e se H_0 for rejeitado, escolhe-se os modelos SEM (*Spatial Error Model*); já o teste LM lag compara o modelo MQO com um modelo de lag espacial, assumindo $\rho = 0$ e a hipótese nula é que $H_0 : \rho = 0$, assumindo caso seja rejeitada, que o modelo de lags é o mais indicado (Almeida, 2012). Os testes de erros robustos não consideram nem $\rho = 0$ e $\lambda = 0$, mas que os valores são desconhecidos.

As variáveis explicativas e de controle serão utilizadas em $t-1$ para buscar reduzir os efeitos de endogenia com a variável explicada, conforme será descrito a seguir. A especificação básica dos modelos conta com o conjunto de variáveis explicativas X_{it-1}, variáveis de controle, variável de autocorrelação espacial da variável dependente ρWY_{it}, variável dependente no período anterior τY_{it-1}, efeitos fixos de características não observáveis que são constantes no tempo δ_t e o termo de erro ε_{it}:

$$Y_{it} = \beta_0 + \rho WY_{it-1} + \tau Y_{it-1} + \beta X_{it-1} + \beta WX_{it-1} + \beta CONTROLES_{it-1} + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{36}$$

Com relação ao modelo de painel espacial de efeitos fixos no tempo, é efetuado a transformação das variáveis para eliminar o efeito do tempo entre as observações, de forma semelhante a um modelo de painel convencional, subtraindo de cada indivíduo i o valor médio no tempo t, resultando em observações transformadas $\widetilde{y}_{it-1}$ e $\widetilde{x}_{it-1}$ para a estimação. O modelo de painel SDM é dado por:

$$\widetilde{y}_{it} = \rho W\widetilde{y}_{it-1} + \tau\widetilde{y}_{it-1} + \beta\widetilde{x}_{it-1} + \theta W\widetilde{x}_{it-1} + \beta\widetilde{CONTROLES}_{it-1} + \widetilde{\varepsilon}_{it} \tag{37}$$

em que $W\widetilde{y}_{it}$ são as variáveis dependentes espacialmente defasadas, ρ é o coeficiente espacial autorregressivo, W é a matriz de pesos espaciais e $\widetilde{\varepsilon}_{it}$ é o termo de erro ($i.i.d. \sim N(0, \sigma^2)$, e adiciona-se $W\widetilde{x}_{it}$, que representa a variável independente defasada e θ é o coeficiente espacial autorregressivo da variável independente.

Para a definir então uma matriz de dependência espacial (w), denominada de matriz de vizinhança ou matriz de pesos, que será utilizada para definir quais serão as regiões mais

próximas e assim relacionadas entre si, ou seja, os vizinhos. Dentre as matrizes mais utilizadas estão a matriz de contiguidade que define $w_{ij} = 1$ se uma região faça fronteira (seja contígua), e $w_{ij} = 0$ caso não faça (não sendo contígua) (Almeida, 2012) [2]. Compararam-se as matrizes de peso tipo Queen e Knn, ordem 1 a 4, sendo utilizada aquela de maior média no período, que no caso se revelou sendo a matriz Knn de ordem 3.

Outro modelo econométrico estimado será o painel de efeitos fixos SDGMM-DIF, em função de que os distúrbios dos modelos espaciais são potencialmente correlacionados com o tempo bem como podem possuir características de heterocedasticidade. A abordagem de método dos momentos permite encontrar estimadores consistentes para as variáveis considerando o processo de distúrbio (Kapoor; Kelejian; Prucha, 2007). O modelo SDGMM-DIF conta com a transformação em primeira diferença das variáveis:

$$\begin{aligned} \Delta lpibpc_{it} = \quad & \Delta\rho Wlpibpc_{it} + \Delta\beta lpibpc_{it-1} + \\ & \Delta\beta ICEativ_{it-1} + \Delta\beta DRativ_{it-1} + \\ & \Delta\theta WICEativ_{it-1} + \Delta\theta WDRativ_{it-1} + \\ & \Delta\beta CONTROLES_{it-1} + \delta_t + \eta_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{38}$$

em que η_i representa os efeitos fixos das microrregiões.

Um possível problema da estimação da regressão é a endogenia (causalidade reversa) entre os indicadores de complexidade econômica e *relatedness* com os indicadores de crescimento econômico das regiões (Teixeira; Missio; Dathein, 2022). Para contornar este problema, Anderson e Hsiao (1981) indicam a utilização da variável dependente defasada em dois períodos como instrumento; Fawaz e Rahnama-Moghadamm (2019) utilizam a variável dependente defasada espacialmente e temporalmente em um e dois anos; Zhang, Wu e Wang (2018) e Teixeira, Missio e Dathein (2022) utilizam as variáveis defasadas temporalmente como instrumentos.

Inspirado nos procedimentos e resultados desses autores, será utilizado neste trabalho variáveis instrumentais para as variáveis $lpibpc_{t-1}$, $wlpibpc_{t-1}$, $ICEativ_{t-1}$, $DRativ_{t-1}$, $WICEativ_{t-1}$ e $WDRativ_{t-1}$, instrumentalizando com seu lag temporal (2ª diferença). A questão é que desta forma, utilizando estas condições de momentos, os estimadores dos modelos econométricos podem ser consistentes e exógenos, lidando assim com as questões de endoge-

[2] Caso se utilize todos os primeiros vizinhos daquela região, se apresentará uma matriz de pesos denominada tipo Queen de ordem 1 (de ordem 1, 2, etc.). Outro tipo de matriz utilizada é a de vizinhos mais próximos (Knn), em que se define o(s) k-vizinho(s) (1, 2, 3, ...) que estão mais próximos daquela região específica utilizando a distâncias dos centroides, definindo-se w_{ij} = 1 caso a região vizinha seja a mais próxima à região de referência e $w_{ij} = 0$ para as demais.

nia. Para isto, serão efetuados os testes de Sargan para avaliar se os estimadores utilizados são considerados exógenos, ou seja, que os instrumentos não estão correlacionados com o termo de erro (Almeida, 2012), bem como aos testes de autocorrelação – AR (1) e AR (2).

$$\begin{aligned} lpibpc_{it} = \quad & \rho W lpibpc_{it} + \beta lpibpc_{it-1} + \\ & \beta ICEativ_{it-1} + \beta DRativ_{it-1} + \\ & \theta WICEativ_{it-1} + \theta WDRativ_{it-1} + \\ & \beta CONTROLES_{it-1} + \delta_t + \eta_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{39}$$

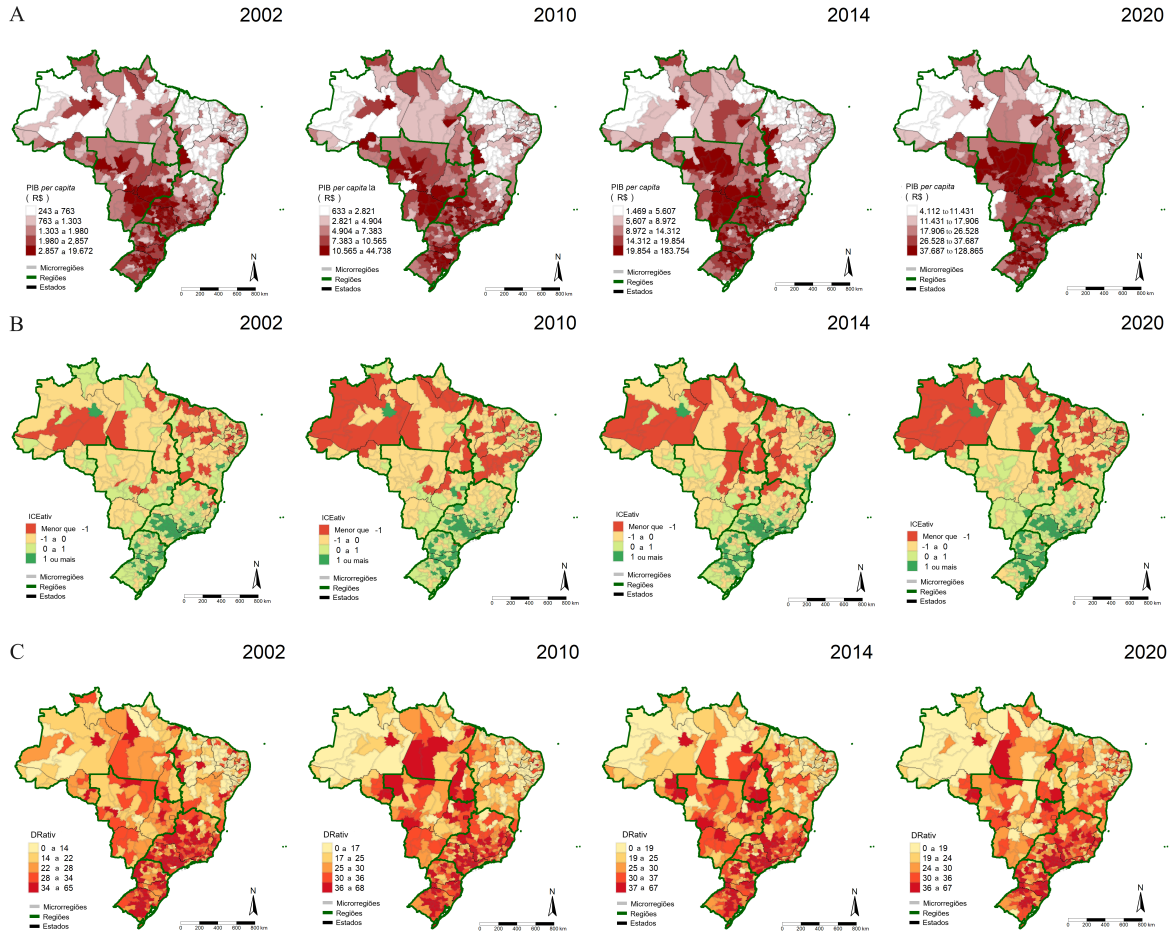
2.3.4 Retrato do PIB *per capita*, Complexidade Econômica e Densidade de *Relatedness* nas microrregiões brasileiras

A evolução da distribuição espacial do PIB *per capita*, da complexidade econômica e da densidade de *relatedness* nas microrregiões brasileiras é mostrado na Figura 2.1. Em relação ao PIB *per capita* (Figura 2.1A), a especificação das cores da legenda apresenta as fatias de 5 percentis, de forma que aqueles cujo PIB *per capita* do 20º percentil inferior - que variam por exemplo de R$ 243,00 a R$ 763,00 em 2002, e aqueles do 20º percentil superior, ou seja, as 20% microrregiões com maior renda *per capita*, compreendem microrregiões com PIB *per capita* entre R$ 2.657,00 e R$ 19.672,00 em 2002.

Nota-se que grande quantidade de microrregiões com maior renda está situada nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás, em todos os períodos analisados. Com relação ao ano de 2020 é notório o avanço do PIB *per capita* nas microrregiões do estado do Mato Grosso, em comparação com o primeiro período de análise. As regiões Norte e Nordeste possuem a maior parte das microrregiões com renda no primeiro percentil, ou seja, com menor PIB *per capita*.

Observando complexidade econômica, como demonstrado pela Figura 2.1B, as microrregiões com mais alta complexidade econômica (ICE > 1) são encontrados majoritariamente nas regiões Sul e Sudeste, que são reconhecidas historicamente como os centros dinâmicos no Brasil, sendo que algumas exceções de microrregiões com esta configuração são encontrados em outras regiões. Esta tendência permaneceu relativamente consistente ao longo dos anos aqui analisados. Com relação ao indicador de *relatedness* - DRativ (Figura 2.1C), padrão semelhante da sua distribuição nas microrregiões brasileiras é encontrado. Porém, é importante notar que a observância direta da formação de *clusters* ou concentrações no território não é observada

Figura 2.1: Distribuição espacial do PIB *per capita* (A), complexidade econômica (B) e densidade de *relatedness* (C) em 2020, 2010, 2014 e 2020

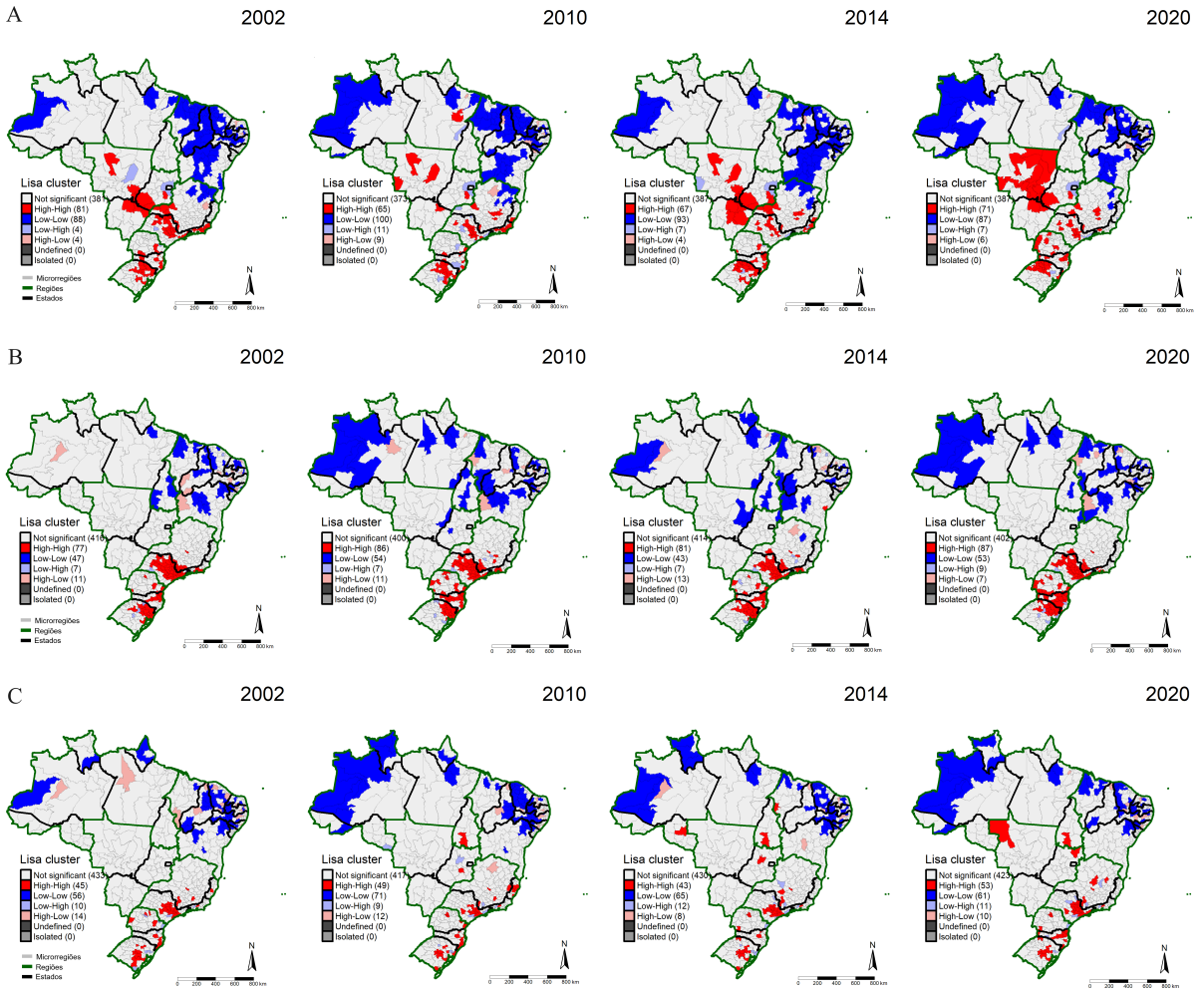


Nota: Períodos selecionados.
Fonte: Elaborado pelo autor.

diretamente.

Para avançar nas análises e descobrir os padrões de formação de aglomerações dos indicadores (*clusters*) no território ao longo do tempo, a Figura 2.2 apresenta o mapa para o indicador de autocorrelação espacial (LISA) para o PIB *per capita* (A), complexidade econômica (B) e densidade de *relatedness* (C) O indicador LISA, identifica quatro *clusters* estatisticamente significantes dentro da distribuição espacial das microrregiões, o grupo alto-alto (*high-high*), caracterizado com altos valores dentro da microrregião e ao longo das regiões vizinhas; o grupo alto-baixo (*high-low*), que apresenta altos valores dentro da microrregião seguido de baixos valores do indicador ao longo das microrregiões vizinhas; o grupo baixo-alto (*low-high*), que apresenta baixos valores nas microrregiões seguidos de altos valores das microrregiões vizinhas e; o grupo baixo-baixo (*low-low*) que apresenta baixos valores nas microrregiões e também nas

Figura 2.2: Mapa LISA (Knn3) para o PIB *per capita* (A), complexidade econômica (B) e densidade de *relatedness* (C) em 2020, 2010, 2014 e 2020



Nota: Períodos selecionados, matriz de pesos Knn3 utilizada.
Fonte: Elaborado pelo autor.

microrregiões vizinhas[3].

Na Figura 2.2A se observam os *clusters* estatisticamente significantes (p-valor < 5) do PIB *per capita* do tipo alto-alto (nos períodos selecionados), confirmando o padrão da distribuição previamente descrita (concentração nas regiões do Sudeste e Sul), enquanto se nota o crescimento de novos *clusters* na região Centro-Oeste.

É importante destacar que o número de *clusters* tipo alto-alto tem se reduzido no período, passando de 81 em 2002 para 71 em 2020, indicando redução da concentração do PIB *per capita* no território. Por outro lado, *clusters* apresentando baixo $lpibpc$ na microrregião e nas regiões vizinhas (baixo-baixo) estão presentes, majoritariamente na região Nordeste, tendo se expandido na região Norte. Analogamente, formam-se *clusters* com baixo $lpibpc$ na microrregião e

[3]Para uma compreensão mais aprofundada sobre a estatística LISA, verifica Almeida (2012).

também nas microrregiões vizinhas (baixo-baixo), majoritariamente na região Nordeste, com avanço desta configuração na inclusive região Norte. A análise de *clusters* (Indicador LISA) confirma tal referência, ao passo que é possível verificar tanto visualmente, como estatisticamente, a íntima relação entre $ICEativ$ e $lpibpc$ ao longo do tempo, pois a correlação entre estas variáveis é de 0,40 (p-valor = 0,01).

Estes resultados se alinham com as observações a respeito da distribuição espacial da complexidade econômica no contexto brasileiro, como reportado por Freitas e Andrade Paiva (2015). Além disso, dentro da literatura da complexidade econômica, existem evidências que regiões em que se localizam atividades com maior complexidade econômica normalmente também são centros econômicos regionais, impulsionando as aglomerações locais (Balland; Jara-Figueroa et al., 2020). Em um estudo recente, Fritz e Manduca (2021) apoia esta associação examinando o caso dos condados dos Estados Unidos da América, onde áreas metropolitanas demonstram maior complexidade econômica, resultando em consequência com maiores níveis de renda e crescimento econômico.

Por outro lado, as regiões Norte e Nordeste consistentemente apresentam os maiores números de microrregiões com valores baixo-baixo em todos os períodos. Como demonstrado anteriormente, altos valores de $DRativ$ indicam perspectivas mais favoráveis para o crescimento econômico e o surgimento de novas atividades econômicas. Isso destaca ainda mais os desafios persistentes enfrentados por essas regiões, que historicamente têm sido caracterizadas por menor PIB *per capita*.

Ao longo do período analisado, a complexidade econômica regional e a *relatedness* local nessas regiões não mostram sinais significativos de melhora em comparação a outras regiões do país. No entanto, é importante enfatizar que este estudo não explorou se a distância entre essas regiões economicamente menos complexas e as regiões economicamente mais avançadas, caracterizadas por maior proximidade cognitiva de atividade ($DEativ$), diminuiu ao longo do tempo. Este aspecto justifica um exame mais aprofundado em estudos futuros, particularmente no contexto de estudos de convergência.

2.4 Resultados empíricos e discussão

A Tabela 2.4 apresenta os resultados para os modelos de regressão SDM (modelos 1 a 2), SDGMM-SYS (modelo 3) e SDGMM-DIF (modelo 4). O que pode ser notado inicialmente

é que há dependência espacial estatisticamente significante da variável dependente (*rho*) em todos os modelos. Em adição, seu primeiro lag temporal da variável de pendente ($lpibpc_{t-1}$) se mostra estatisticamente significante, sendo estes efeitos relevantes para o bom ajuste dos modelos propostos e demonstrando que há efeitos positivos do crescimento de $lpibpc$ sobre as regiões vizinhas. Quanto ao efeito de $lpibpc$ das microrregiões vizinhas no período anterior ($wlpibpc_{t-1}$), não apresenta efeitos estatisticamente significantes nos modelos SDGMM-SYS e SDGMM-DIF.

No que se refere aos resultados da variável $ICEativ_{t-1}$, em todas as regressões o coeficiente é positivo e estatisticamente significante. Ressalta-se que nos modelos 1 a 2, os painéis possuem efeitos de tempo, enquanto nos modelos dinâmicos (3 e 4), são utilizados tanto efeitos de tempo e individuais das microrregiões, reforçando a consistência dos estimadores de complexidade sobre o crescimento do PIB *per capita*. Adiciona-se a isto que nos modelos SDGMM-DIF e SDGMM-SYS, são efetuados testes para verificar se os instrumentos utilizados (lags temporais) geram regressores exógenos (teste de Sargan) e se há autocorrelação significante – AR (2), de maneira que os modelos propostos se adéquam ao requerido em todos os testes ($p = 0,01$). Como testes de robustez, cujos resultados são apresentados no Apêndice B, foram testados modelos econométricos utilizando uma medida alternativa de complexidade econômica para as microrregiões - $lfitness$, de forma que os resultados são confirmados.

Desta forma, os resultados sugerem que quanto maior é a complexidade econômica das microrregiões maior será o crescimento econômico delas. Ou seja, ao elevar a complexidade econômica da região é possível aumentar a riqueza *per capita* produzida localmente. Estes achados corroboram as evidências obtidas previamente em outros contextos ou nível regional (Fritz; Manduca, 2021; Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo; Hausmann, 2009; Mewes; Broekel, 2022; Salles; Pinto Rocha; Vasconcelos, 2018; Stojkoski; Utkovski; Kocarev, 2016; Zhang; Wu; Wang, 2018; Chávez; Mosqueda; Gómez-Zaldívar, 2017), sugerindo que a sofisticação produtiva local e desempenho econômico estão positivamente relacionados mesmo quando consideramos a heterogeneidade espacial e em menor nível regional.

A variável $wICEativ_{t-1}$ tem coeficiente negativo e estatisticamente significante em todos os modelos não dinâmicos (SDM). Esse resultado sugere que a complexidade econômica da vizinhança tente afetar negativamente o crescimento econômico da microrregião. Ou seja, quanto maior for a complexidade econômica dos vizinhos menor tende a ser a riqueza *per capita* da microrregião. De forma prática, este efeito contribui para entender como as regiões ao longo

do tempo se tornam mais concentradas e quais os fatores que contribuem para esta concentração de crescimento regional. Este resultado confirma os achados do estudo de Gómez-Zaldívar et al. (2020), que observaram efeitos negativos da complexidade econômica dos Estados vizinhos sobre o crescimento econômico dos Estados do México.

Os efeitos da variável $DRativ_{t-1}$ (densidade de *relatedness*) sobre $lpibpc$ se apresentaram positivos e estatisticamente significantes nos modelos SDM (1 e 2). Entretanto, nos modelos SDGMM-SYS e SDGMM-DIF ainda que positivo o coeficiente de $DRativ_{t-1}$ não é estatisticamente significante. Uma possível explicação é que este resultado talvez reflita as limitadas capacidades produtivas para especialização baseada em conhecimentos nas regiões, ao passo que as políticas para crescimento econômico adotadas também podem não ter sido desenhadas para fortalecer a proximidade das atividades, como enfatizam Davies e Maré (2021). Outros estudos, por outro lado, relatam efeitos sobre outras variáveis, como o número de patentes produzidas (Balland; Boschma et al., 2018), vantagem comparativa do produto e de setores (Alonso; Martín, 2019), número de empregos (Davies; Maré, 2021; Hane-Weijman; Eriksson; Rigby, 2022) e novas ocupações especializadas (Galetti et al., 2022), estas sendo medidas indiretas de crescimento econômico.

Em relação variável $wDRativ_{t-1}$ (densidade de *relatedness* das microrregiões vizinhas), em todos os modelos o coeficiente não é estatisticamente significante. Estes resultados podem ser atribuídos a duas explicações complementares. Em primeiro lugar, no contexto do indicador de *relatedness*, os efeitos das regiões vizinhas são capturados inerentemente, deste modo já contabilizado na variável *relatedness*. Consequentemente, os efeitos da *relatedness* podem se manifestar predominantemente através de seus efeitos diretos ($DRativ_{t-1}$), tornando os efeitos indiretos não correlacionados com o crescimento econômicos das microrregiões.

Foram utilizadas variáveis de controle em diversos modelos, representando, portanto, os outros diversos fatores de crescimento do PIB *per capita* regional reconhecidos na literatura, que podem exercer efeitos importantes sobre a variável dependente. Destaca-se que a participação de uma microrregião nas exportações totais do país ($exppartbra_{t-1}$) apresentou relevância estatística sobre a explicação do crescimento de $lpibpc$, demonstrando efeitos importantes em todos os modelos aqui propostos - embora no modelo (4) o efeito torna-se negativo. Já a variável $pexpcom_{t-1}$ apresentou efeitos positivos e estatisticamente significantes somente nos modelos SDM. Estes achados corroboram assim os estudos (Hausmann; Hidalgo, 2011; Salles; Pinto Rocha; Vasconcelos, 2018; Stojkoski; Utkovski; Kocarev, 2016), que demonstram os efeitos

Tabela 2.4: Regressões SDM, SDGMM-SYS e SDGMM-DIF, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, microrregiões do Brasil no período 2002 a 2020

	SDM		SDGMM-SYS	SDGMM-DIF
	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$
	(1)	(2)	(3)	(4)
rho	0,1067***	0,1058***	0,7743***	0,4437***
	(0,0125)	(0,0129)	(0,0689)	(0,1310)
$lpibpc_{t-1}$	0,6118***	-0,3942***	0,1127***	0,0814***
	(0,0078)	(0,0081)	(0,0241)	(0,0225)
$wlpibpc_{t-1}$	0,1533***	0,2623***	0,0207	0,0226
	(0,0144)	(0,0118)	(0,0331)	(0,0350)
$DRativ_{t-1}$	0,0014***	0,0013***	0,0027	0,0021
	(0,0004)	(0,0004)	(0,0014)	(0,0015)
$ICEactiv_{t-1}$	0,0742***	0,074***	0,0665**	0,0633**
	(0,0057)	(0,0059)	(0,0205)	(0,0217)
$wDRativ_{t-1}$	0,0005	0,0006	0,0021	0,0002
	(0,0006)	(0,0007)	(0,0023)	(0,0030)
$wICEativ_{t-1}$	-0,0486***	-0,0478***	-0,0263	0,0098
	(0,0075)	(0,0077)	(0,0349)	(0,0412)
$pexpcom_{t-1}$	0,0502***	0,0496***	0,0401	-0,0188
	(0,0088)	(0,0091)	(0,0233)	(0,0184)
$ldens_{t-1}$	0,0013	0,0033	0,0186	0,1446
	(0,0028)	(0,0029)	(0,0149)	(0,2198)
$pempind_{t-1}$	0,1235***	0,1149***	0,0598	-0,0981
	(0,035)	(0,0362)	(0,1619)	(0,2043)
$pempsup_{t-1}$	-0,0279	-0,0893	0,1036	0,3026
	(0,0775)	(0,0795)	(0,1605)	(0,1856)
$exppartbra_{t-1}$	5,4578***	5,3348***	10,8440*	-4,8010*
	(0,6317)	(0,66)	(4,5958)	(1,9257)
N	9.486	9.486	9.486	9.486
R^2	0,89	0,21		
AIC	6.553,3	6.179,57		
Sargan: p-valor			0,0302	0,4061
AR(1)			0,0000	0,0000
AR(2)			0,0422	0,0183
EF Tempo	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Microrregiões	Não	Não	Sim	Sim

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. AIC = *Akaike Information Criterion*. N = Número de observações.
Fonte: Elaborado pelo autor.

positivos da participação das exportações totais e de *commodities* da microrregião sobre o crescimento do PIB *per capita* microrregional.

A proporção de emprego industrial da microrregião ($pempind_{t-1}$) e proporção de emprego com nível superior ($pempsup_{t-1}$) perfazem efeitos positivos e significantes sobre $lpibpc$ somente nos modelos não dinâmicos (1 e 2). Com relação ao efeito das aglomerações populacionais, a variável logaritmo da densidade populacional das microrregiões ($ldens_{t-1}$) apresenta efeitos positivos porém não estatisticamente significantes em todas as regressões.

Com objetivo de avaliar se há diferenças na relação entre o crescimento econômico, a complexidade econômica e densidade de *relatedness* entre as microrregiões do Brasil, foram estimadas regressões SDM separadamente para cada uma das regiões brasileiras (Centro-Oeste, Sudeste, Sul, Nordeste e Norte). Os resultados são expostos na Tabela 2.5, sendo que são utilizadas as variáveis dependentes $lpibpc$ (em nível) e primeira diferença ($\Delta lpibpc$). Os testes de robustez são apresentados no Apêndice B.

No que tange aos efeitos de $ICEativ_{t-1}$, em todas as regiões efeito foi positivo e estatisticamente significante sobre $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, com exceção aos modelos (7 e 8) para a região Sudeste. Quanto à magnitude dos efeitos, uma questão a ser pontuada é que são maiores os coeficientes para a região Norte (0,1539 e 0,1581 nos modelos 5 e 6 respectivamente). A região Sul, conhecida pela sua alta complexidade econômica de suas microrregiões e também PIB *per capita*, segue próxima, com coeficientes de 0,1087 e 0,1025 nos modelos 9 e 10. A região Centro-Oeste exibe coeficiente relativamente mais baixos (0,0964 e 0,103, nos modelos 1 e 2 respectivamente).

É preciso lembrar que a região Sul, como visto anteriormente, possui tradicionalmente elevada complexidade econômica e produção *per capita*, porém, a região Centro-Oeste tem elevado continuamente a quantidade de microrregiões com PIB *per capita* mais elevado, apresentando assim maior representatividade neste indicador. De outra forma, a região Norte do país, possui muitas microrregiões com complexidade econômica e PIB *per capita* mais baixos que as demais regiões do país, sendo que os resultados positivos entre a relação entre a influência da complexidade econômica sobre o PIB *per capita* podem indicar que existem avanços na região em direção a mudança de sua estrutura produtiva em direção a produtos mais complexos, refletindo em sua riqueza gerada.

Tabela 2.5: Regressões SDM, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, separadas por regiões do Brasil no período 2002 a 2020

	Centro-Oeste		Nordeste		Norte		Sudeste		Sul	
	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
rho	0,0055	0,0175	0,1007 ***	0,0986 ***	0,1095 ***	0,0872 **	0,0501 *	0,0563 *	0,016	-0,0005
	(0,0393)	(0,0434)	(0,0216)	(0,0224)	(0,0349)	(0,0374)	(0,0233)	(0,0243)	(0,0307)	(0,0319)
$wlpibpc_{t-1}$	0,5964 ***	-0,4048 ***	0,5953 ***	-0,4071 ***	0,4425 ***	-0,5729 ***	0,6233 ***	-0,3848 ***	0,3803 ***	-0,6302 ***
	(0,0256)	(0,027)	(0,0138)	(0,0141)	(0,0255)	(0,0268)	(0,0145)	(0,015)	(0,0229)	(0,0234)
$lpibpc_{t-1}$	0,0647	0,062	0,1171 ***	0,2206 ***	0,1675 ***	0,262 ***	0,1403 ***	0,1961 ***	-0,0017	0,0142
	(0,0503)	(0,048)	(0,0254)	(0,0218)	(0,0429)	(0,041)	(0,0272)	(0,0234)	(0,0419)	(0,0434)
$DRativ_{t-1}$	-0,0059 ***	-0,0058 ***	0,0029 ***	0,0025 ***	0,0034 **	0,0033 *	0,0024 ***	0,0024 ***	-0,0032 ***	-0,0029 ***
	(0,0019)	(0,0019)	(0,0008)	(0,0008)	(0,0014)	(0,0014)	(0,0009)	(0,0009)	(0,001)	(0,001)
$ICEativ_{t-1}$	0,0964 ***	0,103 ***	0,0626 ***	0,065 ***	0,1539 ***	0,1581 ***	0,019	0,0151	0,1087 ***	0,1025 ***
	(0,0272)	(0,0279)	(0,0086)	(0,0088)	(0,019)	(0,0197)	(0,0129)	(0,0133)	(0,016)	(0,0164)
$wDRativ_{t-1}$	-0,0078 **	-0,0078 **	0,0004	0,0008	0,0032	0,0044 *	-0,0037 ***	-0,0043 ***	-0,0002	0,0003
	(0,0031)	(0,0033)	(0,0011)	(0,0012)	(0,002)	(0,002)	(0,0013)	(0,0013)	(0,0017)	(0,0018)
$wICEativ_{t-1}$	-0,0249	-0,0278	-0,0718 ***	-0,0677 ***	-0,0315	-0,0337	0,0036	0,0087	0,0517 *	0,0479 *
	(0,0355)	(0,0361)	(0,0131)	(0,0135)	(0,0275)	(0,0282)	(0,0156)	(0,0161)	(0,0224)	(0,0231)
$pexpcom_{t-1}$	-0,0267	-0,0168	0,0497 ***	0,0515 ***	0,0761 ***	0,0754 ***	0,0622 ***	0,0545 ***	-0,0938 ***	-0,0946 ***
	(0,0397)	(0,0417)	(0,0127)	(0,0129)	(0,0267)	(0,0277)	(0,0195)	(0,0202)	(0,0273)	(0,028)
$ldens_{t-1}$	0,0386 **	0,0364 *	0,014 ***	0,0165 ***	-0,0159	-0,0141	0,0306 ***	0,0331 ***	-0,0413 ***	-0,0391 ***
	(0,0161)	(0,0169)	(0,0047)	(0,0048)	(0,0104)	(0,0107)	(0,0077)	(0,008)	(0,0101)	(0,0104)
$pempind_{t-1}$	0,3025 *	0,3065	0,1475 ***	0,104	-0,0147	-0,0366	0,2207 **	0,217 **	0,2981 ***	0,362 ***
	(0,1516)	(0,1577)	(0,0532)	(0,0547)	(0,1571)	(0,1723)	(0,0864)	(0,0896)	(0,0852)	(0,0877)
$pempsup_{t-1}$	-0,922 *	-1,026 *	-0,1494	-0,2029	0,4816 **	0,4174 *	0,6796 **	0,7103 **	0,7444 ***	0,7479 **
	(0,435)	(0,4498)	(0,1052)	(0,1075)	(0,2031)	(0,2064)	(0,272)	(0,2801)	(0,2849)	(0,294)
$exppartbra_{t-1}$	25,1841 ***	23,2609 ***	12,3528 ***	10,928 ***	14,0234 ***	13,5569 ***	2,3341 ***	2,1275 *	13,6557 ***	14,2539 ***
	(6,3993)	(6,5289)	(2,8013)	(2,8691)	(2,5562)	(2,5986)	(0,8861)	(0,936)	(1,949)	(2,0221)
R^2	0,862	0,229	0,891	0,217	0,868	0,308	0,862	0,213	0,88	0,338
AIC	731,32	695,26	1.734,07	1.603,67	852,55	808,76	2.187,71	2.100,12	700,23	632,65
EF Tempo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Micros	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. AIC = *Akaike Information Criterion*. N: Número de observações.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando as regiões Sul e Sudeste, que possuem destaque no número de microrregiões cujo PIB *per capita* é elevado em sendo assim regiões historicamente mais dinâmicas, os resultados demonstram que no Sul, além dos resultados não estatisticamente significantes do Sudeste, é possível observar maior efeito da complexidade sobre $lpibpc$. Os trabalhos envolvendo a temática, como de Pinheiro et al. (2022), demonstram que pode ocorrer um persistente reforço negativo entre a continuidade de criação de complexidade nos locais que já são avançados e o maior distanciamento das regiões mais atrasadas que mantêm sua produção diversificando em atividades de baixo requerimento tecnológico. Demonstra-se assim um arrefecimento da importância da complexidade econômica para a elevação do PIB *per capita* para o caso do Sudeste, o que não ocorre no período analisado para a região Sul.

Quanto à variável $DRativ_{t-1}$, os efeitos são positivos e estatisticamente significantes nas regressões das regiões Nordeste, Norte e Sudeste (modelos 3, 4, 5, 6, 7, 8 da Tabela 2.5). Em termos de magnitude de efeitos, nestes casos, constam coeficientes maiores de $DRativ_{t-1}$ sobre $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$ na região Norte, sugerindo, portanto, que a elevação da proximidade de atividades nesta região gera um efeito maior sobre o crescimento. Esta é uma evidência nova nesta literatura e pode contribuir para gerar estratégias de elevação da renda local, uma vez que esta é uma região brasileira onde o PIB *per capita* é historicamente mais baixo que nas regiões Sudeste e Sul.

As regiões Sul e Centro-Oeste, contudo, conhecidas por seu papel proeminente na exportação de *commodities*, apresentam efeitos negativos e estatisticamente significantes. Isto indica que elevações na proximidade cognitiva das atividades econômicas são associadas com reduções no PIB *per capita*. Desta forma, a influência da proximidade cognitiva sobre a variável $lpibpc$ nestas microrregiões diverge dos efeitos comumente encontrados nesta literatura, sugerindo que esta área se beneficiam de atividades que não são imediatamente próximas ao seu crescimento. Em vez disso, elas continuam apresentando efeitos positivos no crescimento das atividades com maior complexidade econômica, como visto anteriormente.

Estas evidências apontam a presença de diferentes efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre as microrregiões brasileiras, complementando os achados de Davies e Maré (2021). Para estes autores, as inferências indicam que complexidade econômica e também a *relatedness* possuem efeitos positivos e complementares na criação de emprego nas cidades com maior população, não apresentando este padrão dentro de cidades menores para o caso da Nova Zelândia, reforçando a hipótese dos efeitos diferenciados da complexidade econômica no

território em diferentes contextos.

É preciso mencionar que em Mewes e Broekel (2022), por outro lado, ao utilizarem dados a nível das regiões da Europa, demostram que o efeito positivo da complexidade sobre o crescimento pode ser significativo inclusive em regiões não metropolitanas. Nesta perspectiva, evidências de regiões não centrais as quais também se beneficiam da elevação da complexidade produtiva. Nossos resultados, por sua vez, apontam que regiões historicamente com menor PIB *per capita* como a Norte e Nordeste, podem ser beneficiadas positivamente da evolução da complexidade econômica e de seu padrão de densidade de *relatedness*, inclusive em maior intensidade que regiões as regiões Sul e Sudeste, as quais completaram seu processo de industrialização anteriormente do que as demais.

Como explicitado, os efeitos positivos da complexidade econômica sobre o crescimento do PIB *per capita* foram estatisticamente significantes em um número maior de modelos. Não se pode desconsiderar, no entanto, os efeitos positivos da densidade de *relatedness* em muitas regiões, demandando efetuar em modelos futuros se existem efeitos de interação entre as variáveis. Por meio desta pesquisa foi possível verificar, no que se refere aos resultados das inferências efetuadas, que apesar dos efeitos positivos da complexidade econômica e densidade de *relatedness* sobre o desempenho das microrregiões brasileiras, existem diferenças regionais de capacidades produtivas e desempenho econômico, que devem ser melhor consideradas para que se gere crescimento econômico através de políticas públicas direcionadas.

Uma questão importante que se mantém em aberto é que, ao analisar descritivamente, as distribuições relativas do PIB *per capita*, da complexidade econômica e *relatedness* das microrregiões se mantém em padrões razoavelmente estáveis ao longo do território. Devendo-se assim realizar novos estudos para avaliar se há maior crescimento da produção *per capita* em regiões historicamente mais atrasadas economicamente e se as distâncias entre as regiões pobres e ricas têm decrescido ao longo do tempo, bem como avaliar a contribuição da complexidade e *relatedness* para esta tarefa, cujo propósito deste trabalho não contemplava.

2.5 Considerações Finais e Implicações

A literatura sobre a complexidade econômica cada vez mais tem procurado compreender os processos que tornam um país mais capaz de produzir, exportar produtos, avançar em atividades, gerar inovações e pesquisas científicas de maior complexidade econômica. Adi-

cionalmente, os estudos têm buscado entender qual papel da proximidade entre os produtos, atividades, inovações e/ou pesquisas científicas no processo de desenvolvimento e crescimento econômico das regiões.

Nesse sentido, este capítulo procurou avaliar o efeito da complexidade econômica e *relatedness* sobre o PIB *per capita* das microrregiões brasileiras no período de 2002 a 2020. Os resultados adicionam evidências empíricas que a complexidade econômica tem um efeito positivo sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras. Estes resultados foram obtidos levando em consideração as questões de autocorrelação espacial e endogeneidade dos indicadores, através da aplicação de técnicas econométricas avançadas e da inclusão de variáveis de controle relevantes, inclusive com testes de robustez com variável alternativa para a complexidade econômica.

Nossa análise mostra um efeito positivo, porém modesto, da proximidade cognitiva das atividades (*relatedness*) sobre o crescimento econômico das microrregiões. Quando examinamos o efeito da complexidade econômica e *relatedness* nas microrregiões, nós encontramos evidências que a complexidade econômica tem um efeito positivo sobre o crescimento econômico de todas as regiões, embora com variações na magnitude do efeito. Assim, estas evidências sugerem que a influência da complexidade econômica e *relatedness* são desiguais.

Além disso, os resultados demonstram que nas regiões Norte, Centro-Oeste, Nordeste e Sul, os efeitos da complexidade econômica sobre o crescimento são mais elevados. Da mesma forma, a densidade de *relatedness*, embora intimamente associada com regiões de maior complexidade econômica, teve efeito maior (positivo) sobre o crescimento econômico do Nordeste, Norte e Sudeste. Estes resultados representam uma contribuição inovadora para a literatura existente, especialmente dentro do contexto brasileiro durante o período analisado, considerando os desafios históricos encarados por estas regiões.

As evidências encontradas neste trabalho oferecem *insights* que contribuem com a evolução do crescimento econômico ao mesmo tempo que consideram as disparidades regionais de desempenho. Eles sugerem que para promover o crescimento econômico sustentável e a prosperidade, é essencial promover a complexidade econômica dos locais. Estes resultados podem guiar as políticas desejadas ao endereçar os desafios encarados pelas regiões mais atrasadas, reestruturando as indústrias regionais para elevar a média geral da complexidade do *mix* de produção local, elevando sua complexidade econômica através da sofisticação tecnológica e movendo-se através de atividades de alta qualidade para promover maiores taxas de crescimento

econômico. Coletivamente, isto pode ressaltar a relevância da complexidade econômica e capital humano para promover o crescimento econômico e suportar o desenvolvimento de mercados locais de trabalho em direção à atividades econômicas relacionadas e mais complexas.

Dada a heterogeneidade espacial e do contexto histórico das regiões brasileiras, os formuladores de políticas poderiam descobrir as limitações e promover as capacidades regionais específicas para engajar a mudança técnica, difusão do conhecimento e o crescimento econômico (Hidalgo, 2023; Hidalgo; Balland et al., 2018; Boschma, 2017). Ao focar no desenvolvimento de estruturas produtivas únicas de cada região, os tomadores de decisão poderiam elevar a diversidade de atividades econômicas, encorajando a mudança produtiva pela elevação das capacidades existentes e pelo suporte de atividades em áreas com densa *relatedness*. Adicionalmente, eles podem explorar esforços deliberados para possibilitas que as regiões acumulem capacidades, facilitando a diversificação econômica.

As políticas públicas devem adotar uma abordagem estratégica que priorize as atividades econômicas relacionadas próximas à estrutura atual (*relatedness*) ao mesmo tempo que buscam elevar a sofisticação. Isto requer esforços conjuntos tanto de setores público e privado para a descoberta destes potenciais. Estes esforços podem prevenir a estagnação econômica em regiões menos desenvolvidas ao incentivar a introdução de novos produtos e tecnologias, promovendo a recombinação de conhecimento não-relacionado através de políticas que desenvolvam novos padrões de conhecimento, bem como considerem a relevância dos serviços complexos na complexidade econômica local.

Considerando a complexidade econômica local como um fator relevante para o crescimento econômico regional, isto pode influenciar políticas regionais específicas, como as estratégias de especialização inteligente. Isto poderia elevar significativamente a performance econômica regional através da elevação das capacidades econômicas locais, promovendo novas especializações em atividades específicas e mais complexas, remoldando as instituições e atores econômicos locais, ao mesmo passo que fomenta efeitos de transbordamentos significativos (Hartmann et al., 2017; Balland; Boschma et al., 2018; Hidalgo; Hausmann, 2009). Estes resultados podem contribuir com a identificação de estratégias potenciais para elevar a sofisticação produtiva local através do canal de transmissão da complexidade econômica, levando a elevações na performance do PIB *per capita* nas microrregiões.

A principal limitação deste estudo é a falta de entendimento sobre os mecanismos acerca das disparidades regionais dos efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre as econo-

mias regionais e a ausência de dados acerca das atividades informais. Pesquisas futuras devem buscar entender se a complexidade econômica influencia as regiões historicamente atrasadas economicamente a reduzirem a distância com as demais.

2.6 Apêndice - Testes de Robustez

Tabela 2.6: Regressões SDM, SDGMM-SYS e SDGMM-DIF, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, microrregiões do Brasil no período 2002 a 2020 (variáveis dependentes alternatvas: $lfitness$ e $wlfitness$)

	SDM		SDGMM-SYS	SDGMM-DIF
	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$
	(1)	(2)	(3)	(4)
rho	0,1045***	0,1032***	0,7097***	0,4807***
	(0,0125)	(0,0129)	(0,0625)	(0,1347)
$lpibpc_{t-1}$	0,6227***	-0,3829***	0,1373***	0,0726**
	(0,0078)	(0,008)	(0,0241)	(0,0223)
$wlpibpc_{t-1}$	0,1463***	0,2524***	0,0002	0,0255
	(0,0142)	(0,0114)	(0,0351)	(0,0369)
$DRativ_{t-1}$	0,001*	0,0009	0,0040**	0,0007
	(0,0005)	(0,0005)	(0,0015)	(0,0015)
$lfitness_{t-1}$	0,0359***	0,0352***	0,0600***	0,0221*
	(0,0034)	(0,0035)	(0,0079)	(0,0088)
$wDRativ_{t-1}$	0,0005	0,0006	-0,0009	-0,0004
	(0,0007)	(0,0007)	(0,0025)	(0,0029)
$wlfitness_{t-1}$	-0,0224***	-0,021***	-0,0596***	0,0115
	(0,0053)	(0,0054)	(0,0149)	(0,0162)
$pexpcom_{t-1}$	0,0448***	0,0444***	0,0515*	-0,0273
	(0,0088)	(0,0091)	(0,0226)	(0,0182)
$ldens_{t-1}$	0,004	0,0061*	0,0280*	0,1080
	(0,0027)	(0,0028)	(0,0126)	(0,2125)
$pempind_{t-1}$	0,2009***	0,1925***	0,3551**	-0,0168
	(0,0332)	(0,0344)	(0,1161)	(0,1950)
$pempsup_{t-1}$	-0,0004	-0,0604	-0,0404	0,2839
	(0,0775)	(0,0795)	(0,1695)	(0,1883)
$exppartbra_{t-1}$	5,9014***	5,7785***	11,6200*	-3,8489
	(0,6321)	(0,6606)	(4,7336)	(2,0389)
N	9.486	9.486	10.602	10.602
R^2	0,89	0,21		
AIC	6.621,21	6.246,19		
Sargan: p-valor			0,0027	0,6628
AR(1)			0,0000	0,0000
AR(2)			0,0147	0,0320
EF Tempo	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Microrregiões	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. AIC = *Akaike Information Criterion*. N = Número de observações.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2.7: Regressões SDM, variável dependente $lpibpc$ e $\Delta lpibpc$, separadas por regiões do Brasil no período 2002 a 2020 (variáveis dependentes alternatvas: $lfitness$ e $wlfitness$)

	Centro-Oeste		Nordeste		Norte		Sudeste		Sul	
	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$	$lpibpc$	$\Delta lpibpc$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
rho	0,0108	0,0193	0,0918***	0,0906***	0,1118***	0,0835*	0,049*	0,0553*	0,0344	0,0146
	(0,0393)	(0,0433)	(0,0217)	(0,0225)	(0,035)	(0,0374)	(0,0233)	(0,0243)	(0,0303)	(0,0314)
$wlpibpc_{t-1}$	0,6106***	-0,3899***	0,6084***	-0,3941***	0,47***	-0,5437***	0,623***	-0,3853***	0,3952***	-0,616***
	(0,025)	(0,0265)	(0,0136)	(0,014)	(0,0254)	(0,0267)	(0,0145)	(0,015)	(0,0227)	(0,0232)
$lpibpc_{t-1}$	0,0662	0,0665	0,0988***	0,1934***	0,173***	0,2612***	0,1376***	0,1931***	0,0393	0,0684
	(0,0482)	(0,0449)	(0,0255)	(0,0219)	(0,0432)	(0,0403)	(0,027)	(0,0229)	(0,0389)	(0,0378)
$DRativ_{t-1}$	-0,0069***	-0,0069***	0,0024***	0,002**	0,0023	0,0021	0,0022**	0,0022*	-0,004***	-0,0037***
	(0,0019)	(0,002)	(0,0008)	(0,0008)	(0,0015)	(0,0015)	(0,0009)	(0,001)	(0,001)	(0,0011)
$lfitness_{t-1}$	0,0408***	0,0418***	0,0321***	0,0322***	0,0596***	0,0624***	0,011	0,0093	0,0518***	0,0494***
	(0,015)	(0,0155)	(0,0051)	(0,0052)	(0,0102)	(0,0105)	(0,008)	(0,0082)	(0,0098)	(0,0099)
$wDRativ_{t-1}$	-0,007*	-0,007*	-0,0008	-0,0004	0,0028	0,0041	-0,0042***	-0,0048***	-0,0009	-0,0005
	(0,0032)	(0,0034)	(0,0013)	(0,0013)	(0,0021)	(0,0021)	(0,0014)	(0,0015)	(0,0019)	(0,0019)
$wlfitness_{t-1}$	-0,0303	-0,0292	-0,0177*	-0,0162	-0,0262	-0,0244	0,01	0,0131	0,0168	0,0167
	(0,02)	(0,0205)	(0,0085)	(0,0087)	(0,0154)	(0,0158)	(0,012)	(0,0124)	(0,0163)	(0,0166)
$pexpcom_{t-1}$	-0,014	-0,0026	0,0449***	0,0467***	0,0592*	0,0564*	0,063***	0,0558***	-0,0973***	-0,0969***
	(0,0395)	(0,0415)	(0,0127)	(0,013)	(0,027)	(0,028)	(0,0196)	(0,0203)	(0,0273)	(0,0281)
$ldens_{t-1}$	0,053***	0,053***	0,0141***	0,0172***	-0,0032	-0,0016	0,0317***	0,034***	-0,0348***	-0,0328***
	(0,0149)	(0,0156)	(0,0046)	(0,0047)	(0,0102)	(0,0104)	(0,0074)	(0,0076)	(0,0101)	(0,0104)
$pempind_{t-1}$	0,3703**	0,3693**	0,148***	0,1065*	0,2246	0,2563	0,2597***	0,2506***	0,5571***	0,6031***
	(0,1483)	(0,1542)	(0,0528)	(0,0543)	(0,1579)	(0,1732)	(0,0759)	(0,0786)	(0,0743)	(0,0765)
$pempsup_{t-1}$	-1,0557**	-1,1721***	-0,2001	-0,2528**	0,4176*	0,3806	0,7026***	0,7208***	0,9954***	0,9773***
	(0,4399)	(0,4547)	(0,105)	(0,1073)	(0,2068)	(0,2102)	(0,2673)	(0,2752)	(0,2764)	(0,2844)
$exppartbra_{t-1}$	27,6312***	26,1066***	13,3381***	12,0257***	16,9374***	16,3579***	2,3516***	2,1422*	15,2197***	15,6724***
	(6,3288)	(6,4603)	(2,8119)	(2,8801)	(2,5391)	(2,5865)	(0,8859)	(0,9357)	(19327)	(2,0067)
R^2	0,861	0,223	0,89	0,21	0,864	0,289	0,862	0,214	0,879	0,332
AIC	735,94	701,59	1.762,8	1.631,62	883,3	837,22	2.187,1	2.099,15	719,95	648,24
EF Tempo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Micros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. AIC = *Akaike Information Criterion*. N: Número de observações.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Referências

ALMEIDA, Eduardo. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.

ALONSO, Jose Antonio; MARTÍN, Víctor. Product relatedness and economic diversification at the regional level in two emerging economies: Mexico and Brazil. **Regional Studies**, Routledge, v. 53, n. 12, p. 1710–1722, dez. 2019.

ANDERSON, T. W.; HSIAO, Cheng. Estimation of dynamic models with error components. **Journal of the American Statistical Association**, v. 76, n. 375, p. 598–606, 1981.

ANSELIN, Luc. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Dorddrecht: Springer Science & Business Media, 1988. P. 284.

BALASSA, Bela. Trade Liberalisation and "Revealed"Comparative Advantage. **Manchester**, v. 33, n. 2, p. 99–123, 1965.

BALLAND, Pierre Alexandre; BOSCHMA, Ron 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, Pierre Alexandre; JARA-FIGUEROA, Cristian et al. Complex economic activities concentrate in large cities. **Nature Human Behaviour**, v. 4, n. 3, p. 248–254, 2020.

BOSCHMA, Ron. Regional Diversification and Inequality between and within Regions. **Policy Debate of the Hour**, v. 23, september, 2022.

_____. Relatedness as driver of regional diversification: a research agenda. **Regional Studies**, Routledge, v. 51, n. 3, p. 351–364, 2017.

BOSCHMA, Ron; BALLAND, Pierre Alexandre; KOGLER, Dieter Franz. 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, 2015.

BOSCHMA, Ron; IAMMARINO, Simona. Related Variety,Trade Linkages, and Regional Growth in Italy. **Economic Geography**, v. 85, n. 3, p. 289–311, 2009.

CHÁVEZ, Juan Carlos; MOSQUEDA, Marco T.; GÓMEZ-ZALDÍVAR, Manuel. Economic complexity and regional growth performance: Evidence from the Mexican economy. **Review of Regional Studies**, v. 47, n. 2, p. 201–219, 2017.

COMEXSTAT. **Plataforma de Consultas e Extrações de Dados Estatísticos do Comércio Exterior Brasileiro**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 19 fev. 2023.

CRISTELLI, Matthieu; TACCHELLA, Andrea; PIETRONERO, Luciano. The heterogeneous dynamics of economic complexity. **PLoS ONE**, v. 10, n. 2, p. 1–15, 2015. ISSN 19326203. DOI: 10.1371/journal.pone.0117174.

DAVIES, Benjamin; MARÉ, David C. Relatedness, complexity and local growth. **Regional Studies**, Routledge, v. 55, n. 3, p. 479–494, 2021.

ELEKES, Zoltán; BARANOWSKA-RATAJ, Anna; ERIKSSON, Rikard. Regional diversification and labour market upgrading: Local access to skill-related high-income jobs helps workers escaping low-wage employment. **Cambridge Journal of Regions**, v. XX, August, p. 1–14, 2023.

FAWAZ, Fadi; RAHNAMA-MOGHADAMM, Masha. Spatial dependence of global income inequality: The role of economic complexity. **International Trade Journal**, v. 33, n. 6, p. 542–554, 2019.

FRANÇOSO, Mariane Santos; BOSCHMA, Ron; VONORTAS, Nicholas. Regional diversification in Brazil: The role of relatedness and complexity. **Growth and Change**, v. 55, n. 1, e12702, 2024.

FREITAS, Elton; BRITTO, Gustavo; AMARAL, Pedro. Related industries, economic complexity, and regional diversification: An application for Brazilian microregions. **Papers in Regional Science**, Elsevier, v. 103, n. 1, p. 100011, 2024.

FREITAS, Elton Eduardo; ANDRADE PAIVA, Emília. Diversificação e sofisticação das exportações: uma aplicação do product space aos dados do Brasil. **Rev. Econ. NE**, v. 46, n. 3, p. 79–98, 2015.

FRENKEN, Koen; VAN OORT, Frank; VERBURG, Thijs. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. **Regional Studies**, v. 41, n. 5, p. 685–697, jul. 2007.

FRITZ, Benedikt S.L.; MANDUCA, Robert A. The economic complexity of US metropolitan areas. **Regional Studies**, v. 55, n. 7, p. 1299–1310, 2021.

GALA, Paulo. **Complexidade Econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2017. P. 144.

GALA, Paulo; CAMARGO, Jhean et al. Sophisticated jobs matter for economic complexity: An empirical analysis based on input-output matrices and employment data. **Structural Change and Economic Dynamics**, Elsevier B.V., v. 45, p. 1–8, jun. 2018. ISSN 0954349X. DOI: 10.1016/j.strueco.2017.11.005.

GALA, Paulo; ROCHA, Igor; MAGACHO, Guilherme. The structuralist revenge: Economic complexity as an important dimension to evaluate growth and development. **Brazilian Journal of Political Economy**, Centro de Economia Politica, v. 38, n. 2, p. 219–236, abr. 2018.

GALETTI, Jefferson R B et al. Types of occupational relatedness and branching processes across Brazilian regions. **Area Development and Policy**, v. 0, n. 0, p. 1–23, 2022.

GAO, Jian; ZHOU, Tao. Quantifying China's regional economic complexity. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 492, p. 1591–1603, 2018.

GOLGHER, André Braz. **Introdução à Econometria Espacial**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. P. 384.

GÓMEZ-ZALDÍVAR, Manuel et al. Spillover effects of economic complexity on the per capita gdp growth rates of mexican states, 1993-2013. **Estudios de Economia**, v. 47, n. 2, p. 221–243, 2020.

HANE-WEIJMAN, Emelie; ERIKSSON, Rikard H.; RIGBY, David. How do occupational relatedness and complexity condition employment dynamics in periods of growth and recession? **Regional Studies**, Routledge, v. 56, n. 7, p. 1176–1189, 2022.

HARTMANN, Dominik et al. Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality. **World Development**, v. 93, p. 75–93, 2017.

HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César A. The network structure of economic output. **Journal of Economic Growth**, v. 16, n. 4, p. 309–342, 2011.

HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César A. et al. **The Atlas of economic complexity - mapping paths to prosperity**. Massachusetts: Center for International Development, Harvard University, 2011.

HAUSMANN, Ricardo; HWANG, Jason; RODRIK, Dani. What you export matters. **Journal of Economic Growth**, v. 12, n. 1, p. 1–25, 2007.

HIDALGO, César A. Economic complexity theory and applications. **Nature Reviews Physics**, v. 3, n. 2, p. 92–113, 2021.

_____. The policy implications of economic complexity. **Research Policy**, v. 52, n. 9, 2023.

HIDALGO, César A.; BALLAND, Pierre Alexandre et al. The Principle of Relatedness. In: UNIFYING THEMES IN COMPLEX SYSTEMS IX. ICCS 2018. (Ed.). **Springer Proceedings in Complexity**. IX. ed. Cham: Springer International Publishing, 2018. v. IX. P. 451–457.

HIDALGO, César A.; HAUSMANN, Ricardo. The building blocks of economic complexity. **PNAS**, v. 119, n. 6166, p. 15, 2009.

HIDALGO, César A.; WINGER, Bailey et al. The product space conditions the development of nations. **Science**, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.

IBGE. **Sidra: sistema IBGE de recuperação automática**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 set. 2022.

KAPOOR, Mudit; KELEJIAN, Harry H.; PRUCHA, Ingmar R. Panel data models with spatially correlated error components. **Journal of Econometrics**, v. 140, n. 1, p. 97–130, 2007.

MARIANI, Manuel Sebastian et al. Measuring economic complexity of countries and products: which metric to use? **European Physical Journal B**, v. 88, n. 11, p. 1–9, 2015.

MARTINI, Barbara. Does gender matter for related and unrelated variety? A sectoral, spatio-temporal analysis for the italian provinces. **Romanian Journal of Regional Science**, v. 16, n. 1, 2022.

MASCARINI, Suelene; GARCIA, Renato; ARAUJO, Veneziano. Shaping the effects of related and unrelated variety on innovation. In: V ENEI - Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação. FACE-UFMG: Abein - Associação Brasileira de Economia Industrial e Inovação, 2021.

MEWES, Lars; BROEKEL, Tom. Technological complexity and economic growth of regions. **Research Policy**, v. 51, n. 8, 2022.

PINHEIRO, Flavio L. et al. The dark side of the geography of innovation: relatedness, complexity and regional inequality in Europe. **Regional Studies**, p. 1–16, 2022.

QUEIROZ, Arthur Ribeiro; ROMERO, João Prates; FREITAS, Elton Eduardo. Economic complexity and employment in Brazilian states. **CEPAL Review**, v. 139, April, p. 177–196, 2023.

_____. Relatedness and regional economic complexity: Good news for some, bad news for others. **EconomiA**, 2024.

RAIS. **Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>. Acesso em: 28 ago. 2022.

ROMERO, João P; FREITAS, Elton et al. Economic complexity and regional economic development: evidence from Brazil. In_____. **ANPEC - 50° Encontro Nacional de Economia**. Fortaleza/CE: ANPEC, 2022.

ROMERO, João P; SILVEIRA, Fabrício. Mudança estrutural e complexidade econômica: identificando setores promissores para o desenvolvimento dos estados brasileiros. In: LEITE, Marcos Vicincius Chliatto (Ed.). **Alternativas para o desenvolvimento brasileiro: Novos horizontes para a mudança estrutural com igualdade**. Santiago: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2019.

ROMERO, João P; SILVEIRA, Fabrício; FREITAS, Elton. **Mission healthcare: using economic complexity to devise mission-oriented diversification strategies for Brazil**. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, jan. 2022. (TEXTOS PARA DISCUSSÃO). Disponível em: <https://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20639.pdf>.

SALLES, Fernanda Cimini; PINTO ROCHA, Elisa; VASCONCELOS, Felipe Lopes Vieira. A armadilha da baixa complexidade em Minas Gerais: o desafio da sofisticação econômica em um estado exportador de commodities. **Rev. Bras. Inov.**, v. 17, n. 1, p. 33–62, 2018.

SIMOES, Alexander J.G.; HIDALGO, César A. The economic complexity observatory: An analytical tool for understanding the dynamics of economic development. **AAAI Workshop - Technical Report**, WS-11-17, January 2011, p. 39–42, 2011.

STOJKOSKI, Viktor; KOCH, Philipp; HIDALGO, César A. Multidimensional economic complexity and inclusive green growth. **Communications earth & environment**, v. 4, n. 130, 2023.

STOJKOSKI, Viktor; UTKOVSKI, Zoran; KOCAREV, Ljupco. The Impact of Services on Economic Complexity: Service Sophistication as Route for Economic Growth. **PLoS ONE**, August, n. 25, 2016.

TACCHELLA, Andrea et al. A new metrics for countries' fitness and products' complexity. **Scientific Reports**, v. 2, n. 723, 2012.

TEIXEIRA, Felipe Orsolin; MISSIO, Fabrício José; DATHEIN, Ricardo. Economic complexity, structural transformation and economic growth in a regional context: Evidence for Brazil. **PSL Quarterly Review**, v. 75, n. 300, p. 47–79, 2022.

TESSARIN, Milene Simone et al. Sectoral proximity in the Brazilian manufacturing industry. **Nova Economia**, Lundiana, v. 30, n. 3, p. 771–801, set. 2020.

ULYSSEA, Gabriel. Firms, informality, and development: Theory and evidence from Brazil. **American Economic Review**, v. 108, n. 8, p. 2015–2047, 2018.

VAN ECK, Nées Jan; WALTMAN, Ludo. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 8, p. 1635–1651, 2009.

VERHEIJ, Timo; OLIVEIRA, Heder de. Is economic complexity spatially dependent? A spatial analysis of interactions of economic complexity between municipalities in Brazil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 1, p. 318–338, 2020.

VINCI, Gianni Valerio; BENZI, Roberto. Economic Complexity: Correlations between Gross Domestic Product and Fitness. **Entropy**, MDPI AG, v. 20, n. 10, out. 2018.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. [S.l.]: MIT Press, 2010.

ZHANG, Qizi; WU, Yejun; WANG, Lei. Implications of Increased Regional Economic Complexity. In: ZHANG, Qizi (Ed.). **Transforming Economic Growth and China's Industrial Upgrading**. Beijing, China: Springer, 2018. P. 153–178.

ZHU, Shujin; LI, Renyu. Economic complexity, human capital and economic growth: empirical research based on cross-country panel data. **Applied Economics**, v. 49, n. 38, p. 3815–3828, 2017.

3. INFLUÊNCIA DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E *RELATEDNESS* SOBRE A DESIGUALDADE DE RENDA NAS MICRORREGIÕES BRASILEIRAS [1]

Resumo: A relação entre a evolução da sofisticação produtiva local e as desigualdades tem sido um tópico de interesse considerável na literatura da complexidade econômica, da mesma forma que evidências divergentes têm sido encontradas. O objetivo principal deste artigo é investigar a influência da complexidade econômica e da *relatedness* (a proximidade cognitiva das atividades produtivas) sobre a desigualdade regional de renda no mercado de trabalho formal brasileiro. Para tanto, nós analisamos os dados de emprego pelas atividades econômicas para as 558 microrregiões do Brasil entre 2002 e 2020. Os principais resultados indicam que: há um efeito positivo da complexidade econômica e *relatedness* sobre a redução da desigualdade de renda no mercado de trabalho formal e; a influência da complexidade econômica é particularmente notável nas microrregiões caracterizadas com alta desigualdade de renda inicial. Estes resultados constituem uma contribuição original para o contexto regional brasileiro, destacando os transbordamentos virtuosos da complexidade econômica e *relatedness* sobre a redução da desigualdade de renda.

Palavras-chave: Bem-estar; Capacidades Produtivas; Desigualdade de Renda; Microrregiões; Brasil.

JEL: O33; O15; R12.

Abstract: The relationship between the evolution of local productive structures' sophistication and income inequalities has been a topic of considerable concern in the economic complexity literature, as divergent evidence has been found. The primary objective of this article is to investigate the influence of economic complexity and relatedness (the cognitive proximity of productive activities) on regional income inequality in the Brazilian formal labor market. To achieve this, we analyzed employment by economic activity data for 558 microregions in Brazil from 2002 to 2020. The key findings indicate that: there is a positive effect of economic complexity and relatedness on reducing income inequality in the formal labor market; and the influence of economic complexity is particularly notable in microregions characterized by higher initial income inequality. These results constitute a novel contribution to the regional Brazilian context, highlighting the virtuous spillovers of economic complexity and relatedness on reducing income inequalities.
Keywords: Well-being, Productive Capabilities, Income Inequality, Microregions, Brazil.

[1] Este artigo foi apresentado no evento *International Conference on Regional Development in South America: Empowering Knowledge Flows and Collaboration Networks*, promovido pela RSA/KIRDSA - *Research Network on Knowledge, Innovation and Regional Development in South America* em Montevidéu (Uruguai) em 2024, foi Menção Honrosa no IV Encontro Nacional de Jovens Pesquisadores (ENJP) promovido pela Associação Brasileira de Economia Industrial e Inovação (ABEIN) em 2024 e apresentado no 52º Encontro Nacional de Economia da ANPEC - Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Economia, em Natal/RN - Brasil em 2024.

3.1 Introdução

Entender os processos que possibilitam as economias gerarem bem-estar baseado em sua estrutura tecnológica e econômica é um tema recorrente que tem atraído o interesse dos pesquisadores (Hartmann; Guevara et al., 2017; Castellacci, 2022; Hansen, 2022). A perspectiva da complexidade econômica, por sua vez, mostra que a inovação e o conhecimento produtivo não são distribuídos igualmente nas economias, da mesma forma que a distância prévia da proximidade de capacidades produtivas (*relatedness*) é essencial para gerar novas vantagens comparativas. Este campo de pesquisa tem revelado evidências favoráveis das elevações da sofisticação produtiva sobre a riqueza dos países, sobre os efeitos ambientais e seu relacionamento com fatores institucionais, demográficos, tecnológicos e financeiros (Gala, 2017; Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo; Hausmann, 2009; Simoes; Hidalgo, 2011; Hidalgo, 2023; Hidalgo; Winger et al., 2007)

A literatura recente tem feito esforços para entender o relacionamento intrincado entre as desigualdades intra-regionais e os conceitos da complexidade econômica e *relatedness*. Os efeitos destes fatores sobre sobre a desigualdade continua sendo uma questão a ser explorada, sendo que as descobertas apresentam divergências. Estudos recentes que relacionam várias perspectivas, incluindo análises de países, regiões e blocos econômicos (Ferraz et al., 2021; Hartmann, 2018; Pinheiro et al., 2022) têm encontrado diferentes resultados na examinação dos efeitos da elevação da complexidade econômica. Isto pode estar relacionado aos benefícios desiguais entre regiões já desenvolvidas que recebem suporte e políticas industriais favoráveis à complexidade, em contraste a locais com escasso capital humano, diversidade tecnológica e de renda (Pinheiro et al., 2022).

Também são encontradas evidências de efeitos diferenciados, como no caso dos países de alta renda, onde elevações da complexidade reduzem a desigualdade de renda, ao contrário dos demais (Lee; Wang, 2021). Em estudos ocorrem efeitos moderadores da complexidade econômica, a depender dos níveis de gastos públicos, nível educacional e abertura econômica, descobrindo assim reduções no nível de desigualdade de renda (Chu; Hoang, 2020) e; efeitos não lineares em formato de U-invertido da complexidade econômica sobre o índice de Gini (Morais; Swart; Jordaan, 2021).

Lacunas importantes ainda persistem relacionando o tema da complexidade econômica aos estudos regionalizados, ao passo que a sua relação com a desigualdade de renda, os resulta-

dos empíricos ainda divergem e são escassas as análises em níveis regionais. É necessário que se considere as questões de dependência espacial nas investigações da desigualdade de renda, aproveitando da crescente disponibilidade de dados em níveis regionais (Fawaz; Rahnama-Moghadamm, 2019; Ghosh et al., 2022), enquanto que é importante compreender os efeitos da elevação da complexidade em países de renda média (Sepehrdoust; Tartar; Gholizadeh, 2022). Utilizar dados detalhados e confiáveis, em um período de tempo suficientemente grande é um desafio (Török; Benedek; Gómez-Zaldívar, 2022), da mesma forma que a consideração somente do PIB (Produto Interno Bruto) como medida agregada de desenvolvimento econômico (Chu; Hoang, 2020). Encontrar variáveis de controle confiáveis e lidar com problemas de endogeneidade se tornam desafios (Ghosh et al., 2022; Lee; Vu, 2020), dada a falta de compreensão dos mecanismos existentes entre complexidade econômica e desigualdade de renda (Hartmann; Guevara et al., 2017; Morais; Swart; Jordaan, 2021).

Esta literatura se relaciona intrinsecamente com os debates sobre o desenvolvimento econômico, inovação, mudança técnica e seus efeitos nas sociedades. Como destacam Schumpeter (1934; 1961) e Furtado (1964), o desenvolvimento depende da combinação de fatores existentes ou da introdução de novas técnicas, ou seja, o desenvolvimento de tecnologias que impulsionem a produtividade para aumentar a renda, processo já liderado por certos países. Porém, Furtado (1964) argumenta, que o crescimento econômico no Brasil, baseado historicamente na exportação de produtos primários, levava o Brasil à concentração de renda, baixa produtividade e impedia o acúmulo de capital, limitando o crescimento futuro, a diversificação do padrão de consumo e o desenvolvimento social e produtivo, resultando em maiores disparidades, socioeconômicas e regionais.

O objetivo deste artigo é analisar, para o caso brasileiro, os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre a desigualdade de renda do trabalho em níveis microrregionais, no período de 2002 a 2020. A principal contribuição deste trabalho e carência na temática, é inferir a influência das elevações das capacitações produtivas destas regiões sobre a dinâmica econômica e social das microrregiões, estas que possuem disparidades históricas (Furtado, 1964; Suzigan, 1996). Neste trabalho se tratará somente da desigualdade de renda interna das microrregiões (intra-regional) e não sobre o distanciamento entre elas (inter-regional), literatura igualmente relevante (Boschma, 2022).

Além desta introdução, a próxima seção apresenta os principais conceitos referentes ao tema da complexidade econômica e *relatedness* em níveis territoriais, bem como a sua relação

com o tema da desigualdade de renda e os principais achados empíricos desta relação. Segue-se com a delimitação da metodologia, bem como os resultados e considerações finais.

3.2 Abordagem territorial da literatura da complexidade econômica e *relatedness*

A perspectiva da complexidade econômica tem sido objeto de discussão na literatura teórica e empírica, com objetivo de alcançar uma compreensão mais aprofundada da relação entre a estrutura econômica local e a riqueza do país. Esta área de conhecimento tem se beneficiado da disponibilidade de dados em níveis nacionais de comércio internacional, da mesma forma o ferramental teórico se beneficia da literatura de sistemas complexos. Ela leva em consideração as combinações de *inputs* e *outputs* requeridos para a produção de uma diversidade de produtos e atividades econômicas (Hidalgo, 2021). Esta perspectiva extrai *insights* de vários campos do conhecimento, incluindo a literatura dos benefícios das economias de especialização (Marshall, 1890), das economias de diversidade urbana (Jacobs, 1969), da economia evolucionária (Dosi, 1984, 1990; Nelson, 1996; Nelson; Winter, 1977), da geografia econômica (Boschma; Boschma, 2005) e de outras abordagens, como sistematizado por Hidalgo (2021).

Entender a natureza da produção em um local específico tem um papel importante na determinação de sua performance econômica. Isto porque nem todos os países são capazes de transitar de uma produção mais simples, de produtos com baixo requerimento tecnológico envolvido, para uma produção mais sofisticada ou de maior complexidade econômica (Hidalgo; Winger et al., 2007). Isto ressalta o conceito de que produtos e atividades econômicas possuem uma distância cognitiva entre si, frequentemente chamada de *relatedness*, devido a suas distintas capacidades produtivas requeridas para sua elaboração. Produtos com capacidades produtivas próximas, tais como requisitos tecnológicos, conhecimentos e habilidades, são mais facilmente produzidos pelos países. Portanto, países envolvidos na produção de produtos de baixa tecnologia encaram desafios mais significativos em elevar seus padrões tecnológicos de produção e estabelecer especializações produtivas que podem conferir vantagens comparativas (Gala, 2017; Hidalgo; Winger et al., 2007).

Avaliar a complexidade econômica de um produto envolve acessar a probabilidade de encontrar sua produção em uma área geográfica específica. Quanto menor esta probabilidade, menos prevalente é a produção deste bem, serviço ou atividade, indicando que apenas um nú-

mero limitado de locais possuem os requisitos produtivos necessários para sua produção. Também é imperativo determinar se a vantagem na produção deste bem específico é acompanhada pelos benefícios de diversificação produtiva, que implicam na presença de uma variedade de capacidades produtivas dentro da região.

Locais com a habilidade de se destacarem na produção de uma variedade de produtos, significando diversificação, são associados com o transbordamento de conhecimentos produtivos diversificados. Isto, por sua vez, facilita a criação de produtos tecnologicamente mais complexos e a exploração de novas capacidades tecnológicas, o que é crucial para a geração de inovação (Gala, 2017; Hidalgo; Winger et al., 2007). Esta perspectiva estabelece uma conexão entre a composição setorial do país e seu potencial de desenvolvimento. Setores complexos necessitam de capacidades produtivas avançadas, resultando em elevação de transbordamentos tecnológicos dentro de seus canais de produção, como observados em indústrias de manufatura, aviação produtos químicos e eletrônicos (Gala, 2017).

Essas considerações também se aplicam à análise da distribuição da sofisticação produtiva de uma nação em suas regiões, conforme descrito dentro da estrutura do "espaço do produto", que visa avaliar estruturas econômicas baseadas em conhecimento (Török; Benedek; Gómez-Zaldívar, 2022). A literatura sobre complexidade econômica, portanto, busca elucidar como o processo de inovação dentro das regiões é moldado por esse conceito, revelando que oportunidades para vantagens comparativas gravitam em direção à produtos tecnologicamente relacionados que se baseiam nas especializações existentes nos locais (Frenken; Boschma, 2011).

As medidas de proximidade (*relatedness*) indicam que a capacidade de produzir um novo produto está associada a produtos já fabricados nos locais específicos. Consequentemente, produtos semelhantes estão situados em proximidade em termos de intensidade de capital, requisitos de mão de obra, sofisticação tecnológica e insumos envolvidos em sua cadeia de valor (Hidalgo; Winger et al., 2007; Hidalgo, 2018). Desta forma é preciso notar que as regiões possuem capacidades produtivas distintas (abrangendo suas habilidades e conhecimentos), ao passo que sua capacidade de absorção é intrinsecamente conectada à sua base de conhecimento e capacidades de produção pré-existentes (Hidalgo, 2021).

Essas implicações e restrições quanto à produção de produtos mais complexos e inovadores em diferentes regiões abrangem vários fatores: a facilitação ou não do avanço tecnológico em produtos com conhecimentos relacionados; variações nas oportunidades tecnológicas em

diferentes áreas geográficas; o crescimento acelerado de empresas localizadas em redes industriais densamente interconectadas com vantagens comparativas; o surgimento de novos setores em regiões com indústrias relacionadas, fomentando o processo de destruição criativa; as limitações para que as empresas façam saltos tecnológicos substanciais, resultando em alto desafio de efetuar transição para aquelas regiões com baixa densidade de rede para uma situação posterior de alta densidade de *relatedness* e capacidades; a importância da qualidade do envolvimento internacional e da exportação de produtos sofisticados para o crescimento econômico; a influência das instituições locais no desempenho econômico, na aprendizagem, na criação de vantagens comparativas e na sofisticação produtiva (Dosi, 1990; Frenken; Boschma, 2011; Frenken; Neffke; Van Dam, 2023; Hartmann; Guevara et al., 2017; Hausmann; Hwang; Rodrik, 2007; Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo, 2009, 2021; Teixeira; Missio; Dathein, 2022; Zhang; Wu; Wang, 2018).

O conceito de *relatedness* implica que atividades ou indústrias são consideradas próximas quando compartilham tipos semelhantes de conhecimento, recursos para operação ou mesmo quando exigem um conjunto semelhante de capacidades para produzir dois produtos em comum (Frenken; Neffke; Van Dam, 2023). Este conceito está intrinsecamente associado à forma como economias e organizações adquirem conhecimento (Hidalgo, 2018). A configuração de uma estrutura produtiva local é profundamente influenciada pelas conexões entre agentes envolvidos, onde a proximidade e o *relatedness* entre atividades desempenham um papel fundamental. Isso se relaciona com a capacidade da região de absorver o conhecimento necessário para a execução de atividades específicas.

A ideia de proximidade entre atividades ressalta a importância das interações entre setores que são intimamente relacionados, mas não tão semelhantes a ponto de estarem em competição direta entre si (Hidalgo, 2021). Consequentemente, várias métricas foram desenvolvidas para quantificar a proximidade entre produtos, indústrias, setores, ocupações e áreas de pesquisa. Essas métricas fornecem *insights* sobre como essas atividades se interconectam, evoluem e ajudam a avaliar as capacidades das regiões de fabricar bens específicos.

3.3 Literatura da Complexidade Econômica e *Relatedness*, sua relação com a desigualdade de renda e hipóteses

A literatura empírica que relaciona os efeitos da sofisticação produtiva local (mensurada pelo indicador de complexidade econômica) sobre a desigualdade de renda vem crescendo de forma constante. Porém, observa-se que tanto para análises empíricas a níveis nacionais como para estudos regionais, os efeitos da relação entre complexidade econômica, *relatedness* e redução de desigualdades não são tão claros. Isto porque vários trabalhos têm relatado diferenças intra-regionais e resultados ambíguos. Uma visão mais abrangente dos trabalhos empíricos encontrados na literatura, bem como das variáveis e modelos econométricos utilizados podem ser visualizados na Tabela 3.1.

Existem evidências de diferenças históricas estruturais, elevação de complexidade em apenas algumas regiões, aumento de polarização entre os locais e diferenças regionais de capital humano (Hartmann; Pinheiro et al., 2022), tornando esta temática relevante para o caso brasileiro. Já a relação entre complexidade econômica e indicadores socioeconômicos, sobretudo a desigualdade de renda, tem sido cada vez mais considerada nesta literatura. Hartmann, Guevara et al. (2017) elaboraram um indicador de *Product Space* dos produtos exportados pelos países, concatenando-os com indicadores de desigualdade de renda: PGI – *Product Gini Index*. Demonstram assim que países mais desiguais tendem a contar com produtos menos complexos em sua estrutura produtiva e, há efeitos positivos importantes de fatores institucionais.

Por outro lado, os resultados de Ghosh et al. (2022) apontam que ocorrem reduções na desigualdade de renda dos países ao elevar a sua sofisticação produtiva, sendo que para países de baixa renda o efeito é maior. Török, Benedek e Gómez-Zaldívar (2022) avaliam o caso das regiões da Romênia, encontrando evidências de que ao elevar a complexidade, reduzem-se as desigualdades de renda intra-regionais. Fawaz e Rahnama-Moghadamm (2019) trazem indícios que fazer negócios com economias mais complexas, a nível de países, pode reduzir a desigualdade interna das nações, justificado pelos autores pelo benefício das vantagens comparativas ricardianas sobre as qualificações de emprego.

Tabela 3.1: Revisão da literatura empírica sobre desigualdade, Complexidade Econômica e *Relatedness*

Autores	Período	Nível	VD	Princ. VI*	Efeito	Controles	Modelo**
Hartmann, Guevara et al. (2017)	1963-2008	Países (Diversos)	Gini	ICE, PIB *per capita* (log), PIB *per capita*^{2} (log)	(-)	Escolaridade, População (log), Legislação, Efetividade do governo, Estabilidade política, Qualidade da regulação, *Accountability*.	Dados em painel de efeitos fixos
Fawaz e Rahnama-Moghadamm (2019)	1964-2013	Países (Diversos)	Gini	ICE, PIB *per capita* (log), PIB *per capita*^{2} (log)	(-)	Renda (lag espacial, t1), Investimento externo direto.	Dados em painel espacial SDM
Lee e Vu (2020)	1965-2014	Países (Diversos)	Gini	ICE (exportações), ICE (t1) (exportações), Gini (t1)	(+)	PIB *per capita* (log), PIB *per capita*^{2} (log), Escolaridade (log), População (log), Leis, Abertura comercial (log), Investimento direto estrangeiro (log).	Dados em painel dinâmico GMM
Chu e Hoang (2020)	2002-2017	Países (Diversos)	Gini	ICE, Gini (t1)	(+/-)	Nível de educação, Gastos públicos, Abertura comercial, PIB *per capita*, Instituições	Dados em painel dinâmico GMM2S
Morais, Swart e Jordaan (2021)	2002-2014	Estados (Brasil)	Gini	ICE (exportações), ICE^2, PIB *per capita* (log), PIB *per capita*^{2} (log)	(Ui)	Proporção de população branca, Proporção de trabalhadores informais, Proporção do setor agrícola, média de anos de escola, Proporção de trabalhadores qualificados e semiqualificados, População (log), Abertura comercial (exp/imp), Gastos do governo em ciência e tecnologia.	Dados em painel de efeitos fixos e MQO.

continua . . .

...continua

Autores	Período	Nível	VD	Princ. VI*	Efeito	Controles	Modelo**
Lee e Wang (2021)	1991-2016	Países (Diversos)	Gini (log)	ICE (exportações) (log),	(+/-)	PIB *per capita* (log), Abertura comercial (log), Investimento externo direto (log), População (log), Gastos do governo (log), Risco político, Risco econômico, Risco financeiro.	Dados em painel de efeitos fixos
Ghosh et al. (2022)	1990-2015	Países (Diversos)	Gini	ICE (variação e período anterior), PIB (variação e período anterior), PIB^2 (variação)	(-)	Urbanização (variação), Abertura comercial.	Dados em painel dinâmico GMM
Török, Benedek e Gómez-Zaldívar (2022)	2008-2018	Regiões (Romênia)	Gini	ICE (emprego atividades econômicas), PIB *per capita* (log)	(-)	Taxa de escolarização, Expectativa de vida, Taxa de urbanização	Dados de painel com efeitos fixos
Sepehrdoust, Tartar e Gholizadeh (2022)	2000-2019	Países (de renda média)	Gini (log)	ICE (exportações)	(+)	Produção científica, Risco econômico, Risco político, Risco financeiro	Dados em painel VAR
Cortinovis, Zhang e Boschma (2024)	2010-2019	Regiões (Holanda)	Gini	ICE (entrada), *Relatedness* (entrada)	(-)	População, desemprego, população estrangeira, falências de empresas, proporção empregados por conta própria, educação (graduados), PIB *per capita*	Dados em painel de efeitos fixos

Nota: *VD – Variável Dependente; Princ. VI – Principais Variáveis Independentes; ** Efeito das principais variáveis: Índice de Complexidade Econômica (ICE) e *Relatedness*. **MQO – Mínimos Quadrados Ordinários; SEM – *Spatial Error Model*; SDM – *Spatial Durbin Model*; GMM – *Generalized Method of Momments*; GMM2S – *Generalized Method of Momments Two Steps*; SAR – *Spatial Autoregressive Model*
Fonte: Elaborado pelo autor.

Cortinovis, Zhang e Boschma (2024) efetuaram um estudo da dinâmica industrial acerca da entrada em setores de maior complexidade econômica e *relatedness* sobre a desigualdade de renda nas regiões da Holanda no período de 2010 a 2019. Como principais resultados, ressaltam que a entrada em novos setores menos complexos nas regiões, porém relacionados com as habilidades locais pré-existentes, tende a reduzir a desigualdade de renda intra-regional, o que não ocorre quando se verifica a entrada em setores de maior complexidade. Uma possível explicação dos autores é que esta dinâmica se refere a setores onde os salários pagos aos trabalhadores são mais baixos que setores de maior complexidade.

Há ainda resultados divergentes, como em Lee e Wang (2021), que por outro lado apontam diferenças entre grupos de nações. Ao analisarem uma amostra de 46 países, demonstram que elevações de complexidade econômica aumentam os níveis de desigualdade de renda. No entanto, há diferenças entre grupos: para países de alta renda, maior complexidade resulta em reduções da desigualdade, diferentemente de países que não possuem alta renda, onde o efeito sobre a desigualdade é positivo. Em Chu e Hoang (2020), os efeitos da complexidade também são positivos sobre a elevação da desigualdade, porém, ao moderar pelos níveis de gastos públicos, indicadores educacionais e abertura econômica, passam a ser evidenciadas quedas nos níveis de desigualdade de renda.

Em contrapartida, outras evidências surgem para relacionar positivamente a complexidade econômica com o aumento da desigualdade. Lee e Vu (2020), ao utilizar dados de 96 países, demonstram que elevações de curto e longo prazos na complexidade econômica impulsionam incrementos no nível de desigualdade de renda nas nações. Sepehrdoust, Tartar e Gholizadeh (2022) ao analisarem os dados de países de renda média no período de 2000 a 2019, mostram que elevações da complexidade econômica afetam positivamente a desigualdade de renda e que os choques persistem por aproximadamente 10 períodos.

Morais, Swart e Jordaan (2021) utilizaram dados dos Estados brasileiros para estimar o efeito da complexidade econômica dos produtos exportados na desigualdade regional de renda utilizando os índices de Gini e Theil, entre 2002 e 2014, os resultados demonstram que existe um efeito não-linear em forma de u-invertido. Lee e Wang (2021) demonstram efeitos diferenciados, pois em países que já são considerados de alta renda, elevações da complexidade acompanham diminuições da desigualdade de renda, o que não ocorre nos demais países de renda média e baixa. Almeida e Araujo (2020) analisaram descritivamente as relações entre a complexidade econômica nos municípios da região do grande ABC paulista no Brasil e a desi-

gualdade de renda, sendo que os municípios apresentaram efeitos diferentes com relação ao seu Índice de Gini em diferentes regiões analisadas.

Considerando esta revisão da literatura empírica, propomos a seguinte Hipótese:

Hipótese 1. *A complexidade econômica e relatedness microrregional diminui a desigualdade de renda das microrregiões do Brasil.*

De acordo com a literatura dentro da geografia econômica evolucionária que trata da dependência da trajetória (*path-dependent)*, existem impulsos de retornos crescentes através de externalidades que reforçam os efeitos positivos sobre o padrão de desenvolvimento dos locais. Assim, os processos de histerese institucional mostram a tendência das instituições e formas culturais a reproduzirem seus padrões ao longo do tempo (Martin; Sunley, 2006; Martin, 2010).

Desta forma, os efeitos das capacidades regionais - complexidade econômica e *relatedness* - sobre a estrutura da desigualdade de renda local, podem depender das capacidades locais previamente alcançadas pelos territórios (capital humano, riqueza, instituições, etc.) e talvez tenham recebido diferentes políticas e incentivos (Pinheiro et al., 2022). As disparidades históricas dos locais, variação de complexidade econômica ao longo das regiões, a intensificação da polarização econômica entre os locais, bem como as diferenças históricas entre os níveis de capital humano local tem sido consideradas na literatura (Hartmann; Pinheiro et al., 2022). Por esta razão, incluímos uma segunda Hipótese a ser testada:

Hipótese 2. *A complexidade econômica e relatedness microrregional diminui a desigualdade de renda das microrregiões do Brasil, dependendo do ponto de partida da desigualdade de renda.*

Como visto, a literatura empírica acerca dos efeitos da complexidade econômica e *relatedness* a níveis regionais se encontra em expansão. Porém as evidências das consequências da transformação do tecido econômico em maior sofisticação produtiva ainda apresentam divergências sobre as reduções na desigualdade de renda, bem como ainda são escassas as análises em níveis regionais. Assim, entende-se que é relevante questionar quais são os efeitos da complexidade econômica sobre a desigualdade de renda das microrregiões brasileiras.

3.4 Metodologia

3.4.1 Indicadores de Complexidade Econômica e *Relatedness*

O indicador de Complexidade Econômica formulado por Hidalgo e Hausmann (2009) e Hausmann e Hidalgo (2011) avalia o nível de presença de atividades econômicas dentro de uma dada região em relação ao conjunto de diferentes atividades constantes no território (diversidade), adicionada à observação se as atividades são encontradas em muitos lugares ou não (ubiquidade). Para representar o nível de especialização da região em uma atividade específica, o indicador de Vantagens Comparativas Reveladas (VCR) de Balassa (1965) é utilizado:

$$VCR = \left(\frac{X_{cp}}{\sum_p X_{cp}} \right) / \left(\frac{\sum_c X_{cp}}{\sum_{c,p} X_{cp}} \right) \tag{40}$$

em que X_{cp} representa o nível de emprego em uma atividade econômica p dentro da microrregião c, $\sum_c X_{cp}$ representa o total de emprego na microrregião c ao longo de todas as atividades, $\sum_p X_{cp}$ representa o total de emprego na atividade p para a microrregião e, $\sum_{c,p} X_{cp}$ representa o total de emprego ao longo de todas as atividades do país. Considera-se que uma microrregião possui vantagem comparativa quando o VCR supera 1, sendo configurado o valor de $VCR_{c,t}(i)$ = 1 se tem vantagem comparativa, e 0 caso contrário.

Assim, baseado nos pontos de corte do VCR (0,1) para cada região e atividade, a matriz M que dá origem as medidas de diversidade e ubiquidade microrregional:

$$Diversidade = k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \tag{41}$$

$$Ubiquidade = k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \tag{42}$$

em que a diversidade de uma atividade específica ($k_{c,0}$) é definida pelo número de atividades especializadas dentro de uma microrregião, enquanto a ubiquidade de uma atividade econômica específica é acessada pelo número de especializações da microrregião em uma atividade econômica ($k_{p,0}$).

Usando as médias de diversidade para cada microrregião c e de ubiquidade das atividades p produzidas na microrregião em análise, o Índice de Complexidade Econômica (ICE) da microrregião (k_c) é calculado com as equações abaixo (Hidalgo; Hausmann, 2009; Hidalgo,

2021):

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_{p} M_{cp} k_{p,N-1} \tag{43}$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_{p} M_{cp} k_{c,N-1} \tag{44}$$

O Método de Reflexões (MR) é utilizado para o cálculo da complexidade econômica da região, pois produz "um conjunto de variáveis simétricas para os dois tipos de nós da rede" (Hidalgo; Hausmann, 2009, p. 10572, tradução nossa), microrregiões e atividades econômicas. A técnica se baseia em calcular a complexidade de atividades e regiões iterativamente com o valor prévio das medidas de ubiquidade e diversidade, em que $N \geq 1$ representa o número de iterações, sendo que se inicia com os valores médios de $kp,0$ e $kc,0$, sendo que nas próximas rodadas $(k_{p,}1, k_{p,2} \cdots k_{p,N}$ e $k_{c,1}, k_{c,2}, \cdots k_{c,N})$ utilizam-se os valores previamente calculados até que seja gerada estabilidade nos rankings de complexidade do *ICE* (Índice de Complexidade Econômica) e *ICA* (Índice de Complexidade da Atividade), não trazendo assim nova informação adicional. Isto é efetuado utilizando as seguintes equações:

$$k_c = \tilde{M}_{cc'} k_{c'} \tag{45}$$

$$k_p = \tilde{M}_{pp'} k_{p'} \tag{46}$$

em que:

$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_{p} \frac{M_{cp} M_{c'p}}{M_c M_p} \tag{47}$$

$$\tilde{M}_{pp'} = \sum_{c} \frac{M_{cp} M_{cp'}}{M_c M_p} \tag{48}$$

Com o objetivo eliminar os fatores constantes, os índices encontrados são padronizados utilizando o score Z (Hidalgo; Hausmann, 2009; Hidalgo, 2021):

$$ICE_c = \frac{(\vec{k_c} - \text{mdia}(\vec{k_p}))}{\text{desvio_padro}(\vec{k_p})} \tag{49}$$

$$ICA_p = \frac{(\vec{k_p} - \text{mdia}(\vec{k_p}))}{\text{desvio_padro}(\vec{k_p})} \tag{50}$$

em que $\vec{k}$ é o autovetor que é associado ao segundo maior autovalor de $\tilde{M}_{cc'}$ e $\tilde{M}_{pp'}$.

O segundo indicador utilizado refere-se a densidade de inter-relacionamentos entre as atividades econômicas nas microrregiões, denominado densidade de *relatedness*. Adotamos a metodologia empregada em vários estudos (Hidalgo; Winger et al., 2007; Davies; Maré, 2021; Galetti et al., 2022; Hane-Weijman; Eriksson; Rigby, 2022; Elekes; Baranowska-Rataj; Eriksson, 2023) para acessar a proximidade cognitiva de uma dada atividade econômica ao conjunto de atividades dentro de dado local. Isto implica em mensurar a probabilidade de um local se especializar em uma nova atividade baseada na presença de atividades que possuem capacidades "próximas" naquela região. O indicador de densidade da atividade i dentro de uma microrregião c é computado como a relação da atividade i com a atividade onde a microrregião detém um VCR, dividida pela soma da relação da atividade i com todas as outras atividades em todo o país.

Para calcular a densidade de *relatedness*, o primeiro passo é obter a proximidade (ϕ - *Relatedness*) entre as atividades econômicas. Isto é derivado da probabilidade condicional de que os pares de atividades i sejam encontradas conjuntamente no território j:

$$\phi_{i,j,t} = min\left\{P(VCRx_{i,t}|VCRx_{j,t}), P(VCRx_{i,t}|VCRx_{j,t})\right\} \tag{51}$$

Para este propósito, dentre muitas das técnicas conhecidas para mensurar a co-ocorrência (Hidalgo, 2021; Van Eck; Waltman, 2009), será utilizada a medida de similaridade cosseno, representada pela seguinte equação:

$$\phi_{i,j,t} = \frac{C_{i,j,t}}{\sqrt{S_{i,t} * S_{j,t}}} \tag{52}$$

em que C_{ij} indica o número de vezes em que duas atividades são observadas juntas no período t; S_i e S_j representam o número de vezes que ocorrem as atividades/produtos/tecnologias i e j no tempo t.

A densidade de *relatedness* (DR) de uma atividade i dentro da microrregião c é acessada pela *relatedness* entre a atividade i e a atividade específica pela qual a microrregião apresenta VCR. Este valor então é dividido pelo valor agregado de *relatedness* ente a atividade i e todas as outras atividades do país. Esta métrica busca assim medir a relação entre a probabilidade de

um local a se especializar em um novo produto contando com a existência de atividades com capacidades "próximas" no local (Boschma; Balland; Kogler, 2015; Hidalgo; Balland et al., 2018).

Assim, o indicador da densidade de uma atividade i de uma região c é calculada a partir da *relatedness* da atividade i à atividade na qual a região possui VCR, dividido então pela soma da *relatedness* da atividade i de todos os outras atividades da região:

$$DR_{i,c,t} = \frac{\sum_{j \in c, j \neq i} \phi_{i,j,t}}{\sum_{j \neq i} \phi_{i,j,t}} * 100 \tag{53}$$

O indicador final de DR varia de 0% a 100%, indicando assim que quando a unidade geográfica possuir 0%, nenhuma atividade i é relacionada à atividade i na região c. Logo, se o indicador for 100%, todas as atividades relacionadas à atividade i pertencem ao portfólio de atividades da região c, conforme estruturam Hidalgo e Hausmann (2009) e Boschma, Balland e Kogler (2015).

3.4.2 Dados e variáveis utilizadas

Os dados utilizados neste artigo são provenientes de níveis municipais do Brasil, de 2002 a 2020 e posteriormente agregados nas microrregiões. São oriundos das bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), Relação Anual de Informações Sociais - RAIS (2022) e do Portal do Comércio Exterior do Brasil - COMEXSTAT (2022). Para testar a hipótese com relação ao efeito da complexidade econômica e da *relatendness* sobre a desigualdade de renda dentro do contexto regional do Brasil, o seguinte modelo teórico é proposto:

$$Gini = f(Complexidade\ Econômica, Relatedness, Controles) \tag{54}$$

A variável dependente utilizada para representar a desigualdade de renda é o logaritmo do índice de Gini ($lgini_{it}$) das microrregiões i no tempo t sendo utilizada em muitos trabalhos sobre esta temática (Fawaz; Rahnama-Moghadamm, 2019; Hartmann; Guevara et al., 2017; Lee; Wang, 2021; Lee; Vu, 2020; Sepehrdoust; Tartar; Gholizadeh, 2022; Török; Benedek; Gómez-Zaldívar, 2022). O índice de Gini (Gini, 1912) é tradicionalmente o principal indicador utilizado para medir o nível de desigualdade (Hoffmann; Botassio; Jesus, 2019). Ele é baseado na curva de Lorenz (Lorenz, 1905), que apresenta graficamente a relação entre a proporção acumulada da população e a proporção acumulada da renda total recebida, através de um conjunto de pontos

em um sistema cartesiano ortogonal (Hoffmann; Botassio; Jesus, 2019).

Este indicador será aqui calculado com base nos dados da distribuição dos rendimentos da RAIS (2022), utilizando o número de trabalhadores para cada faixa de salários mínimos recebido pelo empregado. Desta forma, o índice de Gini aqui utilizado foi calculado de forma ponderada, posteriormente transformando na forma logarítmica ($lgini$):

$$gini = \frac{1}{2\overline{x}^{w}} \sum_{=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i w_j \left| x_i - x_j \right| \tag{55}$$

$$0 \leqslant \text{gini} \leqslant 1 - \frac{1}{n} \tag{56}$$

em que x_1 é a i-ésima observação da faixa que representa a quantidade de salários mínimos na microrregião i; x_j é o valor da mesma variável em relação ao objeto j; n é o número de faixas de renda na microrregião, $\overline{x}$ expressa a média aritmética de x ($\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$); $\overline{x}^{w}$ representa a média aritmética ponderada de x ($\overline{x}^{w} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} w_i x_i$); w_i e w_j representam as ponderações, o número de vínculos em cada faixa de renda ($Vinc_i / \sum_{j=1}^{n} Vinc_i$) e ($Vinc_j / \sum_{j=1}^{n} Vinc_j$) em que $Vinc_i$ e $Vinc_j$ são o número de vínculos na microrregião i e j. O índice de Gini varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 0, menor a desigualdade de renda e, quando mais próximo de 1, maior a desigualdade de renda na microrregião.

As variáveis independentes utilizadas nos modelos propostos: $lgini_{it-1}$ representa o logaritmo do índice de Gini no período anterior, pois há uma grande autocorrelação da variável dependente com o seu indicador no passado, e esta relação será tratada, como visto a seguir, utilizando modelos GMM;

$ICEativ_{t-1}$, que representa o Índice de Complexidade Econômica da microrregião no período anterior, calculado utilizando os dados do número de empregados por atividade econômica – CNAE 1.0 (Cadastro Nacional de Atividades Econômicas) 59 grupos - (ativ) das microrregiões, dados da RAIS (2022);

$DRativ_{t-1}$ representa o índice de Densidade de *Relatedness* das microrregiões i no período anterior $t-1$, calculado os dados do número de empregados por atividade econômica (CNAE 1.0 – 59 grupos), dados da RAIS (2022).

Dentre as variáveis de controle utilizadas, encontram-se: $ldens_{t-1}$, representando o logaritmo da densidade populacional das microrregiões no período anterior (IBGE, 2022), controlando o efeito potencial positivo das aglomerações urbanas sobre a desigualdade de renda,

como utilizado em Hartmann, Guevara et al. (2017), Lee e Vu (2020), Lee e Wang (2021), Morais, Swart e Jordaan (2021), e também devido ao fato de que regiões mais complexas estão relacionadas com maiores centros urbanos (Balland et al., 2020);

$lpempsup_{t-1}$ representa o logaritmo da proporção de empregados com pelo menos o ensino superior com relação ao número total de empregados na microrregião i no período anterior $t-1$ com os dados da RAIS (2022). Existem evidências na literatura da complexidade econômica sobre os efeitos positivos do nível de capital humano utilizado na redução das desigualdades de renda para o caso internacional (Török; Benedek; Gómez-Zaldívar, 2022; Chu; Hoang, 2020; Hartmann; Guevara et al., 2017; Lee; Vu, 2020);

$lexpind_{t-1}$ representa o logaritmo do valor exportado (US$) em produtos industriais na microrregião i no período anterior $t-1$, com dados da COMEXSTAT (2022). Esta variável explora os possíveis efeitos positivos dos níveis de inserção regional no comércio internacional de produtos industriais, relevantes para a literatura da complexidade econômica (Gala, 2017).

Tabela 3.2: Descrição das variáveis e fontes utilizadas nos modelos econométricos propostos

Variáveis	Descrição	Fonte	Sinal	Referência
Dependente				
lgini	Logaritmo do Índice de Gini	RAIS (2022)*		Hartmann, Guevara et al. (2017)
Independentes				
ICEativ	Índice de Complexidade Econômica (atividades)	RAIS (2022)*	(-)	Hidalgo (2021), Hidalgo e Hausmann (2009)
DRativ	Densidade de *Relatedness*	RAIS (2022)*	(-)	Hidalgo (2021)
Controles				
ldens	Logaritmo natural da densidade populacional das microrregiões	IBGE (2022)*	(-)	Hartmann, Guevara et al. (2017), Lee e Vu (2020), Lee e Wang (2021)
lpempsup	Logaritmo natural da proporção dos empregos com no mínimo nível superior das microrregiões	RAIS (2022)*	(-)	Török, Benedek e Gómez-Zaldívar (2022), Hartmann, Guevara et al. (2017), Lee e Vu (2020)
lexpind	Logaritmo natural do valor exportado total (US$) em produtos industriais nas microrregiões	COMEXSTAT (2022)	(-)	Gala (2017)

Nota: *Índice elaborado pelo autor.
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.3 Modelos econométricos utilizados

Para testar a hipótese que existem efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre a desigualdade de renda no caso do território brasileiro (Hipótese 1), o modelo econométrico abaixo é proposto:

$$\begin{aligned} lgini_{it} = \quad & \beta_1 lgini_{it-1} + \beta_2 ICEativ_{it-1} + \beta_3 DRativ_{it-1} + \\ & \beta_n controles_{it-1} + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{57}$$

Os dados formam um painel balanceado com informações de 2002 a 2020 agrupado por 558 microrregiões brasileiras, desta forma foi utilizada a análise econométrica por meio de modelos de regressão de dados em painel dinâmico. Para a escolha entre os modelos de efeitos fixo, aleatório e empilhado, comuns na definição do modelo apropriado, foram utilizados os testes de Hausmann, Chow e LM (*Lagrange Multiplier*), resultando na escolha do modelo de efeitos fixos. Com relação ao modelo de painel de efeitos fixos, é efetuada a transformação das variáveis para eliminar o efeito do tempo (μ_t – erro idiossincrático) e individual entre as observações (η_i – heterogeneidade não observada), subtraindo de cada indivíduo i o valor médio no tempo t, resultando em observações transformadas para a estimação (Wooldridge, 2010).

Como testes de robustez propostos, foram estimados também modelos de regressão de painel de efeitos fixos utilizando o Método dos Momentos Generalizados (GMM - *Generalized Method of Moments*) com instrumentos. Se por um lado os modelos de regressão de painel de efeitos fixos buscam excluir da estimação os efeitos constantes de tempo e eliminar os efeitos não-observáveis que possam atuar sobre as variáveis independentes (Wooldridge, 2010), os modelos dinâmicos GMM buscam encontrar bons estimadores através de variáveis instrumentais eficientes (Arellano; Bover, 1995). Neste artigo, foi utilizada a primeira diferença das variáveis independentes como instrumentos (GMM-DIF) para todas as variáveis independentes em nível, com todos os momentos (2 a 19), para controlar a endogenia dos estimadores (causalidade reversa entre complexidade econômica e desigualdade), eliminando os efeitos individuais com condições de momento válidas (Arellano; Bover, 1995; Bond, 2002). O teste de Sargan de sobreidentificação foi utilizado para verificar se as condições de momentos são válidas, bem como a autocorrelação serial (AR1 e AR2) foram testadas (Bond, 2002). Portanto, o modelo GMM-DIF é representado:

$$\begin{aligned}\Delta lgini_{it} = \quad & \Delta\beta_1 lgini_{it-1} + \Delta\beta_2 ICEativ_{it-1} + \Delta\beta_3 DRativ_{it-1} + \\ & \Delta\beta_n controles_{it-1} + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it}\end{aligned} \tag{58}$$

Por fim, os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre a desigualdade de renda ao longo do território podem estar associados com os níveis de dependência da trajetória passada (Martin; Sunley, 2006; Martin, 2010), sendo ainda ligados intrinsecamente com os diferentes níveis de desenvolvimento local (Chu; Hoang, 2020; Lee; Wang, 2021). Neste sentido, diferentes efeitos podem ser observados ao longo daquelas regiões que já exibiam alto nível de desigualdade de renda, considerando seu ponto de partida, comparando-se com aquelas regiões as quais a renda era inicialmente distribuída de forma mais igual. Estas dinâmicas podem estar influenciando assim a dinâmica futura das microrregiões.

Desta forma, para verificar esta hipótese adicional (Hipótese 2), foram feitas estimações econométricas em dois grupos distintos de microrregiões: no primeiro grupo constam aquelas em que no primeiro ano (2002) estavam dentre as 50% mais iguais (constavam entre os dois primeiros quartis da distribuição do índice de Gini) e; o segundo grupo constam aquelas microrregiões em que no primeiro ano estavam dentre as 50% mais desiguais (3º e 4º quartil da distribuição).

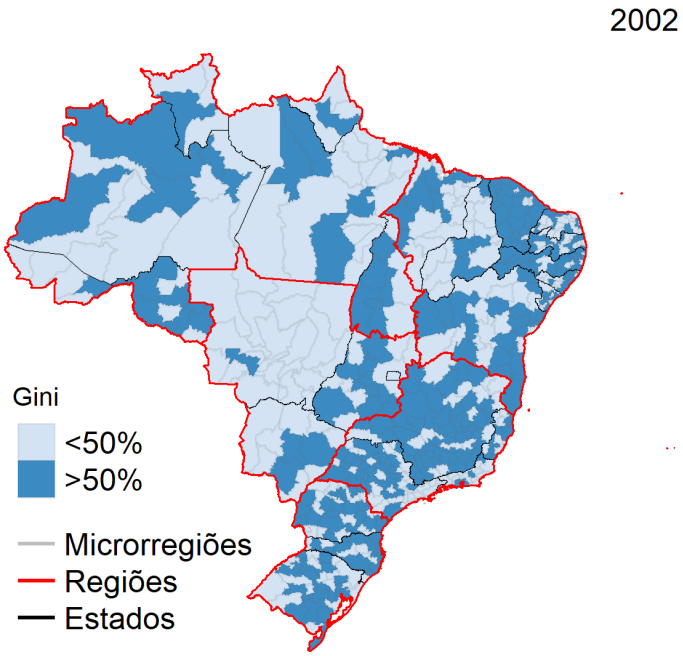
A Figura 3.1 apresenta a distribuição destes dois grupos em 2002 no território brasileiro, sendo importante notar que a maior quantidade de microrregiões mais desiguais se encontra na região Nordeste (104 microrregiões, 18,6% do total e 55% do total das suas microrregiões), seguidas da região Sudeste (85) e Sul (52). A região Nordeste apresenta 84 microrregiões naquelas com Gini menos desigual em 2002, porém 73% (38 unidades) das microrregiões do Centro-Oeste constavam nas menos desiguais em 2002 em relação ao seu total de microrregiões.

Por fim, também foram utilizados os modelos econométricos de painel de efeitos fixos e como testes de robustez, da mesma forma foram utilizados modelos de painel de efeitos fixo GMM-DIF para tratar as questões de endogenia.

3.5 Resultados empíricos e discussão

Nesta seção são apresentados os resultados dos modelos econométricos propostos, bem como é realizada a respectiva discussão. A Tabela 3.3 mostra os resultados das estimativas para

Figura 3.1: Mapa da distribuição espacial das microrregiões mais desiguais (>50%) e menos desiguais (<50%) em 2002



Fonte: Elaborado pelo autor.

os modelos econométricos de painel de efeitos fixos (EF) para a Hipótese 1, enquanto os testes de robustez utilizando o painel de efeitos fixos com Métodos dos Momentos Generalizados (GMM-DIF) são apresentados na Tabela 3.5 no Apêndice. Os testes de robustez representam os resultados dos modelos de efeitos fixos GMM-DIF, nos quais os testes estatísticos de sobreidentificação de Sargan e autocorrelação AR(2) não rejeitaram a hipótese nula ($p = 0,01$), ressaltando que a estimação desses modelos é válida.

Em primeiro lugar, é preciso notar que a variável autocorrelacionada no tempo ($lgini_{t-1}$) é estatisticamente significante ($p = 0,001$) em todas as estimações, com grande efeito sobre a variável dependente. Isto reafirma a importância da utilização dos modelos dinâmicos para as estimações. Foram estimadas regressões comparando a presença individual de $ICEativ_{t-1}$ e $DRativ_{t-1}$ nos modelos, bem como a presença em conjunto destas variáveis independentes nos modelos e dos controles.

Quanto a $ICEativ_{t-1}$, seu coeficiente se demonstrou negativo e estatisticamente significante ($p = 0,05$) em todas as estimações, sendo confirmadas pelos testes de robustez que lidam com os problemas de causalidade reversa nos modelos GMM-DIF. Desta forma, os resultados sugerem que ao elevar a complexidade econômica dos locais, existem efeitos positivos em termos de redução de desigualdades intra-regionais de renda do trabalho para o caso brasileiro,

Tabela 3.3: Resultados das regressões para o período de 2002 a 2020, variável dependente *lgini*

	lgini				
	EF				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$ICEativ_{t-1}$	-0,0042 *	-0,0044 *	-0,0043 *	-0,0048 *	-0,0047 *
	(0,0021)	(0,0021)	(0,0021)	(0,0021)	(0,0021)
$DRativ_{t-1}$		-0,0005 **	-0,0005 **	-0,0005 **	-0,0005 **
		(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)
$ldens_{t-1}$			0,0510 ***	0,0526 ***	0,0528 ***
			(0,0134)	(0,0134)	(0,0134)
$lpempsup_{t-1}$				-0,1170 ***	-0,1174 ***
				(0,0271)	(0,0271)
$lexpind_{t-1}$					-0,0002
					(0,0002)
$lgini_{t-1}$	0,2057 ***	0,2044 ***	0,2026 ***	0,1989 ***	0,1989 ***
	(0,0099)	(0,0099)	(0,0099)	(0,0099)	(0,0099)
R^2	0,0446	0,0456	0,0471	0,0489	0,0490
N.	10.044	10.044	10.044	10.044	10.044
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Microrregião	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. N = Número de observações.
Fonte: Elaborado pelo autor.

considerando o período de 2002 a 2020.

Com relação à variável que representa a *relatedness* ($DRativ_{t-1}$), os coeficientes também se apresentam estatisticamente significantes e negativos ($p = 0,01$) em todas as estimações e nos testes de robustez. Isto indica que ao elevar a proximidade cognitiva das atividades econômicas nas microrregiões brasileiras, também se pode observar a influência na redução das desigualdades intra-regionais de renda em níveis microrregionais.

Estas novas descobertas para o contexto brasileiro, quanto à complexidade econômica e *relatedness*, se alinham e confirmam evidências empíricas anteriores nesta literatura encontradas no caso internacional (Fawaz; Rahnama-Moghadamm, 2019; Ghosh et al., 2022; Hartmann; Pinheiro et al., 2022; Török; Benedek; Gómez-Zaldívar, 2022). Da mesma forma, confirma a nossa Hipótese 1 e adiciona novas contribuições sobre os efeitos da elevação da sofisticação

produtiva regional.

Quanto aos resultados da variável $ldens_{t-1}$, estes se mostraram estatisticamente significantes, porém com efeitos positivos sobre $lgini$. Demonstra, assim, que as concentrações populacionais estão diretamente relacionadas a elevação das desigualdades nas microrregiões do ponto de vista da renda do trabalho, semelhante aos efeitos encontrados em outros trabalhos (Hartmann; Guevara et al., 2017; Török; Benedek; Gómez-Zaldívar, 2022). Considera-se, portanto, que, embora regiões de maior complexidade econômica tendem a estar concentradas em locais mais populosos (Balland et al., 2020), se constituem de dinâmicas diferentes em relação à evolução da desigualdade de renda.

A variável que representa a proporção de emprego local com pelo menos o nível superior ($lpempsup_{t-1}$) apresenta coeficiente negativo e estatisticamente significante ($p = 0,01$) em todas as regressões e testes de robustez. Esta evidência sugere que quanto mais as empresas empregarem capital humano qualificado ao longo das microrregiões, menor tende a ser a desigualdade de renda. Evidências recentes na literatura da complexidade econômica confirmam a relevância do capital humano e da educação sobre a desigualdade de renda, com relação aos efeitos das taxas brutas de matrículas nas escolas (Török; Benedek; Gómez-Zaldívar, 2022), do número de matrículas no ensino superior nas regiões (Chu; Hoang, 2020) e dos anos de educação da população (Hartmann; Guevara et al., 2017; Lee; Vu, 2020) sobre a desigualdade de renda.

Nossos resultados ressaltam a relevância de políticas públicas para promover a complexidade econômica e as capacidades locais. Isto reforça a necessidade de alcançar evoluções nos indicadores educacionais para que as empresas locais se beneficiem da qualificação do trabalho, bem como demonstra transbordamentos importantes do capital humano sobre a desigualdade.

A Tabela 3.4 apresenta os resultados referentes à Hipótese 2 deste artigo. Traz, portanto, os modelos segmentados pelo nível inicial exibido de desigualdade de renda (Gini): do grupo de microrregiões que no primeiro período (2002) estavam entre as 50% regiões com menor desigualdade (<50%) nas equações (1 a 5) e, aquelas microrregiões em que no primeiro período constituíam as 50% mais desiguais (>50%) nas equações (6 a 10). Os testes de robustez são apresentados na Tabela 3.6.

Tabela 3.4: Resultados das regressões segmentadas para o período de 2002 a 2020, variável dependente *lgini*

	EF									
	<50%					>50%				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
$ICEativ_{t-1}$	0,0031	0,0030	0,0031	0,0026	0,0026	-0,0104 ***	-0,0106 ***	-0,0107 ***	-0,0107 ***	-0,0106 ***
	(0,0030)	(0,0030)	(0,0030)	(0,0030)	(0,0030)	(0,0028)	(0,0028)	(0,0028)	(0,0028)	(0,0028)
$DRativ_{t-1}$		-0,0004	-0,0003	-0,0003	-0,0003		-0,0007 **	-0,0006 **	-0,0006 **	-0,0006 **
		(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)		(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)
$ldens_{t-1}$			0,0534 **	0,0543 **	0,0547 **			0,0406 *	0,0431 *	0,0428 *
			(0,0184)	(0,0184)	(0,0185)			(0,0197)	(0,0196)	(0,0196)
$lpempsup_{t-1}$				-0,0810 *	-0,0812 *				-0,1671 ***	-0,1679 ***
				(0,0381)	(0,0381)				(0,0388)	(0,0388)
$lexpind_{t-1}$					-0,0002					-0,0002
					(0,0003)					(0,0003)
$lgini_{t-1}$	0,1676 ***	0,1665 ***	0,1650 ***	0,1634 ***	0,1635 ***	0,2397 ***	0,2380 ***	0,2366 ***	0,2281 ***	0,2280 ***
	(0,0143)	(0,0143)	(0,0143)	(0,0143)	(0,0143)	(0,0137)	(0,0137)	(0,0138)	(0,0139)	(0,0139)
R^2	0,0286	0,0290	0,0308	0,0317	0,0318	0,0643	0,0661	0,0669	0,0706	0,0707
N	5.022	5.022	5.022	5.022	5.022	5.022	5.022	5.022	5.022	5.022
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Micro	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. AIC = *Akaike Information Criterion*. N = Número de observações. EF = Efeitos Fixos.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao resultado da variável $ICEativ_{t-1}$, observa-se que o coeficiente é negativo, porém estatisticamente significante somente no segundo grupo (>50%), o qual possuía maior desigualdade de renda em 2002, sendo confirmado pelos testes de robustez. Desta forma, o resultado sugere que o efeito da complexidade econômica é relevante para a redução da desigualdade de renda a aquelas microrregiões em que inicialmente continham maiores desigualdades.

Estes resultados são notadamente relevantes ao caso brasileiro, pois a literatura tem buscado entender os efeitos potenciais negativos da elevação da complexidade econômica - o "*dark side*" (Pinheiro et al., 2022). Particularmente, o risco de beneficiar de forma desigual regiões já desenvolvidas que receber maior suporte de políticas industriais que acabam contribuindo com setores já de maior complexidade, em contraste às demais regiões que possuem limitações de capital humano, sofisticação produtiva e renda.

Estas evidências ressaltam a importância de avaliar a trajetória da sofisticação produtiva dentro das microrregiões brasileiras e destacam os possíveis efeitos diferenciados da elevação da complexidade econômica sobre a desigualdade de renda ao longo dos diversos níveis de renda das regiões, como exposto por Chu e Hoang (2020). Ainda, os efeitos observados da complexidade econômica somente nas regiões inicialmente mais desiguais mostram um padrão particular de dependência da trajetória (Martin; Sunley, 2006, 2010) sobre o desenvolvimento local, indicando oportunidades para que as políticas públicas promovam maior complexidade econômica em regiões mais atrasadas.

Sobre os efeitos da *relatedness* ($DRativ_{t-1}$), os coeficientes também constam como negativos, porém estatisticamente significantes nos dois grupos de microrregiões ($p = 0,05$), corroborado pelos testes de robustez. Sugere assim que tanto as regiões que já eram mais desiguais no ponto de partida da análise, como também naquelas em que a renda do trabalho já era mais igual, a proximidade de conhecimentos produtivos é um fator importante para reduzir a desigualdade de renda. Estes resultados suportam, em níveis regionais, os achados empíricos em estudos prévios como em Hartmann, Guevara et al. (2017), Török, Benedek e Gómez-Zaldívar (2022), Ghosh et al. (2022), que indicam a relevância do incremento das capacidades locais em termos de uma produção local mais sofisticada (complexa, com maior nível de conhecimentos empregados) para as reduções de desigualdade.

No entanto, a novidade deste artigo é incluir um fator relevante: a proximidade cognitiva das atividades econômicas (*relatedness* para entender os efeitos sobre as desigualdades de

renda. A discussão da literatura da complexidade econômica e *relatedness* lidam não só com a estrutura industrial, mas buscam avaliar um conjunto mais amplo de atividades e suas capacidades regionais. Isto pode contribuir para que potencialmente sejam criadas políticas públicas regionais mais específicas para promover não só a inovação e o crescimento econômico via elevação da complexidade econômica, mas também explorar os tipos de conhecimento gerados e os transbordamentos sociais virtuosos como a redução da desigualdade de renda.

O que os resultados deste artigo encontram são efeitos positivos da complexidade econômica e da *relatedness* sobre a redução da desigualdade de renda (Hipótese 1), da *relatedness* sobre todas as microrregiões (Hipótese 2) e da complexidade econômica sobre as microrregiões mais desiguais (Hipótese 2). Por outro lado, há um campo de pesquisa amplo que busca entender os possíveis mecanismos que fazem com que a configuração local do tecido econômico influencie as desigualdades de renda no território.

Kuznets (1955) ao analisar os efeitos da transição de economias agrícolas para não agrícolas, justifica que o crescimento econômico refletido em industrialização e, consequentemente, a urbanização reduzem inicialmente as desigualdades de renda que, em estágios posteriores, voltam a se elevar por uma série de fatores. As vantagens das estruturas industriais para elevar o nível dos salários dos trabalhadores e melhorar a sua distribuição, comparativamente a outras estruturas econômicas também foram analisadas no escopo da mudança técnica das regiões (Furtado, 1964; Hirschman, 1958; Prebisch, 1962; Rosenstein-Rodan, 1943).

Para Acemoglu e Aghion (2001), há um efeito de elevação da desigualdade de renda relacionada à mudança técnica dependente de habilidades tecnológicas dos trabalhadores. Isto porque, ao elevar a demanda de trabalhadores mais qualificados, reduz-se ainda mais o nível salarial no campo daqueles trabalhadores *low-skilled*, amplificando as diferenças. Piketty (2015) argumenta que uma demanda crescente por pessoas qualificadas puxada pela industrialização, que combinada com fluxos de mão-de-obra não qualificada das regiões agrárias eleva a desigualdade, ao passo que nas fases de ampliação da qualificação de massa, a demanda da indústria por qualificações médias faria a desigualdade de renda diminuir. Na perspectiva da complexidade econômica, porém, o mix de produtos que um local produz é relevante para explicar as oportunidades ocupacionais, de aprendizado e de barganha dos trabalhadores, o que contribui para promover a redução da desigualdade (Hartmann; Guevara et al., 2017).

Consideramos que os resultados deste trabalho são importantes para o caso brasileiro, pois os mecanismos pelos quais elevações da complexidade econômica e *relatedness* possam

estar relacionadas com a redução de desigualdades no território não são totalmente conhecidos na literatura. Alguns entendem que se relacionam a elevação do nível de capital humano nestes locais, refletido em melhores e mais sofisticados empregos, com maior poder de barganha e/ou em funções relacionadas com uma carga maior de conhecimentos necessários que produtos e serviços mais complexos demandam, ou a instituições favoráveis à mudança técnica (Gala, 2017; Hartmann, 2018; Hartmann; Guevara et al., 2017; Hartmann; Bezerra; Pinheiro, 2019; Hidalgo; Hausmann, 2009).

Em complemento, economias com estruturas produtivas mais simples – como comandadas pela produção de *commodities* – podem estar relacionadas com maior desigualdade pois poucas pessoas podem estar em atividades com maior produtividade (Lee; Vu, 2020). Ainda, segundo estes autores, a difusão de conhecimentos e habilidades em economias menos complexas pode ser conferida a um pequeno grupo de indivíduos. Tais afirmações podem ser factíveis em considerando que locais com maior complexidade econômica há concentração de uma maior carga de conhecimentos produtivos e que locais com maior *relatedness* possuem maior probabilidade na entrada em novas especializações em indústrias e setores relacionados (Boschma, 2022; Hidalgo; Balland et al., 2018), mantendo assim a força de trabalho em postos de semelhante exigência, nível de competências e renda, mesmo com o advento da rotatividade de trabalhadores entre as firmas. Estas hipóteses se justificam, pois os indicadores de complexidade econômica assumem que regiões mais complexas são aquelas em que existem conjuntamente maior especialização e diversificação de competências produtivas.

Em economias predominantemente agrícolas, dependentes de crescimento via setor externo, conforme o entendimento de Furtado (1964), a renda tende a estar mais desigualmente distribuída, se tornando direcionada à satisfação das necessidades básicas de subsistências da população enquanto as minorias privilegiadas direcionam seu consumo a bens não agrícolas (muitas vezes importados) e serviços. Possibilitava assim um desenvolvimento local sem acumulação prévia de capital, porém, não necessariamente com introdução de inovações tecnológicas. Hirschman (1958) já destacava a superioridade das manufaturas com relação aos "*linkages effects*" para que novas atividades fossem geradas localmente, desta forma possibilitando potencialmente reduções de desigualdade de renda em regiões onde a manufatura desempenhava papel relevante. Desta forma, locais com maior complexidade econômica e proximidade de conhecimentos produtivos, além da proximidade geográfica da produção industrial e serviços complexos, podem permitir novas competências necessárias ao acompanhamento da mudança

técnica do tecido produtivo, contribuindo para a redução da desigualdade de renda do trabalho.

Contudo, a distribuição da complexidade econômica e *relatedness* no território pode ocorrer de forma concentrada nos centros urbanos (Balland et al., 2020; Verheij; Oliveira, 2020), acirrando as disparidades entre as regiões (Boschma, 2022). Demandam assim além de novos estudos, políticas públicas para orientar o tipo de crescimento econômico e buscar mitigar a desigualdade de renda de regiões afetadas, considerando o nível de capacidades produtivas de conhecimentos locais voltados a diversificação em novas indústrias e setores inovadores. Desta forma, poderiam evitar que construir complexidade econômica nos territórios se tornasse um processo com alto custo social (Chu; Hoang, 2020).

Por fim, os resultados aqui apresentados sugerem que regiões caracterizadas por maior complexidade econômica e proximidade ao conhecimento produtivo, em conjunto com proximidade geográfica à manufatura industrial e setores de serviços complexos contribuem para a mitigação da desigualdade de renda. Isso ressalta a relevância de melhorar as capacidades locais para promover uma produção local mais baseada em conhecimento. Assim, este artigo fornece novas evidências para abordar políticas públicas industriais com evidentes repercussões sociais virtuosas em torno das regiões brasileiras.

3.6 Considerações Finais

A literatura da complexidade econômica (Gala, 2017; Hausmann; Hidalgo, 2011; Hidalgo, 2023; Hidalgo; Hausmann, 2009; Hidalgo; Winger et al., 2007; Simoes; Hidalgo, 2011) tem convergido com as assertivas dos autores estruturalistas para os quais o processo de desenvolvimento econômico necessita de mudança do tecido produtivo setorial dos países (Furtado, 1964; Prebisch, 1962; Hirschman, 1958). Esta transformação implica em mover da produção local de somente produtos simples e *commodities* para uma produção mais diversificada incluindo aqueles com maior sofisticação tecnológica, maior carga de conhecimentos produtivos necessários e maior valor agregado. No entanto, há uma demanda crescente em entender a relação da evolução da sofisticação produtiva e proximidade de conhecimentos produtivos locais com as desigualdades, sobretudo a desigualdade de renda.

O objetivo deste artigo foi verificar quais são os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre a desigualdade de renda no Brasil no período de 2002 a 2020 e se os efeitos dependem do nível inicial de desigualdade local. que Para tanto, foi utilizado o nível de mi-

crorregiões, com modelos de regressões em dados em painel de efeitos fixos (EF) e também pelo Método dos Momentos Generalizados (GMM-DIF) como testes de robustez para tratar das questões de endogenia (causalidade reversa entre a desigualdade de renda e complexidade econômica).

Os resultados sugerem que, em primeiro lugar, a complexidade econômica e *relatedness* reduzem a desigualdade intrarregional de renda do trabalho, evidência inovadora que contribui para a literatura da geografia da inovação sob o prisma da análise das regiões brasileiras. Assim sendo, ao elevar sua sofisticação produtiva através da aquisição de capacitações e conhecimentos produtivos em atividades mais complexas que lhes permitem aumentar o seu conteúdo tecnológico e gerar inovações, importantes transbordamentos podem ser evidenciados na redução da desigualdade de renda das microrregiões.

Como resultado secundário, se verifica que ao considerar o nível inicial de desigualdade das microrregiões brasileiras no primeiro período de análise (2002), observa-se que os efeitos da complexidade econômica sobre a redução de renda foram estatisticamente significantes somente naqueles que já eram mais desiguais. Por outro lado, o nível de proximidade cognitiva das atividades econômicas - *relatedness* foi relevante aos dois grupos. São assim fatores pertinentes para compreender a dinâmica da estrutura econômica local em relação à sua trajetória de desenvolvimento passado, bem como compreender a intrincada dinâmica da estrutura econômica local e seu efeito sobre a desigualdade de renda.

Este artigo fornece novos *insights* sobre a dinâmica da distribuição de renda nas regiões brasileiras no período recente e sugere que as regiões precisam promover atividades de maior complexidade econômica para contribuir com a redução das desigualdades de renda, indicando também a relevância da proximidade cognitiva das atividades econômicas para tal. Assim, os formuladores de políticas públicas podem criar incentivos específicos para as regiões para promover a sua complexidade econômica. Também, as recomendações de políticas incluem o desenvolvimento de estratégias para as regiões mais atrasadas para que realizem sua mudança técnica ao mesmo tempo que reduzam sua desigualdade de renda.

Porém, nota-se que a distribuição da complexidade econômica e *relatedness* pode se manter concentrado nos centros urbanos, elevando as disparidades tecnológicas entre as regiões. Isto demanda pesquisas que elevem nosso entendimento e políticas que considerem o conhecimento produtivo e capacidades locais essenciais para que ocorra a diversificação produtiva em novas indústrias e setores inovadores. Ao fazer isso, elas poderiam promover o desenvolvimento

da complexidade econômica dentro dessas regiões, evitando que evolua para um processo socialmente oneroso.

Considerando que maiores saltos tecnológicos consistem em mais desafios para as regiões, é imperativo levar em conta as capacidades atuais das regiões e empregar diferentes incentivos e políticas públicas, melhorando as distintas políticas industriais e fomentando a complexidade econômica local. Destacamos a importância de avaliar múltiplas políticas de desenvolvimento em conjunto com a sofisticação econômica da atividades, ao passo que se devem incluir as urgentes questões ambientais subjacentes relacionadas à mudança da estrutura econômica, não tratadas neste artigo. Enfatiza-se a necessidade de melhorias nossa compreensão sobre os fatores que impulsionam a complexidade econômica regional e a *relatedness*, bem como o mecanismo existente entre instituições e desigualdade de renda, a principal limitação deste estudo.

3.7 Apêndice - Testes de Robustez

Foram efetuados testes de robustez para as hipóteses previamente estipuladas deste artigo. Nas Tabelas 3.5 e 3.6, apresentamos os resultados para os modelos de regressão de dados em painel de efeitos fixos GMM-DIF, com efeitos fixos de tempo (ano) e individuais (microrregiões).

Tabela 3.5: Resultados das regressões dos testes de robustez para o período de 2002 a 2020, variável dependente *lgini*

	lgini				
	GMM-DIF				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$ICEativ_{t-1}$	-0,0200 **	-0,0179 **	-0,0149 **	-0,0122 *	-0.0117 *
	(0,0063)	(0,0060)	(0,0054)	(0,0052)	(0,0049)
$DRativ_{t-1}$		-0,0018 ***	-0,0015 ***	-0,0012 ***	-0,0013 ***
		(0,0004)	(0,0004)	(0,0004)	(0,0004)
$ldens_{t-1}$			0,0988	0,1027	0,1133 *
			(0,0607)	(0,0579)	(0,0457)
$lpempsup_{t-1}$				-0.2074 **	-0.1904 **
				(0,0271)	(0,0271)
$lexpind_{t-1}$					-0.0002
					(0,0003)
$lgini_{t-1}$	0,1815 ***	0,1966 ***	0,1809 ***	0,1784 ***	0,1754 ***
	(0,0227)	(0,0226)	(0,0257)	(0,0263)	(0,0255)
n	558	558	558	558	558
T	19	19	19	19	19
N	10.602	10.602	10.602	10.602	10.602
Sargan: p-valor	0,0050	0,0667	1,0000	1,0000	1,0000
AR(1)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
AR(2)	0,0156	0,0101	0,0167	0,0202	0,0218
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Microrregião	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. N = Número de observações.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3.6: Resultados das regressões segmentadas método GMM-DIF para o período de 2002 a 2020, variável dependente *lgini*

	GMM-DIF									
	<50%					>50%				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
$ICEativ_{t-1}$	-0,0102	-0,0087	-0,0055	-0,0046	-0,0046	-0,0296 ***	-0,0259 **	-0,0235 **	-0,0154 *	-0,0153
	(0,0076)	(0,0077)	(0,0068)	(0,0068)	(0,0099)	(0,0087)	(0,0082)	(0,0075)	(0,0065)	(0,0091)
$DRativ_{t-1}$		-0,0013 **	-0,0013 **	-0,0011 *	-0,0010 *		-0,0019 ***	-0,0015 **	-0,0011 *	-0,0012 *
		(0,0005)	(0,0005)	(0,0005)	(0,0005)		(0,0006)	(0,0005)	(0,0005)	(0,0005)
$ldens_{t-1}$			0,1045	0,1018	0,0771			0,0542	0,0723	0,1093
			(0,0744)	(0,0770)	(0,0907)			(0,0846)	(0,0861)	(0,0955)
$lpempsup_{t-1}$				-0,1061	-0,1000				-0,2549 *	-0,2606 *
				(0,0893)	(0,1060)				(0,1042)	(0,1144)
$lexpind_{t-1}$					-0,0003					-0,0005
					(0,0004)					(0,0005)
$lgini_{t-1}$	0,1722 ***	0,1567 ***	0,1516 ***	0,1483 ***	0,1500 ***	0,1732 ***	0,1867 ***	0,1826 ***	0,1773 ***	0,1745 ***
	(0,0302)	(0,0375)	(0,0379)	(0,0390)	(0,0428)	(0,0356)	(0,0436)	(0,0424)	(0,0410)	(0,0406)
n	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
T	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N	5.301	5.301	5.301	5.301	5.301	5,301	5,301	5,301	5,301	5,301
Sargan: p-valor	0,9508	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9155	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
AR(1)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
AR(2)	0,0511	0,0759	0,0835	0,0965	0,1030	0,1737	0,1756	0,1771	0,1877	0,1932
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Micro	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Significância estatística *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05. Erro padrão em parênteses. AIC = *Akaike Information Criterion*. N = Número de observações. EF = Efeitos Fixos.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Referências

ACEMOGLU, Daron; AGHION, Philippe. Deunionization, technical change, and inequality A comment. **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, v. 55, n. 1, p. 265–273, 2001.

ALMEIDA, Eloiza Regina Ferreira de; ARAUJO, Veneziano de Castro. Teoria da complexidade econômica e desigualdade de renda: evidências para a Região do Grande ABC (2000-2010). **Gestão & Regionalidade**, v. 36, n. 108, 2020.

ARELLANO, Manuel; BOVER, Olympia. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. **Journal of Econometrics**, v. 68, n. 1, p. 29–51, 1995.

BALASSA, Bela. Trade Liberalisation and "Revealed"Comparative Advantage. **Manchester**, v. 33, n. 2, p. 99–123, 1965.

BALLAND, Pierre Alexandre et al. Complex economic activities concentrate in large cities. **Nature Human Behaviour**, v. 4, n. 3, p. 248–254, 2020.

BOND, Stephen R. Dynamic panel data models: a guide to micro data methods and practice. **Port Econ J**, v. 1, p. 141–162, 2002.

BOSCHMA, R; BOSCHMA, R A. Proximity and innovation: A critical Assessment. **Regional Studies**, Citeseer, 2005.

BOSCHMA, Ron. Regional Diversification and Inequality between and within Regions. **Policy Debate of the Hour**, v. 23, september, 2022.

BOSCHMA, Ron; BALLAND, Pierre Alexandre; KOGLER, Dieter Franz. 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, 2015.

CASTELLACCI, Fulvio. Innovation and social welfare: A new research agenda. **Journal of Economic Surveys**, n. 2022, p. 1–36, 2022.

CHU, Lan Khanh; HOANG, Dung Phuong. How does economic complexity influence income inequality? New evidence from international data. **Economic Analysis and Policy**, v. 68, p. 44–57, 2020.

COMEXSTAT. **Plataforma de Consultas e Extrações de Dados Estatísticos do Comércio Exterior Brasileiro**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 19 fev. 2023.

CORTINOVIS, Nicola; ZHANG, Dongmiao; BOSCHMA, Ron. Regional diversification and intra-regional wage inequality in the Netherlands. **Regional Studies**, v. 22, n. 16, 2024.

DAVIES, Benjamin; MARÉ, David C. Relatedness, complexity and local growth. **Regional Studies**, Routledge, v. 55, n. 3, p. 479–494, 2021.

DOSI, Giovanni. Finance, innovation and industrial change. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 13, n. 3, p. 299–319, 1990.

_____. **Technical Change and Industrial Transformation - The Theory and an Application to the Semiconductor Industry**. UK: Palgrave Macmillan, 1984.

ELEKES, Zoltán; BARANOWSKA-RATAJ, Anna; ERIKSSON, Rikard. Regional diversification and labour market upgrading: Local access to skill-related high-income jobs helps workers escaping low-wage employment. **Cambridge Journal of Regions**, v. XX, August, p. 1–14, 2023.

FAWAZ, Fadi; RAHNAMA-MOGHADAMM, Masha. Spatial dependence of global income inequality: The role of economic complexity. **International Trade Journal**, v. 33, n. 6, p. 542–554, 2019.

FERRAZ, Diogo et al. Linking economic complexity, diversification, and industrial policy with sustainable development: A structured literature review. **Sustainability (Switzerland)**, MDPI, v. 13, n. 3, p. 1–29, fev. 2021.

FRENKEN, Koen; BOSCHMA, Ron. Notes on a complexity theory of economic development. In: BATHELT, Harald; FELDMAN, Maryann; KOGLER, Dieter (Ed.). **Beyond territory: dynamic geographies of knowledge creation, diffusion, and innovation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2011. P. 251.

FRENKEN, Koen; NEFFKE, Frank; VAN DAM, Alje. Capabilities, institutions economic development: synthesis and regional a proposed. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 112, p. 1–11, 2023.

FURTADO, Celso. **Development and undevelopment**. Berkeley: University of California Press, 1964.

GALA, Paulo. **Complexidade Econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2017. P. 144.

GALETTI, Jefferson R B et al. Types of occupational relatedness and branching processes across Brazilian regions. **Area Development and Policy**, v. 0, n. 0, p. 1–23, 2022.

GHOSH, Sudeshna et al. Does economic structure matter for ıncome ınequality? **Quality & Quality**, July, 2022.

GINI, Conrado. **Variabilità e mutabilità: contributo allo studio delle distribuzioni e delle relazioni statische**. Bologna: Tipografia Di Paolo Cuppini, 1912.

HANE-WEIJMAN, Emelie; ERIKSSON, Rikard H.; RIGBY, David. How do occupational relatedness and complexity condition employment dynamics in periods of growth and recession? **Regional Studies**, Routledge, v. 56, n. 7, p. 1176–1189, 2022.

HANSEN, Teis. The foundational economy and regional development. **Regional Studies**, v. 56, n. 6, p. 1033–1042, 2022.

HARTMANN, Dominik. **Economic complexity and human development: How economic diversification and social networks affect human agency and welfare**. London: Routledge, 2018. P. 1–218.

HARTMANN, Dominik; BEZERRA, Mayra; PINHEIRO, Flávio L. Identifying smart strategies for economic diversification and inclusive growth in developing economies. The case of Paraguay. Hohenhein, 2019. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/195059/1/1663049440.pdf>.

HARTMANN, Dominik; GUEVARA, Miguel R. et al. Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality. **World Development**, v. 93, p. 75–93, 2017.

HARTMANN, Dominik; PINHEIRO, Flávio L et al. **Economic complexity and inequality at the national and regional level**. [S.l.: s.n.], 2022.

HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César A. The network structure of economic output. **Journal of Economic Growth**, v. 16, n. 4, p. 309–342, 2011.

HAUSMANN, Ricardo; HWANG, Jason; RODRIK, Dani. What you export matters. **Journal of Economic Growth**, v. 12, n. 1, p. 1–25, 2007.

HIDALGO, César A. Economic complexity theory and applications. **Nature Reviews Physics**, v. 3, n. 2, p. 92–113, 2021.

_____. From useless to keystone. **Nature Physics**, Nature Publishing Group, v. 14, n. 1, p. 9–10, 2018. ISSN 1745-2473. DOI: 10.1038/nphys4337. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/nphys4337>.

_____. The Dynamics of Economic Complexity and the Product Space over a 42 year period. Cambridge, MA, 2009.

_____. The policy implications of economic complexity. **Research Policy**, v. 52, n. 9, 2023.

HIDALGO, César A.; BALLAND, Pierre Alexandre et al. The Principle of Relatedness. In: UNIFYING THEMES IN COMPLEX SYSTEMS IX. ICCS 2018. (Ed.). **Springer Proceedings in Complexity**. IX. ed. Cham: Springer International Publishing, 2018. v. IX. P. 451–457.

HIDALGO, César A.; HAUSMANN, Ricardo. The building blocks of economic complexity. **PNAS**, v. 119, n. 6166, p. 15, 2009.

HIDALGO, César A.; WINGER, Bailey et al. The product space conditions the development of nations. **Science**, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.

HIRSCHMAN, Albert O. **The Strategy of Economic Development**. New Haven: Yale University Press, 1958.

HOFFMANN, Rodolfo; BOTASSIO, Diego Camargo; JESUS, Josimar Gonçalves de. **Distribuição de renda: medidas de desigualdade, pobreza, concentração, segregação e polarização**. São Paulo: Edusp, 2019. P. 384.

IBGE. **Sidra: sistema IBGE de recuperação automática**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 set. 2022.

JACOBS, Jane. **The economy of cities**. New York, NY: Random House, 1969.

KUZNETS, Simon. Economic Growth and Income Inequality. **Amrican Economic Association**, v. 45, n. 1, p. 1–28, 1955.

LEE, Chien Chiang; WANG, En Ze. Economic Complexity and Income Inequality: Does Country Risk Matter? **Social Indicators Research**, v. 154, n. 1, p. 35–60, 2021.

LEE, Kang Kook; VU, Trung V. Economic complexity, human capital and income inequality: a cross-country analysis. **Japanese Economic Review**, v. 71, n. 4, p. 695–718, 2020.

LORENZ, M. O. Methods of measuring the concentration of wealth. **Publications of the American Statistical Association**, v. 9, n. 70, p. 209–219, 1905.

MARSHALL, Alfred. **Principles of Economics**. London: Macmillan, 1890.

MARTIN, R. Roepke Lecture in Economic Geography—Rethinking regional path dependence: beyond lock-in to evolution. **Economic geography**, Wiley Online Library, 2010. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1944-8287.2009.01056.x/full>.

MARTIN, Ron; SUNLEY, Peter. Path dependence and regional economic evolution. **Journal of Economic Geography**, v. 6, n. 4, p. 395–437, 2006.

_____. The place of path dependence in a evolutionary perspective on the economic landscape. In: BOSCHMA, Ron; MARTIN, Ron (Ed.). **The Handbook of Economic Geography**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2010.

MORAIS, Margarida Bandeira; SWART, Julia; JORDAAN, Jacob Arie. Economic complexity and inequality: Does regional productive structure affect income inequality in Brazilian states? **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 2, p. 1–23, 2021.

NELSON, Richard R; WINTER, Sidney G. In search of useful theory of innovation. **Research Policy**, p. 36–76, 1977.

NELSON, Richard R. **The sources of economic growth**. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press, 1996.

PIKETTY, Thomas. **A Economia da Desigualdade**. Rio de Janeiro - RJ: Intrínseca, 2015. P. 148.

PINHEIRO, Flavio L. et al. The dark side of the geography of innovation: relatedness, complexity and regional inequality in Europe. **Regional Studies**, p. 1–16, 2022.

PREBISCH, Raúl. **O desenvolvimento economico da America Latina e alguns de seus problemas principais**. v. VII. [S.l.: s.n.], 1962. Disponível em: <https://archivo.cepal.org/pdfs/cdPrebisch/003.pdf>.

RAIS. **Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>. Acesso em: 28 ago. 2022.

ROSENSTEIN-RODAN, Paul. Problems of Industrialisation of Eastern and South-Eastern Europe. **The Economic Journal**, v. 53, n. 210, p. 202–211, 1943.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

_____. **The theory of economic development**. Harvard: Harvard University Press, 1934.

SEPEHRDOUST, Hamid; TARTAR, Mohsen; GHOLIZADEH, Aliakbar. Economic complexity, scientific productivity and income inequality in developing economies. **Economics of Transition and Institutional Change**, v. 30, n. 4, p. 737–752, 2022.

SIMOES, Alexander J.G.; HIDALGO, César A. The economic complexity observatory: An analytical tool for understanding the dynamics of economic development. **AAAI Workshop - Technical Report**, WS-11-17, January 2011, p. 39–42, 2011.

SUZIGAN, Wilson. Experiência histórica de política industrial no Brasil. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 16, n. 1, p. 3–19, 1996.

TEIXEIRA, Felipe Orsolin; MISSIO, Fabrício José; DATHEIN, Ricardo. Economic complexity, structural transformation and economic growth in a regional context: Evidence for Brazil. **PSL Quarterly Review**, v. 75, n. 300, p. 47–79, 2022.

TÖRÖK, Ibolya; BENEDEK, József; GÓMEZ-ZALDÍVAR, Manuel. Quantifying Subnational Economic Complexity: Evidence from Romania. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 17, 2022.

VAN ECK, Nées Jan; WALTMAN, Ludo. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 8, p. 1635–1651, 2009.

VERHEIJ, Timo; OLIVEIRA, Heder de. Is economic complexity spatially dependent? A spatial analysis of interactions of economic complexity between municipalities in Brazil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 1, p. 318–338, 2020.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. [S.l.]: MIT Press, 2010.

ZHANG, Qizi; WU, Yejun; WANG, Lei. Implications of Increased Regional Economic Complexity. In: ZHANG, Qizi (Ed.). **Transforming Economic Growth and China's Industrial Upgrading**. Beijing, China: Springer, 2018. P. 153–178.

Conclusões

Esta tese analisou a dinâmica microrregional da complexidade econômica e do *relatedness*, bem como seus efeitos sobre o crescimento econômico e a desigualdade de renda formal no Brasil entre 2002 e 2020. A estrutura produtiva exerce papel central nos estudos de complexidade econômica, pois a concentração de capacidades específicas favorece atividades mais sofisticadas, impulsionadas por transbordamentos das economias de especialização industrial e diversidade urbana. No entanto, nem todas as regiões conseguem avançar para produções intensivas em conhecimento ou diversificar suas atividades. O Brasil vem evidenciando em nível macroeconômico um processo de desindustrialização nas últimas décadas, conjuntamente com redução dos níveis de complexidade econômica de suas exportações. Isto se reflete no aspecto regional, onde os estudos recentes mostram que além do agravamento no desadensamento e densificação produtiva industrial, ocorre o processo de desconcentração espacial das atividades de manufatura em conjunto com redução da sua relevância na estrutura produtiva local. Além disso, o país apresenta disparidades econômicas e sociais históricas ao longo de suas regiões.

Três artigos independentes que trazem evidências empíricas relevantes sobre a relação entre complexidade econômica, crescimento econômico e desigualdade de renda no Brasil compõe esta tese. A seguir, estão sintetizados os principais achados, suas contribuições e implicações.

No primeiro artigo efetuou-se o cálculo da complexidade econômica das atividades e foi analisada a distribuição espacial dos indicadores de complexidade econômica e *relatedness* ao longo do tempo. Os resultados mostram que as atividades mais complexas estão concentradas no setor de Indústrias de Transformação, seguido por Atividades de Informática e Serviços Relacionados. As disparidades regionais na sofisticação produtiva e na proximidade do conhecimento persistem no Brasil, pois regiões com maior complexidade e *relatedness* tendem a estar próximas de outras regiões regiões com valores igualmente altos, e o mesmo ocorre para regiões com valores baixos. Regiões mais complexas tendem a agrupar-se, formando *clusters* tipo alto-alto no Sudeste e Sul e baixo-baixo no Norte e Nordeste.

Esta concentração das atividades mais complexas no Sul-Sudeste reforça as disparidades regionais, limitando as oportunidades de diversificação produtiva nas regiões Norte-Nordeste e trazendo desafios às políticas industriais e regionais. Uma nova evidência na literatura é que ao longo do tempo a complexidade econômica tornou-se mais concentrada espacialmente após a crise econômica brasileira de 2015/2016, enquanto a proximidade cognitiva das atividades sina-

liza uma desconcentração regional desde 2011. Tais resultados necessitam de mais estudos para que seus mecanismos de reprodução sejam melhor entendidos. Porém, este resultado sugere que os transbordamentos de conhecimentos produtivos são impactados pelos ciclos econômicos, requerendo instituições capazes de interferir para que as distâncias de capacidades produtivas entre as regiões não se ampliem.

No segundo artigo foram analisados os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* (proximidade de conhecimentos produtivos) sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras. Demonstra-se que existem efeitos positivos da elevação da complexidade econômica e *relatedness* sobre o PIB *per capita* das microrregiões. Havia uma carência de estudos que compreendessem melhor os efeitos da elevação da sofisticação produtiva regional utilizando modelos econométricos robustos, que levassem em consideração tanto a questão da causalidade reversa entre os indicadores (endogenia) como as questões da concentração espacial dos indicadores no território (efeitos da complexidade econômica das regiões vizinhas).

Evidenciam-se, no entanto, efeitos diferenciados no território, quando analisadas as grandes regiões do país, sendo que a complexidade econômica possui associações positivas com o crescimento em todas as regiões. Porém, os coeficientes associados à complexidade econômica são mais elevados para o crescimento econômico nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste e para o *relatedness*, as regiões Nordeste, Norte e Sudeste. Estes achados têm implicações importantes para a literatura, no sentido que foi possível averiguar a dinâmica diferenciada da influência da complexidade econômica local. Excluindo as regiões Sul e Sudeste, que possuem mais microrregiões com maior PIB *per capita*, as demais regiões foram mais beneficiadas pelo nível de complexidade econômica local, o que se torna relevante para que as regiões mais atrasadas busquem maiores capacitações produtivas para que a sofisticação de sua produção seja incrementada.

No terceiro artigo foram analisados os efeitos da complexidade econômica e *relatedness* sobre a desigualdade intra-regional de renda formal no Brasil. Nesta literatura da complexidade econômica e desigualdade de renda, os resultados empíricos encontrados ainda divergiam e haviam carência de análises em níveis regionais. Demonstrou-se que ao elevar a complexidade econômica e *relatedness* regional, a desigualdade de renda do trabalho tende a se reduzir. Esta é uma evidência inovadora que contribui para a literatura da geografia da inovação e da análise das regiões brasileiras. Ademais, buscou-se considerar o nível inicial de desigualdade das microrregiões brasileiras no primeiro período de análise (2002), contribuindo para uma análise

que levem em consideração as diferentes trajetórias econômicas das regiões.

Os efeitos da complexidade econômica na redução da desigualdade de renda foram observados apenas nas microrregiões que já apresentavam maiores níveis de desigualdade no início do período de análise (2002). Essa descoberta representa uma contribuição inédita para a literatura, pois demonstra que diferentes estratégias são necessárias e que é imperativo que se considere o conjunto de capacidades produtivas existentes localmente. Já o nível de proximidade cognitiva das atividades econômicas - *relatedness* foi relevante aos dois grupos, o que leva em conta a sua trajetória de desenvolvimento passado. Os resultados mostram ainda que os baixos indicadores persistentes de complexidade econômica e *relatedness* encontrados no Norte-Nordeste do país podem comprometer sua inserção em novos setores econômicos e no desenvolvimento de tecnologias. Isto é relevante para que a configuração do sistema produtivo local e capacidades locais sejam levados em consideração e inclui evidências em uma literatura que apresentava majoritariamente avaliações a níveis macroeconômicos.

Elevar a complexidade econômica das regiões reflete no seu crescimento econômico, na renda e na distribuição desta, trazendo transformações em seus sistemas produtivos. Nesse sentido, sob a ótica da análise econômica regional, a incorporação de conhecimentos produtivos mais avançados resulta em um *portfólio* de atividades mais diversificado. Para que isso ocorra, exige-se uma maior troca de conhecimentos e aprendizados entre os agentes, ao mesmo tempo em que aumenta a demanda por profissionais e instituições em atividades que requerem elevados níveis de capacitações. O nível de capacitações necessárias para atividades com maior incorporação de conhecimentos (*know-how*) é revelado pela observação direta das atividades existentes em cada local. Utilizam-se nesta perspectiva métodos agnósticos de análise, abrangendo não apenas os setores industriais tradicionais (que poderiam beneficiar as regiões tradicionalmente mais industrializadas do país - Sul e Sudeste), mas todas as atividades econômicas. Tais capacidades configuram bens não transacionáveis, essenciais para o surgimento de novas especializações, o que explica as dificuldades históricas das regiões Norte e Nordeste em elevar a renda, inovar e ingressar em setores mais sofisticados em comparação às demais regiões.

Em linhas gerais, o nível de similaridade produtiva encontrado nas regiões, revela que existem proximidades cognitivas (*relatedness*) entre as atividades econômicas. Isto significa que duas atividades são próximas quando requerem níveis de intensidade de capacitações produtivas semelhantes para serem realizadas. Da mesma forma releva que regiões que possuem capaci-

tações para efetuarem produtos mais complexos, apresentam uma grande gama de atividades que se relacionam entre si. Além de materiais semelhantes, cadeia de valor, *inputs/outputs*, capital e trabalho necessários, a proximidade cognitiva das atividades indica que atividades mais complexas exigem maior capacidade de absorção de conhecimentos, o que necessita de maiores conexões entre os agentes e de aprendizado interativo. É gerado assim maior transbordamento de conhecimentos provenientes de interações virtuosas e maior proximidade da pauta industrial local. Isto pode ser muito bem observado nas regiões que historicamente concentram uma maior quantidade de indústrias (Sul e Sudeste), que possuem maior número de vantagens comparativas produtivas e uma maior densidade de conexões entre as firmas.

Como resultado, a partir do conjunto de capacitações produtivas de um local e da *relatedness* entre as atividades existentes, é possível visualizar um retrato individualizado de cada região do Brasil, refletindo o grau de conexão entre suas atividades econômicas. Nesse contexto, são observados diferentes níveis de capacidade absortiva e de interação entre os agentes que promovem o aprendizado produtivo, o que tem se mantido concentrado no território brasileiro. Isso implica que os níveis de oportunidades tecnológicas variam entre as regiões do país e os setores neles localizados. Ou seja, o conjunto de competências alocadas nos territórios é desigual, favorecendo a produção em atividades nas quais o local já possui competências. Além disso, regiões cujas indústrias estão posicionadas na periferia do Espaço do Produto, no nosso caso o Norte e Nordeste, enfrentam maiores dificuldades para realizar um salto tecnológico em direção a atividades mais complexas. Continuam a necessitar assim, conforme Celso Furtado advertia, de abordagens e instituições capazes de entender a realidade local em busca da transformação do tecido produtivo que supere seu atraso, em considerando suas especifidades locais. Esta tese contribui para a literatura ao demonstrar que o aumento da complexidade econômica e do *relatedness* favorece o desenvolvimento regional, especialmente em áreas historicamente desfavorecidas, como Norte e Nordeste, ao estimular a diversificação produtiva e a inovação.

Os resultados trazem contribuições importantes para as políticas públicas. As desigualdades espaciais persistentes de capacidades produtivas no território brasileiro têm consequências perniciosas. O baixo nível de complexidade econômica e *relatedness* pode mitigar a entrada das regiões Norte e Nordeste em atividades mais sofisticadas e contribuir para a baixa diversificação produtiva. Se não levadas em conta nas políticas públicas, podem comprometer o desempenho das políticas industriais, ressaltando a liderança nos indicadores socioeconômicos e na concentração produtiva espacial nas regiões Sul-Sudeste. As políticas públicas devem

ser adaptadas às capacidades produtivas regionais, considerando quais setores locais estão mais próximos a setores mais sofisticados, promovendo o desenvolvimento de competências que facilitem a transição para atividades mais complexas. Isso inclui incentivos direcionados, parcerias inter-regionais e programas de qualificação profissional por exemplo.

O princípio de *relatedness* contribui para que as políticas sejam desenhadas em função do padrão produtivo presente nos locais, promovendo aprendizado coletivo e troca de conhecimentos intra e inter-regional entre indústrias e regiões. Para promover a complexidade das regiões Norte e Nordeste é relevante criar políticas de intercâmbio e o fluxo de pessoas com conhecimentos específicos necessários, bem como fortalecer os parques industriais colaboram com o aprendizado coletivo local em direção a setores mais complexos. Ainda, é relevante descobrir os mecanismos que fazem com que atividades próximas nestas regiões possam desenvolver novas atividades econômicas com maior sofisticação produtiva. Isto faria com que se promovesse a diversificação produtiva local de forma personalizada para que as desigualdades de capacidades produtivas entre as regiões Norte-Nordeste e Sul-Sudeste não se ampliem.

Os *insights* resultantes contribuem para a literatura ao evidenciar que a promoção da complexidade econômica nas regiões é fundamental para impulsionar o crescimento econômico. Ao elevar o mix de atividades com maior complexidade, contribui fortemente para que regiões mais atrasadas melhorem sua performance econômica, ao passo que ao elevar a proximidade cognitiva das atividades contribui para o fortalecimento do potencial industrial local em direção a segmentos relacionados com maior sofisticação produtiva. Em conjunto, levadas em consideração pelas políticas industriais, a complexidade econômica e *relatedness* local podem ser fatores relevantes dentro do escopo de análise das capacidades locais que considerassem o contexto histórico das regiões em prol da difusão do conhecimento e do crescimento econômico.

Com relação à dinâmica da distribuição de renda nas regiões brasileiras no período analisado, sugere-se que as regiões precisam promover atividades de maior complexidade econômica para contribuir com a redução das desigualdades de renda. Sem desconsiderar as demais políticas públicas relevantes no período para a redução das desigualdades, indicam a relevância da proximidade cognitiva das atividades econômicas para tal. Os formuladores de políticas públicas podem criar incentivos específicos para as regiões para promover a sua complexidade econômica, bem como o desenvolvimento de estratégias para as regiões mais atrasadas para que realizem sua mudança técnica ao mesmo tempo que reduzam sua desigualdade de renda. Evitando assim que a dinâmica de aquisição de capacidades produtivas evolua para um processo

socialmente oneroso.

Em síntese, esta tese demonstrou que a complexidade econômica e o *relatedness* influenciam o crescimento econômico regional e contribuem para a redução das desigualdades de renda formal no Brasil. Os achados reforçam a necessidade de políticas públicas que promovam e direcionem a diversificação produtiva e a capacitação regional, especialmente em áreas historicamente desfavorecidas.

Este estudo tem limitações, que podem ser consideradas em estudos futuros. Apesar do uso consolidado dos dados da RAIS para medir complexidade econômica e *relatedness*, futuras pesquisas podem aprimorar os indicadores, considerando dimensões adicionais de capacitação produtiva e desagregação setorial. Dada a limitação promovida pelos objetivos dos artigos e pela escolha efetuada, não foi possível comparar mais a fundo os resultados com níveis maiores de desagregação dos indicadores das atividades econômicas da RAIS. Ainda existe a limitação a respeito da falta de compreensão dos mecanismos existentes entre complexidade econômica, desigualdade de renda e instituições, não tratada nesta tese. Importante ser pontuado que de igual forma os mecanismos que impulsionam a evolução da complexidade econômica e *relatedness* em níveis regionais ainda demandam esforços para serem melhor compreendidos.