

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES

RODRIGO AUGUSTO DE GODOI

Análise de Indicadores de Complexidade Econômica das Mesorregiões Brasileiras com Base
em Suas Matrizes de Exportações e Importações

São Paulo
2022

RODRIGO AUGUSTO DE GODOI

Análise de Indicadores de Complexidade Econômica das Mesorregiões Brasileiras com Base
em Suas Matrizes de Exportações e Importações

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Souza Laretto

São Paulo
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Artes, Ciências e Humanidades,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)
Brenda Fontes Malheiros de Castro CRB 8-7012; Sandra Tokarevicz CRB 8-4936

Augusto de Godoi, Rodrigo
Análise de Indicadores de Complexidade Econômica
das Mesorregiões Brasileiras com Base em Suas
Matrizes de Exportações e Importações / Rodrigo
Augusto de Godoi; orientador, Marcelo de Souza
Lauretto. -- São Paulo, 2023.
88 p.

Dissertacao (Mestrado em Ciencias) - Programa de
Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos,
Escola de Artes, Ciências e Humanidades,
Universidade de São Paulo, 2023.
Versão corrigida

1. Complexidade Econômica. 2. Sistemas
Adaptativos Complexos. 3. Economia Regional. 4.
Desenvolvimento Econômico. I. Lauretto, Marcelo de
Souza, orient. II. Título.

RODRIGO AUGUSTO DE GODOI

Análise de Indicadores de Complexidade Econômica das Mesorregiões Brasileiras com Base em Suas Matrizes de Exportações e Importações

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

São Paulo, 16 de dezembro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dra. Flavia Sarti
Escola de Artes, Ciências e Humanidades

Prof. Dr. Elton Eduardo Freitas
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Amaury de Souza Amaral
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Dedico este trabalho a todos que acreditam na educação
como meio transformador.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por ter me educado e pelas oportunidades de estudo que tive ao longo da vida.

Um agradecimento especial para o meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Laretto, pelo suporte, orientação e paciência para realizar este trabalho. Estendo esse mesmo agradecimento ao Prof. Dr. Fernando Ferreira pela orientação e todas as sugestões que colaboraram para o enriquecimento deste projeto. Agradeço também os membros da banca Prof.^a. Dra. Flavia Sarti, Prof. Dr. Elton Eduardo Freitas e Prof. Dr. Amaury de Souza Amaral por ter aceitado o convite e pelas sugestões pertinentes.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Complexas pelas aulas, empenho e aprendizado e também aos demais alunos pelas ricas discussões. Por fim, agradeço a meus amigos e todos aqueles que acreditaram, apoiaram e estiveram juntos durante esse processo.

"Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem
ela tampouco a sociedade muda"
(Paulo Freire)

RESUMO

DE GODOI, Rodrigo Augusto. Análise de Indicadores de Complexidade Econômica das Mesorregiões Brasileiras com Base em suas Matrizes de Exportações e Importações. 2022. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Dado o crescente debate e estudo sobre complexidade regional no Brasil e no mundo, buscou-se mensurar e analisar a complexidade econômica das mesorregiões brasileiras através de adaptações na metodologia original, de Hidalgo et al. (2007). Nesta última, predomina o fundamento da pauta exportadora e importadora, o que foi mantido para este trabalho. A partir do reconhecimento da economia como um sistema complexo e das exportações como um reflexo do mínimo que um país tem de recursos e capacidade produtiva pode-se aprofundar o estudo sobre a estrutura e complexidade econômica subnacional. Assim, a primeira abordagem analisou o fluxo comercial das mesorregiões com o exterior, sem considerar os fluxos internos entre elas, e, através dos dados de exportação e importação obtidos da Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais (SECINT), calculou as vantagens comparativas reveladas (RCA) e, conseqüentemente, os respectivos índices de complexidade econômica (ICE). A segunda abordagem calculou o ICE pela ponderação dos índices de complexidade de produto (PCI) global pelo peso dos produtos exportados e importados na cesta de cada mesorregião. Os resultados apontaram para uma grande diferença de produtos exportados e importados, predominando aqueles pouco complexos na exportação e mais complexos na importação. Além disso, ficou evidenciada a grande desigualdade regional existente no Brasil ao observar uma maior complexidade nas regiões costeiras e menor no interior, com o oposto ocorrendo ao se olhar as importações. Assim, os resultados destacam a grande diversidade de perfis das mesorregiões. Foram observadas as relações da complexidade com o PIB per capita, sendo positivas para a indústria e negativas para a agropecuária, e a baixa mobilidade das mesorregiões ao longo do tempo. Por fim, os resultados mostraram a viabilidade das adaptações feitas à metodologia original de complexidade e permitiram uma análise e um diagnóstico detalhados da desigualdade das diferentes estruturas regionais do país.

Palavras-chave: Complexidade Econômica. Sistemas Adaptativos Complexos. Economia Regional. Desenvolvimento Econômico.

ABSTRACT

DE GODOI, Rodrigo Augusto. Analysis of the Economic Complexity Index based on Brazilian Mesoregion Export and Import Matrixes. 2022. 88 p. Dissertation (Master of Science) - School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2022.

Given the growing debate and study about regional complexity in Brazil and the world, the economic complexity of Brazilian mesoregions was analyzed through adaptations in the original methodology from Hidalgo et al. (2007). In the latter, the export-import balance predominates, which was maintained for this study. From the recognition of the economy as a complex system and of exports as a reflection of the minimum that a country has of resources and productive capacity one can deepen the study of the subnational economic structure and complexity. Thus, for the first approach the commercial flow of the mesoregions with foreign countries was analyzed, without considering the internal flows between them, and using export and import data from the Foreign Trade and International Affairs Special Secretariat (SECINT) it was possible to calculate the revealed comparative advantages (RCA) and, consequently, the indexes of economic complexity (ECI). The second approach calculated the ECI by weighting the overall product complexity indices (PCI) by the weight of exported and imported products in the mesoregion's basket. The results pointed to a big difference between exported and imported products, with a predominance of less complex products in exports and more complex ones in imports. Still, the great regional inequality in Brazil was evidenced when observing a greater complexity in the coastal regions and less in the interior, with the opposite occurring when looking at imports. Moreover, the results were able to highlight the great diversity of profiles of the mesoregions. The association between complexity and GDP per capita was observed, being positive for industry and negative for agriculture, as were the low mobility of the mesoregions over time. Lastly, the results showed the feasibility of the adaptations made to the original complexity methodology and allowed a detailed analysis and diagnosis of the inequality between the different regional structures in the country.

Keywords: Economic Complexity. Complex Adaptative Systems. Regional Economy. Economic Development.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Ordenado por Valor Exportado	45
Tabela 2 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Exportadoras em 2019 - Ordenado por ICEP-E (esquerda) e ICE-E (direita)	46
Tabela 3 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Exportadoras em 2019 - Ordenado pela média dos ICes	49
Tabela 4 — Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Ordenado por Valor Importado	50
Tabela 5 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Importadoras em 2019 - Ordenado por ICEP-I (esquerda) e ICE-I (direita)	52
Tabela 6 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Importadoras em 2019 - Ordenado pela média dos ICes	54
Tabela 7 — Sumário Estatísticas - Diferencial de Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019	55
Tabela 8 — Diferencial de Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Dez maiores valores absolutos	56
Tabela 9 — Complexidade Econômica dos Produtos Exportados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Valor Exportado	60
Tabela 10 — Complexidade Econômica dos Produtos Exportados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade	61
Tabela 11 — Complexidade Econômica dos Produtos Importados pelo Brasil em 2019 - Por Ordem de Valor Importado	65
Tabela 12 — Complexidade Econômica dos Produtos Importados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade	66
Tabela 13 — Indicadores Utilizados para Análise Temporal de Complexidade das Mesorregiões em 2000 e 2010	70
Tabela 14 — Resumo dos Indicadores Utilizados para Análise Temporal de Complexidade das Mesorregiões em 2000 e 2010	70
Tabela 15 — Regressão dos ICes em função dos Indicadores Socioeconômicos, de Infraestrutura, Educação e Formação de Capital - 2000 e 2010	73
Tabela 16 — Modelos Regressões ICE - Após Seleção de Variáveis	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Ordenado por Valor Exportado	44
Figura 2 — Relação Linear entre Complexidade e Valor Exportado em 2019	46
Figura 3 — Mapas dos Índices de Complexidade Econômica - Exportação (2019)	48
Figura 4 — Relação Linear entre os ICEs de Exportação - 2019	48
Figura 5 — Distribuição Empírica da Complexidade das Mesorregiões - Exportação (2019)	50
Figura 6 — Relação Linear entre Complexidade e Valor Importado - 2019	51
Figura 7 — Mapas dos índices de Complexidade Econômica - Importação (2019)	53
Figura 8 — Relação Linear entre os ICEs de Importação - 2019	53
Figura 9 — Distribuição Empírica da Complexidade das Mesorregiões - Importação (2019)	55
Figura 10 — Relação Linear entre Complexidade de Exportação e Importação das Mesorregiões - 2019	58
Figura 11 — Histograma, Dispersão e Correlação dos Índices de Complexidade de Produto e o Valor Exportado - 2019	59
Figura 12 — Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022)	61
Figura 13 — Relação Linear entre os PCIs de Exportação - 2019	63
Figura 14 — Histograma, Dispersão e Correlação dos Índices de Complexidade de Produto e o Valor Importado - 2019	64
Figura 15 — Relação Linear entre Complexidade de Produto e Valor Importado - 2019 ..	66
Figura 16 — Relação Linear entre os PCIs de Importação - 2019	68
Figura 17 — Histograma, Dispersão e Correlação entre os ICEs e Indicadores Socioeconômicos para os anos 2000 e 2010	72
Figura 18 — Relação Linear entre o ICE-E	75
Figura 19 — Relação Linear entre o ICEP-E	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
C&T	Ciência e Tecnologia
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Cepal	Comissão Econômica para a América Latina
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CsF	Ciencia sem Fronteiras
ECI	Economic Complexity Index
F-K	Índice Finger-Kreinin
FHC	Fernando Henrique Cardoso
FIES	Fundo de Financiamento do Estudante do Ensino Superior
Fundeb	Fundo do Desenvolvimento e Manutenção da Educação Básica e do Magistério
Fundef	Fundo de Desenvolvimento e Manutenção do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério
I PND	I Plano Nacional de Desenvolvimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICE	Índice de Complexidade Econômica
II PND	II Plano Nacional de Desenvolvimento
ISE	Índice de Sofisticação Econômica
ISEa	Índice de Sofisticação Econômica Adaptado
ISP	Índice de Sofisticação de Produto
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
Mcp	Matriz Espaço-Produto
OECD	Observatory of Economic Complexity
PAEG	Plano de Ação Econômica do Governo
PBDCT	Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PCI	Índice de Complexidade do Produto (ou Product Complexity Index)
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PED	Programa Estratégico de Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior

ProUni	Programa Universidade Para Todos
PSEC	Plano Setorial de Educação e Cultura
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RCA	Vantagem Comparativa Revelada (ou Revealed Comparative Advantage)
Reuni	Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
SECINT	Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Objetivos	17
1.2	Motivação e Justificativa	17
1.3	Estrutura geral do documento	18
2	Revisão de literatura	19
2.1	Desenvolvimento e Vantagem Comparativa	19
2.2	Complexidade Econômica	23
2.2.1	Aplicações e Alternativas ao Índice de Complexidade Econômica	26
2.2.2	Limitações do Índice de Complexidade Econômica	29
2.3	Políticas de Tecnologia, Educação e Formação de Capital Humano no Brasil	30
3	Metodologia	36
3.1	Caracterização do Estudo	36
3.1.1	Limitações	37
3.2	Definição de Termos Relevantes para a Pesquisa	37
3.2.1	Primeira abordagem: Cálculo do ICE e PCI	37
3.2.2	Segunda abordagem: Cálculo do ICEP	40
3.2.3	Diferencial de Complexidade: Diferença entre complexidade de exportação e importação	41
3.3	Aplicação da complexidade nesse trabalho	41
3.3.1	Criação de um Diferencial de Complexidade	41
3.3.2	Relações da Complexidade com os volumes de exportação e importação e suas abordagens	42
3.3.3	Evolução temporal da Complexidade e sua relação com indicadores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital	42
4	Resultados e Discussão	43
4.1	Complexidade econômica das mesorregiões brasileiras em 2019	43
4.1.1	Relação entre Exportação e Complexidade	45
4.1.2	Relação entre Importação e Complexidade	50
4.1.3	Diferencial de Complexidade das Mesorregiões	55

4.1.4 Complexidade dos Produtos Exportados	58
4.1.5 Complexidade dos Produtos Importados	63
4.2 Evolução temporal (2000 e 2010) da Relação entre Complexidade e Indicadores Socioeconômicos, Infraestrutura, Educação e Formação de Capital	69
4.3 Evolução temporal dos índices de Complexidade Econômica dos anos 2000, 2010 e 2019	74
5 Conclusão	77
Referências	79

1 Introdução

A compreensão do desenvolvimento econômico e da riqueza das nações é um tema importante no estudo da teoria econômica desde Smith (1776). Este atribuiu a geração de riqueza à divisão do trabalho, a qual permitirá uma maior especialização por parte dos trabalhadores e o desenvolvimento de habilidades para a produção de determinados bens. No entanto, os países não produzem igualmente seus bens, o que engendrou o conceito de vantagem comparativa, com o qual se argumenta que as regiões buscam se especializar no comércio daquilo em que são mais produtivas e teriam uma maior vantagem em relação a seus pares (RICARDO, 1816).

Assim, há uma relação entre a divisão do trabalho e a decisão sobre qual bem produzir, que será essencial para o desenvolvimento da economia (KRUGMAN, 1979). Esse processo está alinhado ao descrito por Saviotti e Frenken (2008) que atribuem o desenvolvimento das economias ao aumento da diversificação das suas estruturas de produção e consumo. Ou seja, a produção e a exportação de um país, ou a origem da sua riqueza, estão relacionadas com o seu capital humano e físico, fatores de trabalho, recursos naturais e suas especialidades (HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2005). Kunimoto (1977) igualmente identifica diversos fatores, e suas interações, como relevantes para a determinação da exportação e importação de um país, incluindo aspectos como o tamanho da economia, tarifas comerciais e a distância dos principais mercados mundiais nessa análise. Já, Krugman (1979) argumenta que é a presença desses diversos fatores que influenciará um país a ter uma vantagem comparativa na produção de um determinado bem e isso será essencial para a dinâmica de geração de riqueza. Por fim, Hidalgo e Hausmann (2009) propõem que a vantagem comparativa será determinada por recursos tangíveis, como infraestrutura, terra, tecnologia e capital humano, e intangíveis, como o conhecimento embutido na população.

Desse modo, a vantagem comparativa se tornou importante no debate sobre comércio internacional, que passou a ter um amplo leque de modelos para mensurar a especialização produtiva dos países, cada um com as suas restrições, conceitos e variáveis (FREITAS; PAIVA, 2015). Essa noção parte do princípio de que, para produzir determinado produto, um país deve possuir certa variedade de capacidades, que podem incluir condições climáticas favoráveis, habilidades de trabalho e pesquisa científica, entre outros. Como estas capacidades nem sempre são mensuráveis, elas podem ser indiretamente inferidas pela cesta de exportação, já que, para exportar determinado bem, é necessário que se tenha a estrutura para produzi-lo.

Foi o estudo de Balassa (1965) sobre os efeitos de longo prazo da liberação do comércio que permitiu a evolução do conceito da vantagem comparativa para vantagem comparativa revelada (ou *Revealed Comparative Advantage*, RCA) e a criação de um índice próprio. A vantagem comparativa é revelada ao expor os padrões de comércio entre os países

e seus produtos, refletindo os custos relativos e diferenças em outros fatores além do preço. Mais do que uma determinada capacidade ou outra, será a combinação delas que permitirá que algumas economias tenham uma vantagem comparativa em determinados produtos em detrimento de outros. Albeaik et al. (2017) citam como a exportação de determinados produtos reflete os aspectos de infraestrutura, empresas e instituições necessárias para a produção e sua mensuração pode fornecer inferências mínimas a respeito da estrutura produtiva de um país.

A presença de produtos na cesta de exportação de um país reflete o conhecimento e *know-how* mínimo embutido na sua população (HIDALGO et al., 2007). Produtos complexos e sofisticados exigem uma rede ampla de profissionais especializados, indústrias correlatas e instituições que permitam a competitividade econômica destes produtos (HARTMANN et al., 2017). Da mesma forma, produtos simples e de pouco valor agregado refletem o oposto. O conjunto de produtos que uma economia produz determina as opções de trabalho, aprendizados, poder de barganha de trabalhadores e sindicatos e reflete o mínimo de conhecimento concentrado naquela sociedade. (HARTMANN et al., 2017). As estruturas produtivas também são bons indicadores do nível de capital humano de uma economia e da saúde de suas instituições, já que a produção de produtos sofisticados depende da habilidade das pessoas de formar redes profissionais e sociais (HAUSMANN et al., 2014). Por isso, produtos complexos tendem a exigir uma maior quantidade e distribuição de conhecimento tácito do que produtos simples e baseados na abundância de recursos ou em baixo custo de mão de obra (HARTMANN *et al.*, 2017).

Após a percepção da economia como um sistema adaptativo e evolutivo e seu tratamento como um sistema complexo, engendraram-se análises nas exportações e inferências sobre a estrutura produtiva dos países, colaborando para o surgimento do Índice de Complexidade Econômica (ICE) (ARTHUR, 1999; HIDALGO *et al.*, 2007). O ICE mede a complexidade através de dois indicadores: diversidade e ubiquidade (HAUSMANN *et al.*, 2014). A diversidade é relacionada a quantos produtos diferentes um país consegue produzir, enquanto a ubiquidade está relacionada com quantos países conseguem produzir cada produto. Uma economia diversa e com baixa ubiquidade seria uma desenvolvida, pois focaria na produção de bens produzidos por poucos países. Já países menos desenvolvidos teriam uma economia menos diversa e mais ubíqua, ou seja, produtos menos complexos, muitas vezes *commodities* e recursos naturais. Uma interpretação do ICE é que a diversificação da cesta de exportação de um país reflete seu nível mínimo de desenvolvimento industrial (MARIANIA *et al.*, 2015).

As capacidades existentes e demonstradas através da cesta de exportação de um país não determinam apenas a complexidade produtiva atual, mas também a futura, visto que ela depende da atual. Alencar et al. (2018, p. 254) complementam:

Para que uma nova indústria se estabeleça em determinada economia, é preciso que exista capital humano específico, infraestrutura, regulamentações, entre outros fatores que podem ser caracterizados como capacidades. Dessa forma, em uma economia periférica, novos bens não podem ser produzidos porque essas capacidades não existem.

Isso demonstra a dificuldade em se desenvolver certas capacidades em países pobres pois muitas vezes as indústrias demandantes não existem (ALENCAR et al., 2018). Para Hidalgo e Hausmann (2009) e Hausmann *et al.* (2014) a complexidade e a diversidade de produtos são bons indicadores do conhecimento e habilidades disponíveis em uma economia e não são capturados meramente pelas medidas de capital humano, como anos de escolaridade. Como o poder econômico engendra poder político, economias não diversificadas, como aquelas de países que dependem de recursos naturais, estão mais suscetíveis a sofrerem interferências econômicas e políticas (HARTMANN, 2014).

O ICE, além de se correlacionar com o crescimento econômico, tem em suas medidas correlatas um indicador de quais novas atividades econômicas um país poderia ter sucesso considerando as suas habilidades existentes (HIDALGO, 2021). Outras aplicações do ICE são as inferências sobre as capacidades produtivas dos países e seu poder preditivo para fatores como Produto Interno Bruto (PIB) e desenvolvimento econômico (MEALY; FARMER; TEYTELBOYM, 2019). Essas aplicações da complexidade econômica podem servir de suporte na aplicação de políticas de desenvolvimento econômico, tecnológico e de formação de capital humano ao fornecer uma caracterização detalhada de estruturas econômicas e prover uma base quantitativa para as suas ações (RODRIK, 2019).

Neste trabalho, o ICE teve duas abordagens. Uma que mensurou o ICE através da metodologia de Hausmann *et al.* (2014), porém calculando a vantagem comparativa revelada, diversidade e ubiquidade com base apenas nos dados de comércio internacional (exportação e importação) das mesorregiões brasileiras com o exterior. Embora se possa perder as referências internacionais de complexidade que o ICE provém, ganha-se no contexto local das mesorregiões e no poder comparativo entre elas. A segunda abordagem consistiu na adoção do Índice de Complexidade do Produto (ou *Product Complexity Index*, PCI) para os bens exportados e importados, a partir dos índices internacionais disponíveis no Growth Lab at Harvard University¹ e também presentes em Hausmann *et al.* (2014). Com isso, a complexidade das mesorregiões foi calculada com base no PCI ponderado pelo valor de suas exportações e importações.

As duas abordagens são complementares e permitiram analisar quais fatores são melhores para descrever e ordenar as mesorregiões brasileiras, seus produtos em termos de complexidade, suas capacidades produtivas mínimas e mobilidade e desenvolvimento ao longo do tempo. Ambos os índices engendrados foram analisados contra indicadores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital visando

¹ Atlas of Economic Complexity, disponível em: <https://atlas.cid.harvard.edu/>

compreender a relação desses fatores com o grau de sofisticação econômica das mesorregiões e quais variáveis colaboram para a sua previsão e para o desenvolvimento econômico.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é mensurar o índice de complexidade econômica das mesorregiões brasileiras com base em suas matrizes de exportações e importações através da metodologia desenvolvida por Hidalgo *et al.* (2007) e pela ponderação das exportações e importações pelo PCI disponível em Hausmann *et al.* (2014).

Os objetivos específicos do projeto são:

1. Criação de um Diferencial de complexidade (diferença entre os índices de complexidade econômica dos produtos exportados e importados) de forma a identificar as mesorregiões mais e menos desenvolvidas e investigar a relação entre as complexidades de exportação e importação
2. Analisar os Índices de Complexidade Econômica das mesorregiões brasileiras e suas relações com os volumes de exportação e importação, ordená-las por ordem de complexidade e investigar o grau de similaridade e divergência entre as abordagens
3. Analisar a evolução temporal entre os Índices de Complexidade Econômica e os respectivos indicadores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital e a mobilidade e desenvolvimento da complexidade no período

1.2 Motivação e Justificativa

A metodologia do índice de complexidade econômica permite realizar um diagnóstico sobre a capacidade produtiva mínima de um país e, em conjunto com outros indicadores correlatos, fornece uma caracterização das estruturas econômicas e provê uma base quantitativa para possíveis ações (HIDALGO *et al.*, 2007; RODRIK, 2019). Assim, considerando a baixa sofisticação da cesta de exportações e a desigualdade no Brasil, este trabalho tem como motivação ser um instrumento de suporte à formulação de políticas públicas regionais, ao trazer uma análise detalhada das mesorregiões brasileiras, de suas capacidades produtivas mínimas e da desigualdade entre elas. A metodologia e os objetivos propostos almejam um melhor diagnóstico da capacidade produtiva das mesorregiões, assim como do conjunto de habilidades e conhecimentos nelas embutidos, para que os resultados auxiliem na compreensão de quais fatores estão relacionados com o desenvolvimento econômico e possam servir de insumo para a criação de estratégias de desenvolvimento regional. Como os dados utilizados são abertos, os métodos empregados podem ser replicados pelas áreas de planejamento de cada região.

O estudo da complexidade econômica de forma regional no Brasil é relativamente recente, tendo começado através do projeto DataViva em 2013 e posteriormente com Freitas e Paiva (2015). Embora tenha havido outros estudos futuramente, há uma carência sobre a aplicação da complexidade econômica no Brasil, principalmente sob abordagens distintas, sendo uma motivação deste projeto colaborar para o desenvolvimento do campo. Assim, o projeto propõe auxiliar o estudo da complexidade econômica e, na mesma medida em que traz respostas sobre alguns aspectos, pretende descobrir e levantar outros temas de estudo futuro. Por fim, o projeto tem como motivação o aumento da produção científica e desenvolvimento da intersecção do campo de Modelagem de Sistemas Complexos com a Economia.

1.3 Estrutura geral do documento

O Capítulo 2 trata da revisão de literatura, a qual será iniciada na Seção 2.1 apresentando o desenvolvimento e o conceito de vantagem comparativa. A Seção 2.2 destaca o conceito da economia como um sistema complexo e, conseqüentemente, a complexidade econômica. Já a Seção 2.3 traz uma revisão sobre o histórico de políticas de tecnologia, educação e formação de capital humano no Brasil.

O Capítulo 3 trata da metodologia empregada neste trabalho. A Seção 3.1 faz uma caracterização do estudo e detalha a origem e limitação dos dados. Já a Seção 3.2 detalha as equações e definições relevantes para a pesquisa. O Capítulo termina com a Seção 3.3, que apresenta o processamento e a análise dos dados, e como eles se relacionam com os objetivos da Seção 1.1.

O Capítulo 4 apresenta os resultados do trabalho, e sua discussão, iniciando com a complexidade das mesorregiões em 2019 na Seção 4.1. As demais Seções são subníveis deste primeira e tratam das relações entre complexidade e os valores de exportação e importação, diferencial da complexidade e da análise temporal da complexidade e sua relação com indicadores socioeconômicos, de infraestrutura e de formação de capital. Em paralelo, o Capítulo 4 também traz a discussão sobre os resultados, os relacionando com os temas desenvolvidos na Seção 2 e levantando o que foi confirmado pela literatura revisão de literatura, o que divergiu e os pontos que não haviam sido analisados.

Por fim, o capítulo 5 conclui este trabalho e realiza um sumário dos principais pontos levantados, além de citar temas de interesse para estudos futuros.

2 Revisão de literatura

2.1 Desenvolvimento e Vantagem Comparativa

Entender como as nações se desenvolvem e geram riqueza sempre foi um tema abordado com frequência na literatura econômica. Saviotti e Frenken (2008) afirmam que conforme as economias foram se desenvolvendo, as estruturas de produção e consumo tornaram-se crescentemente diversificadas. Esta ideia já era defendida por Smith (1776), que relacionava a geração de riqueza à divisão do trabalho, pois, à medida que mais trabalhadores se especializassem em uma tarefa, mais desenvolvidas seriam as habilidades para produzir determinados bens. Esse processo, no decorrer do tempo e com a chegada da revolução industrial, e das inovações tecnológicas dela decorrentes, teria contribuído fortemente para o aumento da riqueza das nações.

Assim, de acordo com os autores citados, pode-se deduzir que os bens que um país produz e exporta são reflexos mínimos da capacidade e conhecimento que ele possui e são essenciais para o desenvolvimento. Nessa mesma direção, Hausmann, Hwang e Rodrik (2005) atribuem a produção e exportação de um país a seu capital humano e físico, trabalho, recursos naturais e suas especialidades. A decisão de qual bem produzir, aliás, é de extrema relevância e está relacionada com o crescimento e o desenvolvimento de uma economia (KRUGMAN, 1979). No entanto, essa definição nem sempre é tão simples e vai depender, em larga escala, da definição de distribuição e destino dos bens produzidos, o que, por sua vez, será afetada pela capacidade de outros países produzirem e exportarem os mesmos produtos (KRUGMAN; OBSTFELD, 2008). Ou seja, para um país definir o que será produzido e exportado para outros é necessário compreender quantos países também conseguem produzir os mesmos produtos.

Naturalmente, os países não produzem igualmente seus bens (e nem têm a capacidade para isso), fato já observado no século XIX. Ricardo (1816) introduziu o conceito de vantagem comparativa, onde argumentou que as regiões buscam se especializar no comércio daquilo em que são mais produtivas. Ele considerou que este fato deveria ser explorado pelas nações para aumentar sua riqueza e fomentar o desenvolvimento, o que foi exemplificado na época pela produção de vinho por Portugal e de lã pelo Reino Unido. Ainda hoje a vantagem de se produzir certos bens em algumas regiões se mantém, mesmo que mudanças no eixo global de produção tenham ocorrido nas últimas décadas. Como nem sempre está claro como a relação entre estrutura produtiva e posição geográfica determina as especialidades de produção de cada país, Meier e Stiglitz (2000) também a atribuem à capacidade e formação técnica dos trabalhadores.

Assim, a vantagem comparativa de se produzir determinados bens seria determinada exclusivamente pelo diferencial de produtividade do trabalho, ou seja, do fator de produção (

MEIER; STIGLITZ, 2000). Krugman (1979) argumenta que a presença de diversos fatores vai influenciar um país a ter uma vantagem comparativa na produção de um determinado bem e isso impacta positivamente na dinâmica de geração de riqueza. Kunitomo (1977) também destaca a presença de vários fatores, e suas interações, que contribuem para a determinação do que será exportado e importado por um país, como o tamanho de sua economia, tarifas comerciais e a distância dos principais mercados mundiais. Dessa forma, o fluxo comercial de um país (suas exportações e importações) passou a servir como base para o cálculo de índices que refletissem quais bens uma nação tem mais ou menos vantagem em produzir e exportar. Vollrath (1991) complementa que uma medida empírica de vantagem comparativa agregada pode identificar a direção que os investimentos de um país devam seguir para explorar de forma eficiente as diferenças no comércio internacional para o suprimento e demanda de produtos.

Com o passar do tempo e da evolução da computação, Hidalgo e Hausmann (2009) propuseram uma abordagem alternativa ao entendimento das relações entre comércio internacional e desenvolvimento econômico chamada Espaço Produto (*Product Space*) (FREITAS; PAIVA, 2015). Este modelo propõe que a possibilidade de se ter uma vantagem comparativa e ser competitivo na produção e exportação de determinado produto dependerá, além da dotação de recursos mensuráveis, como infraestrutura, terra, capital humano e tecnologia, de uma gama de recursos intangíveis, chamados capacidades (ou *capabilities*) (FREITAS; PAIVA, 2015). Será, ainda, a disponibilidade destes recursos e seu grau de sofisticação que irão determinar as perspectivas de desenvolvimento econômico de cada país. Freitas e Paiva (2015) complementam que o caminho factível para o desenvolvimento econômico é introduzir na pauta de exportação produtos que sejam mais sofisticados, porém utilizem as mesmas capacidades daqueles produtos que já são produzidos.

Consequentemente, a vantagem comparativa se tornou importante no debate sobre comércio internacional, que passou a ter um amplo leque de modelos, cada um com suas restrições, conceitos e variáveis (FREITAS; PAIVA, 2015). Um desses modelos é o de Heckscher-Ohlin que a partir da teoria das vantagens comparativas de Ricardo (1816), introduz outros fatores além da mão de obra (HECKSCHER; OHLIN, 1991 *apud* JONES, 2000). Segundo esse modelo, um país exportará aqueles bens cujos fatores de produção são abundantes, sejam bens intensivos em capital ou mão de obra. Jones (2000) acrescenta que, como consequência, o padrão de comércio internacional será determinado pelas diferenças na dotação de fatores entre os países. Outros autores, como Leontief nos anos 1950, testaram a validade deste modelo e com o processo de globalização, as relações de comércio internacional se tornaram cada vez mais dinâmicas e os modelos econômicos mais complexos (LEONTIEF, 1953 *apud* FREITAS; PAIVA, 2015). Liesner (1958), mais adiante, analisou os fluxos de exportação de alguns países europeus para determinar quais setores eram mais fortes, sob a premissa de que, em um cenário sem tarifas e impostos, as nações tendem a se especializar nas *commodities* em que possuem vantagem comparativa.

Outras medidas para mensurar a especialização produtiva dos países também surgem, como o índice de Herfindahl. Amity (1999) cita que o índice Finger-Kreinin (F-K) pode ser usado como medida de especialização relativa, já que compara a relevância da produção de um país a outro, embora o critique por usar a exportação como aproximação para consumo. Com os estudos de Balassa (1965) acerca dos efeitos de longo prazo da liberalização do comércio, o conceito de vantagem comparativa se populariza e evolui para vantagem comparativa "revelada" (RCA) e começa a ser mensurado através de um índice. Balassa (1965) explorou possibilidades em várias explicações teóricas de comércio internacional de forma a determinar padrões na vantagem comparativa, o que o levou a considerá-la como a soma de diversos fatores, alguns mais ou menos difíceis de se mensurar. A vantagem comparativa seria "revelada" ao examinar padrões de comércio reais de países e *commodities*, já que refletiria tanto os custos relativos quanto as diferenças em outros fatores.

Dessa forma, a vantagem comparativa revelada, ou índice de Balassa, é basicamente uma normalização da participação de um produto na exportação, definida pela fração entre a participação de uma determinada indústria na exportação de um país e a participação dessa mesma indústria nas exportações de um conjunto de países de referência (BALASSA, 1965). O RCA, representado analiticamente na Equação (1), terá sempre seus valores dentro do intervalo de zero e infinito, sendo que valores acima de um significam que há uma vantagem comparativa enquanto os abaixo de um representam o oposto.

$$RCA_{cp} = \frac{X_{cp} / \sum_p X_{cp}}{\sum_c X_{cp} / \sum_c \sum_p X_{cp}}, \quad (1)$$

onde:

- X_{cp} : A soma dos valores exportados pela região c para o produto p .

Além do índice, Balassa (1965) também usou outra medida baseada nos quocientes entre exportação e importação; porém o consenso permaneceu no primeiro, já que restrições no comércio poderiam comprometer a eficiência desta nova medida (HINLOOPEN; MARREWIJK, 2008). É Hillman (1980), no entanto, quem fornece a base teórica para que a vantagem comparativa revelada seja amplamente utilizada ao desenvolver a condição de correspondência suficiente e necessária para comparar, em países e setores diferentes, tanto o RCA quanto os custos relativos de produção, o que foi chamado de condição Hillman (HINLOOPEN; MARREWIJK, 2008). Ao demonstrar analiticamente que um índice voltado ao desempenho das exportações, como o RCA, não é apropriado para comparações de diferentes *commodities*, Hillman (1980) estabelece as condições necessárias para que mudanças no RCA sejam consistentes com as mudanças nos fatores relativos dos países – ou seja, para que uma mudança na exportação de um bem intensivo em trabalho seja positiva para um país, dada uma modificação em seus fatores de trabalho (MARCHESE;

SIMONE, 1989). Dessa forma, o RCA evoluiu para ser mais amplamente usado; Yeats (1985) atribui sua atratividade à facilidade de transformá-lo em um índice que permite comparações entre países e indústrias, o que foi feito por Porter (2011), por exemplo, para classificar os setores fortes dos países.

O RCA, no entanto, também apresenta limitações e dificuldades associadas ao seu uso para análise econômica decorrente da pouca ou nenhuma evidência sobre a distribuição dos valores deste índice para países em diferentes indústrias, o que pode acarretar vieses (YEATS, 1985). Por exemplo, se para uma indústria os valores do RCA de um país forem altamente concentrados em torno de um, a nação com a maior vantagem comparativa pode ter um RCA relativamente baixo. Por outro lado, se a produção e a exportação de uma indústria forem altamente concentradas em poucos países é possível que a nação que não tem a maior vantagem comparativa tenha um RCA alto. Ou seja, o RCA deve levar em consideração este contexto e ser analisado com parcimônia.

Yeats (1985) buscou alternativas para contornar este problema e encontrar a posição real de uma nação na liderança de uma indústria ao analisar a correlação entre o RCA de cada indústria e a posição do índice nas distribuições país/indústria correspondentes, além de analisar as desigualdades entre as indústrias de um mesmo país. Assim, conseguiu determinar que, quando a metodologia tradicional do RCA é empregada com a finalidade de criar uma medida ordinal ou cardinal, há evidência estatística de que esta abordagem apresenta problemas e deve ter suas conclusões questionadas (YEATS, 1985). Já Kunimoto (1977) estudou e desenvolveu diversos índices de comércio internacional, como por exemplo o Índice de Intensidade Geográfica que foca especificamente no comércio entre dois países, levando em conta suas exportações e importações, e não representa uma medida global do comércio entre eles, mas sim bilateral.

Bowen (1983) também encontrou limitações no RCA ao assumir em seu estudo a premissa que um país não exporta todas as commodities, o que invalidou a base teórica para a interpretação comum de que os valores acima de um de índices comerciais e do RCA indicam vantagem relativa. As alternativas apresentadas, nesse caso, foram índices levando em consideração a taxa líquida comercial de uma commodity (exportação menos importação), as quais usaram a produção ou consumo; essas alternativas foram posteriormente criticadas por Balassa pelo seu viés decorrente do grau de assimetria de medidas protetivas dos diferentes países (MARCHESE; SIMONE, 1989). Por fim, Vollrath (1991), ao examinar tendências do mercado internacional agrícola, desenvolveu três medidas derivadas do RCA que levam em consideração tanto a exportação e a importação quanto a interação entre elas.

Por fim, existem diversas formas de analisar o comércio global e outras tantas na forma sobre como interpretar a vantagem comparada relativa dos países em diferentes setores. Assim, neste trabalho, são exploradas as vantagens comparativas das mesorregiões brasileiras, calculadas a partir de suas exportações e importações, para que se possa entender a sua

complexidade econômica, de acordo com o conceito de Hidalgo *et al.* (2007), e analisar suas relações com outros fatores internos.

2.2 Complexidade Econômica

A percepção da economia como um sistema adaptativo é antiga. Farmer (2012) nota que Adam Smith foi um dos primeiros a articular o conceito de um fenômeno emergente, ao cunhar a ideia da mão invisível que guia o coletivo. Foi Arthur (1999), porém, que citou a complexidade econômica como o estudo da emergência de estruturas e seus padrões considerando a economia como sistema complexo. Nela, os agentes econômicos (bancos, consumidores, empresas, investidores etc.) criam e reagem na economia, ajustando suas decisões de mercado, compra, preços e previsões de acordo com os resultados que suas próprias decisões anteriores formaram. A complexidade consiste em sistemas com múltiplos elementos se adaptando ou reagindo a padrões que eles mesmos criam (ARTHUR, 1999). Mitchell (2011, p. 4) define complexidade da seguinte forma:

Existem fenômenos inteligentes que ocorrem em diversos locais, como sistemas biológicos, na natureza e na economia. Uma colônia de formigas, por exemplo, sobrevive e cresce devido à sua organização e capacidade de trabalhar em conjunto, mesmo que individualmente sejam seres simples. Visando estudar eventos dessa natureza, surge o campo interdisciplinar de pesquisa que busca explicar como uma quantidade alta de entidades ou seres relativamente simples conseguem se organizar, sem um sistema central de controle, e de forma coletiva para criar padrões, usar informações e, até em alguns casos, evoluir e aprender.

Os sistemas complexos geralmente possuem alguma arquitetura interna complexa, que armazena e processa informação, e cujos elementos possuem relações em rede e não-lineares entre si, resultando em um certo grau de imprevisibilidade e adaptabilidade. Como um dos principais objetivos no estudo deste campo é o de comparar a complexidade de sistemas de áreas diferentes, este trabalho focou na complexidade da economia.

A partir do estudo da economia como um sistema adaptativo foi que surgiram novos métodos para analisar a origem e a causa da riqueza das nações. Como parte desta nova abordagem, Hidalgo *et al.* (2007) passaram a estudar a estrutura produtiva dos países com base em suas exportações, o que refletiria o mínimo de conhecimento embutido naquela sociedade, conforme já citado. Hausmann *et al.* (2014) dão o exemplo de um creme dental que, além de um produto, permite acessar o conhecimento sobre as propriedades do fluoreto de sódio e sua síntese nos dentes. Conseqüentemente, para inserir este conhecimento nos produtos são necessárias pessoas que o detenham. Assim, é extremamente valioso para um país que a sua população tenha uma diversidade grande de conhecimento embutida, pois isso permitirá a produção de bens diversos. Smith (1776) já reconhecia este processo quando

atribuiu a origem da riqueza à divisão do trabalho, a qual permite que, conforme as pessoas se especializem, o acesso da sociedade ao seu conhecimento seja maior do que qualquer um teria individualmente.

Em relação ao conhecimento embutido em uma sociedade, Hausmann et al. (2014) citam que existem dois tipos: o explícito e o tácito. No primeiro, o conhecimento é transferido facilmente, como através da leitura de um texto ou uma conversa, enquanto no segundo, por ser mais enraizado nas pessoas, é mais difícil, como aprender um novo idioma. Se todo conhecimento fosse explícito os países alcançariam de forma muito mais fácil os outros que estivessem mais avançados tecnologicamente e a desigualdade de renda seria menor (HAUSMANN *et al.*, 2014). Por isso o conhecimento tácito é tão importante, pois o processo para aumentá-lo é custoso e demorado, além de passar novamente pelas especializações dos trabalhadores. Será a quantidade de conhecimento tácito e a habilidade da sociedade em combiná-la que limitarão o desenvolvimento do país.

Esses blocos de conhecimento especializado e enraizado nos indivíduos são referidos como capacidades (*capabilities*) (Hausmann et al., 2014). Algumas dessas capacidades permanecem em níveis individuais, no entanto outras foram agrupadas em organizações e instituições. Um exemplo citado por Hausmann *et al.* (2014) são cursos universitários, que, embora tenham mantido a mesma duração de 50 anos atrás, hoje oferecem um alto grau de especialização visando manterem-se atualizados com o desenvolvimento das disciplinas nas últimas décadas. Consequentemente, o grau de conhecimento produtivo que uma sociedade detém se reflete na sua variedade de empresas e ocupações, e na interação entre elas.

É assim, através dos mercados e das organizações, que os variados conhecimentos embutidos nas pessoas alcançam a população, pois a quantidade de conhecimento detida por uma sociedade independe do quanto cada indivíduo detém, dependendo sim da diversidade entre seus membros e da habilidade de combiná-las através de redes de interação. (HAUSMANN *et al.*, 2014). A quantidade de conhecimento produtivo que uma sociedade usa é refletida pela variedade de empresas que ela possui, pela variedade de empregos que essas empresas exigem e pela extensão da interação entre essas organizações (HAUSMANN *et al.*, 2014). Como consequência, uma definição complementar de complexidade econômica é que ela é uma medida do quão intrincado é essa rede de interação e de quanto conhecimento produtivo uma sociedade detém (HIDALGO; HAUSMANN, 2009).

Como os países não produzem todos os produtos que consomem, eles focam apenas naqueles nos quais existe conhecimento embutido em pessoas e organizações para produzi-los (HAUSMANN *et al.*, 2014). Assim, economias mais complexas seriam aquelas que interlassem uma quantidade vasta de conhecimento relevante com redes de pessoas para criar produtos intensivos em conhecimento (HIDALGO; HAUSMANN, 2009). Por outro lado, economias mais simples possuem menos conhecimento e produzirão produtos mais simples e em menor quantidade como resultado dessa menor interação entre pessoas e

conhecimento.

Assim, foi com base na produção de um país e se a sua estrutura produtiva fosse mais ou menos complexa economicamente, que HIDALGO e HAUSMANN (2009) elaboraram o Índice de Complexidade Econômica (ICE). Como parte desta nova abordagem, Hidalgo et al. (2007) elaboraram uma rede para analisar a produção local de um país e seus recursos humanos, naturais e institucionais, denominada Espaço Produto. Esta rede, cuja fórmula e detalhamento analítico encontram-se na Equação (2) da Seção 3.2.1, traduz os resultados do RCA de forma binária, indicando a existência ou não da vantagem comparativa para cada combinação de produto e região. Isso permitiu estudar a estrutura produtiva de um país, com base em uma rede feita a partir da Vantagem Comparativa Revelada (RCA) dos produtos exportados. Esta rede parte da ideia de que se dois bens são relacionados, eles exigem instituições, infraestrutura, fatores físicos e tecnologia, entre outros, similares, enquanto produtos diferentes são menos prováveis de serem produzidos em conjunto (HIDALGO et al., 2007).

Hidalgo *et al.* (2007) buscaram analisar na rede Espaço Produto a produção e exportação de cada país, que é caracterizado pelos produtos com maior ganho devido a sua vantagem comparativa. A rede de Espaço Produto determina a competitividade de um país, o que vai depender do quanto este usa e explora os recursos e capacidades que tem, como recursos naturais, humanos e institucionais, para desenvolver estruturas produtivas sofisticadas. Hidalgo *et al.* (2007, p. 485) acrescentam:

Como a produção se volta a produtos próximos, deve-se perguntar se o Espaço Produto é suficientemente conectado de forma que após tempo suficiente, todos os países podem alcançar sua maior parte, especialmente o centro mais denso. A falta de conectividade pode explicar as dificuldades de países que tentam convergir aos níveis de renda de países ricos: eles podem não conseguir passar pela transformação estrutural porque as proximidades são muito baixas.

Hausmann *et al.* (2014) aprofundaram a discussão sobre o tema ao citarem a existência de três tipos de produção existentes no mundo, equivalentes aos setores de atividade física já existentes (extrativismo, indústria e serviços). A primeira é a extração de matéria prima, a qual depende exclusivamente da retirada de recursos naturais, indo desde produtos agrícolas até minerais e derivados do petróleo. A segunda forma seria a produção de bens de capital, ou seja, produtos de transformação que auxiliem no processo de obtenção de um bem final, como maquinários e ferramentas. Por fim, a última é a produção de bens tecnológicos, a qual exige profundo conhecimento em ciência, desenvolvimento e pesquisa.

Por fim, Complexidade Econômica é (Hausmann et al., 2014, p. 18):

(...) uma medida de quão complexa é essa rede de interações e, portanto, de quanto conhecimento produtivo uma sociedade mobiliza. A complexidade econômica,

portanto, é expressa na composição da produção produtiva de um país e reflete as estruturas que surgem para conter e combinar conhecimento.

Para fazer essa análise é considerada a Vantagem Comparativa Revelada (RCA), a ubiquidade e a diversidade dos produtos, as quais podem ser definidas (GROWTH LAB AT HARVARD UNIVERSITY):

- Vantagem Comparativa Revelada (RCA): refere-se à capacidade que um país tem na produção de um determinado produto, bem ou serviço em comparação aos demais.
- Diversidade: mede quantos produtos diferentes um país consegue produzir e é definida analiticamente na Equação (4) da Seção 3.2.1.
- Ubiquidade: mede a quantidade de países que produzem um produto e é definida analiticamente na Equação (5) da Seção 3.2.1. Um produto é ubíquo quando é produzido por muitos países.

A complexidade também pode auxiliar no aumento da sofisticação da estrutura produtiva de um país, já que é possível acumular novas capacidades se estas podem ser combinadas com outras já existentes. Dessa forma, os países apresentam maior probabilidade de produzir produtos que exigem capacidades que eles já possuem (HAUSMANN *et al.*, 2014). Para identificar produtos com capacidades semelhantes são analisadas as probabilidades de todos os pares de produtos a serem exportados. Esse conceito é chamado de proximidade e forma a rede Espaço Produto, já citado (HIDALGO *et al.*, 2007). Dentre outros produtos que um país pode produzir, é importante verificar aqueles que não possuem vantagem comparativa revelada e alta densidade. Isso porque a densidade pode indicar a probabilidade de sucesso do produto na atividade econômica. A densidade leva em consideração a razão da soma das proximidades de um produto p com todos os demais produtos exportados com vantagem comparativa revelada e a soma das proximidades de p com todos os produtos da rede (HIDALGO *et al.*, 2007).

Neste trabalho, a partir dos demais indicadores citados e da mensuração do índice de Complexidade Econômica (ICE), cujo detalhamento analítico encontra-se na Seção 3.2.1, foram avaliadas as evoluções das estruturas produtivas das mesorregiões, assim como a correlação com seus respectivos fatores socioeconômicos. Por fim, este trabalho usou os conceitos e definições de complexidade já desenvolvida na literatura, para aplicá-los à realidade das mesorregiões brasileiras.

2.2.1 Aplicações e Alternativas ao Índice de Complexidade Econômica

Simões e Hidalgo (2011) desenvolveram e disponibilizaram o *Observatory of Economic Complexity* (SIMÕES; HIDALGO, 2011) uma plataforma online de visualização

de dados referentes à dinâmica de atividades econômicas dos países e dos seus ICE. O ICE foi também organizado por Hausmann *et al.* (2014) em uma plataforma que o dispõe por país e produto com atualizações anuais (GROWTH LAB AT HARVARD UNIVERSITY). Os dados de complexidade econômica presentes nessas plataformas evidenciam a grande diferença entre nações mais e menos desenvolvidas. Não à toa, há uma conexão entre a complexidade de uma economia e desigualdade, renda e outros fatores macroeconômicos (HARTMANN *et al.*, 2017), o que já foi explorado no cenário brasileiro por Morais, Swart e Jordaan (2021). Hidalgo (2021) complementa que os indicadores de complexidade econômica abrangem dados granulares sobre milhares de atividades econômicas para aprender sobre os fatores abstratos de produção e como eles se combinam em diferentes resultados. Isso é possível ao aplicar técnicas de redução de dimensionalidade em dados, como exportação de produtos, quantidade de empregos por indústria ou patentes por tecnologia, para identificar a combinação de fatores que melhor explica a geografia das múltiplas atividades econômicas (HIDALGO, 2021).

Ao analisar a Matriz Espaço Produto e suas medidas de *relatedness* (relação) é possível medir a afinidade geral entre uma atividade específica e uma localização e explicar a dependência de trajetória (*path dependence*) (HIDALGO, 2021). Esta parte da noção, já citada, de que a habilidade de um país de absorver novos conhecimentos é uma função do seu nível anterior de conhecimento relacionado, implica que o sucesso de entrar em uma atividade econômica dependerá não apenas das proximidades geográficas e culturais dela, mas também das proximidades cognitivas e tecnológicas entre as atividades atuais e as novas (HIDALGO, 2021; NEFFKE; HENNING; BOSCHMA, 2011). Hidalgo *et al.* (2007) demonstram esse processo em seu estudo ao mostrar que, ao longo do tempo, os países tendem a se especializar preferencialmente em produtos relacionados ou próximos à matriz Espaço Produto.

Hausmann e Klinger (2007) demonstraram que os países expandem as exportações predominantemente para produtos relacionados, implicando que a posição no Espaço Produto afeta a capacidade de diversificação. Consequentemente, países mais ricos e que se especializam em partes mais densamente conectadas da matriz possuem mais oportunidades de sustentar crescimento econômico do que países pobres (NEFFKE; HENNING; BOSCHMA, 2011). Assim, a complexidade econômica também auxilia ao identificar e mapear a trajetória de atividades econômicas que devem ser buscadas para auxiliar o desenvolvimento econômico. Isso será importante para a aplicação da complexidade econômica junto à política industrial ao auxiliá-la na caracterização detalhada de estruturas econômicas e prover uma base quantitativa para as suas ações (RODRIK, 2019).

A aplicação do ICE ao contexto brasileiro e suas regiões começou através do projeto DataViva em 2013 e, posteriormente, com Freitas e Paiva (2015), os quais mensuraram a complexidade econômica de estados e municípios a partir dos seus dados de comércio exterior. Hausmann, Morales-arilla e Santos (2016) também usaram a cesta de exportações para analisar a complexidade econômica regional do Panamá, porém agregaram fatores de

força de trabalho para calcular a matriz de proximidade. Reynolds *et al.* (2018) também aplicam o ICE às províncias australianas, usando as exportações como base, porém também levam em consideração o comércio entre as províncias para analisar a diferença entre o mercado interno e externo.

Já Gao e Zhou (2018) usaram o ICE para mensurar a complexidade regional da China através de dados financeiros de empresas listadas em bolsa entre 1990 e 2015, enquanto Gómez-Zaldívar e Molina-Perez (2021) usaram dados sobre população ocupada para mensurar a complexidade econômica e capacidade produtiva de cinco regiões do sul do México. Török, Benedek e Gómez-Zaldívar (2022) foram na mesma direção ao mensurarem a complexidade regional da Romênia com base na quantidade de empresas, funcionários e faturamento. Monea (2020) utilizou abordagem semelhante ao usar dados de empresas e força de trabalho disponíveis no Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS) para determinar a complexidade econômica das mesorregiões brasileiras. Por fim, também é possível realizar análises bilaterais, como fizeram Quinzani e Borges (2020) ao focar na comparação entre complexidade econômica, diversidade e ubiquidade de Brasil e China tendo como base a pauta exportadora dos países no período entre 1985 e 2017.

Isso demonstra o alcance que o ICE possui, já que consegue analisar dados de comércio internacional no mundo todo a partir de diferentes métricas. Além disso, este índice também permite outras associações e tem aplicação mais ampla. Como os países ricos têm as capacidades necessárias para produzir bens complexos e distintos, é esperado que outras métricas para medir a complexidade estejam correlacionadas com a diversificação e número de produtos exportados (MARIANIA *et al.*, 2015). Assim, as medidas de complexidade ICE e PCI permitem não apenas realizar inferências sobre a capacidade produtiva dos países a partir de sua cesta de exportação, mas também têm sido bem sucedidas em explicar as diferenças entre o produto interno bruto (PIB) per capita das nações e a previsão do seu crescimento econômico (MEALY; FARMER; TEYTELBOYM, 2019). Inclusive, Mealy, Farmer e Teytelboym (2019) demonstraram que o ICE apresentou correlação com o PIB per capita de diversos países, assim como houve também entre estados do Reino Unido e dos EUA com suas respectivas rendas médias per capita.

Ao se correlacionar produtos e regiões, ficou evidenciado na interpretação do ICE e PCI, por outros métodos estatísticos, que existe um padrão em que produtos com alto PCI tendem a ser exportados por países ricos, ou seja com ICE alto, e vice-versa (MEALY; FARMER; TEYTELBOYM, 2019). Além dessa associação e de prever crescimento econômico, o ICE também está associado à desigualdade. A medida de complexidade econômica é relevante para o bem-estar social, já que crescimento econômico e renda média são correlacionadas com o nível de pobreza e com o nível de desigualdade de renda (HARTMANN *et al.*, 2017).

Assim, Hartmann *et al.* (2017) verificaram uma correlação negativa forte, robusta e estável entre o ICE de um país e seu nível de desigualdade entre os anos 1963 e 2008,

reforçando a complexidade econômica como um indicador associado e atrelado também a outros fatores socioeconômicos. Dessa forma, foi evidenciado que, ao longo do tempo, os países que aumentaram sua complexidade econômica têm maior probabilidade de reduzir sua desigualdade de renda, sugerindo que o nível da desigualdade pode estar condicionado à sua estrutura produtiva (HARTMANN *et al.*, 2017).

2.2.2 Limitações do Índice de Complexidade Econômica

Assim como todo indicador, o ICE também possui limitações. Nos cálculos e na metodologia é desconsiderado que a complexidade a partir da exportação representa o mínimo do que se pode produzir, já que nem tudo será comercializado internacionalmente. Desconsideram-se ainda estoques naturais e outros fatores intrínsecos ao país, embora isso apareça de alguma forma nas medidas de RCA. Hausmann e Klinger (2007) complementam que as medidas carecem de poder explicativo sobre o motivo de produtos exportados por países ricos serem importantes para o desenvolvimento. Hidalgo e Hausmann (2009) buscaram solucionar essa limitação ao combinar ubiquidade e diversidade e desenvolver medidas alternativas de sofisticação do produto e do país: os índices de sofisticação econômica (ISE) e do produto (ISP). Essa medida foi posteriormente adaptada por Freitas e Paiva (2015), já que na original não seria possível calcular para unidades geográficas menores do que países. Assim, eles chegaram ao Índice de Sofisticação Econômica Adaptado (ISEa), que buscou identificar as localidades brasileiras que exportam produtos de alta complexidade e, que foi calculado como sendo a média dos ISP dos produtos exportados naquele ano por uma dada localidade, ponderados pelo valor exportado e RCA de cada produto na respectiva localidade, neste mesmo ano (FREITAS; PAIVA, 2015).

Hartmann *et al.* (2017), ao mensurarem a complexidade através de dados de empresas, mencionam que seus resultados possuem como limitação que a "causa raiz" que determinou a formação das instituições na forma em que se encontram atualmente precede a data de análise. Ainda, quando levado em conta dados de empresas e instituições, a complexidade pode dar importância maior à economia formal prejudicando a análise de regiões onde prevalece a informalidade.

Já Zaccaria *et al.* (2015), embora partam da pauta exportadora e importadora da Holanda para a sua análise, utilizaram adaptações no cálculo do método dos reflexos de Hidalgo e Hausmann (2009). Albeaik *et al.* (2017) também realizaram esforços para aprimorar o ICE, através de uma medida que nomearam como ICE+. Essa medida incluiu na equação de complexidade econômica a dificuldade de exportar cada produto, baseada na intuição que menos países conseguirão exportar bens mais intensivos em conhecimento, mesmo quando houver grandes mercados para eles. No estudo, o ICE+ tem desempenho melhor do que o ICE, tanto no poder preditivo de antecipar crescimento econômico quanto em outros

indicadores econométricos.

Convém ressaltar que o ICE, ao usar exportações em sua metodologia original, deixa de incluir serviços, o que pode prejudicar a análise, haja visto o seu aumento de importância na economia dos países. Em um cenário de evolução tecnológica constante e globalização, isso pode prejudicar uma leitura mais apropriada da real complexidade.

Por fim, visando reduzir a importância das limitações citadas e gerar uma nova alternativa para a mensuração da complexidade, o presente trabalho irá explorar a cesta de exportações das mesorregiões brasileiras, analisar suas vantagens comparativas e desenvolver duas abordagens distintas de ICEs. Este novo índice tem como objetivo diagnosticar o estágio e grau de sofisticação das capacidades produtivas das mesorregiões e analisar eventuais caminhos para o seu desenvolvimento, além de apontar quais variáveis socioeconômicas estão mais correlacionadas e são melhores preditoras para a complexidade econômica.

2.3 Políticas de Tecnologia, Educação e Formação de Capital Humano no Brasil

Nos mais variados momentos da história, as nações, mesmo que ainda não se entendessem exatamente dessa forma naquele momento, usaram políticas de diferentes tipos para poder se desenvolver (CHANG, 2001). Como se dá e quais são os principais fatores e mecanismos que determinam o crescimento econômico são, historicamente, temas relevantes de estudo e que influenciam as políticas públicas das nações (VIANA; DE LIMA, 2010). Até a década de 1950 era considerado que o desenvolvimento econômico estivesse em função de fatores de produção, como terra (terras cultiváveis, urbanas e recursos naturais), capital (edificações, máquinas e equipamentos) e trabalho (faculdades físicas e intelectuais das pessoas), existentes em cada país ou região (SOLOW, 1956). O autor complementa que o modelo de crescimento econômico seria explicado com base na influência da poupança, da depreciação e da variação populacional e determinado por fatores exógenos, como o crescimento da população e o progresso tecnológico.

No entanto, a variável tecnológica não é explicada no modelo, embora faça parte, e havia certa incoerência nessa análise, visto que o rendimento de alguns países eram desuniformes em relação ao capital físico (VIANA; DE LIMA, 2010). Assim, surgiram estudos para relacionar o desenvolvimento ao capital humano, como Mincer (1958) que indicou a existência de uma correlação entre o investimento para a formação das pessoas e distribuição de renda pessoal. Schultz (1973) complementa que a qualificação e o aperfeiçoamento da população, advindos do investimento em educação, elevariam a produtividade dos trabalhadores e os lucros dos capitalistas, impactando na economia como um todo. Hirschman (1961) e Becker (1992) vão na mesma linha ao classificar o capital humano como um conjunto de capacidades produtivas que uma pessoa pode adquirir para ser

utilizado na produção de riqueza. Mais recentemente, a própria teoria das *capabilities* de Hidalgo e Hausmann (2009) cita recursos intangíveis, como o conhecimento embutido nas pessoas e suas características, como um fator relevante para o desenvolvimento.

Assim, serão os investimento em capital humano, através principalmente da educação, e da tecnologia fatores essenciais ao desenvolvimento (VIANA; DE LIMA, 2010). Pomim Valentim (2002) complementa que o desenvolvimento da ciência e tecnologia é insumo para o desenvolvimento do país já que os seus programas e ações específicas tem importante papel em relação à construção do saber e fazer ciência. Portanto, para que se melhor compreenda a complexidade econômica e outras medidas no Brasil, é importante contextualizar as políticas de governo para o desenvolvimento da tecnologia, educação e formação de capital humano no país.

Antes da década de 1930 não havia uma preocupação sistemática de política econômica no Brasil, havendo sim iniciativas esparsas e inconsistentes para proteger a atividade industrial interna e fomentar algumas indústrias, principalmente no final da Primeira Guerra Mundial e no final da década de 1920 (SUZIGAN, 1996). As políticas educacionais eram, de certa forma, um reflexo disso já que na República Velha (1889-1930) consistiu apenas no surgimento de redes de escolas voltadas para as demandas emergentes da elite do café e industrial, sob as diretrizes impostas pelo capital, e organizadas pelo Governo Federal e Governos Estaduais (C. TENÓRIO, 2009).

Na década de 1930 e com o primeiro Governo de Getúlio Vargas ocorre a Reforma Francisco Campos que atrelou as instituições, departamentos e repartições públicas que estivessem de alguma forma relacionados à área educacional ao recém criado Ministério dos Negócios da Educação e Saúde Pública (C. TENÓRIO, 2009). O autor complementa que como consequência dessa reforma cria-se o Conselho Nacional de Educação, organiza-se o ensino comercial e se dispõe, através de decretos, sobre a organização do Ensino Superior no Brasil e do Ensino Secundário. É a partir daí que o Brasil passa a ter um sistema nacional de ensino, em detrimento de um estadual atrelado ao governo (ROMANELLI, 1977). Com a constituição de 1937, segundo C. Tenório (2009), o governo se eximia parcialmente de ser o gestor da educação da sociedade e passa a ter um caráter mais suplementar sobre ela. No entanto, o ensino profissionalizante não deixa de existir e surgem dois modos de educação distintos: o primeiro é o ensino secundário tradicional, para formar a elite dominante, e o segundo é o ensino profissional, direcionado às classes que serviriam de mão de obra (FEE, 1982).

Após esse período, as políticas voltadas para o desenvolvimento de ciência e tecnologia (C&T) no Brasil ocorreram pela criação de instrumentos que fomentassem o desenvolvimento científico e tecnológico no país (POMIM VALENTIM, 2002). Foi durante o segundo governo de Getúlio Vargas (1951-54) que foram criadas medidas importantes para que existissem condições internas para o desenvolvimento endógeno de tecnologia

(MARQUES, 1994). Nesse período, a organização econômica atinge um grau de coordenação política e de agentes econômicos, instituições, instrumentos e políticas auxiliares por meio de uma base institucional de planejamento de diversas instituições e que resultou no Programa Geral de Industrialização (PGI), que não chegou a ser formalizado (SUZIGAN, 1996). Assim, foram criados o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), os quais, Marques (1994) complementa, tinham como propósito inicial equiparar o Brasil a outras nações desenvolvidas e assegurar a existência de um quadro de técnicos, cientistas e humanistas suficiente para atender às necessidades do desenvolvimento econômico e cultural do Brasil.

Na década seguinte houve pouco avanço nesses temas já que no Governo de João Fernandes Campos Café Filho (1954-55), Juscelino Kubitschek (1956-61) e Jânio Quadros (1961), segundo Pomim Valentim (2002), houve maior estagnação nas políticas voltadas para C&T, assim como dos recursos financeiros. Já durante o governo de João Goulart (1961-64) o desenvolvimento da C&T foi prejudicado pela situação política do país, o que levou ao êxodo de cientistas brasileiros (POMIM VALENTIM, 2002). O governo Goulart foi derrubado por um golpe de Estado, e assumiu o Marechal Humberto de Alencar Castelo Branco (1964-67), que lançou o Plano de Ação Econômica do Governo (PAEG), o qual visava combater a inflação e fazer reformas no setor monetário e financeiro (BRUM, 1995). Isso acarretou em uma atenção menor ao trabalho científico e em conjunto com as perseguições políticas colaborou para uma piora no desenvolvimento da C&T (MARQUES, 1994). Nos governo seguinte (1967-69) de Artur da Costa e Silva a economia brasileira alcançou um crescimento econômico significativo com o desenvolvimento do Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED), que incluiu políticas científicas e tecnológicas (IANNI, 1973; MARQUES, 1994).

No governo de Emílio Garrastazu Médici (1969-74) e, principalmente, Ernesto Geisel (1974-79) houve o I e II Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND e II PND). Com este segundo plano, o governo propôs o desenvolvimento dos setores de base, especialmente bens de capital (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1974). Ambos os planos, no entanto, deram atenção ao desenvolvimento científico e tecnológico ao formular uma política de C&T exposta no I e II PND e no I e II Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT) (MARQUES, 1994). Nesse período houve também o II Plano Setorial de Educação e Cultura (PSEC), elaborado pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) e prevista para o período entre 1975 e 1979, que, segundo Fávero, Silverio Baia Horta e Frigotto (1992), embora coerente e explícito técnica e politicamente, foi abortado pelo Ministério do Planejamento. Durante o governo de João Figueiredo (1979-85) houve o III Plano Setorial de Educação e Cultura (PSEC) com uma postura distinta da anterior. Nela houve um foco maior na contribuição da educação para diminuir as desigualdades sociais e ênfase no planejamento participativo, descentralizado e regionalizado.

Com a redemocratização e os governos Fernando Collor de Melo e Fernando Henrique Cardoso (FHC) havia uma concepção de que uma política econômica que promovesse estabilidade seria a melhor forma de o governo fomentar o setor industrial (CORONEL; ZAGO DE AZEVEDO; CAMPOS, 2014). Durante a década de 1990, inclusive, na maioria dos países latino-americanos a política industrial ficou sob a égide da política macroeconômica, cuja proposta mais abrangente, com foco no crescimento econômico, desemprego e inflação, evitou ações em setores específicos (PERES, 2006). Nesse mesmo período, o Brasil passava por um momento de crescente abertura comercial e financeira, o que colaborou para o baixo foco em uma política econômica similar à de décadas anteriores (FERRAZ, 2009).

Como reflexo desse processo, as reformas educacionais foram influenciadas pelos diagnósticos e orientações do Banco Mundial, as quais pregavam a ênfase na educação básica, a descentralização da gestão e a centralização da avaliação dos sistemas escolares (PESSOA DA MOTA JUNIOR; CABRAL MAUÉS, 2014; ALTMANN, 2002). Libâneo (2016) cita que essa internacionalização das políticas educacionais é um movimento inserido no contexto da globalização, em que agências internacionais de tipos monetário, comercial, financeiro e creditício formulam recomendações sobre políticas públicas para países emergentes ou em desenvolvimento. Conseqüentemente, durante os dois governos de FHC houveram medidas que expandiram as matrículas na escola pública, porém reduziram o papel do Estado na educação superior, o que gerou estagnação das universidades públicas (BITTAR; BITTAR, 2012). Ainda, uma medida importante foi desencadear o processo de elaboração da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), prevista na Constituição brasileira de 1988, que teve como um dos efeitos a intensificação da privatização da educação superior (BITTAR; BITTAR, 2012). Com o aumento de vagas no setor privado uma alternativa criada pelo governo FHC foi o Fundo de Financiamento do Estudante do Ensino Superior (FIES), cujo objetivo é financiar alunos de baixa renda para que tenham acesso a instituições de ensino privadas (BRASIL, 2022).

O governo Luís Inácio Lula da Silva encontrou o país com estabilidade política e econômica e credibilidade no cenário internacional, porém com diversos desafios: o desemprego, risco país (risco associado ao investimento em um país e a volatilidade do seu ambiente de negócios e legislação), as dívidas externa e interna; aumentar o crescimento econômico; e fomentar o setor industrial (CORONEL; ZAGO DE AZEVEDO; CAMPOS, 2014). Nesse período buscou-se desenvolver o país através, principalmente, de dois planos: Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), de 2004, e a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) de 2008 (FERRAZ, 2009).

A PITCE, no entanto, não alcançou boa parte de seus objetivos devido à falta de articulação e coordenação, à proposição de ações mais horizontais que setoriais, e a pouca

ênfase nos instrumentos fiscais, sobretudo em face da conjuntura econômica desfavorável ao lançamento de uma política industrial (SUZIGAN; FURTADO, 2006). Coronel, Zago de Azevedo e Campos (2014) argumentam que o grande problema para a implantação da PDP foi a definição dos setores que seriam beneficiados pela política, visto que a decisão final dependia de maior credibilidade e embasamento para justificar tais escolhas. Ainda segundo estudo de Coronel, Azevedo e Campos (2011), o PDP mostrou-se ineficaz para os setores de alta intensidade tecnológica, visto que as medidas adotadas para estes setores não conseguiram colaborar para o aumento da produção e das exportações e para a queda nas importações.

Em termos educacionais, o governo Lula ampliou o Fundo de Desenvolvimento e Manutenção do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (Fundef), criado por FHC, para do Fundo do Desenvolvimento e Manutenção da Educação Básica e do Magistério (Fundeb), que foi além do ensino fundamental e abrangeu a educação infantil e ensino médio (BITTAR; BITTAR, 2012). O autor complementa que o investimento na educação superior pública também foi aumentado com 14 universidades públicas federais criadas e a implantação, em 2007, do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni). Visando aumentar o acesso ao ensino superior a jovens de menor poder aquisitivo implantou-se, em 2004, o Programa Universidade Para Todos (ProUni) e posteriormente cotas raciais e sociais para as universidades federais, o que começou a mudar o perfil e aumentar significativamente a educação universitária no país (BITTAR; BITTAR, 2012).

O governo Dilma Rousseff deu sequência as políticas educacionais anteriores ao focar no ensino superior e criar quatro novas universidades federais, 47 novos campi universitários e 208 institutos federais (BISCHOFF, 2017). O principal programa criado nesse período foi, segundo Bischoff (2017), o Ciência sem Fronteiras (CsF) que buscou promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do intercâmbio e mobilidade internacional através de 101 mil bolsas de graduação e pós-graduação (CSF, 2022). Ferreira (2012) cita que a política da educação no governo Dilma esteve voltada para o empreendedorismo e a inovação, a competitividade, a formação e atração de capital humano, a mobilidade internacional e a internacionalização da educação superior a partir do entendimento da universidade como agente de desenvolvimento econômico e social.

Os anos seguintes deram menos ênfase às políticas em andamento. No governo posterior, de Michel Temer, o país já se encontrava em um momento econômico mais delicado e, após medidas fiscais como o teto de gastos, houve uma redução das ações voltadas para o ensino superior. No entanto, Temer, por meio de medida provisória, promoveu a Reforma do Ensino Médio, onde determinou a ampliação das escolas com jornada integral e flexibilizou o currículo dos estudantes, sendo 60% preenchido pela Base Nacional Comum Curricular

(BNCC) e o restante destinados a uma de cinco áreas de estudo: linguagens, matemática, ciências da natureza, ciências humanas, formação técnica e profissional (LIMA; MACIEL, 2018). Já o governo Jair Messias Bolsonaro criou uma subsecretaria de fomento às Escolas Cívico-Militares e aprovou um projeto de lei regulamentando o ensino domiciliar no Brasil (TAFFAREL; NEVES, 2019). Com a pandemia do Covid-19 os ensinos fundamental e médio sofreram pela ausência de uma estrutura que possibilitasse o acompanhamento à distância dos alunos, que colaborou para aumentar a desigualdade educacional com alunos do ensino privado e para o aumento da evasão escolar (SILVA, 2020).

Em suma, as políticas de tecnologia e formação de capital humano influenciam no desenvolvimento de capacidades de um país e naquilo que se pode eventualmente produzir e exportar. Neste trabalho estudou-se a complexidade econômica das exportações das mesorregiões, que permitiu inferir o mínimo de sua capacidade produtiva e de capacidades presentes na população brasileiras, além de estabelecer a sua relação com indicadores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital.

3 Metodologia

3.1 Caracterização do Estudo

O projeto analisou a complexidade econômica das mesorregiões brasileiras através de sua cesta de exportações e importações. O ano base selecionado foi 2019, para mitigar qualquer efeito da pandemia de COVID-19 que se alastrou pelo mundo em 2020. No entanto, ao analisar a evolução temporal da complexidade econômica e dos fatores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital também foram usados dados de 2000 e 2010. Estes anos, além de permitir uma comparação temporal da complexidade, também foram selecionados pois tinham disponíveis os dados de todas as variáveis selecionadas devido à realização dos respectivos censos. Os dados de exportação e importação dos municípios brasileiros foram extraídos no nível de classificação HS2² da Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais (SECINT) e, posteriormente, agregados em mesorregiões.

Visando reduzir o grau de dispersão nas categorias das variáveis, tanto as mesorregiões quanto os produtos que concentram valores transacionados menores de 1% foram agrupados em "Outras Mesorregiões" e "Outros Produtos", respectivamente. Convém ressaltar que esses agrupamentos somados representam menos de 5% do valor transacionado (exportação mais importação), porém permitiram uma redução de 137 mesorregiões para 92. Já para os produtos houve uma redução de 97 para 38.

Para calcular a complexidade econômica das mesorregiões e dos produtos foram usadas duas abordagens.

- a. A primeira, apresentada na Seção 3.2.1, empregou a metodologia tradicional do ICE criada por Hidalgo *et al.* (2007), e usou os dados de importação e exportação das mesorregiões com o exterior, sem considerar o comércio entre elas e sem considerar todo o comércio internacional. Este índice, por se basear na metodologia de Hidalgo, foi denotado no estudo por ICE e PCI para a complexidade das mesorregiões e dos produtos, respectivamente.
- b. A segunda abordagem, apresentada na Seção 3.2.2, a complexidade foi calculada usando como referência a complexidade de produto (PCI) do comércio global, que considera todos os fluxos de comércio internacional para serem definidas, disponível no Growth Lab at Harvard University. Aqui, a complexidade das mesorregiões foi calculada a partir da média ponderada do PCI dos seus produtos e, por isso, ficou denotada como ICE-P e PCI-P, para a complexidade das mesorregiões e dos produtos,

² Harmonized System (HS), ou Sistema Harmonizado, é uma nomenclatura internacional para a classificação de produtos. Este sistema classifica mais de 5 mil produtos por um sistema de códigos de seis dígitos. Neste trabalho foi usado o nível de detalhamento de dois dígitos. <https://guides.loc.gov/industry-research/classification-international>

respectivamente.

Os ICEs, sob ambas as abordagens, foram sujeitos a correlações com os fatores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital das mesorregiões, inclusive sob uma perspectiva de evolução temporal dos indicadores.

3.1.1 Limitações

Os tipos de dados utilizados, sua forma de agregação e metodologia também apresentam limitações e vieses que devem ser destacados. Um dos principais problemas com dados de exportações e importações é que nem sempre a região onde se registra esta ação é a que produz. Como os municípios foram agregados em mesorregiões esse viés pode ser atenuado se o município produtor estiver na mesma mesorregião daquele onde se registrou a exportação e importação. No entanto, mesmo assim é possível que algumas mesorregiões possam ter sido analisadas com mais ou menos valor transacionado do que de fato possuem. Isso pode causar um excesso de concentração das exportações e importações nas faixas litorâneas, onde se encontram os portos. Embora nessa mesma faixa também se concentra a maior parte da população, essa características dos dados de comércio exterior pode atrapalhar ao tentar se analisar as principais variáveis associadas à complexidade.

Outra limitação ao se usar dados de exportação e importação na análise é que fatores como câmbio flutuante e subsídios, que podem ser manipulados, podem influenciar ou mascarar a real conjuntura do que se está estudando. Ainda, na exportação está inclusa o lucro o que pode ter efeitos diversos de acordo com o produtor, distribuidor e natureza do produto. Por fim, os dados de exportação e importação registrados no SECINT não incluem o setor de serviços, que representou cerca de 70% no período em análise (IBGE, 2020).

3.2 Definição de Termos Relevantes para a Pesquisa

3.2.1 Primeira abordagem: Cálculo do ICE e PCI

Para calcular os índices de complexidade econômica pela metodologia de Hidalgo *et al.* (2007) e Hausmann *et al.* (2014), que considera as exportações e importações das regiões (ou mesorregiões neste estudo) com o exterior, é preciso iniciar pelo cálculo da vantagem comparativa revelada (RCA). O cálculo do RCA dos produtos produzidos e exportados pelas mesorregiões auxilia na compreensão da estrutura produtiva do Brasil. A expressão usada para calcular a Vantagem Comparativa Revelada (RCA) está representada analiticamente na Equação (1) da Seção 2.1 (BALASSA, 1965).

Em resumo, o RCA nada mais é do que a razão entre os valores exportados por uma região c para um produto p e sua exportação total dividida pelo peso do valor total exportado pelo produto p em todas as regiões. Essa medida é usada para construir a matriz do Espaço Produto (M_{cp}), já introduzida por Hidalgo *et al.* (2007), que conecta cada nação, ou mesorregião no caso deste trabalho, aos produtos que produz. Nela as nações c e produto p terão o valor de um, quando o RCA for maior ou igual a um, e adotarão um valor de zero nos casos contrários (HAUSMANN *et al.*, 2014):

$$M_{cp} = \begin{cases} 1, & RCA_{cp} \geq 1 \\ 0, & \text{demais casos} \end{cases} \quad (2)$$

É a partir da matriz M_{cp} e do RCA que Hausmann e Klinger (2007) buscaram uma medida para a distância entre os produtos. O pressuposto da ideia é que a similaridade entre os requisitos para produzir determinados bens são revelados pela probabilidade das regiões terem uma vantagem comparativa nelas (HAUSMANN; KLINGER, 2007). Assim, os autores propuseram o uso da probabilidade condicional mínima entre as atividades econômicas i e j :

$$\phi_{p_i, p_j} = \min\{Pr(RCA_{cp_i} \geq 1 | RCA_{cp_j} \geq 1), Pr(RCA_{cp_j} \geq 1 | RCA_{cp_i} \geq 1)\}. \quad (3)$$

A expressão retrata a probabilidade condicional de que uma nação tenha o produto i desde que tenha o j , além de computar apenas aquelas com vantagem comparativa. As implicações desta medida são que quando muitas nações têm os produtos i e j , há um maior grau de aproximação entre eles.

A matriz M_{cp} resume tudo que o país produz e será usada para construir as medidas de complexidade das mesorregiões e dos produtos. A partir dela serão medidas a diversidade e a ubiquidade, ao serem somadas as linhas e colunas, respectivamente (Hausmann *et al.*, 2014):

$$Diversidade = K_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (4)$$

$$Ubiquidade = K_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (5)$$

A diversidade é uma medida de quantos produtos diferentes uma região consegue produzir e do quanto de conhecimento ela possui para que os produza. Já a ubiquidade diz respeito a quantas regiões conseguem produzir determinado produto. Hausmann *et al.* (2014, p. 24) acrescentam que, para gerar uma medida mais precisa da quantidade de *capabilities* disponíveis em um país, ou requeridas por um produto, é necessário corrigir a informação que a diversidade e a ubiquidade carregam através do uso da primeira para correção da segunda.

Isso significa que para os países, ou mesorregiões, será necessário calcular a ubiquidade média dos produtos exportados. Já para os produtos será necessário calcular a diversidade média dos países, ou mesorregiões, que os produzem e a ubiquidade média dos outros produtos produzidos. Isso pode ser expressado por:

$$K_{c,N} = \frac{1}{K_{c,0}} \sum_p M_{cp} \cdot K_{p,N-1} \quad (6)$$

$$K_{p,N} = \frac{1}{K_{p,0}} \sum_c M_{cp} \cdot K_{c,N-1} \quad (7)$$

Ao inserir (7) em (6) obtemos:

$$K_{c,N} = \frac{1}{K_{c,0}} \sum_p M_{cp} \frac{1}{K_{p,0}} \sum_{c'} M_{c'p} \cdot K_{c',N-2} \quad (8)$$

$$K_{c,N} = \sum_{c'} K_{c',N-2} \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{K_{c,0} K_{p,0}} \quad (9)$$

Já (9) também pode ser reescrita como:

$$K_{c,N} = \sum_{c'} \tilde{M}_{cc'} K_{c',N-2} \quad (10)$$

Onde:

$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{K_{c,0} K_{p,0}}. \quad (11)$$

Assim, a partir da matriz M_{cp} constrói-se uma matriz quadrada M que será diagonalizada. A equação (10) será satisfeita quando $K_{c,N} = K_{c,N-2} = 1$. Esse processo consiste em aproximadamente 20 iterações até convergir. Como a matriz é positiva definida, isso significa que o autovetor associado ao maior autovalor tem todas as componentes iguais a um, fazendo com que a melhor solução seja tomar o autovetor associado ao segundo maior autovalor, denotado por K_2 (HIDALGO *et al.*, 2007). Esse será o autovetor que captura a maior quantidade de variância no sistema e será a medida de Índice de Complexidade Econômica (ICE), que foi aplicado ao ICE, e pode ser definido como:

$$ICE = \frac{\vec{K}_2 - \langle \vec{K}_2 \rangle}{stdev(\vec{K}_2)} \quad (12)$$

onde:

- $\langle \rangle$ representa a média.

$$\vec{K}_2 = \text{Autovetor de } \tilde{M}_{cc'} \text{ associado ao segundo maior autovalor} \quad (13)$$

Já para calcular a complexidade dos produtos, PCI, é necessário computar, de forma análoga, o Índice de Complexidade do Produtos (PCI). Tanto o ICE quanto o PCI são definidos através de um algoritmo iterativo e pelo método dos reflexos, que calcula a diversidade e a ubiquidade, posteriormente usando a informação de um para corrigir a do outro (HAUSMANN *et al.*, 2014). Devido à simetria do problema, o cálculo do PCI pode ser realizado ao trocar o índice c dos países para p nas definições apresentadas. Assim, o PCI é obtido da seguinte forma:

$$PCI = \frac{\vec{Q}_2 - \langle \vec{Q}_2 \rangle}{stdev(\vec{Q}_2)} \quad (14)$$

onde:

$$\vec{Q}_2 = \text{Autovetor de } \tilde{M}_{pp'} \text{ associado ao segundo maior autovalor} \quad (15)$$

Os indicadores relativos às importações foram calculados de forma análoga, pelas equações (1)-(15), porém utilizando os dados de importações das mesorregiões. Para diferenciar o índice de importação e exportação será usado o sufixo I e E, respectivamente, para representá-los.

3.2.2 Segunda abordagem: Cálculo do ICEP

Já para a segunda abordagem, a base do cálculo foi o índice de complexidade de produto (PCI) disponível no Growth Lab at Harvard University, a qual leva em consideração todos os fluxos do comércio global para ser definida. Assim, ele será denominado como Índice de Complexidade Econômica Ponderado (ICEP) e foi calculado da seguinte forma:

$$ICEP = \frac{\sum_p X_{cp} PCI_p}{\sum_p X_{cp}}, \quad (16)$$

onde:

- X: valor total exportado do produto p para cada mesorregião c .
- PCI: índice de complexidade de produto global disponível no Growth Lab at Harvard University.

O cálculo do ICEP para a importação é análogo ao da Equação (16), porém usando os dados de importação ao invés de exportação das mesorregiões. Aqui também foi usado o sufixo I e E para representar o índice da importação e da exportação, respectivamente.

3.2.3 Diferencial de Complexidade: Diferença entre complexidade de exportação e importação

Por fim, para analisar as diferenças entre a complexidade da exportação e importação de cada mesorregião foi criado um Diferencial, cujo cálculo é a diferença entre os índices:

$$\Delta_k = ICEkE - ICEkI \quad (17)$$

onde:

- Sufixo k: abordagem para cálculo do ICE, pode ser a primeira (Seção 3.2.1) ou segunda (Seção 3.2.2).
- ICEkE: Índice de Complexidade Econômica da Exportação da mesorregião.
- ICEkI: Índice de Complexidade Econômica da Importação da mesorregião.

3.3 Aplicação da complexidade nesse trabalho

Após caracterizar a origem, modelagem e abordagens dos dados na Seção 3.1 e da metodologia na Seção 3.2, abaixo consta o detalhamento sobre como elas foram aplicadas para atingir os objetivos específicos apontados na Seção 1.1.

3.3.1 Criação de um Diferencial de Complexidade

A criação de um diferencial teve como objetivo identificar as mesorregiões mais e menos desenvolvidas através de discrepâncias nas complexidades dos produtos exportados e importados. Assim, este diferencial foi calculado, para cada abordagem de complexidade proposta neste trabalho, a partir da diferença entre as complexidades de exportação (ICE-E e ICEP-E) e de importação (ICE-I e ICEP-I) das mesorregiões e denotada na equação 17 da Seção 3.2.3. Esta medida tem como objetivo a tentativa de diagnosticar quais mesorregiões apresentam uma lacuna entre a complexidade de exportação e importação, e

consequentemente analisar quais estão mais ou menos desenvolvidas.

3.3.2 Relações da Complexidade com os volumes de exportação e importação e suas abordagens

Neste trabalho foi calculado o Índice de Complexidade Econômica para as mesorregiões brasileiras a partir de duas abordagens distintas, embora ambas fundamentadas e baseadas na metodologia apresentada por Hidalgo *et al.* (2007). A primeira (ICE-E, ICE-I, PCI-E e PCI-I) consiste na aplicação dos métodos e fórmulas apresentados na Subseção 3.2.1 aos dados de comércio internacional (importação e exportação) das mesorregiões brasileiras e está representada nas equações 12 e 14. Assim, foram calculados tanto o ICE quanto o PCI para as mesorregiões e para os produtos comercializados, respectivamente, a partir dos dados regionais de exportação e importação.

Já a segunda abordagem (ICEP-E, ICEP-I, PCIP-E e PCIP-I) incorporou os Índices de Complexidade de Produto (PCI) internacionais, calculados com base no comércio entre todas as nações, para todos os produtos no nível de classificação HS2. Assim, os ICEs das mesorregiões foram calculados a partir da ponderação do PCI pelo valor exportado de cada produto e está representado na equação 16 da Seção 3.2.2.

Assim, os índices apresentados permitiram ordenar as mesorregiões, e os produtos, naquelas mais e menos complexos, além de serem complementares e trazerem informações distintas sobre as regiões analisadas. Por fim, os índices foram submetidos a análises de aderência linear e de correlação aos seus valores de importação e exportação.

3.3.3 Evolução temporal da Complexidade e sua relação com indicadores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital

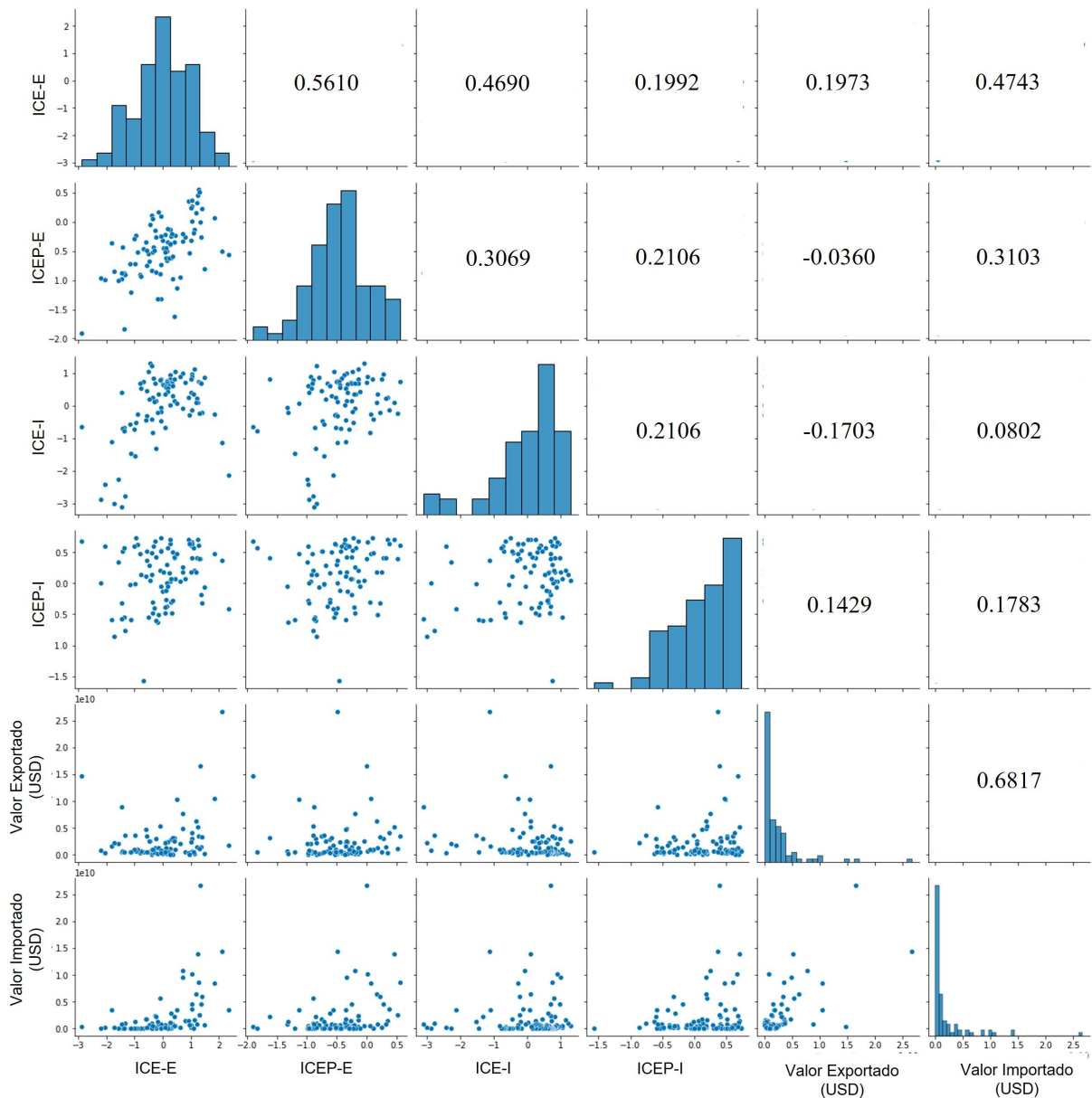
Foram analisadas as relações linear, múltipla e de correlação entre os Índices de Complexidade Econômica de ambas as abordagens com indicadores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital específicos das mesorregiões tanto para o ano base de 2019 como para os anos de 2000 e 2010. Isso permitiu estudar quais variáveis melhor explicam ou preveem a complexidade econômica de uma mesorregião e similaridades e diferenças entre as abordagens. Além disso, também foi analisada a mobilidade em termos de complexidade nos diferentes anos estudados permitindo ter uma visão das mesorregiões em três décadas distintas.

4 Resultados e Discussão

4.1 Complexidade econômica das mesorregiões brasileiras em 2019

Para se analisar os índices de complexidade econômica das mesorregiões em 2019 e suas relações entre si e com os volumes de exportação e importação, foram inseridas todas estas variáveis na Figura 1, onde também constam suas correlações, dispersões e histogramas. De imediato, nota-se que as relações mais fortes foram entre os índices de complexidade da exportação ($r=0,5610$) e entre os valores de exportação e importação ($r=0,6817$). Este último ainda denota que as mesorregiões que mais exportam também importam, representando uma certa concentração, o que será comprovado mais adiante.

Figura 1 — Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Ordenado por Valor Exportado



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Ao analisar a dispersão da complexidade, percebe-se que nas mesorregiões importadoras é um pouco diferente da de exportação, dado que enquanto exportamos produtos pouco complexos importamos aqueles mais sofisticados. Por isso, para a importação há uma frequência maior de valores nos ICES acima de zero. Já ao examinar as distribuições dos ICES das mesorregiões, tem-se uma distribuição similar à Gaussiana, com uma aglomeração maior nas complexidades negativas. Este achado é coerente com o que foi exposto até o momento visto que o Brasil exporta principalmente produtos de baixa complexidade.

4.1.1 Relação entre Exportação e Complexidade

Foram calculados os índices de complexidades das mesorregiões brasileiras pelas duas abordagens propostas, além de analisados os produtos mais complexos da cesta de exportação e importação, também sob duas perspectivas. A Tabela 1 apresenta as dez maiores mesorregiões brasileiras ordenadas pelo valor exportado em 2019.

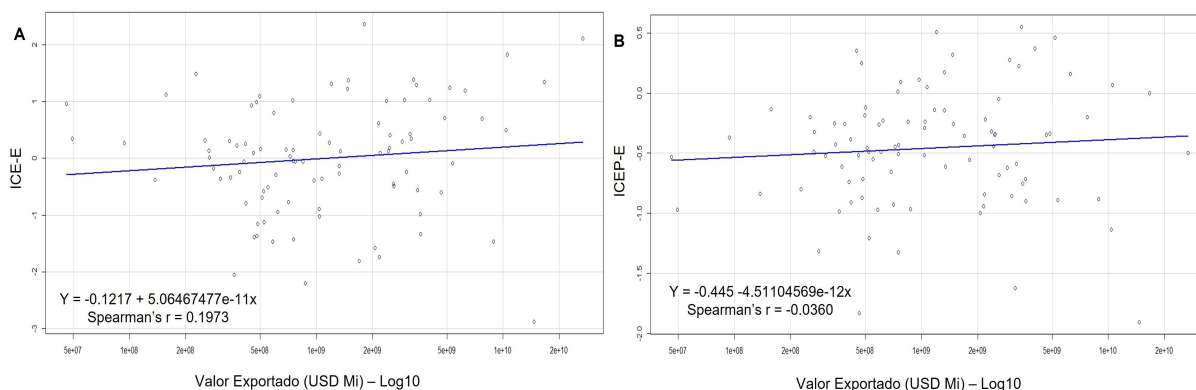
Tabela 1 — Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Ordenado por Valor Exportado

#	Mesorregião	ICEP-E	# ICEP-E	ICE-E	# ICE-E	% do Valor Total Exportado
1	Metropolitana do Rio de Janeiro	-0,50	41	2,11	2	12,1%
2	Metropolitana de São Paulo	-0,00	17	1,34	7	7,5%
3	Sudeste Paraense	-1,91	92	-2,88	92	6,6%
4	Vale do Paraíba Paulista	0,07	14	1,83	3	4,7%
5	Metropolitana de Belo Horizonte	-1,14	86	0,50	26	4,7%
6	Norte Mato-grossense	-0,88	75	-1,47	86	4,0%
7	Metropolitana de Curitiba	-0,20	68	0,70	24	3,5%
8	Metropolitana de Porto Alegre	0,16	11	1,19	12	2,8%
9	Central Espírito-santense	-0,89	76	-0,09	54	2,4%
10	Campinas	0,46	3	1,24	10	2,3%
-	Demais mesorregiões	-	-	-	-	49,3%
-	Total	-	-	-	-	100%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Na literatura usada não foi encontrada nenhuma referência à relação entre valor de exportação ou importação com complexidade, por isso ela foi analisada no presente estudo. Além da alta concentração no volume de exportação dessas dez mesorregiões (mais de 50% do total), nota-se que entre elas a complexidade pode ser diferente de acordo com o índice usado e pode, inclusive, ter os sinais trocados, além de ter uma relação fraca com o volume exportado. Além disso, a correlação entre ambos os ICES e o valor exportado é baixa (0,1973 para o ICE-E e -0,0360 para o ICEP-E) e o seu ajuste linear tem pouca aderência, conforme visto na Figura 2. O resultado reflete uma relação baixa do valor exportado com a complexidade da mesorregião, não sendo uma variável relevante nesse sentido.

Figura 2 — Relação Linear entre Complexidade e Valor Exportado em 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

As mesorregiões também foram analisadas e ordenadas pelas suas complexidades, conforme a Tabela 2. Além de se confirmar a baixa relação entre complexidade e valor de exportação, nota-se que apenas quatro das mesorregiões mais complexas constam nos dois *rankings* (ICEP-E e ICE-E): Macro Metropolitana Paulista, Sul Fluminense, Campinas e Metropolitana de Salvador, o que sugere uma baixa relação entre elas. Nenhuma mesorregião dentre as dez principais, no entanto, figura na mesma posição nos dois índices. Mesmo na Tabela 1, onde as mesorregiões estão ordenadas por valor exportado, apenas o Sudeste Paranaense encontra-se na mesma posição em ambos os índices enquanto todas as demais são distintas, embora algumas mais próximas.

Tabela 2 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Exportadoras em 2019 - Ordenado por ICEP-E (esquerda) e ICE-E (direita)

(continua)

#	Mesorregião	ICEP-E	% Exportação	Mesorregião	ICE-E	% Exportação
1	Macro Metropolitana Paulista	0,56	1,6%	Norte Fluminense	2,36	0,8%
2	Sul Fluminense	0,51	0,5%	Metropolitana do Rio de Janeiro	2,11	12,1%
3	Campinas	0,46	2,3%	Vale do Paraíba Paulista	1,83	4,7%
4	Piracicaba	0,37	1,8%	Leste Alagoano	1,48	0,1%
5	Mata Pernambucana	0,35	0,2%	Metropolitana de Salvador	1,38	1,5%
6	Nordeste	0,32	0,7%	Metropolitana de	1,38	0,7%

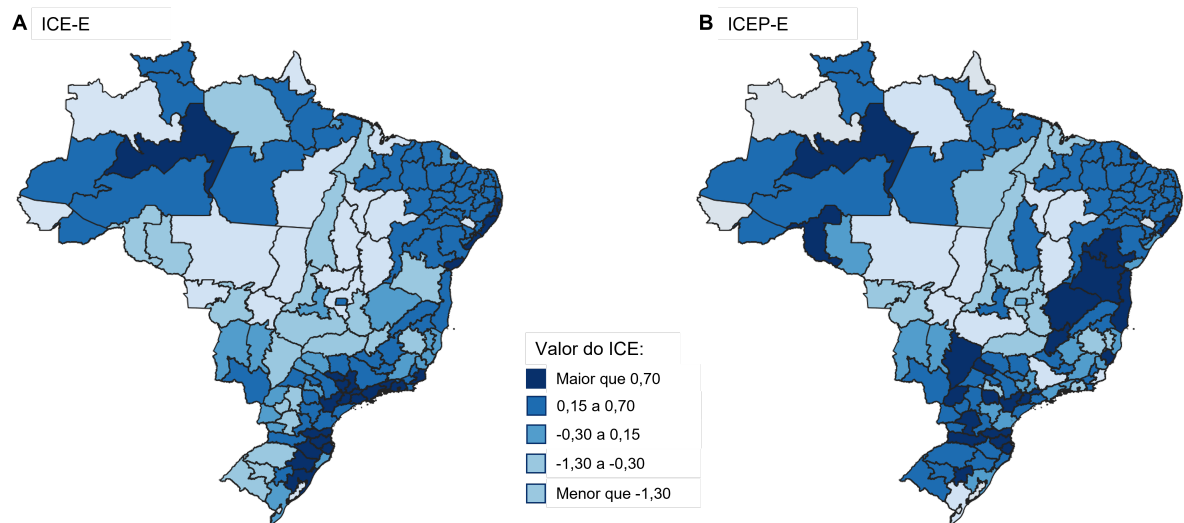
Tabela 2 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Exportadoras em 2019 - Ordenado por ICEP-E (esquerda) e ICE-E (direita) (conclusão)

#	Mesorregião	ICEP-E	% Exportação	Mesorregião	ICE-E	% Exportação
	Rio-grandense			Recife		
7	Itapetininga	0,25	0,2%	Metropolitana de São Paulo	1,34	7,5%
8	Metropolitana de Salvador	0,23	1,5%	Sul Fluminense	1,31	0,5%
9	Norte Cearense	0,17	0,6%	Macro Metropolitana Paulista	1,29	1,6%
10	Metropolitana de Porto Alegre	0,16	2,8%	Campinas	1,24	2,3%
-	Demais Mesorregiões	-	86,3%	Demais Mesorregiões	-	68,2%
-	Total	-	100%	Total	-	100%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Como parte dos resultados da análise entre os índices de complexidade econômica, a Figura 3 mostra de forma visual onde se concentram as mesorregiões mais e menos complexas. Em ambas as abordagens de complexidade houve uma concentração de índices mais altos nas regiões costeiras e de alta densidade populacional. Esse fato corrobora com achados em outros países, como a China (GAO; ZHOU, 2018), e até mesmo nas próprias mesorregiões brasileiras, embora tenham sido calculados a partir de outros dados (MONEA, 2020; FREITAS; PAIVA, 2015). As regiões costeiras, além de densidade populacional, também agregam a maior parte dos empregos e PIB, reforçando a relação da complexidade com crescimento econômico, força de trabalho e desigualdade (MEALY; FARMER; TEYTELBOYM, 2019; HARTMANN et al., 2017). Como principal diferença nota-se no ICEP-E uma presença maior de mesorregiões mais complexas no Nordeste e Norte do país.

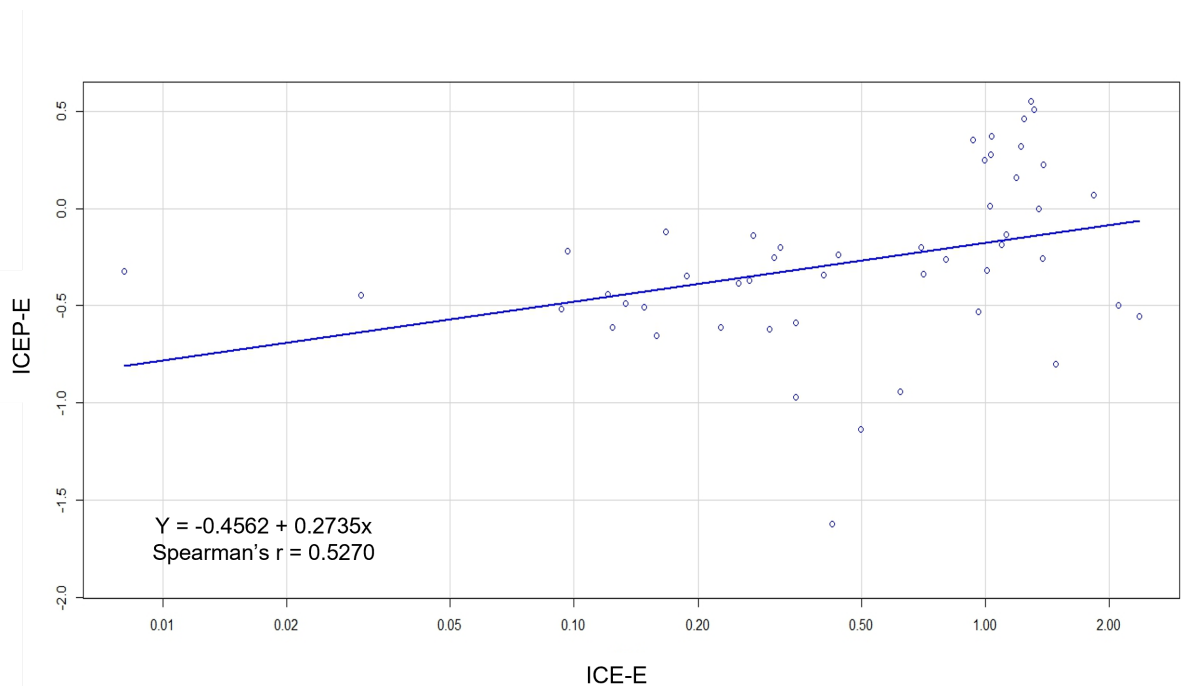
Figura 3 — Mapas dos Índices de Complexidade Econômica - Exportação (2019)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Ao seguir investigando a relação entre os índices de complexidade, destaca-se na Figura 4 uma correlação razoável de 0,5670, o que em conjunto com a baixa aderência linear reforça que a relação entre os índices não é desprezível, porém tampouco forte. Ou seja, existe uma relação razoável e positiva entre os índices, no entanto as diferenças entre ambos, compreensível pela diferença metodológica, também são relevantes.

Figura 4 — Relação Linear entre os ICes de Exportação - 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Essas diferenças, e também semelhanças, podem ser encontradas na Tabela 3, na qual

se calculou um índice de complexidade médio das duas abordagens e as mesorregiões são ordenadas pelo cálculo resultante. Ao comparar a posição das mesorregiões neste ranking e comparar com aquela em cada uma das abordagens, percebem-se grandes distâncias, o que reforça que, embora exista uma correlação média, os índices têm pouca semelhança ao se adentrar em níveis mais granulares.

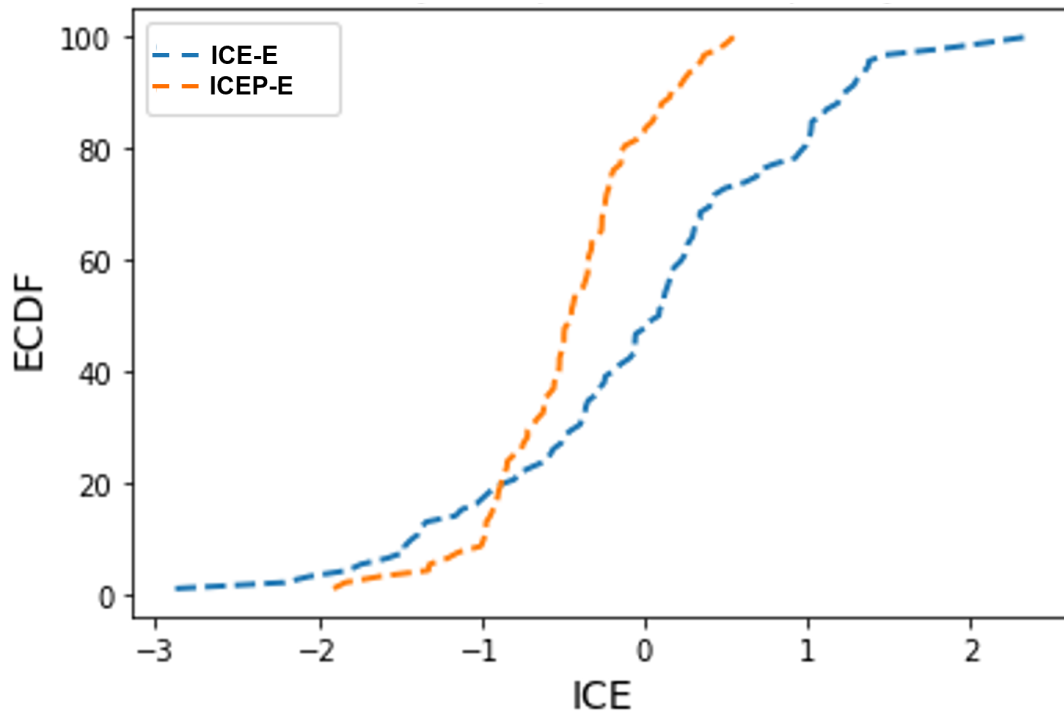
Tabela 3 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Exportadoras em 2019 - Ordenado pela média dos ICEs

#	Mesorregião	Média ICEs-E	% Exportação	Posição ICEP-E	Posição ICE-E
1	Vale do Paraíba Paulista	0,95	5,1%	14	3
2	Macro Metropolitana Paulista	0,92	1,7%	1	9
3	Sul Fluminense	0,91	0,6%	2	8
4	Norte Fluminense	0,90	0,8%	59	1
5	Campinas	0,85	2,6%	3	10
6	Metropolitana do Rio de Janeiro	0,80	12,1%	52	2
7	Metropolitana de Salvador	0,80	1,5%	9	5
8	Nordeste Rio-grandense	0,77	0,7%	6	11
9	Piracicaba	0,70	1,8%	4	15
10	Metropolitana de Porto Alegre	0,67	2,8%	11	12
-	Demais Mesorregiões	-	86,3%	-	-
-	Total	-	100%	-	-

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Por fim, as diferenças entre as posições e índices das duas abordagens da complexidade podem ser percebidas ao olharmos as duas distribuições acumuladas empíricas na Figura 5. Percebe-se que o ICE-E tem seus índices numa faixa entre -2 e 1, enquanto o ICEP-E é mais espalhado, indo desde -3 até por volta de 2. Isso, conseqüentemente, se reflete nos seus resultados e alerta sobre os cuidados que se deve ter para compará-los.

Figura 5 — Distribuição Empírica da Complexidade das Mesorregiões - Exportação (2019)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

4.1.2 Relação entre Importação e Complexidade

Assim como para a exportação, para a importação também foram calculados os índices de complexidades das mesorregiões brasileiras pelas duas abordagens propostas. Assim, a Tabela 4 traz a complexidade sob a ótica do que é importado, ordenando-se as dez principais mesorregiões em valor importado.

Tabela 4 — Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Ordenado por Valor Importado (continua)

#	Mesorregião	ICEP-I	# ICEP-I	ICE-I	# ICE-I	% do Valor Total Importado
1	Metropolitana de São Paulo	0,39	35	0,70	24	14,4%
2	Metropolitana do Rio de Janeiro	0,37	37	-1,12	82	7,7%
3	Campinas	0,70	4	0,11	54	7,4%
4	Metropolitana de Curitiba	0,25	42	-0,09	59	5,8%

Tabela 4 — Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Ordenado por Valor Importado (conclusão)

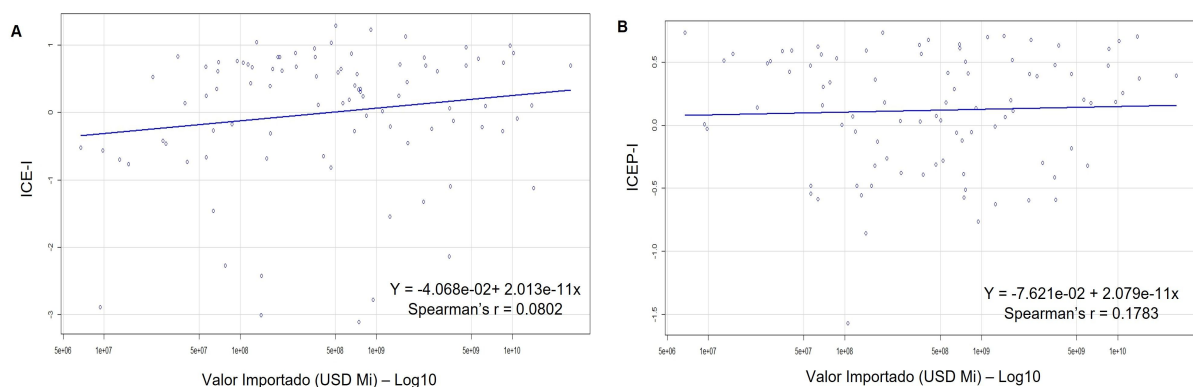
#	Mesorregião	ICEP-I	# ICEP-I	ICE-I	# ICE-I	% do Valor Total Importado
5	Norte Catarinense	0,67	8	0,88	10	5,5%
6	Vale do Itajaí	0,18	45	1,00	6	5,2%
7	Macro Metropolitana Paulista	0,61	14	0,74	20	4,6%
8	Vale do Paraíba Paulista	0,48	28	-0,27	27	4,6%
9	Metropolitana de Porto Alegre	0,18	48	0,10	55	3,4%
10	Metropolitana de Salvador	-0,32	73	-0,22	63	3,2%
-	Demais mesorregiões	-	-	-	-	38,2%
-	Total	-	-	-	-	100%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

Aqui também se percebe uma alta concentração com mais de 60% do valor importado pertencendo às dez principais mesorregiões, das quais seis estão também entre as dez principais exportadoras. Esse achado reflete a alta correlação entre os valores de exportação e importação ($r=0,6817$) já trazidos na Figura 1. Essa relação pode ser explicada pela maior densidade populacional de algumas mesorregiões, principalmente quando se trata de áreas metropolitanas, o que acarreta uma escala maior.

Enquanto as mesorregiões exportadoras têm uma complexidade predominantemente baixa ou negativa, o oposto acontece na importação. Isso reflete a cesta de exportação com produtos de baixa complexidade e uma capacidade produtiva pouco sofisticada, exigindo que produtos mais complexos tenham que ser importados.

Figura 6 — Relação Linear entre Complexidade e Valor Importado - 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

A relação entre a complexidade das mesorregiões e os valores importados possui comportamento similar à exportação, ou seja, de baixa relevância com correlações menores que 0,2 para ambas as abordagens, conforme consta na Figura 6. Assim, a relação linear entre ambas não parece ser a mais adequada. Ao serem ordenadas as mesorregiões pela sua complexidade na Tabela 5, essa conclusão é reforçada ao se notar a baixa relevância, em ambos os casos, das mesorregiões mais complexas no valor importado.

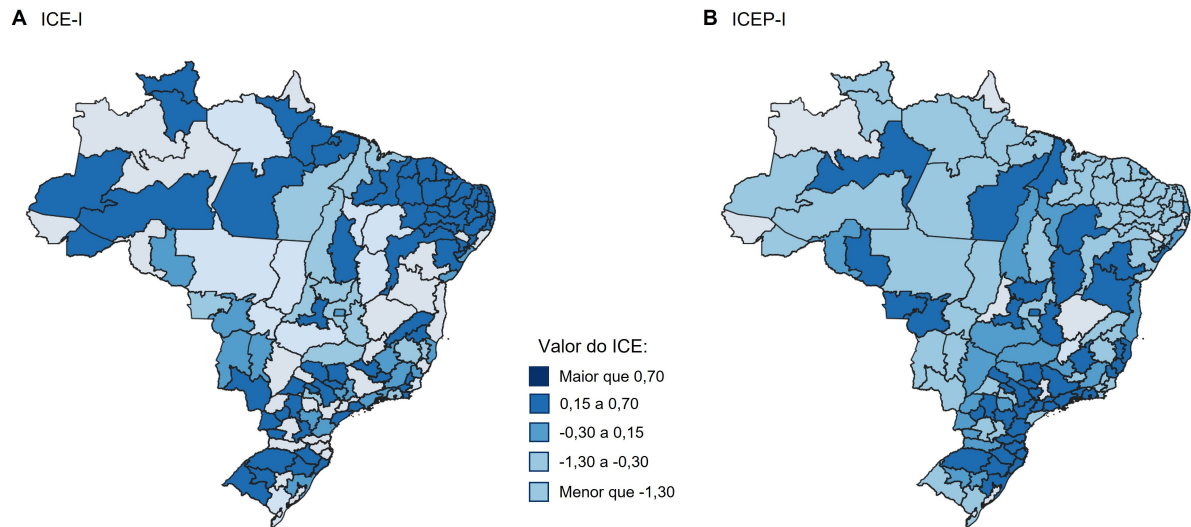
Tabela 5 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Importadoras em 2019 - Ordenado por ICEP-I (esquerda) e ICE-I (direita)

#	Mesorregião	ICEP-I	% Importação	Mesorregião	ICE-I	% Importação
1	Norte de Minas	0,74	0,1%	Leste do Mato Grosso do Sul	1,29	0,3%
2	Noroeste Goiano	0,74	0,0%	Madeira-Guaporé	1,23	0,5%
3	Mata Pernambucana	0,71	0,8%	Grande Florianópolis	1,13	0,9%
4	Campinas	0,70	7,4%	Centro-Sul Paranaense	1,05	0,1%
5	Distrito Federal	0,70	0,6%	Oeste Catarinense	1,04	0,3%
6	Piracicaba	0,65	2,0%	Vale do Itajaí	1,00	5,2%
7	Centro Goiano	0,68	1,2%	Norte Catarinense	0,97	2,5%
8	Sudeste Paraense	0,68	0,2%	Centro Norte Baiano	0,95	0,2%
9	Centro Amazonense	0,67	5,5%	Centro Oriental Rio-grandense	0,89	0,1%
10	Leste Sergipano	0,64	0,4%	Centro Amazonense	0,88	5,5%
-	Demais Mesorregiões	-	82,9%	Demais Mesorregiões	-	84,5%
-	Total	-	100%	Total	-	100%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

A Tabela 5 demonstra que, nas dez mesorregiões mais complexas de ambas as abordagens, apenas o Centro Amazonense é comum a ambas, o que reflete a baixa relação entre os índices. Isso também fica evidenciado na Figura 4, em que é possível perceber o baixo ajuste linear entre as variáveis, assim como sua fraca correlação. Essa relação fraca também fica evidenciada na Tabela 4, onde nenhuma mesorregião tem a mesma posição nos índices de importação. A Figura 7 mostra de forma visual essas diferenças para a complexidade de importação.

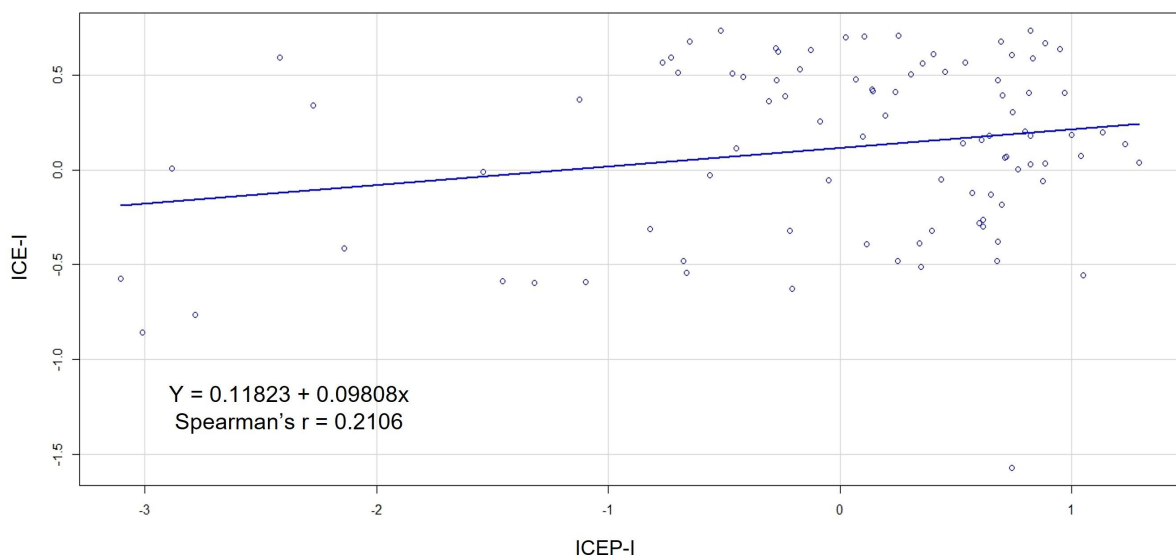
Figura 7 — Mapas dos índices de Complexidade Econômica - Importação (2019)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

Na Figura 7, ao contrário da análise equivalente para a exportação, existe maior complexidade no interior do Brasil em vez da concentração na região costeira, o que é denotado pelas áreas mais escuras bem espalhadas por todo o país. Isso significa que, de fato, enquanto a capacidade para se exportar produtos complexos está predominantemente em grandes centros e regiões litorâneas densamente povoadas, o restante do Brasil (além dessas regiões) importa produtos de maior complexidade.

Figura 8 — Relação Linear entre os ICes de Importação - 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

Embora exista uma maior complexidade de importação em ambos os índices nas

mesorregiões do interior do país, os índices possuem uma baixa correlação entre si ($r=0,2106$). Isso fica evidente na Figura 8, que demonstra a baixa aderência linear entre ambas. Já a Tabela 6 reforça essa conclusão, ao realizar uma média entre as complexidades e comparando as mesorregiões resultantes à posição do seu respectivo ICE original. Assim como na exportação, poucas mesorregiões estão entre as dez mais complexas em ambas as abordagens, o que reforça o caráter distinto de cada abordagem.

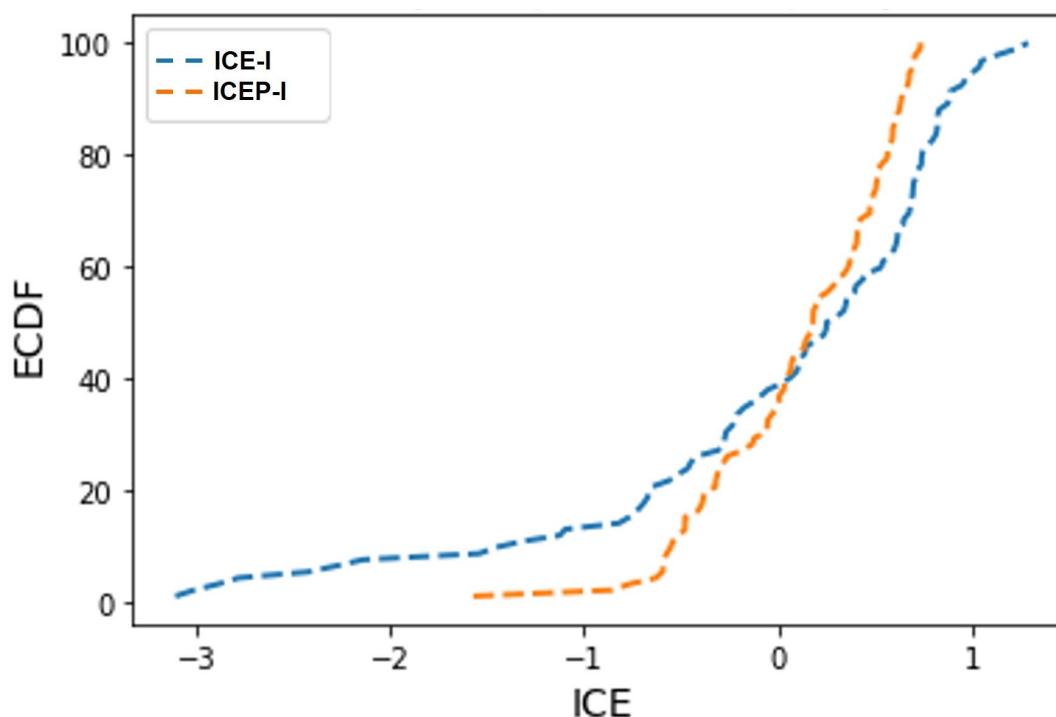
Tabela 6 — Complexidade Econômica das Mesorregiões Importadoras em 2019 - Ordenado pela média dos ICEs

#	Mesorregião	Média ICEs-I	% Importação	Posição ICEP-I	Posição ICE-I
1	Centro Norte Baiano	0,74	0,2%	10	8
2	Norte de Minas	0,78	0,1%	1	14
3	Centro Amazonense	0,78	5,5%	8	10
4	Centro Sul Baiano	0,71	0,0%	17	12
5	Norte Catarinense	0,69	2,5%	34	7
6	Centro Goiano	0,69	1,2%	6	26
7	Madeira-Guaporé	0,68	0,5%	51	2
8	Macro Metropolitana Paulista	0,67	4,6%	14	20
9	Grande Florianópolis	0,67	0,9%	44	3
10	Leste de Mato Grosso do Sul	0,67	0,3%	56	1
-	Demais Mesorregiões	-	84,3%	-	-
-	Total	-	100%	-	-

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

Por fim, novamente as diferenças entre as posições e índices das duas abordagens da complexidade para a importação podem ser percebidas ao olharmos suas distribuições empíricas da complexidade na Figura 9. Percebe-se que, assim como para a exportação, o ICEP-I fica dentro de um intervalo reduzido, enquanto o ICE-I abrange uma faixa maior. Ou seja, o ICE-I, calculado a partir do comércio exterior das mesorregiões, tem seus índices numa faixa entre -3 e 1, enquanto o ICEP-I, a partir do índice de complexidade de produto internacional, é menos espalhado, indo desde por volta de -2 até por volta de 1.

Figura 9 — Distribuição Empírica da Complexidade das Mesorregiões - Importação (2019)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

4.1.3 Diferencial de Complexidade das Mesorregiões

Visando analisar se as mesorregiões que exportam produtos mais complexos importam outros de menor complexidade, e vice-versa, criou-se uma medida chamada de Diferencial de Complexidade para cada abordagem. A medida não é relacionada à balança comercial ou valores de exportação e importação, mas sim consiste na diferença entre o ICE da exportação e o da importação. Um diferencial positivo significa que a mesorregião exporta produtos mais complexos do que importa e um diferencial negativo representa o oposto.

Tabela 7 — Sumário Estatísticas - Diferencial de Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 (continua)

Estatísticas	Diferencial ICE-X/I	Diferencial ICEP-X/I
Mínimo	-2.2278	-2.5823
1º Quartil	-0.6072	-0.9516
Mediana	-0.2595	-0.5684
Média	0.0000	-0.5744

Tabela 7 — Sumário Estatísticas - Diferencial de Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019

(conclusão)

Estatísticas	Diferencial ICE-X/I	Diferencial ICEP-X/I
3º Quartil	0.6056	-0.1603
Máximo	4.5000	1.1147

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e importação das mesorregiões (2022).

A Tabela 7 consiste em um sumário das principais estatísticas, onde é possível constatar que o diferencial ICE-X/I tem uma distribuição mais simétrica e com mais valores positivos do que o diferencial ICEP-X/I. Este fato se deve à natureza e metodologia de cada abordagem. Já na Tabela 8, podem ser vistas as dez mesorregiões com maiores diferenciais absolutos.

Tabela 8 — Diferencial de Complexidade Econômica das Mesorregiões em 2019 - Dez maiores valores absolutos

#	Mesorregião	Diferencial ICE-X/I	#	Mesorregião	Diferencial ICEP-X/I
1	Norte Fluminense	4,50	1	Sudeste Paraense	-2,58
2	Metropolitana do Rio de Janeiro	3,23	2	Norte Goiano	-2,40
3	Sudeste Paraense	-2,23	3	Sul/Sudoeste de Minas	-2,03
4	Vale do Paraíba Paulista	2,10	4	Metropolitana de Belo Horizonte	-1,62
5	Oriental do Tocantins	-1,86	5	Sudoeste Piauiense	-1,58
6	Leste de Mato Grosso do Sul	-1,74	6	Centro Ocidental Paranaense	-1,38
7	Norte Mato-grossense	1,64	7	Extremo Oeste Baiano	-1,34
8	Madeira-Guaporé	-1,61	8	Norte Central Paranaense	-1,27
9	Metropolitana de Salvador	1,60	9	Zona da Mata	-1,27
10	Centro-Sul Paranaense	-1,56	10	Noroeste Espírito-santense	-1,25
-	Demais Mesorregiões	-0,05	-	Demais Mesorregiões	-0,44
-	Média Geral	0,00	-	Média Geral	-0,57

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e importação das mesorregiões (2022).

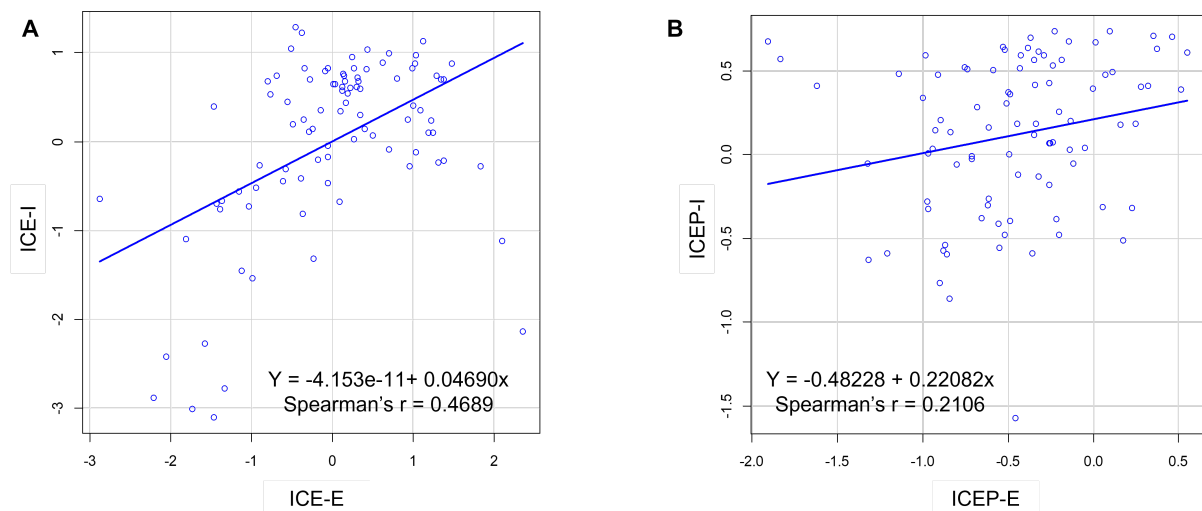
Os resultados demonstraram cenários distintos, de acordo com cada abordagem, porém complementares. Primeiro é necessário contextualizar a abordagem de cada índice, para que se possa ter uma leitura e entendimento corretos. Os índices de complexidade ICE-X e ICE-I foram calculados levando em consideração o comércio exterior das mesorregiões com os demais países, usando a metodologia desenvolvida por Hidalgo et al. (2007) e sem levar em consideração os fluxos comerciais regionais internos. Assim, os resultados devem ser interpretados através da leitura apenas das mesorregiões e uma análise comparativa delas, sem compará-las com índices de complexidade de outros países. Isso porque o índice de complexidade global disponível no Growth Lab at Harvard University, embora use a mesma metodologia, ao ser calculado possui um universo onde todos os fluxos comerciais entre nações são absorvidos, o que não ocorre com as mesorregiões. Logo, a comparação entre os índices de complexidade das mesorregiões e o de outros países não convém nesta abordagem, mas sim uma análise regional comparativa da complexidade. Já na segunda abordagem, para calcular o ICEP-X e ICEP-I partiu-se justamente das complexidades de produto global para se chegar às complexidades das mesorregiões, ou seja, foram utilizados como referência índices que já levavam em consideração todo o comércio internacional e apenas foram ponderados pelos valores de exportação e importação. Logo, propõe-se aqui que, para fins de comparação com o restante do mundo, seja utilizado este índice.

A primeira análise comparativa entre as complexidades de exportação e importação encontrou, para ambas as abordagens, um cenário de equilíbrio em relação às dez mesorregiões com maiores índices. Ao olharmos para o todo, porém, existe uma tendência clara de se exportar produtos de baixa complexidade e importar aqueles de alta. Para o Diferencial ICE-X/I existe um equilíbrio entre as mesorregiões positivas e negativas, tanto entre as dez principais quanto para as demais. Comparativamente às outras, existem mesorregiões muito mais desenvolvidas e industrializadas que outras, embora em um contexto global estejam distantes de países desenvolvidos. Isso faz sentido levando em consideração a grande desigualdade encontrada no país e essa abordagem consegue capturar e diagnosticar onde ela está mais agravada e destacar os distintos cenários no tocante à complexidade regional.

Já ao olhar o Diferencial ICEP-X/I encontrou-se um resultado diferente, porém complementar ao primeiro. Aqui, os dez maiores diferenciais foram todos negativos, assim como a média geral e para as demais mesorregiões. Aqui também vale uma comparação entre as mesorregiões, porém a distância é menor do que na outra abordagem, muito em função da diferença na distribuição de valor em cada índice, já demonstrada nos resultados. No entanto, os resultados e os diferenciais apontaram que também podem ser postos em perspectiva à complexidade global. Assim, consegue-se ter uma visão do grau real de sofisticação econômica do Brasil e das grandes desigualdades presentes entre as mesorregiões. No entanto, ao analisarmos as relações entre os índices de exportação e importação, a correlação é média

ou baixa e a aderência linear fraca em ambos os casos. A relação também foi positiva indicando que, quanto maior a complexidade de exportação, maior seria a de importação, porém, novamente, esta conclusão é limitada e posta em cheque pelas próprias baixas correlação e aderência linear encontradas.

Figura 10 — Relação Linear entre Complexidade de Exportação e Importação das Mesorregiões - 2019



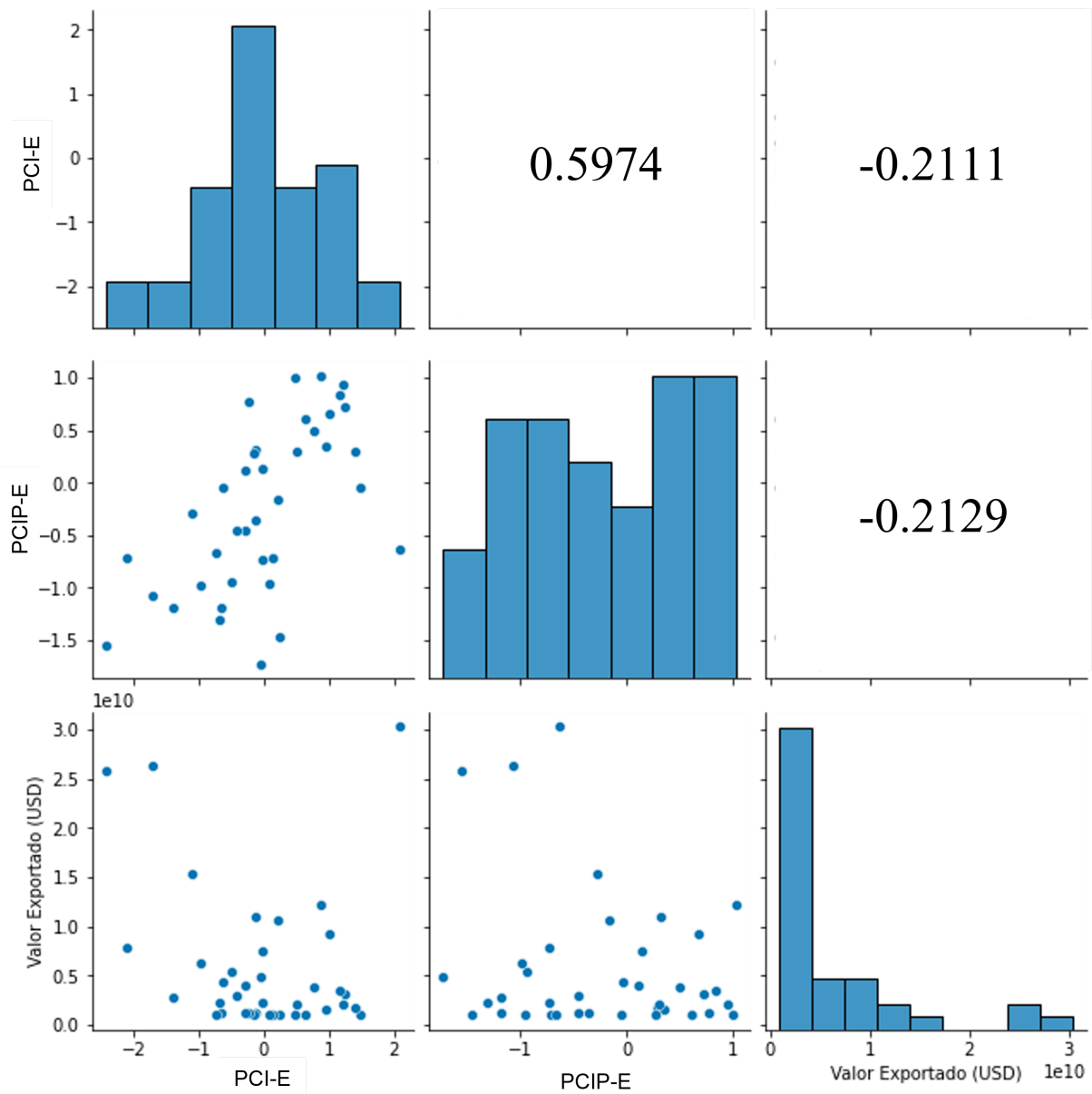
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e importação das mesorregiões (2022).

Na Figura 10, há a relação linear entre as complexidades de exportação e importação das mesorregiões, de acordo com cada abordagem. Em ambos os casos a relação é positiva, o que significa que, quanto maior a complexidade de uma mesorregião para exportação, maior também é para a importação. De qualquer forma, a relação linear é média para o ICE-X e ICE-I enquanto é fraca para o ICEP-X e ICEP-I, reforçando que a primeira abordagem consegue trazer melhores comparações entre as mesorregiões, enquanto a segunda traz uma perspectiva mais acurada da posição do Brasil no comércio global.

4.1.4 Complexidade dos Produtos Exportados

Além de olhar a cesta de exportação das mesorregiões, foram esmiuçados os próprios produtos independentes de localidade. Nessa análise também foram usadas duas abordagens: o índice de complexidade de produto (PCI), resultante da aplicação da metodologia de Hidalgo e Hausmann (2009), nomeado como PCI-X, e aquele tomado como referência do *The Atlas of Economic Complexity* (HAUSMANN *et al.*, 2014), que é calculado a partir do fluxo de comércio exterior entre todas as nações.

Figura 11 — Histograma, Dispersão e Correlação dos Índices de Complexidade de Produto e o Valor Exportado - 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Assim, constam a dispersão, o histograma e a correlação entre os PCIs e os valores de exportação na Figura 11. É possível notar uma correlação razoável entre os PCIS ($r=0,5974$), porém baixa destes com o valor exportado. Além disso, os PCIs e seus valores de exportação não apresentaram nenhuma distribuição específica e se concentraram principalmente em produtos de baixa complexidade, reforçando esta característica da matriz de exportação brasileira.

A Tabela 9 reforça as características de alta concentração e baixa complexidade das exportações brasileiras em 2019, visto que mais da metade dos dez produtos mais exportados são commodities e/ou matérias-primas básicas. Ao se analisar pela óptica do PCIP-X, que usa

o índice de complexidade de produto oficial considerando todo o comércio internacional global, percebe-se que apenas quatro produtos dos dez maiores exportados possuem alguma, embora ainda baixa, complexidade.

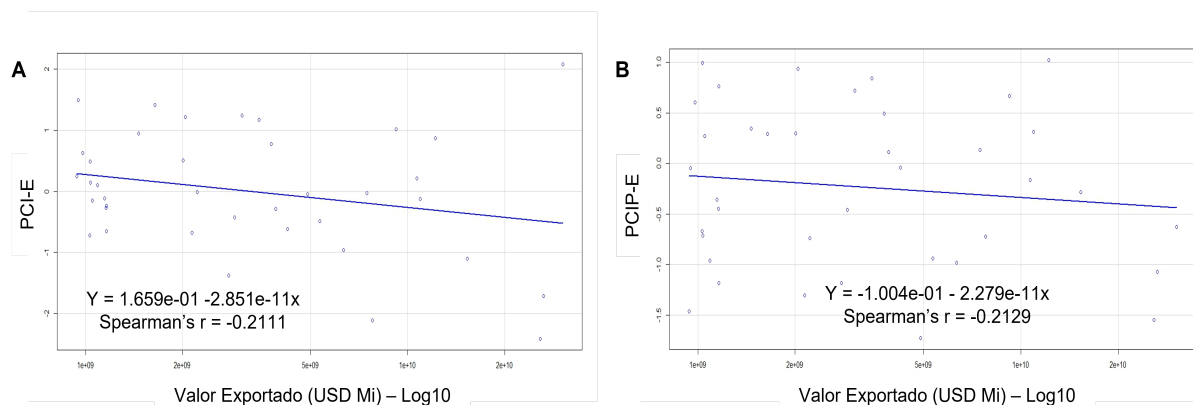
Tabela 9 — Complexidade Econômica dos Produtos Exportados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Valor Exportado

#	Produto (HS2)	PCIP-X	PCI-X	% Exportação
1	Combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação; matérias betuminosas; ceras minerais (27)	-0,63	2,08	13,7%
2	Sementes e frutos oleaginosos; grãos, sementes e frutos diversos; plantas industriais ou medicinais; palhas e forragens (12)	-1,08	-1,72	11,9%
3	Minérios, escórias e cinzas (26)	-1,55	-2,42	11,7%
4	Carnes e miudezas, comestíveis (2)	-0,29	-1,11	6,9%
5	Reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos (84)	1,02	0,87	5,5%
6	Ferro fundido, ferro e aço (72)	0,31	-0,12	5,0%
7	Veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios (87)	0,66	1,02	4,2%
8	Cereais	-0,72	-2,11	3,5%
9	Pastas de madeira ou de outras matérias fibrosas celulósicas; papel ou cartão para reciclar (desperdícios e aparas) (47)	0,13	-0,03	3,4%
10	Resíduos e desperdícios das indústrias alimentares; alimentos preparados para animais (23)	-0,98	-0,96	2,9%
-	Demais produtos	-	-	34,2%
	Total			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

A Figura 12 demonstra a relação entre ambos os PCIs com o valor exportado tendo uma relação negativa. Essa característica denota que os maiores valores foram provenientes de produtos de baixa complexidade, assim como foi demonstrado na Tabela 7. Por fim, observa-se, além da correlação baixa e negativa, a baixa aderência linear.

Figura 12 — Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Já a Tabela 10 ordena os produtos por complexidade pelas duas abordagens, o que permite enxergar as diferenças e similaridades entre os PCIs. Os dois rankings possuem oito produtos em comum, embora em posições distintas. Isso está alinhado com a correlação média de 0,5974 que existe entre ambas.

Tabela 10 — Complexidade Econômica dos Produtos Exportados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade

(continua)

#	Produto (HS)	PCIP-E	% Exportação	Produto (HS)	PCI-E	% Exportação
1	Reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos (84)	1,02	5,5%	Combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação; matérias betuminosas; ceras minerais (27)	2,08	13,7%
2	Instrumentos e aparelhos de óptica, de fotografia, de cinematografia, de medida, médico-cirúrgicos, de controle ou de precisão (90)	0,99	0,5%	Cobre e suas obras (74)	1,50	0,4%
3	Produtos químicos orgânicos (29)	0,94	0,9%	Borracha e suas obras (40)	1,41	0,7%
4	Máquinas, aparelhos e	0,84	1,6%	Plásticos e suas	1,24	1,6%

Tabela 10 — Complexidade Econômica dos Produtos Exportados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade

(continuação)

#	Produto (HS)	PCIP-E	% Exportação	Produto (HS)	PCI-E	% Exportação
	materiais elétricos; aparelhos de gravação ou de reprodução de som e acessórios (85)			obras (39)		
5	Produtos farmacêuticos (30)	0,76	0,5%	Produtos químicos orgânicos (29)	1,21	0,9%
8	Plásticos e suas obras (39)	0,72	1,4%	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos; aparelhos de gravação ou de reprodução de som e acessórios (85)	1,17	1,6%
7	Veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios (87)	0,66	4,2%	Veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios (87)	1,02	4,2%
8	Produtos diversos das indústrias químicas (38)	0,60	0,4%	Obras de ferro fundido, ferro ou aço (73)	0,94	0,7%
9	Aeronaves e aparelhos espaciais (88)	0,49	1,7%	Reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos (84)	0,87	5,5%
10	Obras de ferro fundido, ferro ou aço (73)	0,34	0,7%	Aeronaves e aparelhos espaciais (88)	0,78	1,7%
-	Outros Produtos	-	82,6%	Outros Produtos	-	69,1%
		-				

Tabela 10 — Complexidade Econômica dos Produtos Exportados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade

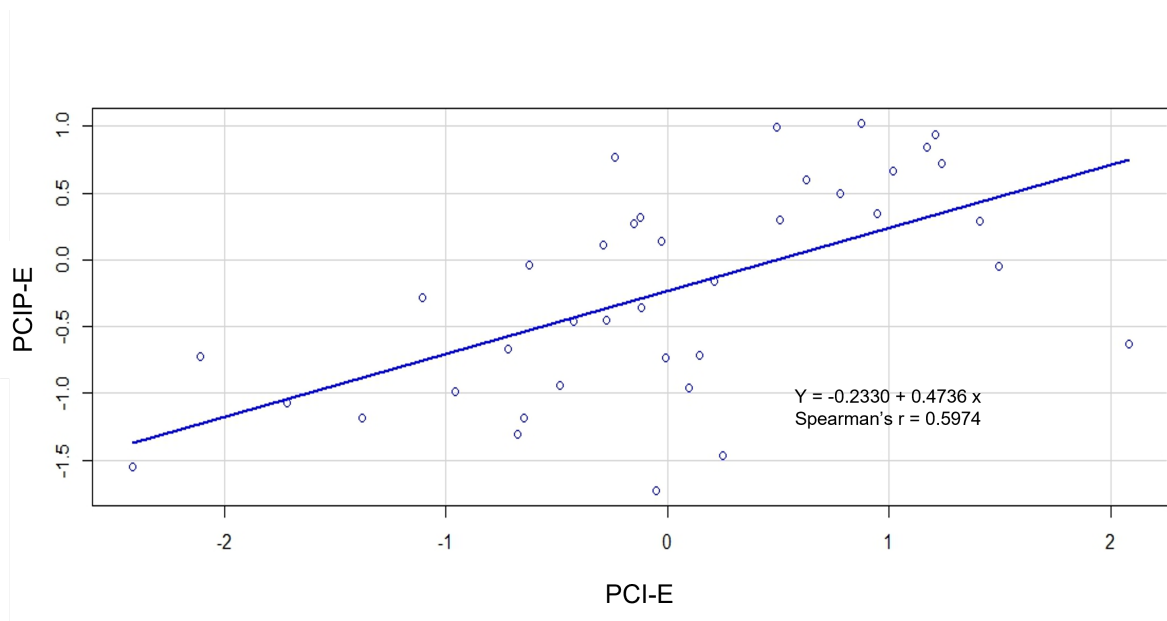
#	Produto (HS)	PCIP-E	% Exportação	Produto (HS)	PCI-E	% Exportação
-	Total		100%	Total	-	100%

(conclusão)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

Ambas as abordagens de PCI têm uma relação linear razoavelmente aderente, conforme se observa na Figura 13.

Figura 13 — Relação Linear entre os PCIs de Exportação - 2019

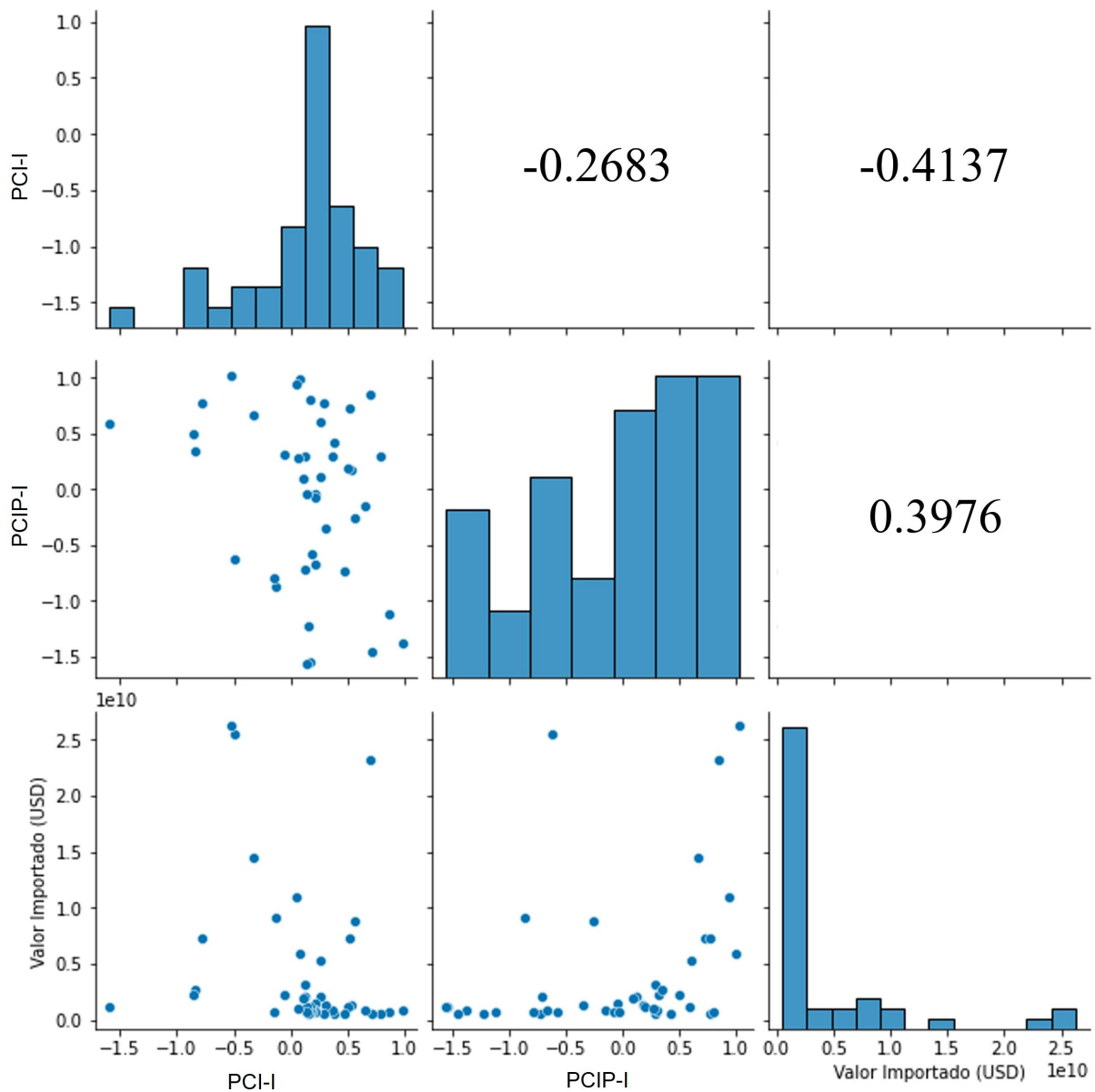


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação das mesorregiões (2022).

4.1.5 Complexidade dos Produtos Importados

Assim como para a exportação, também foi realizada uma análise da complexidade dos produtos importados, igualmente sob duas abordagens. Na Figura 14, observa-se a correlação entre as complexidades e o volume importado, além da dispersão e do histograma dos dados. Percebe-se que a dispersão dos PCI-I, com dados internos, se concentra mais na região de complexidade maior, enquanto o PCIP-I está mais igualmente distribuído. De qualquer forma, é possível notar que há uma complexidade levemente maior que da exportação.

Figura 14 — Histograma, Dispersão e Correlação dos Índices de Complexidade de Produto e o Valor Importado - 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

As Tabela 11 e 12 confirmam o papel do Brasil como produtor e exportador de produtos de baixa complexidade, enquanto as importações em 2019 são de produtos mais complexos. Diferentemente da exportação, apenas dois dos dez produtos mais importados possuem PCIP-I negativos. Também se destaca a importação de adubos que, embora sejam de baixa complexidade, não conseguem ter sua demanda atendida pela produção nacional e se destinam para a produção e exportação de alimentos de baixa complexidade.

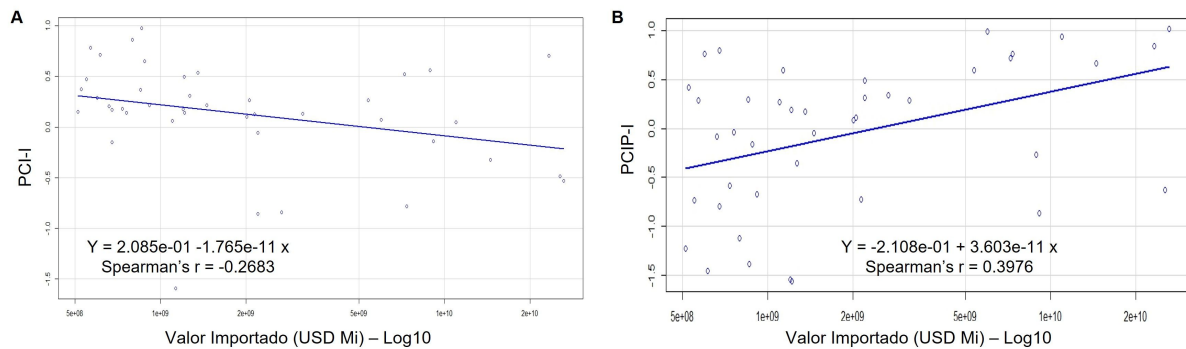
Tabela 11 — Complexidade Econômica dos Produtos Importados pelo Brasil em 2019 - Por Ordem de Valor Importado

HS2	Produtos (HS2)	PCIP-I	PCI-I	% Importação
1	Reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos, e suas partes (84)	1,02	-0,53	14,1%
2	Combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação; matérias betuminosas; ceras minerais (27)	-0,63	-0,49	13,7%
3	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e suas partes (85)	0,84	0,70	12,5%
4	Veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios (87)	0,67	-0,32	6,6%
5	Produtos químicos orgânicos (29)	0,94	0,05	5,9%
6	Adubos (fertilizantes) (31)	-0,87	-0,14	4,9%
7	Produtos farmacêuticos (30)	0,76	-0,78	4,0%
8	Plásticos e suas obras (39)	0,72	0,52	3,9%
9	Instrumentos e aparelhos de óptica, de fotografia, de cinematografia, de medida, de controle ou de precisão; instrumentos e aparelhos médico-cirúrgicos; suas partes e acessórios (90)	0,99	0,07	3,2%
10	Produtos diversos das indústrias químicas (38)	0,60	0,27	2,9%
-	Demais produtos	-	-	27,1%
-	Total	-	-	100%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

Também chama a atenção que reatores nucleares, que foram o produto mais complexo dentre os dez mais exportados, é também o mais importado. Isso pode indicar que há uma ineficiência na produção deste produto no Brasil, de tal forma que seja mais viável importá-lo. Uma alternativa seria a importação e, posteriormente, a exportação do produto, com o Brasil funcionando como um centro de distribuição para a América Latina.

Figura 15 — Relação Linear entre Complexidade de Produto e Valor Importado - 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

Destaca-se a relação fraca, porém distinta, entre os índices de complexidade de produto e o valor importado, o que pode ser visto na Figura 15 e Figura 16. No caso do PCIP-I, que reflete todo o comércio global, a correlação foi positiva ($r=0,3976$), ou seja, quanto maior o volume importado, mais complexo: enquanto o PCI-I teve uma correlação negativa ($r=-0,2683$), refletindo os grandes volumes importados de baixa complexidade. Nesse sentido, ambos podem ser complementares ao se analisar a complexidade da cesta de importação, já que o PCIP-I consegue apontar a real complexidade dos produtos considerando o comércio global, enquanto o PCI-I aponta para possíveis ineficiências internas de produção.

Tabela 12 — Complexidade Econômica dos Produtos Importados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade

(continua)

#	Produto (HS)	PCIP-I	% Importação	Produto (HS)	PCI-I	% Importação
1	Reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos (84)	1,02	14,1%	Vestuário e seus acessórios de malha (61)	0,98	0,5%
2	Instrumentos e aparelhos de óptica, de fotografia, de cinematografia, de medida, médico-cirúrgicos, de controle ou de precisão (90)	0,99	3,2%	Vestuário e seus acessórios, exceto de Malha (62)	0,86	0,4%
3	Produtos químicos orgânicos (29)	0,94	5,9%	Brinquedos, jogos, artigos para divertimento ou para esporte		

Tabela 12 — Complexidade Econômica dos Produtos Importados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade

(continuação)

#	Produto (HS)	PCIP-I	% Importação	Produto (HS)	PCI-I	% Importação
				(95)	0,78	0,3%
4	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos; aparelhos de gravação ou de reprodução de som e acessórios (85)	0,84	12,5%	Frutas; cascas de frutos cítricos e de melões (8)	0,71	0,3%
5	Ferramentas, artefatos de cutelaria e talheres, e suas partes, de metais comuns (82)	0,80	0,4%	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos; aparelhos de gravação ou de reprodução de som e acessórios (85)	0,70	12,5%
6	Vidro e suas obras (70)	0,77	0,3%	Fibras sintéticas ou artificiais descontínuas (55)	0,65	0,5%
7	Produtos farmacêuticos (30)	0,76	4,0%	Filamentos sintéticos ou artificiais (54)	0,54	0,7%
8	Plásticos e suas obras (39)	0,72	3,9%	Plásticos e suas obras (39)	0,52	3,9%
9	Veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios (87)	0,66	7,8%	Extratos tanantes e tintoriais; taninos e seus derivados; pigmentos e outras matérias corantes; tintas e vernizes; mástiques; tintas de escrever (32)	0,50	0,7%
10	Produtos diversos das indústrias químicas (38)	0,60	2,9%	Preparações de produtos hortícolas, de frutas ou de outras partes de plantas (20)	0,47	0,3%

Tabela 12 — Complexidade Econômica dos Produtos Importados pelo Brasil em 2019 - Ordenado por Complexidade

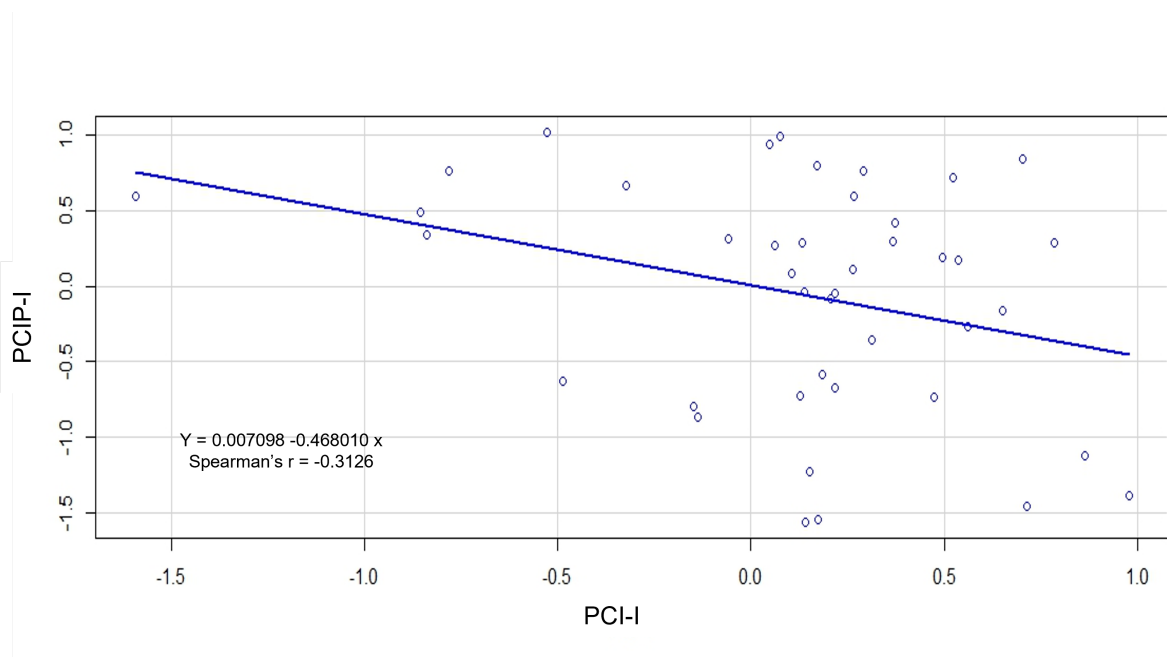
#	Produto (HS)	PCIP-I	% Importação	Produto (HS)	PCI-I	% Importação
-	Outros Produtos	-	45,0%	Outros Produtos	-	79,9%
-	Total	-	100%	Total	-	100%

(conclusão)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

As diferenças entre os índices podem ser percebidas também na Tabela 10, em que constam os dez produtos mais complexos importados em cada um dos PCIs. Nota-se que apenas dois produtos são comuns a ambos os *rankings* e essa discrepância sugere uma relação negativa entre os índices ($r=-0,3126$), o que é confirmado pela Figura 15. Esse caso é diferente da exportação de produtos, em que ambos os PCIs tiveram uma relação linear razoável e positiva.

Figura 16 — Relação Linear entre os PCIs de Importação - 2019



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de importação das mesorregiões (2022).

O mesmo princípio serve para as complexidades de produto, sendo que o PCI-X/Ii reflete exatamente o comércio global, enquanto o PCI-X/I leva em consideração apenas a realidade das mesorregiões. Assim, enquanto no PCIP-X o produto/HS2 mais complexo exportado é o de reatores nucleares (HS84), para o PCI-X o posto é ocupado por combustíveis e óleos minerais (HS27). Isso porque o cálculo do PCI-X leva em consideração apenas a diversidade e ubiquidade das mesorregiões, e não do mundo, e a produção de combustíveis e óleos minerais se concentram em poucos locais, resultando na sua maior complexidade.

Assim, este produto é muito complexo internamente, porém, quando levado em consideração o comércio global, é menor. Por fim, alguns produtos aparecem tanto entre os mais complexos e mais representativos da exportação quanto da importação, como combustíveis e óleos minerais e reatores nucleares. Como para este projeto os produtos foram agrupados no nível HS2, perde-se granularidade dos dados, sendo possível e provável que dentro desses agrupamentos tenham produtos que são exportados em um estado mais simples ou bruto para, depois de processados, serem importados, apontando para ineficiências internas de produção.

4.2 Evolução temporal (2000 e 2010) da Relação entre Complexidade e Indicadores Socioeconômicos, Infraestrutura, Educação e Formação de Capital

Além de calcular a complexidade em 2019, também foram aplicadas ambas as abordagens para as exportações das mesorregiões em duas décadas distintas: 2000 e 2010. A principal finalidade dessa análise foi explorar a relação linear e temporal entre complexidade e indicadores socioeconômicos, de infraestrutura, educação e formação bruta de capital das mesorregiões. Esses indicadores, listados na Tabela 13, foram retirados dos censos realizados pelo IBGE em 2000 e 2010, Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), INFRAERO e Ministério dos Transportes.

Importante ressaltar que algumas dessas variáveis não tinham dados exatos, o que exigiu alguma modelagem para serem usadas. Isso ocorreu nos seguintes casos:

- Aeródromos: quantidade por mesorregião;
- Portos: faturamento por mesorregião;
- Formação de Capital Bruta: usou-se o valor total do Brasil e estimaram-se as mesorregiões em 2000 e 2010 com base nas representatividades das suas exportações nos respectivos anos.

Outras modificações nos dados para a realização da análise constituem a transformação de variáveis percentuais, como as taxas de alfabetização, de população ocupada e de pessoas no ensino superior, em *Log Odds* ou o logaritmo da probabilidade, calculada da seguinte forma:

$$\text{LogOdds} = \frac{p}{1-p}, \quad (18)$$

Sendo p cada respectivo indicador.

Tabela 13 — Indicadores Utilizados para Análise Temporal de Complexidade das Mesorregiões em 2000 e 2010

Socioeconômicos	Infraestrutura	Educação	Formação Bruta de Capital
Renda Média	Aeródromos	Taxa de Alfabetização (<i>Log Odds</i>)	Formação Bruta de Capital Fixo
Taxa da População Ocupada (<i>Log Odds</i>)	Portos	Taxa de pessoas no ensino superior (<i>Log Odds</i>)	
PIB Indústria/capita	Frota Veicular		
PIB Serviços/capita			
PIB Agropecuária/capita			

Fonte: Elaboração própria.

Enquanto a Tabela 13 apresenta todos os indicadores usados de acordo com seu tipo, na Tabela 14 está um resumo estatístico delas, assim como para os índices de complexidade, com os valores mínimos, máximos, mediana, média, primeiro e terceiro quartis e as fontes de cada respectivo dado.

Tabela 14 — Resumo dos Indicadores Utilizados para Análise Temporal de Complexidade das Mesorregiões em 2000 e 2010 (continua)

Indicadores	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Fonte
ICE-X	-1.8853	-0.5699	-0.1444	0.0002	0.5088	5.9018	SECINT
ICEP-X	-1.7946	-0.7987	-0.5373	-0.4614	-0.1246	0.8158	SECINT
Renda Média	241.4	482.8	650.5	773.2	1051.9	2475.6	IBGE
Taxa da População Ocupada (<i>Log Odds</i>)	-0.2814	-0.0735	-0.0089	-0.0001	0.0635	0.2918	IBGE
PIB Indústria/capita	0.2371	1.8498	4.0070	5.6836	7.1745	51.8928	IBGE
PIB Serviços/capita	0.9067	5.7445	8.8962	11.4722	15.4762	110.0344	IBGE
PIB Agropecuária/capita	0.0297	0.7794	1.6055	2.3243	2.7943	15.2053	IBGE
Aeródromos	0.00	1.00	2.00	2.07	3.00	10.00	INFRAERO
Portos	0.000	0.000	0.000	1.454e+13	0.000e+00	2.504e+15	Ministério dos Transportes
Frota Veicular	829	71138	158270	358065	368073	9845072	DENATRAN

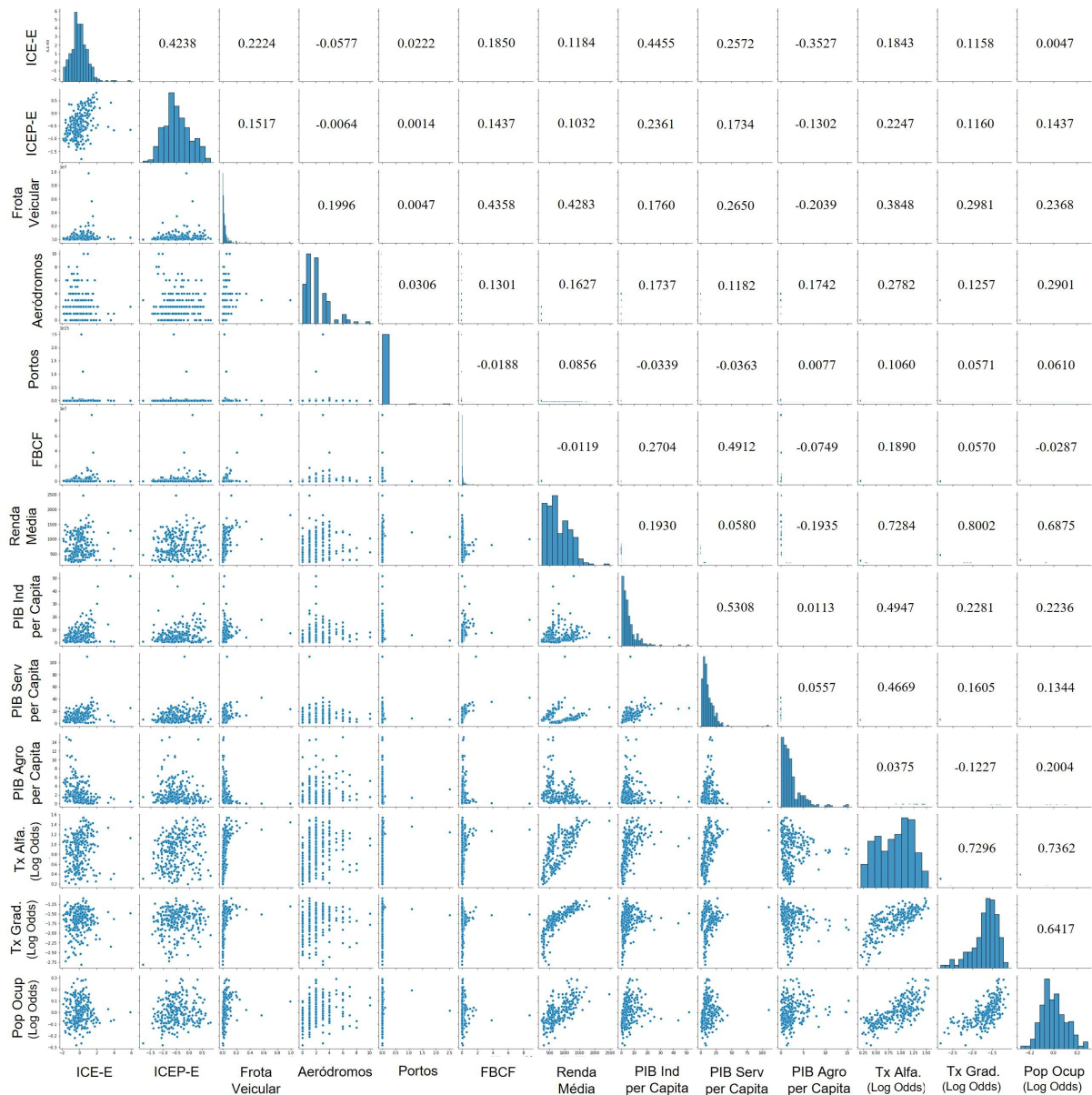
Tabela 14 — Resumo dos Indicadores Utilizados para Análise Temporal de Complexidade das Mesorregiões em 2000 e 2010 (conclusão)

Indicadores	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Fonte
Taxa de Alfabetização (Log Odds)	0.1995	0.5733	0.9297	0.8776	1.1526	1.5389	IBGE
Taxa de pessoas no ensino superior (Log Odds)	-2.811	-1.823	-1.623	-1.677	-1.453	-1.096	IBGE
Formação Bruta de Capital Fixo	12827	172470	414007	1690755	1145158	87633600	IBGE

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados das mesorregiões (2022).

Já o histograma, a dispersão e a correlação desses indicadores são apresentados na Figura 17. De uma forma geral, o ICE-X e o ICEP-X possuem uma correlação razoável entre si (0,4238), o que está alinhado com os resultados de 2019, e em geral baixa com os indicadores, embora exista um destaque para a relação do ICE-X com o PIB per capita da Indústria e da Agropecuária (0,4455 e -0,3527, respectivamente).

Figura 17 — Histograma, Dispersão e Correlação entre os ICEs e Indicadores Socioeconômicos para os anos 2000 e 2010



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e indicadores das mesorregiões (2022).

Na Tabela 15 testou-se a relação entre os ICEs sob uma regressão com todas as variáveis, com o ano como variável de controle, e após ser usada a técnica de seleção de variáveis *stepwise* pelo método AIC. É possível observar que, para o ICE-X, houve um ajuste razoável das variáveis, denotado pelo R^2 , enquanto para o ICEP-X esse indicador foi muito mais baixo, configurando uma baixa aderência.

Tabela 15 — Regressão dos ICEs em função dos Indicadores Socioeconômicos, de Infraestrutura, Educação e Formação de Capital - 2000 e 2010

Indicador	R ²	R ² após stepwise
ICEP-X	0,1257	0,1085
ICE-X	0,3510	0,3407

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e indicadores das mesorregiões (2022).

Foram criados modelos de regressão com todas as variáveis para cada um dos índices e com o ano como variável de controle. Como fatores em comum, houve a relação negativa com o PIB per capita da agropecuária, renda média e aeródromos, e positiva com o PIB per capita da indústria, população ocupada e frota veicular. Os demais indicadores tiveram seus estimadores com o sinal trocado, dependendo do índice.

Após aplicar um ajuste *stepwise* pelo método AIC aos resultados da regressão, constatam-se os novos modelos na Tabela 16.

Tabela 16 — Modelos Regressões ICE - Após Seleção de Variáveis

	ICE-X	ICEP-X
	Estimador	Estimador
Intercepto	-0,0319	-0,4739561***
PIB/Capita Agropecuária	-0,1339***	-0,0446815**
PIB/Capita Indústria	0,0727***	0,0113619*
Renda Média	--	-0,0003020*
População Ocupada (%)	--	0,7347789 .
Aeródromos	-0,0552 .	--
Índice de Formação de Capital Bruta	--	--
Frota Veicular	0,0000 .	--
Taxa de Alfabetização	--	0,3252732 .
Nível significância: 0*** 0.001** 0.01* 0.05 .		

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e indicadores das mesorregiões (2022).

Mealy, Farmer e Teytelboym (2019) indicaram uma relação entre complexidade e PIB per capita, o que foi de fato encontrado nos resultados, inclusive sendo a relação positiva para a indústria, mais complexa, e negativa para agropecuária, menos complexa. As relações entre os indicadores e as complexidades exploradas por uma regressão também não tiveram um resultado alto, sendo maior para o ICE-X e tendo uma relação mais forte deste com o PIB per capita da indústria e da agropecuária também. Isso se confirmou nos resultados pois sob um nível de significância de 5%, apenas os PIBs per capita da agropecuária e da indústria foram

relevantes para o ICE-X enquanto que para o ICEP-X os mesmos indicadores foram significantes, além da renda média. Conforme já citado, uma hipótese para isso é a maior capacidade deste índice de trazer comparações entre as mesorregiões dada a sua metodologia. Assim, é natural que, ao se examinar a relação com indicadores intrínsecos às mesorregiões, o ICE-X apresente desempenho superior. Já o ICEP-X também teve no modelo ajustado da sua regressão com os indicadores uma relação positiva com o PIB per capita da indústria e negativa com o da agropecuária, porém também mostrou uma relação com a população ocupada e taxa de alfabetização, confirmando achados de outros autores (MEALY; FARMER; TEYTELBOYM, 2019; HARTMANN et al., 2017; MONEA, 2020).

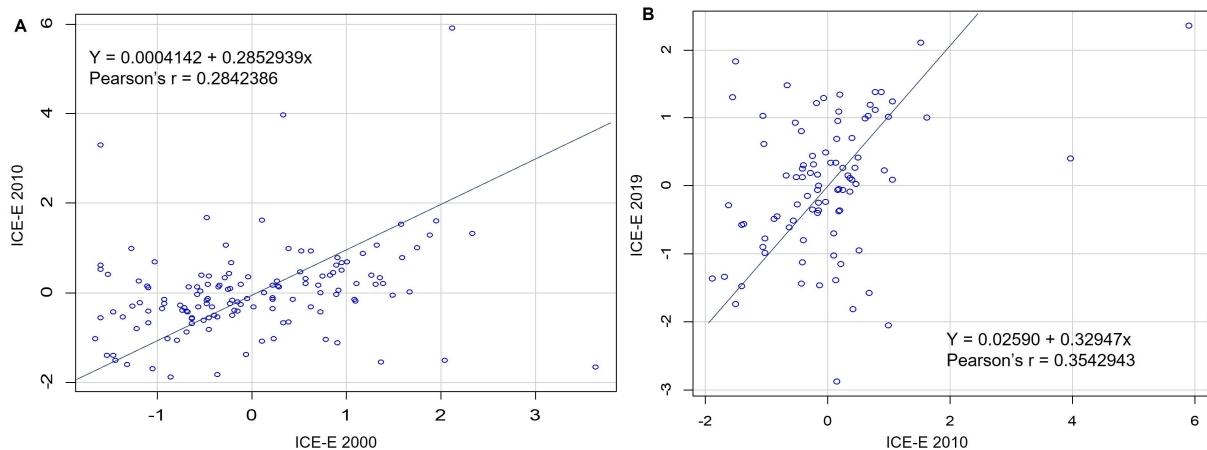
Uma diferença para a literatura, no entanto, foi a ausência de relações mais fortes com os indicadores já citados, principalmente os socioeconômicos – foi o que ocorreu com o Monea (2020), que também mensurou a complexidade das mesorregiões, porém com outra abordagem e em outros de complexidade regional (GAO; ZHOU, 2018; GÓMEZ-ZALDÍVAR; MOLINA-PEREZ, 2021; TÖRÖK; BENEDEK; GÓMEZ-ZALDÍVAR, 2022). Um dos motivos por que isso ocorre é que, embora todos os estudos meçam a complexidade, eles o fazem de perspectiva diferentes. Quando a complexidade é mensurada usando fatores de trabalho, como quantidade e tipos de empresa, pessoal ocupado, entre outros, são considerados aspectos e dados da economia formalizada. No entanto, no Brasil a informalidade do trabalho em 2019 era de 41,6%, segundo o IBGE, o que não é capturado por indicadores formais e resulta na exclusão de quase metade da população em questão. A exportação, medida adotada neste projeto, consegue ter uma visão mais ampla já que considera o mercado formal, mas também agrega tudo o que é informal durante o processo de produção, auxiliando para entender o motivo da relação ser mais fraca do que em outros estudos que tiveram como base dados provenientes de fatores formais. Outro ponto é que, dada a baixa competitividade do Brasil no mercado global, nem todo produto produzido consegue ser exportado e, portanto, ser capturado pela complexidade. Assim, ao não olharmos para os fluxos internos de comércio, deixa-se de computar eventuais produtos complexos que poderiam ajustar o índice.

4.3 Evolução temporal dos índices de Complexidade Econômica dos anos 2000, 2010 e 2019

Na Figura 18 está o ICE-X das mesorregiões de 2000 e 2010, à esquerda, e de 2010 e 2019, à direita. Em ambos os casos, a correlação ($r=0,2842$ na Figura 18 A e $r=0,3542$ na Figura 18 B) e a relação linear são bem modestas e baixas. Essa relação é um pouco diferente da encontrada em Gao e Zhou (2018) e (MONEA, 2020), em que há aderências muito boas e altas (superiores a 0,9). Isso, todavia, é esperado dado que nesses estudos foram considerados

fatores de trabalho no seu cálculo, enquanto este projeto considerou a cesta de exportação. No entanto, houve também semelhanças quando analisadas as mobilidades das mesorregiões ao longo dos anos. Em geral, nota-se uma evolução lenta dos ICEs, embora percebam-se alguns pontos que tiveram aumentos ou reduções mais bruscas de complexidade.

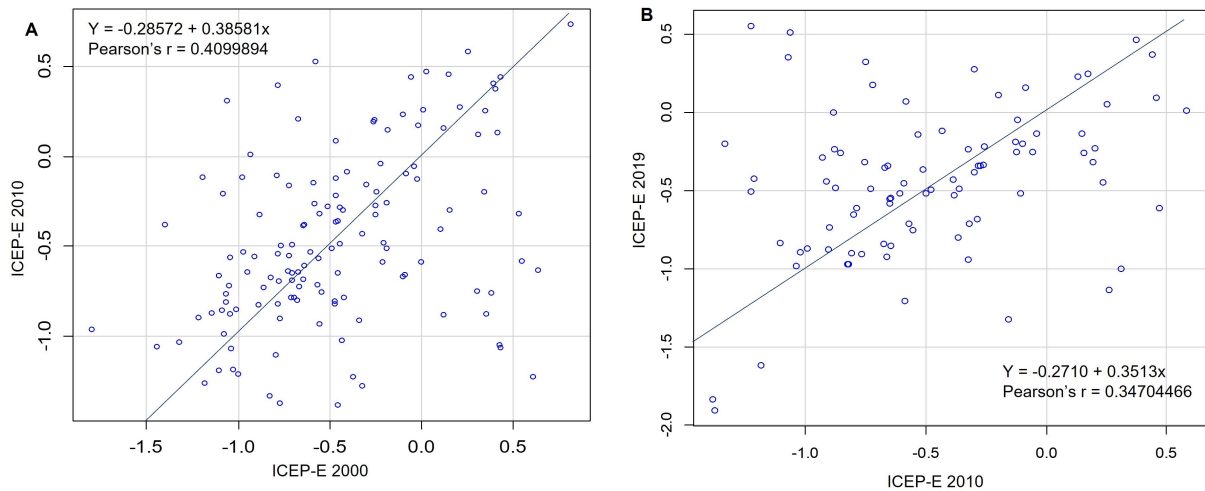
Figura 18 — Relação Linear entre o ICE-E



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e indicadores das mesorregiões (2022).

Já na Figura 19 consta o ICEP-X das mesorregiões de 2000 e 2010, à esquerda, e de 2010 e 2019, à direita. As correlações ($r=0,4099$ na Figura 19 A e $r=0,3470$ na Figura 19 B), assim como a relação linear, foram um pouco superiores do que as do ICE-X, porém ainda baixas. No que tange à mobilidade das mesorregiões, ela aparece um pouco maior, já que todas estão mais espalhadas. No entanto, assim como no ICE-X a evolução aparenta ser paulatina.

Figura 19 — Relação Linear entre o ICEP-E



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de exportação e indicadores das mesorregiões (2022).

De qualquer forma, percebe-se que a mesorregião mais complexa em 2019 tinha um ICE-E um pouco superior a dois, enquanto em 2000 era superior a três, e quase seis em 2010. Para o ICEP-E, o cenário é mais estável para as mesorregiões mais complexas, porém é possível notar um crescimento naquelas presentes nas faixas negativas de complexidade. Isso indica uma piora na complexidade ao longo dos anos, o que está alinhado com o *Atlas of Economic Complexity* (HAUSMANN *et al.*, 2014) que posiciona o Brasil com um índice de complexidade de 0,85 em 2000 e de 0,44 em 2010.

Isso também se refletiu nas análises temporais das mesorregiões, quando foi comparada a mobilidade, em ambas as abordagens de complexidade, para os anos de 2000, 2010 e 2019. Aqui a correlação e a aderência linear também foram mais baixas, embora confirmou-se a dificuldade de mobilidade das mesorregiões ao longo dos anos, fruto de uma evolução paulatina. Por fim, nota-se que, temporalmente, a complexidade das mesorregiões diminuiu, o que está alinhado com os resultados de Hausmann *et al.* (2014) que deram ao Brasil um ICE de 0,85 em 2000, 0,44 em 2010 e 0,10 em 2019.

5 Conclusão

Neste trabalho, foram adaptados os índices de complexidade econômica (ICE) para o contexto regional das mesorregiões brasileiras. Através dos valores de exportação e importação do Brasil, foram calculadas as vantagens comparativas reveladas (RCA), diversidades, ubiquidade e ICE de todas as mesorregiões, apontando para as diferentes estruturas produtivas dentro do país. Também, ao se calcular o ICEP através da ponderação do PCI global pelo peso dos produtos na exportação e importação, demonstrou-se uma visão complementar à primeira. O estudo, assim, permitiu investigar as estruturas produtivas das regiões e colocá-las em perspectiva.

A partir da elaboração de um diferencial da complexidade, pode-se notar a imensa desigualdade interna, com algumas mesorregiões muito mais desenvolvidas do que outras. Notou-se que existem mesorregiões com índices de complexidade altos, porém outras com indicadores extremamente baixos, o que reforça o imenso desafio que se enfrenta no Brasil. Isso também foi demonstrado ao se perceber a predominância de altas complexidades de exportação nas regiões costeiras, com o cenário oposto ocorrendo na importação. Assim, pode-se concluir que, de uma forma geral e tirando as exceções, exportamos produtos de baixa e importamos de alta sofisticação.

O estudo trouxe ainda confirmações importantes, como a relação da complexidade com o PIB per capita, inclusive sendo negativa no caso da agropecuária, em que predominam produtos pouco complexos. A relação dos ICEs com outros indicadores e com o próprio valor transacionado se mostrou fraca, embora não tenha sido computada da mesma forma que em outros trabalhos. Também há de se destacar que o diagnóstico das mesorregiões e as relações das complexidades com os indicadores podem ser usados como insumo para eventuais políticas públicas. Por fim, a metodologia, partindo da cesta de exportação e importação, também permitiu analisar a diferença com estudos que partiram de fatores de trabalho, cada qual com as suas limitações.

Assim, com os resultados encontrados neste trabalho é aberto um amplo leque de possibilidades para estudos adicionais sobre a complexidade regional do Brasil, como a consideração do comércio entre as regiões, de forma a serem consideradas as diferenças inter e intrarregionais, como feito na Austrália por Reynolds *et al.* (2018). Também pode ser realizada uma análise e uma ligação mais diretas entre complexidade econômica, diversificação e política industrial, como feito por Hartmann *et al.* (2017). Outra alternativa para estudos adicionais, é apontar estratégias e caminhos para que se aumente a complexidade econômica das mesorregiões, como fez Nieves Fiordelisio (2021), porém levando em consideração outros aspectos do país, não só o índice e seus indicadores correlatos. Por último, outra possibilidade constitui-se no desenvolvimento de outros índices adaptados do ICE, como feitos por Albeaik *et al.* (2017), que considerem as particularidades regionais do

Brasil e possam ter um poder explicativo e preditivo maior sobre os seus indicadores.

Dadas as evidências empíricas providas neste trabalho, espera-se que se tenha contribuído para o campo da complexidade econômica e toda a literatura correlata. Espera-se também que essa contribuição encontre o caminho para auxiliar no debate acadêmico e público, para formular estratégias e políticas de desenvolvimento regional que aumentem a complexidade econômica e que combatam as grandes desigualdades dentro do país.

REFERÊNCIAS

- ALBEAIK, Saleh *et al.* Improving the Economic Complexity Index. **arXiv preprint**, 24 jul 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1707.05826>. Acesso em: 11 set. 2021.
- ALENCAR, Júlia *et al.* COMPLEXIDADE ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO: Uma análise do caso latino-americano. **CEBRAP**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 247-271, 26 jul 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/S5h9GrzPGHrrj6FN7qbj9xy/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 13 set. 2021.
- ALTMANN, Helena. Influências do Banco Mundial no projeto educacional brasileiro. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 28, n. 1, jan/jun 2002.
- AMITI, Mary. Specialization Patterns in Europe. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 135, n. 4, p. 573-593, 1999. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02707385.pdf>. Acesso em: 11 out. 2022.
- ARTHUR, Brian. Complexity and the Economy. **Science**, v. 284, n. 5411, p. 107-109, 02 Abr 1999.
- BALASSA, Bela. Trade Liberalisation and “Revealed” Comparative Advantage. **The Manchester School**, v. 33, n. 2, p. 99-123, 01 Maio 1965.
- BARABASI, Albert-laszlo. **Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life**. Basic Books, f. 152, 2014. 304 p.
- BARABÁSI, Albert-László; ALBERT, Reka. Emergence of Scaling in Random Networks. **SCIENCE**, v. 286, 15 out 1999.
- BECKER, Gary S.. **Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education**, f. 195. 1992. 390 p.
- BISCHOFF, Viviane. **AS AÇÕES PÚBLICAS DE INTERNACIONALIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR NO BRASIL E O SEU ALINHAMENTO COM A POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA NO GOVERNO DILMA ROUSSEFF 2011-2014**. Porto Alegre, 2017. 245 p Tese - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BITTAR, Marisa; BITTAR, Mariluce. História da Educação no Brasil: a escola pública no processo de democratização da sociedade. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 157-168, jul-dec 2012.
- BOWEN, Harry P.. On the Theoretical Interpretation of Indices of Trade Intensity and Revealed Comparative Advantage. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 119, n. 3, p. 464-472, 1983. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40439150>. Acesso em: 4 out. 2022.
- BRASIL. 2022. Disponível em: <https://sisfiesportal.mec.gov.br/>. Acesso em: 6 jan. 2023.
- BRUM, Argemiro Jacob. **O Desenvolvimento economico brasileiro**, f. 159. 1995. 317 p.
- C. TENÓRIO, Nilvado. O Ensino no Brasil: da República Velha à Reforma Francisco Campos

– Uma releitura. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 92, jan 2009.

CASTRO, Ana Célia. **Desenvolvimento em debate**. Editora Mauad, v. 2, 2002, p. 155-190.

CHANG, Ha-Joon. **Kicking Away the Ladder: Development Strategy in Historical Perspective**. Anthem Press, f. 94, 2001. 187 p.

CORONEL, Daniel Arruda; AZEVEDO, André Filipe Zago de; CAMPOS, Antônio Carvalho. O impacto da política de desenvolvimento produtivo no consumo aparente e nos níveis de bem-estar: uma análise de equilíbrio geral computável. **Economia & Tecnologia**, v. 25, abr/jun 2011.

CORONEL, Daniel Arruda; ZAGO DE AZEVEDO, André Filipe; CAMPOS, Antônio Carvalho. Política industrial e desenvolvimento econômico: a reatualização de um debate histórico. **Revista de Economia Política**, v. 34, n. 1, p. 103-119, janeiro-março 2014.

CSF. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cnpq/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/ciencia-sem-fronteiras/apresentacao-1/o-que-e>. Acesso em: 6 jan. 2023.

ERDÖS, Paul; RÉNYI, Alfréd. On the Evolution of Random Graphs. **Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences**, v. 5, p. 17-61, 1960.

FARMER, J. Doyne. Working Paper Economics Needs to Treat The Economy as a Complex System. **Working Paper**, Santa Fe Institute, 3 Mai 2012. Disponível em: https://www.ineteconomics.org/uploads/papers/farmer_berlinpaper.pdf. Acesso em: 17 jul. 2021.

FEE, Fundação de Economia e Estatística. **A Política social brasileira 1930-64: evolução institucional no Brasil e no Rio Grande do Sul**, f. 176. 1982. 352 p.

FERRAZ, Max Benjaino . Retomando o Debate: A NOVA POLÍTICA INDUSTRIAL DO GOVERNO LULA. **planejamento e políticas públicas**, v. 32, p. 227-264, jan/jun 2009.

FERREIRA, Suely. Reformas na Educação Superior: de FHC a Dilma Rousseff (1995-2011). **Línhas Críticas**, Brasília, v. 36, p. 455-472, maio/ago 2012.

FONSECA, Pedro Cezar Dutra. **Vargas: o capitalismo em construção, 1906-1954**, f. 241. 1988. 482 p.

FREITAS, Elton; PAIVA, Emília. Diversificação e sofisticação das exportações: uma aplicação do product space aos dados do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 46, n. 3, p. 79-98, 11 nov 2015.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**, f. 176. 2001. 351 p.

FÁVERO, Osmar; SILVERIO BAIÁ HORTA, José; FRIGOTTO, Gaudêncio. Políticas Educacionais no Brasil: Desafios e Propostas. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 83, p. 5-14, nov 1992.

GAO, Jian; ZHOU, Tao. Quantifying China's regional economic complexity. **Physics**, v. 492, p. 1591-1603, 2018.

GROWTH LAB AT HARVARD UNIVERSITY. Atlas of Economic Complexity. Disponível em: <https://atlas.cid.harvard.edu/>. Acesso em: 3 jun. 2021.

GÓMEZ-ZALDÍVAR, F.; MOLINA-PEREZ, E.. Evolution of the Productive Capabilities of Mexico: Economic Complexity Analysis for the Development of Special Economic Zones (SEZ). **International Trade Journal**, v. 35, n. 1, p. 4-18, 2021.

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

HARTMANN, Dominik. **Economic Complexity and Human Development: How Economic Diversification and Social Networks Affect Human Agency and Welfare**. Routledge, v. 1, f. 109, 2014. 218 p.

HAUSMANN, R.; MORALES-ARILLA, J.; SANTOS, M.. Economic complexity in panama: Assessing opportunities for productive diversification. **CID Working Paper**, 2016.

HAUSMANN, Ricardo *et al.* **The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity**. MIT Press, v. 1, f. 184, 2014. 368 p.

HAUSMANN, Ricardo; HWANG, Jason; RODRIK, Dani. WHAT YOU EXPORT MATTERS. **NBER WORKING PAPER SERIES**, dez 2005. Disponível em: <http://www.nber.org/papers/w11905>. Acesso em: 30 ago. 2021.

HAUSMANN, Ricardo; KLINGER, Bailey. The Structure of the Product Space and the Evolution of Comparative Advantage. **Working Papers**, Center for International Development at Harvard University, v. 146, abr 2007.

HECKSCHER, Eli Filip; OHLIN, Bertil . Heckscher-Ohlin trade theory. **Mit Press**. Tradução Harry Flam e June Flanders, 1991.

HIDALGO, Cesar. Economic complexity theory and applications. **Nature Reviews Physics**, 25 jan 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/348762363>. Acesso em: 12 out. 2022.

HIDALGO, César *et al.* The Product Space Conditions the Development of Nations. **Science, American Association for the Advancement of Science**, v. 317, n. 5837, p. 482-487, 2007.

HIDALGO, César; HAUSMANN, Ricardo. The building blocks of economic complexity. **PNAS**, Cambridge, v. 106, n. 26. 10570–10575 p, 30 Jun 2009. Disponível em: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0900943106. Acesso em: 17 jul. 2021.

HILLMAN, Arye L.. Observations on the Relation between "Revealed Comparative Advantage" and Comparative Advantage as Indicated by Pre-Trade Relative Prices . **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 116, p. 315-321, 1980.

HINLOOPEN, Jeroen ; MARREWIJK, Charles van . Empirical relevance of the Hillman condition for revealed comparative advantage: 10 stylized facts. **Applied Economics**, v. 40, p. 2318-2328, 2008.

HIRSCHMAN, Albert O. **Estratégia do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Fundo

de Cultura, 1961.

IANNI, Octávio. Estado e Planejamento Econômico no Brasil (1930-1970). **Revista de Administração de Empresas**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 92-95, mar 1973. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/LpmqJnpC3SxVRq9M4Pcn9Bs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2022.

IBGE. 2020. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/servicos-setor-mais-importante-do-pib-regista-quarta-alta-consecutiva/>. Acesso em: 8 fev. 2023.

INFORMAÇÃO em ciência e tecnologia: políticas, programas e ações governamentais – uma revisão de literatura. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 92-102, set/dez 2002.

JONES, Charles Irving. **Introdução à teoria do crescimento econômico**, f. 89. 2000. 178 p.

KEMP-BENEDICT, Eric. An interpretation and critique of the Method of Reflections. **Munich Personal RePEc Archive**. 16 p, 15 dez 2017. Disponível em: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/60705/1/MPRA_paper_60705.pdf. Acesso em: 11 set. 2021.

KRUGMAN, Paul R.; OBSTFELD, Maurice. **International Economics: Theory and Policy**. Prentice Hall, f. 353, 2008. 706 p.

KRUGMAN, Paul. Increasing returns, monopolistic competition, and international trade. **Journal of International Economics**, v. 9, n. 4, p. 469-479, Nov 1979. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(79\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0022-1996(79)90017-5). Acesso em: 17 jul. 2021.

KRUGMAN, Paul. Industrial organization and international trade. **NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH**, Cambridge, jun 1986.

KUNIMOTO, Kazutaka. TYPOLOGY OF TRADE INTENSITY INDICES. **Hitotsubashi Journal of Economics**, v. 17, n. 2, p. 15-32, fev 1977. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43295660>. Acesso em: 11 out. 2022.

LEONTIEF, Wassily Wassilyevich. Domestic production and foreign trade: The American capital position re-examined. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 97, p. 332-349, 1953.

LIBÂNIO, José Carlos. Políticas educacionais no Brasil: desfiguramento da escola e do conhecimento escolar. **Cadernos de Pesquisa**, v. 46, n. 159, p. 38-62, jan/mar 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/ZDtgY4GVPJ5rNYZQfWyBPPb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 6 jan. 2023.

LIESNER, Hans Hubertus. The European Common Market and British Industry. **The Economic Journal**, v. 68, n. 270, p. 302-316, jun 1958. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/2227597.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.

LIMA, Marcelo; MACIEL, Samanta L.. A reforma do Ensino Médio do governo Temer: corrosão do direito à educação no contexto de crise do capital no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, v. 23, 2018.

MARCHESE, Serafino ; SIMONE, Francisco Nadal De . Monotonicity of Indices of

"Revealed" Comparative Advantage: Empirical Evidence on Hillman's Condition. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 125, n. 1, p. 158-167, 1989.

MARIANIA, Manuel Sebastian *et al.* Measuring economic complexity of countries and products: which metric to use?. **THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL B**, 09 nov 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1140/epjb/e2015-60298-7.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.

MARQUES, Paulo. Modernização do Brasil: Dilemas e Perspectivas. **Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**, maio 1994. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/modernizacao-do-brasil-dilemas-e-perspectivas>. Acesso em: 6 jan. 2023.

MEALY, Penny ; FARMER, J. Doyne; TEYTELBOYM, Alexander. Interpreting economic complexity. **SCIENCE ADVANCES**, 9 jan 2019. Disponível em: <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/sciadv.aau1705>. Acesso em: 11 set. 2021.

MEIER, Gerald; STIGLITZ, Joseph. **Frontiers of Development Economics: The Future in Perspective**. World Bank Publications, v. 3, f. 288, 2000. 575 p.

MENGER, Carl. **Principles of Economics**. Ludwig von Mises Institute, v. 3, 1871.

METZ, Jean *et al.* Redes Complexas:: conceitos e aplicações. **RELATÓRIOS TÉCNICOS DO ICMC**, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, jan 2007.

MINCER, Jacob. Investment in human capital and personal income distribution. **Journal of Political Economy**, v. LXVI, n. 4, p. 281-302, 1958.

MITCHELL, Melanie. **Complexity: A Guided Tour**. OUP USA, f. 184, 2011. 368 p.

MONEA, Gustavo Kaique Araujo. **A complexidade econômica no Brasil: Uma análise das diferentes estruturas regionais**. São Paulo, 2020 Trabalho de Conclusão de Curso (Modelagem de Sistemas Complexos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

MORAIS, M.B.; SWART, J.; JORDAAN, J.A.. Economic complexity and inequality: Does regional productive structure affect income inequality in Brazilian states?. **Sustainability**, Suíça, v. 13, n. 2, p. 1-23, 2 jan 2021.

NEFFKE, Frank; HENNING, Martin. Skill relatedness and firm diversification. **Strategic Management Journal**, v. 34, n. 3, p. 297-316, 22 jan 2013.

NEFFKE, Frank; HENNING, Martin; BOSCHMA, Ron. How Do Regions Diversify over Time? Industry Relatedness and the Development of New Growth Paths in Regions. **Economic Geography**, v. 87, n. 3, p. 237-265, 20 jun 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1944-8287.2011.01121.x>. Acesso em: 13 out. 2022.

NIEVES FIORDELISIO, Angelo. **Estratégias de diversificação econômica por meio da análise de Redes Complexas**. São Paulo, 2021. 107 p Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

PERES, Wilson. the slow comeback of industrial policies in Latin America and the Caribbean. **Cepal Review**, p. 67-83, Abr 2006. Disponível em: [/https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11149/1/88067083I_en.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11149/1/88067083I_en.pdf). Acesso em: 10 out. 2022.

PESSOA DA MOTA JUNIOR, William; CABRAL MAUÉS, Ogaíses. O Banco Mundial e as Políticas Educacionais Brasileiras. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 39, n. 4, p. 1137-1152, out/dez 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edreal/a/bgZNPxHs47jqmwpP6FDqLgF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 6 jan. 2023.

POMIM VALENTIM, Marta Lúcia. Informação em ciência e tecnologia: políticas, programas e ações governamentais – uma revisão de literatura. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 82-102, Setembro/Dezembro 2002.

PORTER, Michael E.. **Competitive Advantage of Nations**: Creating and Sustaining Superior Performance. Simon and Schuster, v. 2, f. 448, 2011. 896 p.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Decreto. II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975-1979), 10 dez. 1974.

QUINZANI, Marcia Angela Dahmer; BORGES, Fábio. DESENVOLVIMENTO E COMPLEXIDADE ECONÔMICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA BRASIL CHINA. **Revista Orbis Latina**, v. 10, n. 3, p. 151-172, 22 jun 2020.

REYNOLDS, Christian *et al.* A sub-national economic complexity analysis of Australia's states and territories. **Regional Studies**, v. 52, n. 6, p. 715-726, 2018.

RICARDO, David. **On the Principles of Political Economy and Taxation**. Georg Olms Verlag, v. 1, f. 295, 1816. 589 p. Disponível em: http://play.google.com/books/reader?id=cUBKAAAAYAAJ&hl=&printsec=frontcover&source=gbs_api. Acesso em: 8 fev. 2023.

RODRIK, Dani. Where are we in the economics of industrial policies?. **Frontiers of Economics China**, v. 14, p. 329-336, 21 set 2019. Disponível em: <https://voxdev.org/topic/public-economics/where-are-we-economics-industrial-policies>. Acesso em: 13 out. 2022.

ROMANELLI, Otaíza de Oliveira. **História da educação no Brasil (1930/1973)**, f. 138. 1977. 276 p.

SAVIOTTI, Pier; FRENKEN, Koen. Export variety and the economic performance of countries. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 18, p. 201-218, 15 fev 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00191-007-0081-5.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2021.

SAYAMA, Hiroki. **Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems**. State University of New York at Geneseo: Open SUNY Textbooks, Milne Library, 2015.

SCHULTZ, Theodore W.. **O capital humano**: investimentos em educação e pesquisa. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1973.

SILVA, Solange. mpactos do Governo Bolsonaro em temposde Coronavírus no Brasil. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 14, p. 1-19, jan/dez 2020.

SIMÕES, AJG ; HIDALGO, CA . The Economic Complexity Observatory: An Analytical Tool for Understanding the Dynamics of Economic Development. **Workshops at the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence**, 2011.

SIMÕES, Alex; HIDALGO, Cesar A.. **Observatory of Economic Complexity**. 2011. Disponível em: <https://oec.world/en>. Acesso em: 3 ago. 2022.

SIMÕES, Rodrigo Ferreira; FREITAS, Elton Eduardo. Urban attributes and regional differences in productivity: evidence from the external economics of Brazilian micro-regions from 2000 -2010. **Journal of Economic & Financial Studies**, v. 2, n. 1, p. 27-39, 27 fev 2014. Disponível em: <https://mail.journalofeconomics.org/index.php/site/article/view/51/216>. Acesso em: 13 set. 2021.

SMITH, Adam. **A Riqueza das Nações - Adam Smith**: Vol. I. LeBooks Editora , v. 3, f. 193, 1776. 386 p.

SOLOW, Robert M.. A contribution of the theory of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, v. 70, p. 65-94, 1956. Disponível em: <http://piketty.pse.ens.fr/files/Solow1956.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2023.

SUZIGAN, Wilson. Experiência histórica de política industrial no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 16, n. 61, mar 1996. Disponível em: <https://centrodeeconomiapolitica.org/repojs/index.php/journal/article/view/1188/1173>. Acesso em: 17 jan. 2022.

SUZIGAN, Wilson; FURTADO, João. Política Industrial e Desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, v. 26, n. 2, p. 163-185, abr-jun 2006.

TAFFAREL, Celi; NEVES, Márcia. TENDÊNCIAS DA EDUCAÇÃO FRENTE À CORRELAÇÃO DE FORÇAS NA LUTA DE CLASSES: uma análise do governo Bolsonaro na perspectiva educacional . **Estudos IAT**, Salvador, v. 4, n. 2, p. 310-329, set 2019.

TRAVERS, Jeffrey; MILGRAM, Stanley. An Experimental Study of the Small World Problem. **American Sociological Association**, v. 32, n. 4, p. 425-443, dec 1969.

TÖRÖK, Ibolya; BENEDEK, József; GÓMEZ-ZALDÍVAR, Manuel. Quantifying Subnational Economic Complexity: Evidence from Romania. **Sustainability**, v. 14, 25 ago 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su141710586>. Acesso em: 13 out. 2022.

VIANA, Giomar; DE LIMA, Jandir F.. Capital humano e crescimento econômico. **Interações**, Campo Grande, v. 11, n. 2, p. 137-148, 17 jul/dez 2010.

VOLLRATH, Thomas L. . A Theoretical Evaluation of Alternative Trade Intensity Measures of Revealed Comparative Advantage. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 127, n. 2, p. 265-280, 1991. Disponível em: <http://www.jstor.com/stable/40439943>. Acesso em: 11 out. 2022.

WATTS, Duncan J.; STROGATZ, Steven H.. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. **Nature**, v. 394, 4 jun 1998.

YEATS, Alexander. On the Appropriate Interpretation of the Revealed Comparative Advantage Index: Implications of a Methodology Based on Industry Sector Analysis. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 121, p. 61-73, 1985.

ZACCARIA, Andrea *et al.* case study for a new metrics for economic complexity: The Netherlands. **Journal of Economic Interaction and Coordination**, v. 11, p. 151-169, 29 jan 2015.