

Renan Abrantes de Sousa

**A Teoria da Complexidade Reencontra o
Desenvolvimento Econômico – Uma
Análise de Insumo-Produto**

Brasil

2018

Renan Abrantes de Sousa

**A Teoria da Complexidade Reencontra o
Desenvolvimento Econômico – Uma Análise de
Insumo-Produto**

Dissertação de mestrado da
Universidade de Brasília na área de
Economia.

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade
Programa de Pós-Graduação

Orientador: Jorge Saba Arbache Filho

Brasil
2018

Renan Abrantes de Sousa

A Teoria da Complexidade Encontra o Desenvolvimento Econômico –
Uma Análise de Insumo-Produto / Renan Abrantes de Sousa. – Brasil,
2018 -
113p. il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Jorge Saba Arbache Filho

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília
– UnB Faculdade de Economia, Administração e
Contabilidade Programa de Pós-Graduação,
2018.

1. Complexidade. 2. Desenvolvimento Econômico. I. Jorge Saba Arbache
Filho. II. UnB. III. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. IV. A
Teoria da Complexidade Encontra o Desenvolvimento Econômico – Uma Análise
de Insumo-Produto

Renan Abrantes de Sousa

**A Teoria da Complexidade Reencontra o
Desenvolvimento Econômico – Uma Análise de
Insumo-Produto**

Dissertação de mestrado da
Universidade de Brasília na área de
desenvolvimento econômico.

Trabalho aprovado. Brasil, 28 de fevereiro de 2018:

Jorge Saba Arbache Filho
Orientador

Bernardo Pinheiro Machado Mueller
Examinador Interno

Fernanda de Negri
Examinador Externo

Agradecimentos

À Natália, por me apoiar e me fazer querer sempre o melhor.

À família, Hércules, Mariza, Leonardo e Guilherme, por edificarem o meu caráter e personalidade.

Aos colegas de pós-graduação, Daniel, Henrique, Giovani, Pedro, Théo e Rafael, pelo companheirismo e coragem.

Ao Professor Jorge Arbache, pela dedicação na orientação, pela paixão em ensinar e pela alma questionadora.

Ao Professor Bernardo Mueller, por abrir os horizontes da Economia e por mostrar o verdadeiro sentido da ciência.

A Thiago Said, Fernando Rocha, Bruno Saraiva, Flávio Melo, Felipe Corrêa e Alfredo Lingoist, por me apoiarem na jornada profissional e acadêmica.

“Creía en infinitas series de tiempos, en una red creciente y vertiginosa de tiempos divergentes, convergentes y paralelos. Esa trama de tiempos que se aproximan, se bifurcan, se cortan o que secularmente se ignoran, abarca todas las posibilidades. No existimos en la mayoría de esos tiempos; en algunos existe usted y no yo; en otros, yo, no usted; en otros, los dos. En éste, que un favorable azar me depara, usted ha llegado a mi casa; en otro, usted, al atravesar el jardín, me ha encontrado muerto; en otro, yo digo estas mismas palabras, pero soy un error, un fantasma.”
(El jardín de senderos que se bifurcan, Jorge Luis Borges, 1941)

Resumo

O campo de estudo do desenvolvimento econômico se beneficiou da teoria recentemente introduzida de complexidade econômica. Mantendo o arcabouço de Hausmann e Hidalgo (2014), a mudança da base de dados para a World Input-Output (WIOD) produz diversos resultados. A análise de insumo-produto contribui para o entendimento do desenvolvimento como processo emergente. Uma abordagem estrutural leva a algumas conclusões sobre os papéis desempenhados pelos serviços e pela indústria para angariar complexidade nos últimos estágios de desenvolvimento. Os serviços de valor são as atividades mais complexas, seguidos dos serviços de custos e das atividades industriais. Essas constatações vão em linha com o espaço-indústria proposto por Arbache (2012), pelo qual a indústria funciona como catalizadora de serviços sofisticados, conectando setores e demandando inovações. O processo virtuoso de interação entre serviços de valor, de custo e indústria é denominado “trindade do desenvolvimento” e constitui o pilar da complexidade econômica sob a ótica do insumo-produto. Resultados adicionais endossam a existência da armadilha da renda média nos termos da complexidade. Um país pode passar por vários máximos locais em sua trajetória de desenvolvimento e acabar preso em uma região do espaço-produto. Apesar das dificuldades em se construir complexidade, mapear atividades que requerem conhecimento produtivo comum pode ser útil para formular políticas de diversificação econômica e, enfim, superar a armadilha da renda média.

Palavras-chaves: Teoria da Complexidade, Desenvolvimento Econômico, Análise de Insumo-Produto

Abstract

The study field of development economics has benefited from the recently introduced theory of economic complexity. Building on the same mathematical framework of Hidalgo and Hausmann (2014), several results arise by changing the database to the World Input-Output Database (WIOD). I make an input-output analysis that contributes to the understanding of development as an emergent process. A structural approach leads to some conclusions about the roles played by the services and the industry sector to forge economic complexity in the last stages of development. Product-differentiation services are the most complex activities, followed by cost-driven services and manufacturing. These findings are aligned with the industry-space proposed by Arbache (2012), in which the industry works as a catalyst to sophisticated services, connecting sectors and demanding innovation. The virtuous process of interacting product-differentiation services, cost-driven services and manufacturing is hereby denominated “development trinity” and stands as the pillar of economic complexity under an input-output analysis. Further results endorse the existence of a middle-income trap in terms of complexity. A country may encounter several local maxima on the path of development and find itself trapped in a certain region of the product-space. Despite the hardship on developing complexity, mapping activities which require common productive knowledge can be useful to formulate policies of economic diversification and to finally overcome the middle-income trap.

Key-words: Complexity Theory, Economic Development, Input-Output Analysis

Lista de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 3.1 - A Convergência do Método Refletor | 22 |
| Figura 3.2 - Diversidade e Ubiquidade Média das Economias | 23 |
| Figura 3.3 - Relação entre o Índice de Complexidade e EXPY, para o ano 2010..... | 26 |
| Figura 3.4 - MST representando o “esqueleto” do espaço-produto | 28 |
| Figura 3.5 - Diferenças de visualização do Espaço-Produto | 30 |
| Figura 3.6 - O valor de oportunidade como função do índice de complexidade e da renda per capita..... | 32 |
| Figura 5.1 - Testes contra modelos nulos | 43 |
| Figura 5.2 - Diversidade e ubiquidade média - WIOD 2014 | 45 |
| Figura 5.3 - O Índice de Complexidade do Produto em 2014, média por setor | 46 |
| Figura 5.4 - Relação entre ranking de complexidade e variáveis de interesse | 49 |
| Figura 5.5 - Relação entre índice de complexidade e EXPY - WIOD 2014 | 52 |
| Figura 5.6 - Diversidade e ubiquidade média das economias, em 2000 e 2014..... | 53 |
| Figura 5.7 - Comparação temporal entre a posição dos produtos no ranking de complexidade | 55 |
| Figura 5.8 - Comparação temporal entre a posição dos países no ranking de complexidade | 55 |
| Figura 5.9 - Trajetória do ranking de complexidade da economia – 2000 e 2014..... | 56 |
| Figura 5.10 - Distribuição percentil da matriz de proximidades - 2014 | 59 |
| Figura 5.11 - Espaço-produto por atividade - 2014 | 61 |
| Figura 5.12 - Espaço-produto por tipo de setor - 2014 | 62 |
| Figura 5.13 - Exercício de difusão: comparação entre processamento de alimentos e produção de eletrônicos..... | 64 |
| Figura 5.14 - Relação entre índice de complexidade e valor de oportunidade - 2014 | 67 |
| Figura 5.15 - Distribuição percentil e acumulada das relações intersetoriais | 68 |
| Figura 5.16 - A economia mundial como rede complexa - 2014..... | 70 |
| Figura 5.17 - Parcela das principais economias no PIB mundial..... | 75 |
| Figura 6.1 - Espaço-indústria tridimensional | 78 |
| Figura 6.2 - Relação entre ranking de complexidade e variáveis de interesse | 80 |
| Figura 6.3 - Espaço-produto por tipo de setor | 84 |
| Figura 6.4 - Relação entre índice de complexidade e EXPY - WIOD 2014 | 89 |
| Figura 6.5 - Vizinhança das atividades de mineração no espaço-produto..... | 90 |
| Figura 6.6 - O Índice de Complexidade do Produto em 2014, média por setor | 91 |
| Figura 6.7 - Espaço-produto do Brasil em 2014 | 96 |
| Figura 6.8 - Espaço-produto dos Estados Unidos em 2014 | 97 |
| Figura 6.9 - Espaço-produto da Austrália em 2014 | 100 |
| Figura 6.10 - O espaço-produto do Japão em 2014..... | 103 |
| Figura 6.11 - Estônia - Variação de competitividade por setor de fornecimento..... | 105 |
| Figura 6.12 - Estônia - Variação de competitividade por setor de demanda..... | 106 |
| Figura 6.13 - Espaço-produto da Estônia em 2000 | 107 |
| Figura 6.14 - Espaço-produto da Estônia em 2014 | 108 |

Lista de tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 4.1 - Lista de economias por exercício aplicado..... | 36 |
| Tabela 4.2 - Lista de setores e reagrupamento proposto..... | 38 |
| Tabela 4.3 - Variáveis de análise e fontes..... | 41 |
| Tabela 4.4 - Exercícios e aplicativos utilizados..... | 41 |
| Tabela 5.1 - Distribuição da complexidade por tipo de atividade, por quadrante (x,y)..... | 47 |
| Tabela 5.2 - Correlação entre variáveis de interesse..... | 48 |
| Tabela 5.3 - Ranking de complexidade - Comparação entre WIOD, Hausmann e Hidalgo e Controle..... | 51 |
| Tabela 5.4 - Correlação entre variáveis de interesse, 2000 e 2014..... | 57 |
| Tabela 5.5 - Estatísticas de difusão - 50 maiores atividades econômicas..... | 65 |
| Tabela 5.6 – Medidas de centralidade média por setor..... | 72 |
| Tabela 5.7 - Centralidade média por país..... | 74 |
| Tabela 6.1 - Correlação entre variáveis de interesse..... | 77 |
| Tabela 6.2 - Correlações entre variáveis de interesse, incluindo densidade industrial..... | 81 |
| Tabela 6.3 - Resultados da regressão de complexidade utilizando densidade industrial..... | 82 |
| Tabela 6.4 - Estatísticas de difusão - 50 maiores atividades econômicas..... | 83 |
| Tabela 6.5 - Países Selecionados - Variáveis de Interesse em 2014..... | 98 |
| Tabela 6.6 - Estônia - Variáveis de Interesse em 2000 e 2014..... | 104 |

Sumário

| | |
|---|------------|
| Lista de figuras..... | 10 |
| Lista de tabelas..... | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 14 |
| 2.1 A COMPLEXIDADE E O ESTUDO DA ECONOMIA | 14 |
| 2.1.1 O que é complexidade? | 14 |
| 2.1.2 O que é complexidade econômica? | 15 |
| 2.2 REDES COMPLEXAS E AS CIÊNCIAS SOCIAIS | 18 |
| 3 REVISÃO METODOLÓGICA | 19 |
| 3.1 O MÉTODO REFLETOR E O ÍNDICE DE COMPLEXIDADE | 19 |
| 3.2 O ESPAÇO-PRODUTO..... | 27 |
| 4 METODOLOGIA | 34 |
| 5 RESULTADOS | 42 |
| 5.1 O MÉTODO REFLETOR E OS ÍNDICES DE COMPLEXIDADE | 42 |
| 5.2 A COMPLEXIDADE DOS PAÍSES EM 2000 E 2014 | 53 |
| 5.3 O NOVO ESPAÇO-PRODUTO..... | 59 |
| 5.4 A ECONOMIA MUNDIAL COMO REDE COMPLEXA | 68 |
| 6 DISCUSSÃO | 77 |
| 6.1 A COMPLEXIDADE, O ESPAÇO-INDÚSTRIA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO..... | 77 |
| 6.2 REVISITANDO A ARMADILHA DA RENDA MÉDIA | 88 |
| 6.3 DIFERENÇAS ENTRE RENDA MÉDIA E O DESENVOLVIMENTO PLENO – UMA COMPARAÇÃO ENTRE PAÍSES SELECIONADOS..... | 95 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 110 |
| Referências | 112 |

1 INTRODUÇÃO

A Teoria da Complexidade vem ganhando atenção acadêmica para explicar fenômenos dos mais diversos campos da ciência. Tomando como referência o trabalho seminal de Hausmann e Hidalgo, a presente dissertação discute a complexidade econômica, principal conceito que surge da intersecção entre essa Teoria e o Desenvolvimento Econômico. Ao trocar a base de dados do trabalho seminal, os resultados produzidos permitiram aprofundar o entendimento sobre o significado da complexidade econômica.

Os resultados obtidos da utilização de uma base de dados mundial de insumo-produto apontam para a importância dos serviços, principalmente os de valor, para aumentar a complexidade de um país. A indústria, por outro lado, faz-se essencial para o processo de desenvolvimento econômico ao agir como principal conectora entre setores e indutora de atividades complexas.

A abordagem alternativa sobre complexidade econômica lança luz também sobre as diferenças da estrutura produtiva entre economias de renda média e desenvolvidas. Nesse sentido, o estudo permite aprofundar a compreensão sobre o que seria a armadilha da renda média sob a ótica da complexidade econômica.

A dissertação é dividida em sete seções, incluindo a introdução. A segunda seção faz uma revisão da literatura, apontando a importância do estudo da complexidade na economia. A terceira seção discorre sobre a metodologia do principal estudo acadêmico que conecta desenvolvimento econômico à teoria da complexidade. A quarta seção define a abordagem metodológica que será utilizada e a quinta, os resultados dessa abordagem. A sexta parte da dissertação faz uso dos resultados para propor alguns tópicos de discussão. A última seção tece as principais conclusões do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A COMPLEXIDADE E O ESTUDO DA ECONOMIA

2.1.1 O que é complexidade?

Complexidade é um termo originado dos campos da física e da biologia, que constituiu diversas nuances ao se espalhar para outros ramos da ciência. Por isso, o termo não pode ser rigorosamente definido sem um contexto específico. De qualquer maneira, é amplamente definido como aquilo que se observa em um sistema composto por grande número de agentes inter-relacionados, sem controle central, cujo comportamento global emergente – descrito em termos de processamento de informação, de dinâmica ou adaptação – não pode ser explicado ou previsto pela soma do comportamento individual dos agentes.

Constituem exemplos de sistemas complexos os organismos vivos, o cérebro humano (Rubinov e Sporns, 2009), ecossistemas (Milo et al, 2002), cidades (Bettencourt, 2013) e, inclusive, a organização econômica da sociedade. A abordagem científica no campo da economia ainda está por internalizar a teoria da complexidade. Segundo Beinhocker (2007), uma das principais divergências de escopo entre o estudo da complexidade e da economia é que este assume “agentes incrivelmente espertos em situações inacreditavelmente simples”, mas, para aquele, o mundo real seria mais bem explicado por pessoas simples interagindo em situações incrivelmente complexas”.

À luz da teoria da complexidade, Barder (2012) aponta outro equívoco central dos modelos econômicos vigentes: considerar como desenvolvimento a soma do que acontece aos indivíduos e firmas na economia. Afinal, a forte interação entre os agentes econômicos acarreta resultados complexos que, no fim das contas, possuem propriedades emergentes e não-lineares que fogem do escopo aditivo dos modelos tradicionais.

Somente após dois séculos de estudo sobre equilíbrio, em meados da década de 2000, os economistas começaram a estudar a emergência de estruturas gerais e os desdobramentos de padrões em sistemas. Para os economistas que abraçaram a teoria da complexidade, ela não é um complemento à teoria estática da economia, mas uma teoria mais geral, que engloba resultados além do equilíbrio, como afirma

Arthur (1999, 2013). Essa teoria está ajudando a compreender melhor a natureza da Economia, como, por exemplo, para crises econômicas (Carvalho e Gabaix, 2010), sistema financeiro (Stiglitz et al, 2016), dentre outras áreas de concentração da ciência econômica.

Utilizar de conceitos da física e da biologia para avançar em outros campos de estudo não é novidade, inclusive, para a ciência econômica. Para Beinhocker (2007), os pais do marginalismo, Walras e Jevons, revolucionaram a Economia ao importarem da Física Mecânica as noções de equilíbrio estável e otimização restrita. Não surpreende, portanto, que, mais uma vez, economistas estejam buscando respostas no seio da Física. A presente dissertação se desenvolve à luz da principal contribuição que o estudo da complexidade trouxe à Economia até então, conhecida por Atlas da Complexidade Econômica (2014). Não por acaso, esse trabalho nasceu de um físico, Cesar Hidalgo, em sua tese de doutorado em Física, em 2008.

2.1.2 O que é complexidade econômica?

“Do que as coisas são feitas? Uma maneira de descrever o mundo econômico é dizer que elas são feitas de máquinas, insumos e trabalho. Outra maneira é afirmar que as coisas são feitas de conhecimento” (Hausmann e Hidalgo, 2014). A acumulação de conhecimento, não por um indivíduo, mas por uma sociedade, é essencial para que ela possa organizar suas atividades produtivas. Afinal, desenvolvimento econômico é um fenômeno coletivo, no qual uma sociedade agrega uma diversidade de habilidades e é capaz de recombina-las para criar melhores produtos.

A fábrica de alfinetes de Adam Smith não é estranha a esse argumento. Da mesma maneira que alguns trabalhadores de chão de fábrica são desproporcionalmente mais produtivos que apenas um indivíduo, a gestão de conhecimento produtivo de uma nação também gera um resultado maior do que a soma das partes. E, assim como as nações diferem no montante de conhecimento que dominam, o mesmo ocorre para o que elas produzem.

Acumular conhecimento não é tarefa fácil. A maior parte não está disponível em livros ou na internet. Está embarcada em cérebros e redes humanas. É tácito e difícil de transmitir e de adquirir. É resultado de anos de experiência, além dos anos de educação. Envolve expandir o conjunto de atividades que um país é capaz de

realizar. Acumular conhecimento, portanto, é um processo complicado (Hausmann e Hidalgo, 2009).

Indústrias não podem existir se não há o conhecimento produtivo necessário, mas acumular esse conhecimento faz pouco sentido se não houver indústrias que o requeiram. Essa linha de argumentação gera duas conclusões. Primeiro, o desenvolvimento econômico não é neutro na estrutura produtiva. A retroalimentação imposta pela estrutura produtiva para o nível de conhecimento da sociedade acaba por definir o que se produz no futuro. Esse problema de “ovo e galinha” constitui um ciclo virtuoso (vicioso) do (sub)desenvolvimento. Segundo, é razoável alocar recursos em novas indústrias que reutilizam ou reciclam boa parte do conhecimento produtivo já acumulado. É mister, portanto, refletir sobre a melhor estratégia de desenvolvimento de uma economia, haja vista que a estrutura produtiva é um espelho das capacidades acumuladas pela sociedade, e vice-versa.

A ideia de retroalimentação entre setores produtivos e conhecimento guarda especial complementaridade com a literatura de mudança estrutural e modelos de crescimento não-balanceado, tal como para Hirschman (1962). Nesse caso, as conexões de cadeias produtivas para trás e para frente, ou seja, o consumo intermediário entre os setores, são essenciais para fomentar o desenvolvimento desses setores e, ultimamente, de uma economia. Dessa maneira, considerando que a acumulação de conhecimento produtivo faça parte do processo endógeno para que uma economia expanda o conjunto de possibilidades de produção, é natural arguir que haja atividades que se destacam no transbordamento de conhecimento produtivo necessário em outras atividades. Possivelmente, essas atividades são as que possuem mais conexões para trás ou para frente nas cadeias produtivas.

Hidalgo (2015) complementa a visão de desenvolvimento econômico ao associar o real valor de um produto à “imaginação cristalizada” embutida nele, ou seja, ao conhecimento humano acoplado a ele, de uma maneira similar ao que o DNA se acopla ao corpo humano. A complexidade, nesse sentido, é compreendida como a capacidade de uma economia criar ordem ao computar informações, em um ambiente em que matéria e energia diretamente se relacionam com a informação para realizar o seu processamento.

O conceito de complexidade econômica surge, nesse contexto, como o

resultado econômico emergente de uma gama de interações entre agentes munidos de conhecimento, sem controle central definido. Quanto maior o conhecimento da sociedade, maior a sua capacidade para desempenhar as mais diversas e intrincadas atividades econômicas e, conseqüentemente, maior a sua complexidade econômica.

2.2 REDES COMPLEXAS E AS CIÊNCIAS SOCIAIS

Em um sistema complexo, sempre há uma rede que codifica as interações entre os componentes desse sistema, afirma Barabási (2016). As redes representam uma maneira fácil de analisar as diversas propriedades de um sistema complexo. Por isso, no começo do século XXI, explodiu o uso de teoria de redes para compreender fenômenos sociais complexos, desde psicologia até a economia.

Segundo Borgatti et al (2009), o principal axioma da pesquisa de redes nas ciências sociais é que a posição de um nó ou agente em uma rede determina as oportunidades e restrições que ele enfrenta e, portanto, também afeta os resultados auferidos por esse agente. Da mesma maneira, é essencial compreender a capacidade desse nó de afetar os resultados de outros nós. Portanto, as medidas de centralidade, que buscam determinar a importância de um nó na rede, surgem como umas das principais ferramentas de análise dos cientistas sociais. Outro ponto que merece atenção é a possibilidade de se construir gráficos a partir das informações embutidas nas redes, facilitando visualmente a análise do objeto de estudo.

Toda rede deve apresentar algum tipo de fluxo de informação entre os seus agentes. No caso da Economia, a informação pode ser representada por dinheiro, produto, trabalho, dentre outros. São esses fluxos de informação que definem a estrutura de conexões entre os agentes da rede. Essas conexões podem ser direcionadas, quando é possível um agente entregar um valor diferente do que recebe do mesmo agente, ou não direcionadas, caso em que as conexões não têm uma direção definida.

É possível, ainda, criar redes nas quais há uma divisão entre grupos de nós, em que um determinado nó só consegue realizar conexões com nós de grupos diferentes ao dele. Quando há dois grupos, essas redes são denominadas bipartites. Hausmann e Hidalgo (2014), por exemplo, fazem uso desse tipo de rede para conectar exportações de produtos a países, obtendo conclusões sobre desenvolvimento econômico.

As ciências de redes, portanto, não somente fortalecem a análise de sistemas complexos, como também podem desempenhar uma importante ferramenta para estudar fenômenos sociais, inclusive os das ciências econômicas.

3 REVISÃO METODOLÓGICA

3.1 O MÉTODO REFLETOR E O ÍNDICE DE COMPLEXIDADE

Hausmann e Hidalgo (2009) desenvolveram um método para caracterizar a estrutura de redes bipartites. Os autores denominaram essa abordagem como Método Refletor por possuir uma natureza recursiva e produzir o mesmo número de variáveis que cada uma das suas partições. As variáveis resultantes das n -iterações são rotuladas como Índices de Complexidade. No caso, as duas partições da rede são países e produtos exportados e, portanto, os índices gerados ordenam a complexidade dessas duas partições.

A escolha de dados de comércio internacional de Hausmann e Hidalgo (2014) para integrar a rede bipartite se deu em razão de serem os únicos conjuntos de dados econômicos que possuem informações detalhadas e padronizadas conectando, praticamente, todos os países aos bens que eles produzem. A base de dados escolhida para realizar o exercício foi a COMTRADE, mas outras bases de comércio internacional também foram testadas, apresentando resultados similares.

A rede bipartite de comércio internacional de produtos é representada por uma matriz adjacente, M_{cp} , na qual as linhas representam os produtos exportados e as colunas, os países. Aplicou-se o conceito de Vantagem Comparativa Revelada (VCR) de Balassa (1965) para determinar se uma economia possui conhecimento suficiente para produzir competitivamente um produto. A VCR revela se a parcela de um produto na pauta de exportações de um país é maior que a parcela do mesmo produto nas exportações mundiais. Se um país possui VCR na exportação de um produto, a célula da matriz é contabilizada com o número um (1). Se não possui, preenche-se a célula com o número zero (0).

$$M_{cp}=0, \text{ se } RCA_{cp}<1 \quad (1)$$

$$M_{cp}=1, \text{ se } RCA_{cp}\geq 1$$

Dados de comércio internacional, entretanto, constituem os efeitos, não as causas da complexidade. Ocorre que o pilar aos qual os próprios autores recaem para afirmar o conceito de complexidade econômica, que é a acumulação de conhecimento produtivo, não pode ser observado. Para contornar essa limitação, duas dimensões

econômicas são diferenciadas ao utilizar o Método Refletor: a diversidade de produtos que um país exporta e a ubiquidade de cada produto – o quão comum é exportar o produto. Matricialmente, a diversidade de um país é o somatório das células pertencentes à coluna que identifica aquele país. A ubiquidade de um produto, por outro lado, é o somatório das células da linha que representa aquele produto.

$$\text{Diversidade: } k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (2)$$

$$\text{Ubiquidade: } k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (3)$$

O Método Refletor consiste em calcular iterativamente o valor médio das propriedades de nível anterior – nesse caso, diversidade ou ubiquidade – dos vizinhos daquele nó. A iteração de ordem N=1, por exemplo, retorna a ubiquidade média dos produtos exportados por um país ($k_{c,1}$), bem como a diversificação média dos países que exportam um produto ($k_{p,1}$). Se a ordem é N=2, $k_{c,2}$ é a diversidade média dos países com uma cesta de exportação similar a um determinado país e $k_{p,2}$, a ubiquidade média dos produtos exportados por países que exportam um determinado produto.

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

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

As ordens de iteração guardam uma especial relação entre diversidade e ubiquidade. Retornando à questão de causa e efeito, economias só conseguirão produzir bens para os quais elas tenham todos os requisitos que compõem o conhecimento produtivo daquele bem. Se uma economia consegue produzir uma grande diversidade de produtos, isso é sinal de que ela possui muitas capacidades produtivas. Se um bem só é produzido por poucos países, ou seja, tem uma baixa ubiquidade, isso é sinal de que requer bastante conhecimento para produzi-lo. Grosso modo, quanto maior a diversidade de um país, mais complexo o país é; e quanto menor a ubiquidade de um bem, mais complexo o bem é.

A diversidade e a ubiquidade, entretanto, possuem vieses que devem ser corrigidos. Se assim não o fosse, os resultados provenientes de $k_{c,0}$ e $k_{p,0}$ seriam suficientes para definir a complexidade das economias e dos produtos, não havendo

necessidade de se construir um processo iterativo. Diamantes, por exemplo, têm baixa ubiquidade, mas são geralmente produzidos por países de baixa diversificação, apontando para um baixo requisito de conhecimento produtivo. Dispositivos de diagnóstico de imagem, por outro lado, possuem baixa ubiquidade e são produzidos por países muito diversificados, apontando para um alto requisito de conhecimento produtivo. Surge, assim, a necessidade de corrigir a diversidade dos países pela ubiquidade média dos produtos que ele exporta, que deve ser corrigida pela diversidade média dos países que exportam esses produtos, e assim sucessivamente.

As rodadas iterativas do Método Refletor servem para internalizar as informações provenientes dos outros nós de cada partição ao nó específico, corrigindo os vieses supracitados e construindo uma posição relativa mais confiável entre os vizinhos, seja ela sobre diversidade ou ubiquidade. Produtos incomuns só serão realmente complexos se forem produzidos por países diversificados. Entretanto, produtos relativamente comuns também podem ser complexos, desde que sua produção esteja limitada ao grupo de países diversificados.

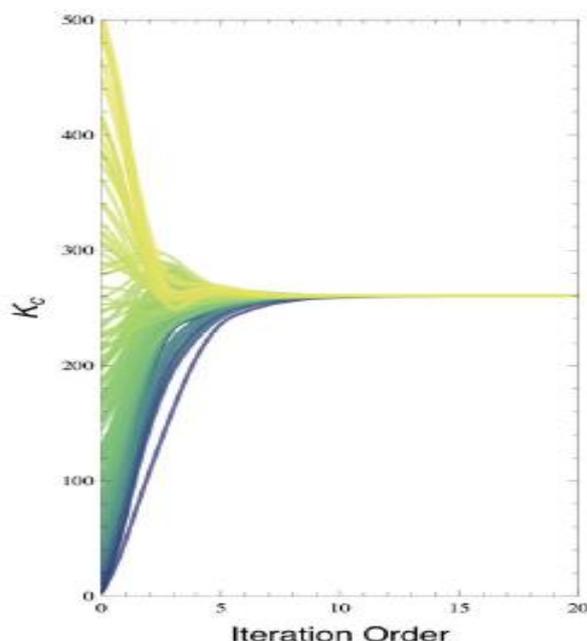
Hausmann e Hidalgo (2009, 2014) observam que, quanto maior o número de iterações, maior a internalização de informações provenientes da diversidade e da ubiquidade e, por conseguinte, maior a correlação entre a diversidade iterada, $k_{c,N}$, e a renda per capita de uma economia. O Método Refletor aplica um processo convergente para os valores de cada observação ao longo das iterações, como demonstra a Figura 3.1. Recomenda-se, assim, extrair os dados de ordem N, tal que N+1 seja o processo que iguale todas as variáveis do vetor. O autovetor $\tilde{M}_{cc'}$ extraído será aquele associado ao segundo maior autovalor. Esse será o autovetor que captura o maior montante de variância no sistema, denominado Índice de Complexidade Econômica do País (ICE). Da mesma maneira, calcula-se o Índice de Complexidade Econômica do Produto (ICP).

$$k_{c,N} = \sum_{c'} \tilde{M}_{cc'} k_{c',N-2}, \text{ onde} \quad (6)$$

$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,0} k_{p,0}} k_{c,N} \quad (7)$$

$$ICE = \frac{\vec{K} - \langle \vec{K} \rangle}{DESVPAD(\vec{K})} \quad (8)$$

Figura 3.1 - A Convergência do Método Refletor



Fonte: Pietronero et al (2012). A figura representa a convergência do método refletor com o passar das ordens de iteração.

Com esse método, as posições de alguns países no ranking de complexidade mudam bastante entre a contabilização da diversidade, $k_{c,0}$, e a diversidade iterada em sua 18ª ordem, $k_{c,18}$. São representativos os casos de Singapura e Paquistão no estudo de Hausmann e Hidalgo (2009). Em 2008, apesar de terem diversidades similares – que as colocariam na 47ª e 49ª posição, respectivamente –, ao final das iterações, essas economias estão em posições completamente distintas – 10ª e 97ª, respectivamente.

Kemp-Benedict (2014) faz um contraponto ao Método Refletor, afirmando que o método iterativo captura mais as similaridades entre os países do que a variação entre eles. Mais importante, o autor aponta que o segundo maior autovalor é ortogonal à primeira medida de diversidade, contradizendo a noção de que essa medida de complexidade captura, parcialmente, a diversificação de uma economia. Apesar de ser uma contribuição valiosa, essa reinterpretação do Método Refletor parece mais ser uma nuance sobre o que realmente significa o índice de complexidade ao invés de uma refutação do método em si.

A aplicação desse método não é apenas um meio per se para encontrar índices de complexidade em variáveis de ordem elevada. As primeiras variáveis também guardam informações valiosas e analiticamente mais fáceis de serem interpretadas.

Reside aqui uma possível explicação amostral para a inferência de Kemp-Benedict (2014) de que o método iterativo captura mais as similaridades entre os países do que a variação entre eles. Afinal, distinguem-se, em larga escala, apenas dois grandes blocos de países. Dentro desses blocos, a natureza negativa da relação entre diversidade e ubiquidade média não parece se sustentar. Dessa maneira, a base de dados de comércio internacional é mais útil para compreender o que distingue um país pobre de um país de renda média ou elevada do que para analisar as últimas fases do desenvolvimento econômico. Em outras palavras, é mais confiável analisar o rompimento da armadilha da pobreza do que o rompimento da armadilha da renda média com os resultados provenientes do exercício de Hausmann e Hidalgo (2009, 2014).

Pietronero et al (2012) notam que os países mais diversificados exportam, na verdade, tanto produtos comuns como exclusivos e, por isso, não haveria como afirmar que a relação entre diversidade e ubiquidade é puramente negativa. Afinal, a distribuição dessa relação é mais parecida com um triângulo inferior a uma diagonal. Se assim o fosse, os países mais desenvolvidos exportariam poucos produtos, o que é um contrassenso. A observação de que um produto é feito por um país desenvolvido dá uma informação limitada sobre a complexidade do produto porque esses países exportam quase todos os produtos. Por outro lado, quando um país pobre exporta um dado produto, é bem possível que esse produto tenha um baixo nível de sofisticação. Portanto, embora seja razoável medir a competitividade de um país linearmente à complexidade dos seus produtos, não é possível fazer o mesmo para mensurar a complexidade dos produtos.

A solução encontrada por Pietronero et al (2012) foi introduzir um mecanismo não-linear no processo iterativo do Método Refletor que, resumidamente, limita o impacto da exportação de produtos de baixa complexidade sobre a composição da complexidade de um país. Apesar de amenizar o efeito, suprimir a informação inserida em um conjunto de dados ao introduzir um limite inferior também não parece ser a melhor solução e pode produzir resultados erráticos. Não parece ser razoável que a China já fosse a 13ª economia mais complexa do mundo em 1995 - com um PIB PPP per capita inferior a US\$2000,00 e antes mesmo de completar seu processo de abertura econômica - e ocupasse a 2ª posição do ranking de complexidade em 2010. Ademais, a interpretação sobre complexidade fica ainda mais nebulosa com a adoção de um mecanismo não-linear, o que já havia sido apontado por Kemp-Benedict (2014).

Com o fim de descartar a possibilidade que as conclusões do estudo pudessem advir do simples acaso, Hausmann e Hidalgo (2009) testaram as relações de primeira e segunda ordem contra amostras aleatórias. Os autores submeteram a testes quatro tipos de modelos nulos, todos mantendo o número de conexões da amostra original. O primeiro modelo – o menos restrito de todos – faz uma simples randomização dentre todas as células da matriz adjacente. O segundo modelo mantém a diversidade de cada país, apenas redistribuindo aleatoriamente os produtos nos quais eles são competitivos. O terceiro mantém a ubiquidade de cada produto, apenas randomizando os países que têm vantagem competitiva. O último modelo – o mais restrito de todos – permuta as conexões na rede de maneira que a ubiquidade e a diversidade se mantenham as mesmas para os produtos e os países, respectivamente.

Como é de se esperar, o último modelo foi o que mais guardou similaridade com a amostra original, mas não apresentou relações tão claras como tal. O segundo modelo também apresentou algumas semelhanças, provavelmente por randomizar a partição da rede de menor volatilidade. Os outros dois modelos falharam, sob qualquer perspectiva, em mimetizar as propriedades emergentes da amostra original. Concluiu-se, portanto, que os resultados observados a partir da amostra original não poderiam ser provenientes do acaso.

Hausmann, Hwang e Rodrik (2007) propõem duas medidas para argumentar que a pauta de exportações dos países importa para explicar suas rendas per capita. A medida PRODY calcula a riqueza média de países que produzem um determinado bem, enquanto EXPY calcula a riqueza média de uma economia dada a exportação de uma pauta de produtos. Essas variáveis são definidas da seguinte maneira:

$$PRODY_{\tilde{c}p} = \sum_{c \neq \tilde{c}} \frac{X_{cp} / \sum_p X_{cp}}{\sum_{c' \neq \tilde{c}} X_{c'p} / \sum_p X_{c'p}} GDP_{pc} \quad (9)$$

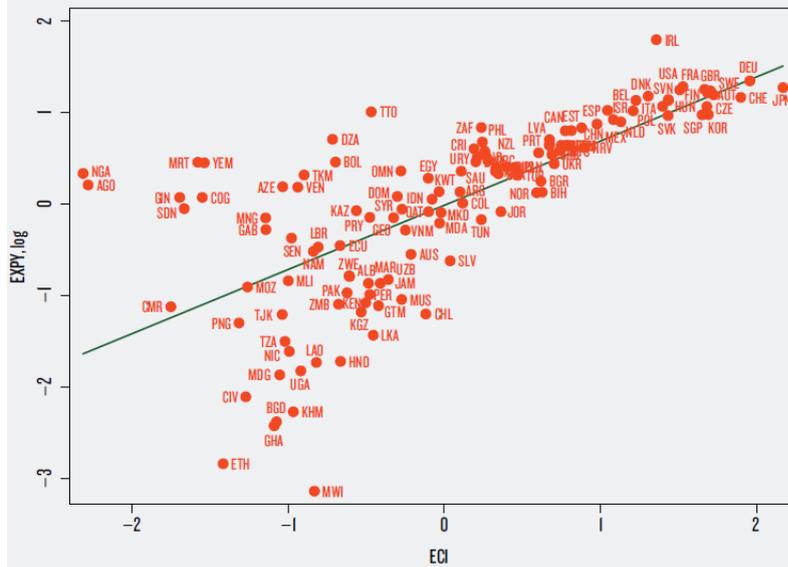
$$EXPY_{\tilde{c}} = \sum_p \frac{X_{\tilde{c}p}}{\sum_{p'} X_{\tilde{c}p'}} PRODY_{\tilde{c}p}, \text{ onde} \quad (10)$$

$$X_{cp} = \text{exportação do produto } p \text{ pelo país } c$$

Hausmann e Hidalgo (2014) relacionam EXPY aos índices de complexidade da economia, encontrando uma correlação positiva de 0,5 entre essas duas variáveis, como mostra a Figura 3.3. Basicamente, isso confirma que quanto mais complexa uma

economia for, maior tenderá a ser a sua renda per capita.

Figura 3.3 - Relação entre o Índice de Complexidade e EXPY, para o ano 2010



Fonte: Hausmann e Hidalgo (2014). A figura classifica as economias de acordo com o seu índice de complexidade (ECI) e a renda per capita associada da sua pauta de exportações (EXPY) A relação demonstra que as economias mais complexas tendem renda per capita maior.

3.2 O ESPAÇO-PRODUTO

Como não é possível observar o nível de conhecimento produtivo, Hidalgo et al (2007) o inferem a partir dos resultados do conhecimento, ou seja, do que cada país exporta competitivamente. Desse procedimento, surge o Índice de Complexidade, esmiuçado na seção anterior, que mensura o quão complexo um país ou um produto é. Da mesma maneira, como não se observa a proporção de conhecimento reutilizado em outras indústrias, o autor utiliza a frequência em que os países produzem conjuntamente dois produtos para inferir a probabilidade de se mover, com êxito, para novas indústrias. Desse procedimento, nasce o Espaço-Produto.

A questão das causas da produtividade e do desenvolvimento econômico está no seio da macroeconomia há um longo tempo. Em teoria, muitos fatores podem causar uma ligação entre produtos, tais quais fatores de produção, nível de tecnologia, a estrutura da cadeia produtiva, instituições, dentre outros. Essas medidas, entretanto, já pré-estabelecem o que é importante para causar mudanças econômicas, deixando de captar outros determinantes. Ao utilizar os efeitos ao invés das causas - a similaridade de exportação entre dois produtos -, Hidalgo et al (2007) afirmam tomar uma posição agnóstica sobre os fatores que ocasionam a produção.

A medida de similaridade entre os produtos é baseada na probabilidade condicional de se ter VCR em um produto, dado que se tem VCR em outro produto. Mais simplesmente, é a probabilidade de dois produtos serem coexportados. Como as probabilidades condicionais não são simétricas, a decisão mais conservadora é considerar a menor entre elas, produzindo uma matriz simétrica e mais rigorosa. A nova medida, denominada “proximidade”, nada mais é que o número de países que coexportam os produtos, dividido pela maior ubiquidade entre esses produtos:

$$\phi_{pp'} = \frac{\sum_c M_{cp} M_{cp'}}{\max(k_{p,0}, k_{p',0})} \quad (11)$$

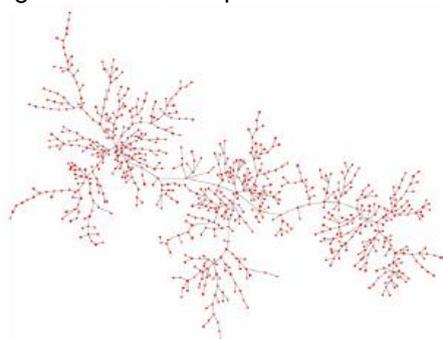
Uma vez que a proximidade é obtida em uma rede bipartite, na qual ambas as repartições são produtos, a dimensão dessa matriz simétrica é determinada pelo número de produtos da rede.

O espaço-produto nada mais é do que uma rede complexa construída com os dados da matriz de proximidades, após uma série de tratamentos embasados pela ciência de redes. Primeiro, é necessário que a rede esteja completamente conectada,

ou seja, que não haja produtos isolados. Afinal, se o intuito é inferir requisitos produtivos comuns entre os bens, aquele que estiver sem conexão não guardará correlação alguma com qualquer outro produto da rede. Segundo, nota-se que plotar uma rede com todas as possíveis conexões entre os produtos inviabilizará a sua visualização e análise. De nada adianta possuir todas as informações se não é possível processá-las. Terceiro, a análise da rede pode ser facilitada pela classificação por cores dos grupos de nós que possuem características similares, bem como pela utilização de algoritmos gravitacionais que indiquem, espacialmente, a relação entre os nós na rede.

Para garantir que a rede esteja completamente conectada, mas que não esteja sobrecarregada de conexões, Hidalgo et al (2007) aplicam o algoritmo de Kruskal para criar uma *Maximum Spanning Tree* (MST). A MST é uma rede na qual todos os vértices são conectados, sem a presença de ciclos, ao mesmo tempo em que se maximiza o somatório de pesos das conexões da rede. Os pesos dessas conexões são os valores das proximidades entre os produtos. Impossibilitar a criação de ciclos significa que só haverá um caminho na rede para ser percorrido entre um produto e qualquer outro produto. Por isso, o número de conexões é exatamente $N-1$, sendo N o número de nós. Haja vista o diminuto número de conexões restantes quando aplicado o algoritmo de Kruskal, a MST servirá apenas como um esqueleto para construir o espaço-produto, como observado na Figura 3.4:

Figura 3.4 - MST representando o “esqueleto” do espaço-produto



Fonte: Hidalgo et al (2007). A figura representa um dos primeiros passos para construir o espaço-produto. A *Maximum Spanning Tree* (MST) é uma rede na qual todos os vértices são conectados, sem a presença de ciclos, ao mesmo tempo em que se maximiza o somatório de pesos das conexões da rede. O número de conexões dessa rede é igual a $N-1$, sendo N o número de nós.

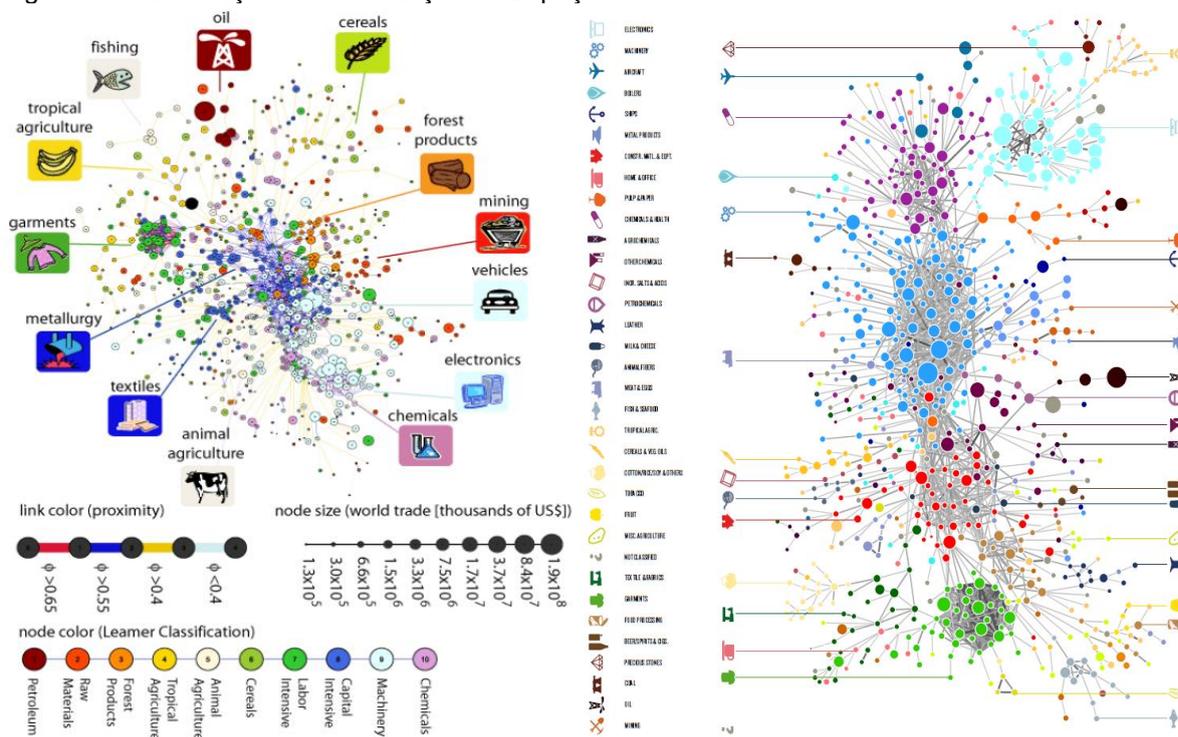
O próximo passo é povoar a rede com as proximidades de maior valor – aquelas que melhor representam as similaridades de requisitos entre os produtos –,

com a condição de que não prejudique a sua visualização. Como regra de bolso, Hidalgo et al (2007) e Hausmann e Hidalgo (2009) definem a introdução das maiores proximidades até que a rede atinja um grau médio de quatro a cinco conexões por nó. Entretanto, não parece haver na literatura qualquer formalização sobre esse limite.

Em ciência de redes, grupos de nós altamente interconectados são conhecidos como comunidades. No Espaço-Produto, comunidades representam grupos de produtos que requerem boa parte das mesmas capacidades produtivas. A distinção por comunidades, portanto, possibilita uma nova camada analítica. Já o tamanho de cada nó é ditado pelo valor total transacionado desse produto no comércio internacional. Por último, a aplicação de um algoritmo de força gravitacional (*force spring algorithm*), que repele nós, mas os atrai em razão da força das conexões entre eles, ajuda a criar uma visualização em que conjuntos de nós densamente conectados se aproximam, ao passo que se afastam os nós com poucas conexões entre si.

Há algumas pequenas diferenças entre os mecanismos de visualização de redes aplicados em Hidalgo et al (2007) e Hausmann e Hidalgo (2014). O conjunto de informações incluído no espaço-produto é o mesmo entre os dois trabalhos, não havendo qualquer mudança na metodologia para construir a matriz de proximidades e a MST. Para se ter ideia de como essas diferenças podem resultar em redes visualmente bem distintas, veja o espaço-produto resultante de ambos os trabalhos na Figura 3.5:

Figura 3.5 - Diferenças de visualização do Espaço-Produto



Fonte: À esquerda, Hidalgo et al (2007) e, à direita, Hausmann e Hidalgo (2014). A figura demonstra que algumas pequenas diferenças entre os mecanismos de plotagem do espaço-produto podem produzir redes visualmente diferentes.

É muito mais simples explicar o espaço-produto assim que se tem uma visualização dele. Essa rede mostra que muitos bens estão naturalmente agrupados em comunidades muito conectadas. Pertencer a uma comunidade, nesse caso, significa que um produto compartilha de um conjunto de requisitos produtivos muito similares aos outros bens da comunidade.

O espaço-produto também revela que grupos mais conectados, no centro da rede, são mais adeptos a servir como transição para a produção de outros bens. Enquanto isso, bens que estão na periferia da rede são, em geral, dificilmente conectados a outros bens. É o caso de petróleo e produtos agrícolas, que, além de serem pouco conectados, são pouco complexos. Devido à baixa conectividade, quem se especializa apenas nesses produtos acabaria tendo dificuldades para se especializar em outros. Por outro lado, eletrônicos também são uma comunidade periférica, mas de alta complexidade. Dessa maneira, o país que é especializado na produção de eletrônicos provavelmente passou por uma longa trajetória de especialização para chegar a esse ponto do espaço-produto.

Hausmann e Hidalgo (2014) fazem uso de uma metáfora para explicar o processo de desenvolvimento por meio dessa rede, transcrita em tradução livre:

“Imagine que o espaço-produto é uma floresta, na qual todo produto é uma árvore. Árvores que requerem capacidades similares estão próximas umas das outras na floresta. Árvores distantes requerem capacidades bem diferentes. Se os países são uma coleção de firmas que fazem diferentes produtos, podemos pensar nas firmas como macacos que vivem em árvores, significando que eles exploram certos produtos. Países diferem no número e na localização dos seus macacos nessa floresta em comum. O processo de desenvolvimento, que implica aumentar a diversidade e complexidade, é semelhante a macacos colonizarem a floresta, ocupando mais árvores e movendo especialmente para as que tiverem mais frutas, ou seja, as mais complexas”.

Dando seguimento à metáfora, se as árvores estiverem próximas entre si, será fácil para os macacos pularem de galho em galho. Entretanto, se estiverem distantes, os macacos podem ficar emperrados nas mesmas árvores. Uma vez que o espaço-produto possui partes com produtos altamente relacionados e outras partes com pouca conectividade, poderá ser mais fácil ou mais difícil, respectivamente, diversificar as atividades. Importa muito a posição de cada país no espaço-produto, pois isso ditará as suas dificuldades e facilidades de diversificar sua produção. O espaço-produto apresenta, portanto, um forte componente de *path-dependence* para o desenvolvimento econômico. Esse componente dita o problema de ovo e galinha mencionado na primeira seção, bem como o que seria o ciclo virtuoso (vicioso) do (sub)desenvolvimento.

Hidalgo et al (2007) afirmam que, se a vizinhança de um bem no espaço-produto apresentar produtos mais complexos, mas inicialmente esses produtos acarretarem menor renda para um país em relação ao bem originalmente produzido, o país estaria preso a um máximo local. Economias que exportam petróleo, por exemplo, não teriam, *a priori*, estímulo algum para a diversificação, pois inicialmente haveria uma perda de renda per capita. O caminho para diversificação em produtos complexos pode ser longo demais para que um país se aventure por ele. Essa observação se soma à vasta literatura sobre a “maldição dos recursos naturais”, como em Collier e Goderis (2009), pela qual se estudam os efeitos adversos que a abundância desses recursos traz ao desenvolvimento econômico.

Uma das maneiras de avaliar um país no espaço-produto e as suas possibilidades de diversificação é calcular o seu Valor de Oportunidade. Essa medida calcula o valor das opções que o país tem de se mover para produtos mais complexos, haja vista a sua posição no espaço-produto. Matematicamente, o Valor de

Oportunidade é calculado como:

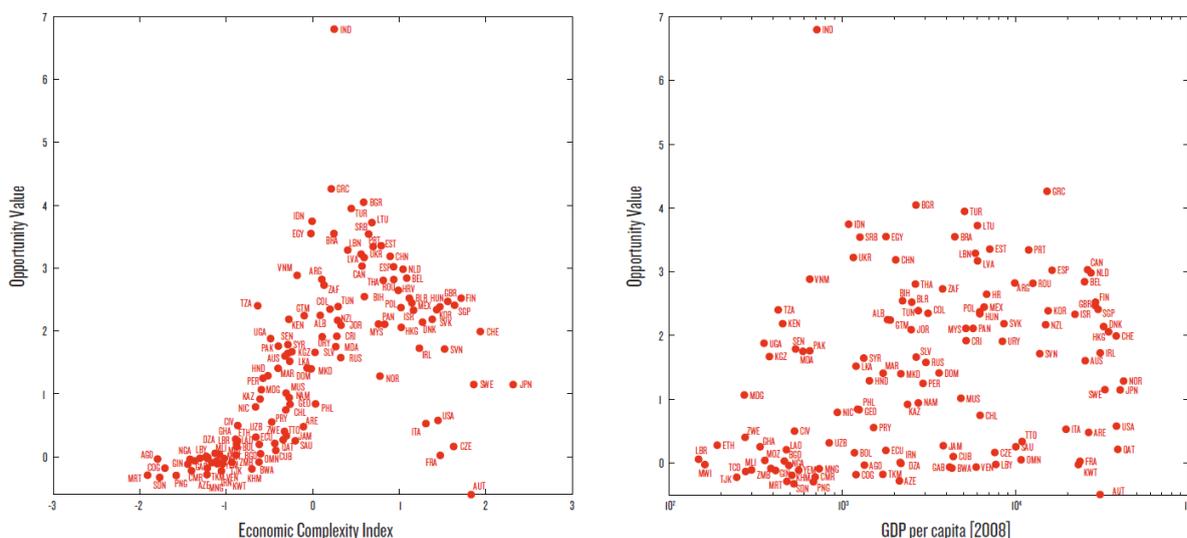
$$\text{valor de oportunidade}_c = \sum_{p'} (1 - d_{cp'}) (1 - M_{cp'}) ICP_{p'}, \text{ onde} \quad (12)$$

$$d_{cp} = \frac{\sum_{p'} (1 - M_{cp'}) \phi_{pp'}}{\sum_{p'} \phi_{pp'}} \quad (13)$$

A distância, d_{cp} , significa o quão longe um produto está no espaço-produto de uma dada pauta de exportações de um país. A equação do Valor de Oportunidade é construída de maneira a considerar apenas aqueles produtos que não são exportados com VCR pelo país, ponderados pelo Índice de Complexidade desses produtos.

Hausmann e Hidalgo (2014) comparam o Valor de Oportunidade com o Índice de Complexidade Econômica e com a renda per capita do país, como observado na Figura 3.6. Não parece haver uma relação clara da variável em destaque com a renda per capita, mas é útil observar o valor de oportunidade ao longo da complexidade dos países.

Figura 3.6 - O valor de oportunidade como função do índice de complexidade e da renda per capita



Fonte: Hausmann e Hidalgo (2014). A figura relaciona o valor de oportunidade com duas variáveis: índice de complexidade, à esquerda, e PIP per capita, à direita. O valor de oportunidade mensura as opções que o país tem de se mover para produtos mais complexos, haja vista a sua posição no espaço-produto.

Países pouco complexos possuem poucas oportunidades de especialização, um tipo de armadilha da pobreza, enquanto países muito complexos já não possuem oportunidades, pois estão especializados em quase todos os bens complexos. Entre esses grupos de países, estaria aquele dos países com complexidade média, que possuem Valor de Oportunidade muito variável. O Chile, por exemplo, tem uma

estrutura de exportação com poucas possibilidades de diversificação que aumentem a complexidade. Já a Turquia possui muitas possibilidades, dada a sua distribuição no espaço-produto.

4 METODOLOGIA

O trabalho de Hausmann e Hidalgo trouxe uma nova maneira de ver desenvolvimento econômico, mas não é despido de limitações. Pietronero et al (2012) e Kemp-Benedict (2014) teceram críticas pertinentes ao método refletor. Entretanto, essas análises foram realizadas no âmbito de uma base de dados de comércio internacional. É possível que essas conclusões não se sustentassem caso o exercício fosse feito com outra base de dados.

Apesar de ser o único conjunto de dados econômicos que possuem informações detalhadas e padronizadas, conectando quase todos os países aos produtos que eles exportam, a aplicação do método refletor aos dados de comércio acaba dividindo os países em dois grupos: os países pobres; e b. os países em desenvolvimento e desenvolvidos. Essa divisão parece ser mais útil para entender a armadilha da pobreza do que para analisar as últimas fases do desenvolvimento econômico. Afinal, a relação entre diversidade e ubiquidade média no grupo de países em desenvolvimento e desenvolvidos não é negativa.

Essas constatações levantam dúvidas sobre o emprego do comércio internacional como a variável que melhor representa a capacidade produtiva dos países. Hausmann e Hidalgo (2014) admitem algumas limitações desses dados. O uso de dados de exportação desconsidera a produção doméstica. Um país pode ter forte produção doméstica de um produto, mesmo que não tenha uma vantagem comparativa revelada nas suas exportações. Outra limitação é desconsiderar os serviços, que representam quase 70% do PIB mundial.

Para verificar se essas limitações afetam estruturalmente os resultados, Hausmann e Hidalgo (2014) realizam o mesmo exercício incluindo exportação de serviços na base de dados e verificam uma alta similaridade entres os índices de complexidade da base original e alternativa. Entretanto, os dados de exportação de serviços são divididos em apenas doze categorias, o que pode ter minimizado o impacto da inclusão dessa variável no método refletor. Ademais, a abordagem continuou desconsiderando o fator produtivo doméstico.

Os países podem exportar produtos com alto componente de insumos importados, também causando ruídos nos resultados. Exportar carros na condição de

maquiladoras não traduz tudo o que se passa na produção desse bem. Mais amplamente, atrelar valor apenas a bens finais é inadequado, uma vez que o valor está cada vez mais relacionado ao conceito de atividade do que de produção. Portanto, focar somente no bem final não captura a geração de valor e as conexões intersetoriais ao longo do processo produtivo, tão importantes para Hirschman (1962). A cadeia produtiva do Iphone, por exemplo, envolve P&D, design, desenvolvimento de plataforma e de sistema operacional, marketing, produção de semicondutores, telas de LCD, montagem, dentre outras etapas de produção. É um bem que embarca uma diversidade de serviços e atividades desempenhadas por distintos países na cadeia produtiva.

Considerando o exposto acima, propõe-se aqui adaptar o trabalho de complexidade econômica de Hausmann e Hidalgo para outra base de dados. Idealmente, a nova base de dados para a construção da complexidade econômica deveria incluir:

- As relações econômicas domésticas;
- Os serviços; e
- As atividades intermediárias.

A base de dados mais alinhada a essas condições é a *World Input-Output Database* (WIOD), organizada por Timmer *et al* (2015). A WIOD é uma matriz mundial de insumo-produto, aportando conexões produtivas de 56 setores entre 43 economias (e o “resto do mundo”), que representam mais de 85% do PIB mundial. Mantendo a regra de Hausmann e Hidalgo (2014) de excluir países com menos de 1,2 milhão de habitantes, Chipre, Luxemburgo e Malta foram excluídos dos cálculos dos índices de complexidade e do espaço-produto, restando 40 economias. A relação de economias está na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Lista de economias por exercício aplicado

| Código | País | Índice de Complexidade e Espaço-Produto | Rede Econômica Mundial |
|--------|------------------|---|------------------------|
| AUS | Austrália | √ | √ |
| AUT | Áustria | √ | √ |
| BEL | Bélgica | √ | √ |
| BGR | Bulgária | √ | √ |
| BRA | Brasil | √ | √ |
| CAN | Canadá | √ | √ |
| CHE | Suíça | √ | √ |
| CHN | China | √ | √ |
| CYP | Chipre | | √ |
| CZE | República Tcheca | √ | √ |
| DEU | Alemanha | √ | √ |
| DNK | Dinamarca | √ | √ |
| ESP | Espanha | √ | √ |
| EST | Estônia | √ | √ |
| FIN | Finlândia | √ | √ |
| FRA | França | √ | √ |
| GBR | Reino Unido | √ | √ |
| GRC | Grécia | √ | √ |
| HRV | Croácia | √ | √ |
| HUN | Hungria | √ | √ |
| IDN | Indonésia | √ | √ |
| IND | Índia | √ | √ |
| IRL | Irlanda | √ | √ |
| ITA | Itália | √ | √ |
| JPN | Japão | √ | √ |
| KOR | Coreia do Sul | √ | √ |
| LTU | Lituânia | √ | √ |
| LUX | Luxemburgo | | √ |
| LVA | Letônia | √ | √ |
| MEX | México | √ | √ |
| MLT | Malta | | √ |
| NLD | Países Baixos | √ | √ |
| NOR | Noruega | √ | √ |
| POL | Polônia | √ | √ |
| PRT | Portugal | √ | √ |
| ROU | Romênia | √ | √ |
| ROW | Resto do Mundo | | √ |
| RUS | Rússia | √ | √ |
| SVK | Eslováquia | √ | √ |
| SVN | Eslovênia | √ | √ |
| SWE | Suécia | √ | √ |
| TUR | Turquia | √ | √ |
| TWN | Taiwan | √ | √ |
| USA | Estados Unidos | √ | √ |

Fonte: *Elaboração própria. A lista relaciona os países que participaram de cada exercício da dissertação. Seguindo método de Hausmann e Hidalgo (2014), países com menos de 1,2 milhão de habitantes foram excluídos dos Índices de Complexidade: Chipre, Luxemburgo e Malta. O Resto do Mundo também foi excluído, pois o resultado seria inócuo para análise desse exercício.*

A principal desvantagem da WIOD em relação aos dados de comércio internacional é o considerável menor número de países. Participam da WIOD, basicamente, as economias desenvolvidas e as grandes economias emergentes. Já a cobertura de comércio internacional é praticamente completa. Essa alegada desvantagem, contudo, pode ser um trunfo ao dar foco justamente à parte mais nebulosa do estudo seminal de complexidade econômica: as etapas de desenvolvimento a partir das economias de renda média.

A classificação setorial da WIOD foi feita de acordo com o ISIC Rev. 4, mas muitos países ainda não fornecem dados de acordo com esse padrão, principalmente os emergentes. Por isto, alguns dos 56 setores foram reagrupados para o ISIC Rev. 3.1, sempre visando minimizar a perda de informação decorrente desse tratamento. Após o reagrupamento, o número resultante de setores é 45, listados na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Lista de setores e reagrupamento proposto

| Código | Descrição | Código | Descrição | Classificação |
|------------|--|------------------------|---|-------------------|
| A01 | Agricultura | A01 | Agricultura | Setor Primário |
| A02 | Silvicultura | A02 | Silvicultura | Setor Primário |
| A03 | Pesca | A03 | Pesca | Setor Primário |
| B | Mineração | B | Mineração | Setor Primário |
| C10-C12 | Indústria alimentícia | C10-C12 | Indústria alimentícia | Indústria |
| C13-C15 | Indústria têxtil | C13-C15 | Indústria têxtil | Indústria |
| C16 | Indústria de madeira | C16 | Indústria de madeira | Indústria |
| C17 | Indústria de papel | C17 | Indústria de papel | Indústria |
| C18 | Impressão e reprodução de mídia | C18&J58-J60 | Serviços de mídia | Serviços de Valor |
| C19 | Refino de petróleo | C19 | Refino de petróleo | Indústria |
| C20 | Indústria química | C20 | Indústria química | Indústria |
| C21 | Indústria farmacêutica | C21 | Indústria farmacêutica | Indústria |
| C22 | Indústria de borracha e plástico | C22 | Indústria de borracha e plástico | Indústria |
| C23 | Indústria de minerais não-metálicos | C23 | Indústria de minerais não-metálicos | Indústria |
| C24 | Indústria de metais básicos | C24 | Indústria de metais básicos | Indústria |
| C25 | Indústria de produtos fabricados de metal | C25 | Indústria de produtos fabricados de metal | Indústria |
| C26 | Indústria de computadores e produtos eletrônicos | C26 | Indústria de computadores e produtos eletrônicos | Indústria |
| C27 | Indústria de equipamento elétrico | C27 | Indústria de equipamento elétrico | Indústria |
| C28 | Indústria de equipamentos e máquinas | C28&C33 | Indústria de equipamentos e máquinas | Indústria |
| C29 | Indústria de veículos motores | C29 | Indústria de veículos motores | Indústria |
| C30 | Indústria de outros equipamentos de transporte | C30 | Indústria de outros equipamentos de transporte | Indústria |
| C31_C32 | Indústria moveleira e outras manufaturas | C31_C32 | Indústria moveleira e outras manufaturas | Indústria |
| C33 | Conserto e instalação de equipamentos e máquinas | | | |
| D35 | Fornecimento de eletricidade, gás e vapor | D35 | Fornecimento de eletricidade, gás e vapor | Serviços de Custo |
| E36 | Abastecimento e tratamento de água | E36 | Abastecimento e tratamento de água | Serviços de Custo |
| E37-E39 | Tratamento de esgoto e gestão de resíduos | E37-E39 | Tratamento de esgoto e gestão de resíduos | Serviços de Custo |
| F | Construção | F | Construção | Indústria |
| G45 | Comércio de veículos motores | G45 | Comércio de veículos motores | Serviços de Custo |
| G46 | Comércio atacadista | G46 | Comércio atacadista | Serviços de Custo |
| G47 | Comércio varejista | G47 | Comércio varejista | Serviços de Custo |
| H49 | Transporte terrestre | H49 | Transporte terrestre | Serviços de Custo |
| H50 | Transporte aquático | H50 | Transporte aquático | Serviços de Custo |
| H51 | Transporte aéreo | H51 | Transporte aéreo | Serviços de Custo |
| H52 | Armazenagem e serviços auxiliares de transporte | H52 | Armazenagem e serviços auxiliares de transporte | Serviços de Custo |
| H53 | Atividades postais e courier | H53 | Atividades postais e courier | Serviços de Valor |
| I | Serviços de alimentação e hospedagem | I | Serviços de alimentação e hospedagem | Serviços de Custo |
| J58 | Serviços editoriais | J61 | Telecomunicações | Serviços de Custo |
| J59_J60 | Produção e transmissão de atividades audiovisuais | J62_J63 | Programação e serviços de informação | Serviços de Valor |
| J61 | Telecomunicações | J64_K66 | Serviços financeiros | Serviços de Custo |
| J62_J63 | Programação e serviços de informação | L68 | Serviços imobiliários | Serviços de Custo |
| K64 | Serviços financeiros, exceto seguros e pensões | M69-M75 | Serviços profissionais, técnicos e científicos | Serviços de Valor |
| K65 | Seguros e pensões | N | Serviços administrativos | Serviços de Valor |
| K66 | Atividades financeiras auxiliares | O84 | Administração pública e defesa | Serviços de Custo |
| L68 | Serviços imobiliários | P85 | Educação | Serviços de Custo |
| M69_M70 | Serviços de advocacia contabilidade e gestão empresarial | Q | Saúde | Serviços de Custo |
| M71 | Serviços de arquitetura e engenharia | R_S | Outros serviços | Serviços de Custo |
| M72 | Pesquisa e Desenvolvimento | T | Atividades domésticas | |
| M73 | Propaganda e Marketing | U | Atividades de organizações internacionais | |
| M74_M75 | Outros serviços profissionais, técnicos e científicos | | | |
| N | Serviços administrativos | | | |
| O84 | Administração pública e defesa | | | |
| P85 | Educação | | | |
| Q | Saúde | | | |
| R_S | Outros serviços | | | |
| T | Atividades domésticas | | | |
| U | Atividades de organizações internacionais | | | |

Fonte: Elaboração própria. A lista relaciona os setores do ISIC Rev 4.1 à esquerda e o reagrupamento proposto, à direita. Para os setores pintados de amarelo, azul, laranja e verde, o reagrupamento ocorreu em razão de falta de dados nesses setores para diversos países. Para minimizar a perda de informação, o reagrupamento foi feito de acordo com as classificações do ISIC Rev. 3.1. Os setores pintados de cinza foram excluídos por apresentarem valores irrisórios para todos os países. A classificação dos setores, à direita, foi realizada de acordo com Arbache (2015). Há quatro tipos de setor: primário, indústria, serviços de valor e serviços de custo.

Seguindo o conceito de atividade em detrimento do produto como unidade geradora de valor, define-se que o agente utilizado na matriz adjacente será o consumo intermediário de um setor por outro setor. Dessa maneira, havendo 45 setores, o número de “produtos” dessa matriz será 45^2 , ou seja, 2025 atividades. Exemplificando, o consumo da indústria alimentícia de insumos agrícolas é uma atividade, assim como é o consumo da indústria eletrônica por serviços profissionais, técnicos e científicos. As atividades serão identificadas com a junção das codificações dos setores de oferta e de destino. Assim, como o setor agrícola recebe o código A01 e a indústria alimentícia, C10-C12, o código final será “A01C10-C12”. Caso a situação seja oposta entre oferta e destino, o código será “C10-C12A01”.

As análises dos resultados serão feitas com a seguinte classificação geral dos setores: serviços de valor, serviços de custo, indústria e setor primário, tal como proposto por Arbache (2015). O reagrupamento dos setores, bem como a classificação deles, está detalhada na Tabela 4.2 acima. O índice de serviços de valor, definido como a parcela do consumo intermediário fornecida por esse tipo de serviço, comporá a explicação dos resultados de complexidade.

Arbache (2014) define como serviços de valor aqueles que contribuem para a customização e a diferenciação dos produtos, como P&D, design, projetos de engenharia, serviços técnicos especializados, serviços sofisticados de TI, softwares customizados, branding e marketing. Os serviços de valor seriam, portanto, importante componente para o desenvolvimento econômico. Já o segundo grupo de serviços é o de custos, composto por aqueles que afetam principalmente os custos de produção, como logística e transportes, infraestrutura, viagens e acomodação. Serviços de custo melhores ou mais baratos podem contribuir para aumentar a competitividade, mas não diferenciam o produto.

Apesar das críticas ao Método Refletor, a metodologia de Hausmann e Hidalgo (2008, 2009, 2014) é a mais usada para estudos de complexidade. Portanto, de maneira a explorar apenas as diferenças advindas da troca de base de dados para a WIOD, a presente dissertação seguirá rito idêntico para gerar os índices de complexidade e o espaço-produto.

A análise dos resultados será complementada com exercícios no âmbito da teoria da complexidade. Uma economia é considerada uma rede complexa, dada a intrincada

relação que existe entre os seus agentes, sem controle central, cujo comportamento global emergente não pode ser explicado ou previsto pela soma do comportamento individual dos agentes. A base do WIOD será utilizada para plotar uma rede bipartite, com partições simétricas, cujos agentes são os setores produtivos de cada país. Essa relação captura como a economia mundial se organiza a partir de uma matriz de insumo-produto, com enfoque nas relações setoriais.

Para melhorar a visualização da rede, um filtro será aplicado para descartar as conexões mais fracas entre os setores de cada país até que o grau médio de conexões se iguale a 18. O algoritmo de Blondel et al (2008) é então utilizado para identificar comunidades e, por último, aplica-se o algoritmo de força gravitacional OpenOrd (Martin et al, 2011), que é indicado para grandes redes – com até um milhão de nós – e para a distinção de clusters.

Duas estatísticas comumente utilizadas nas ciências de redes, a centralidade de autovetor (eigenvector centrality) e a centralidade de intermediação (betweenness centrality), compõem a base de avaliação da rede. Ambas as centralidades trazem informações relevantes e complementares sobre a importância de um nó na rede. A centralidade de autovetor calcula a importância do nó de acordo com o peso dos nós a que ele está conectado, uma espécie de “diga-me com quem andas que eu te direi quem és”. Bonacich (2007) e Costenbarder e Valente (2003) apontam a centralidade de autovetor como mais robusta a questões de amostragem e de complexidade de rede do que outras medidas, tais como o grau absoluto de conexões e a centralidade de proximidade.

Diferentemente da centralidade de autovetor, a de intermediação calcula o número de caminhos entre todos os nós que passam por um nó específico, como um *broker* de informação. Essa medida fornece informações similares à menor trajetória necessária para se ter relação com algum setor, como o “pulo dos galhos”. Já a centralidade de autovetor capta o impacto ou a influência indireta advinda das conexões de um setor sobre o restante da rede.

A Tabela 4.3 relaciona, ao final da seção, as variáveis e as bases de dados que serão empregadas na dissertação. A Tabela 4.4 lista, enfim, os aplicativos utilizados para realizar esses exercícios.

Tabela 4.3 - Variáveis de análise e fontes

| Variáveis | Fonte | Site |
|---|--------------------------------|---|
| Índices de Complexidade Espaço-Produto Serviços de Valor e de Custo | World Input-Output Database | http://www.wiod.org/ |
| PIB Manufaturas Serviços Profissionais e Comerciais (PBS) | Banco Mundial | http://data.worldbank.org/ |
| Comércio Internacional | COMTRADE | http://comtrade.un.org/data/ |
| Posição Internacional de Investimento Fluxos de Capital | FMI | http://data.imf.org/ |

Fonte: Elaboração própria. A lista relaciona as variáveis utilizadas para análise ao longo da dissertação, bem como a fonte e o sítio eletrônico em que podem ser acessadas.

Tabela 4.4 - Exercícios e aplicativos utilizados

| Exercício | Aplicativo |
|-------------------------|----------------------|
| Índices de Complexidade | Microsoft Excel 2016 |
| | Matlab R2010a |
| | Kutools 16.50 |
| Espaço-Produto | Microsof Excel 2016 |
| | Cytoscape 3.5.1 |
| | Gephi 0.9.2 |
| Rede Complexa | Microsoft Excel 2016 |
| | Gephi 0.9.2 |

Fonte: Elaboração própria. A lista relaciona os aplicativos utilizados para cada exercício da dissertação.

5 RESULTADOS

5.1 O MÉTODO REFLETOR E OS ÍNDICES DE COMPLEXIDADE

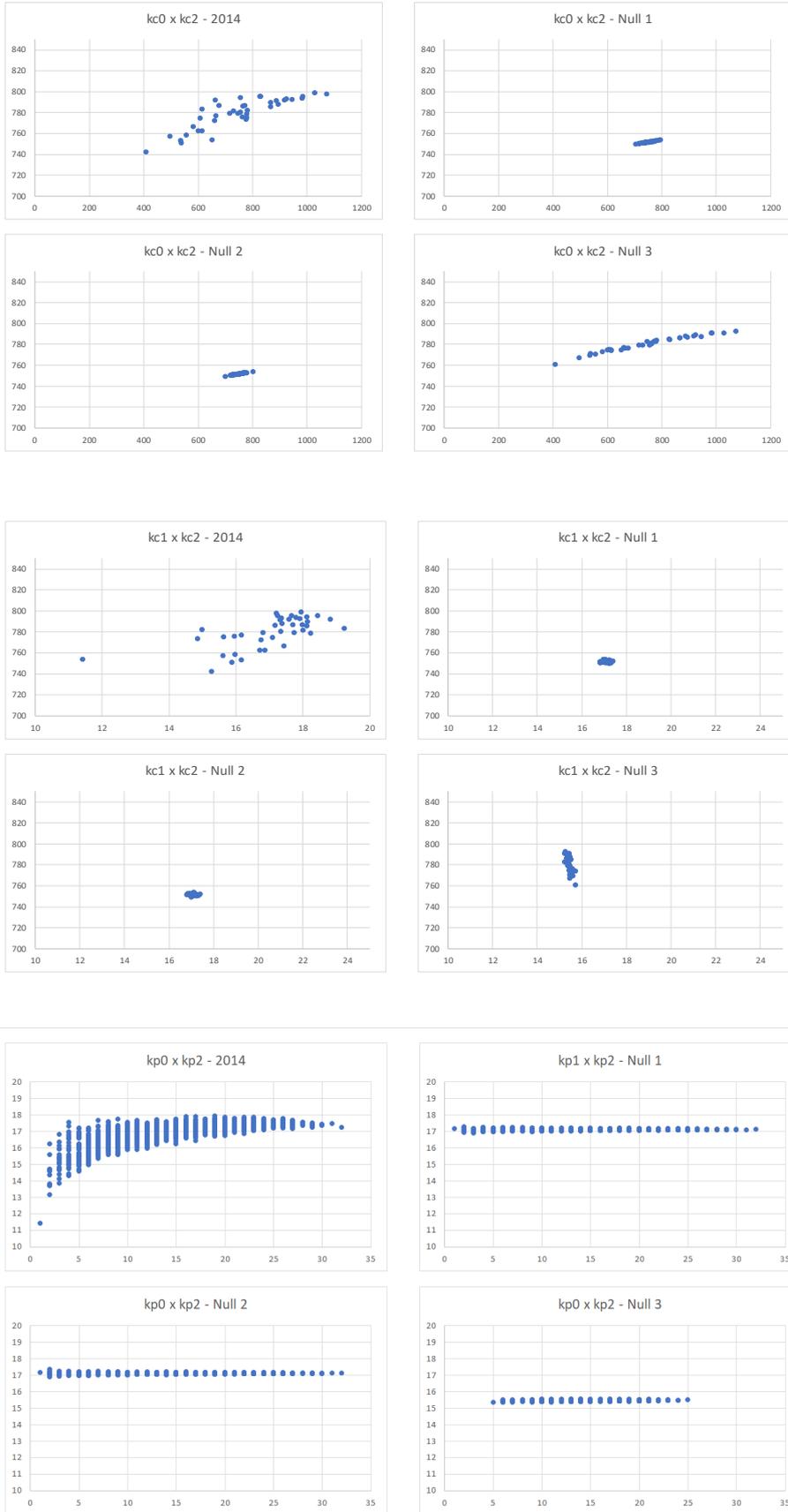
Antes de discutir os Índices de Complexidade, é necessário assegurar que a mudança de base de dados para a WIOD oferece a mesma robustez observada por Hausmann e Hidalgo para os dados de comércio internacional. A começar pelos testes contra modelos nulos, mostrar-se-á que os resultados não foram obtidos ao acaso ou por mera aleatoriedade. Uma breve análise da relação entre diversidade e ubiquidade média indicará, então, uma grande diferença para os dados de comércio internacional. As propriedades dos Índices de Complexidade gerados por esse exercício serão detalhadas ao final desta seção.

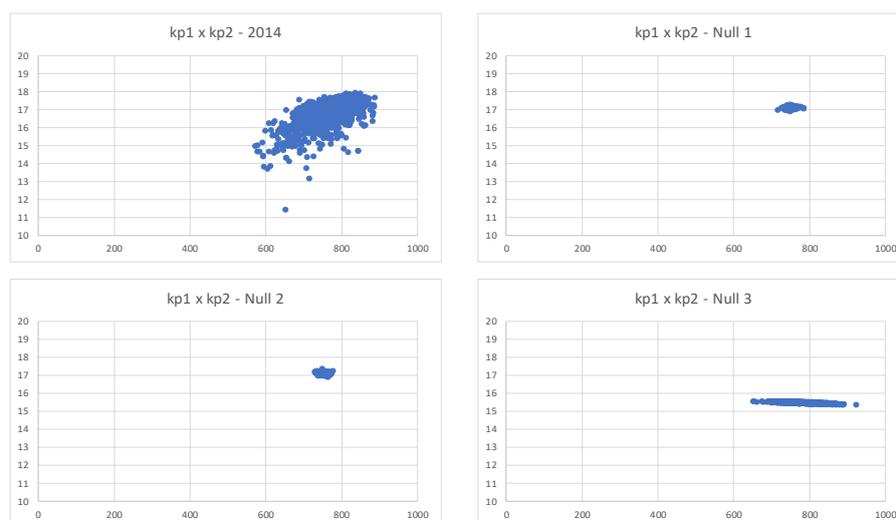
Três dos quatro modelos nulos apresentados por Hidalgo et al (2007) são testados. O primeiro modelo – o menos restrito de todos – faz uma simples randomização dentre todas as células da matriz adjacente. O segundo mantém a ubiquidade de cada produto, apenas randomizando os países que têm vantagem competitiva. O terceiro modelo mantém a diversidade de cada país, apenas redistribuindo aleatoriamente os produtos nos quais eles são competitivos.

Os resultados dos três modelos nulos confirmam a não aleatoriedade dos resultados obtidos a partir da WIOD. Não há nenhum deles que demonstre propriedades claras para as relações das primeiras ordens do Método Refletor, tanto para diversidade quanto para ubiquidade. Para a maior parte dessas relações, diferentemente dos dados do WIOD, os modelos nulos não possuem sequer variação ao longo dos eixos.

O que mais se aproxima de obter algum padrão de variação é o terceiro modelo nulo. Esse modelo apresenta uma relação similar aos dados da WIOD quando confrontada a diversidade de um país, $k_{c,0}$, à diversidade média dos países com uma cesta de exportação similar a esse país, $k_{c,2}$. Entretanto, falha em capturar qualquer relação para as ordens restantes. Veja os resultados na Figura 5.1:

Figura 5.1 - Testes contra modelos nulos

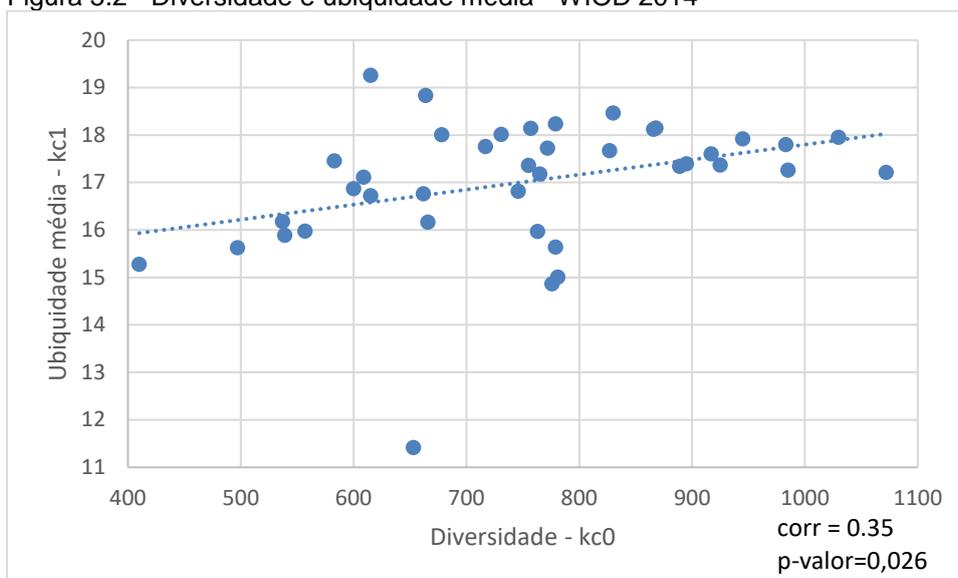




Fonte: *Elaboração própria, WIOD. A figura compara os dados da WIOD com três modelos nulos quanto às relações das primeiras ordens do Método Refleto. O primeiro modelo faz uma randomização dentre todas as células da matriz adjacente. O segundo mantém a ubiquidade de cada produto, apenas randomizando os países que têm vantagem competitiva. O terceiro modelo mantém a diversidade de cada país, apenas redistribuindo aleatoriamente os produtos nos quais eles são competitivos. Quatro relações são testadas. As duas primeiras testam $k_{c,2}$, a diversidade média dos países com uma cesta de exportação similar a um determinado país, contra $k_{c,0}$, a diversidade do país, e contra $k_{c,1}$, a ubiquidade média dos produtos exportados por um país. As duas últimas testam $k_{p,2}$, a ubiquidade média dos produtos exportados por países que exportam um determinado produto, contra $k_{p,0}$, a ubiquidade de um produto, e contra $k_{p,1}$, a diversificação média dos países que exportam um produto.*

A relação entre diversidade e ubiquidade média no exercício de Hausmann e Hidalgo (2014) é um dos pilares da argumentação de que quanto mais especializado um país é, mais exclusivos são os bens exportados por ele. A relação, portanto, seria negativa, mas, como mencionado na seção anterior, ela não se sustenta em todos os quantis da amostra. Comparando apenas a parte da amostra diversificada e pouco ubíqua, no quadrante que compreende economias emergentes e desenvolvidas, a inclinação do gráfico deixa de ser clara. Ao utilizar os dados da WIOD, base de dados composta apenas por esses tipos de economias, coloca-se uma lupa justamente na parte contestável da relação. Abaixo está a Figura 5.2, que mostra o resultado dessa relação para os dados de 2014:

Figura 5.2 - Diversidade e ubiquidade média - WIOD 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura relaciona as economias de acordo com sua diversificação ($k_{c,0}$) e ubiquidade média ($k_{c,1}$). Verifica-se uma correlação positiva, de 0,35.

Ressalte-se que, ao invés de possuir uma correlação negativa, como esperado por Hausmann e Hidalgo ao longo de toda a sua amostra, a correlação é, na verdade, positiva entre economias emergentes e desenvolvidas. Pietronero et al (2012) já haviam fornecido uma contestação parcial ao afirmar que países mais diversificados produzem todos os tipos de bens, inclusive os mais comuns.

Seguindo argumento paralelo ao já bem estabelecido na teoria de comércio internacional, a competitividade de uma atividade pode muito bem não ser um componente substituto, mas complementar ao exercício de outras atividades para a cauda superior da complexidade, lembrando que a amostra é composta apenas de economias emergentes e desenvolvidas. Assim como a teoria ricardiana não funciona para grande parte do comércio internacional, realizado entre países que teriam vantagens competitivas nas mesmas atividades, o mesmo raciocínio não parece ser o mais apropriado para a questão aqui posta.

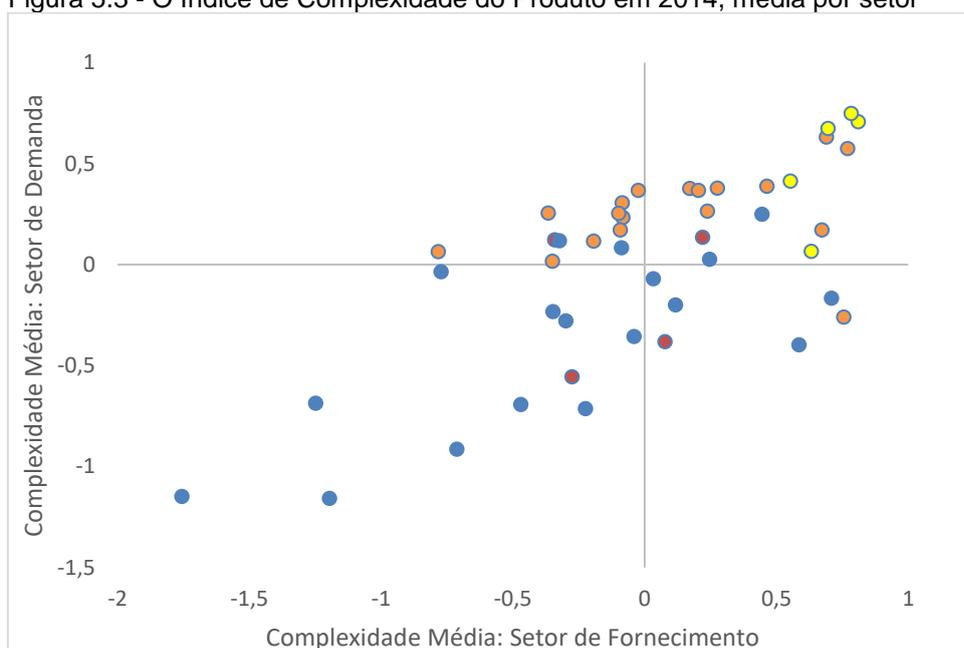
Considerando as observações feitas acima, é razoável esperar que a relação entre diversidade e ubiquidade média é negativa em um primeiro momento, ditando a trajetória de desenvolvimento de uma economia pobre. Para pular ao próximo nível do desenvolvimento, a economia deverá se especializar em atividades que competem recursos com as atividades que até então desempenhavam. Entretanto, ao chegar à renda média, haveria um ponto de inflexão, como apontado no gráfico acima, no qual

o país deverá aumentar a sua diversificação em conjunto com a ubiquidade média para aumentar a sua complexidade. Nesse ponto, a diversificação em favor de atividades mais complexas ocorreria em conexão com as atividades já desempenhadas pela economia. Portanto, a partir de então, a diversificação possuiria caráter complementar à estrutura produtiva da economia.

As atividades as quais a economia da renda média deverá se especializar para seguir se desenvolvendo são desempenhadas de forma não excludente pelas economias mais desenvolvidas. Dessa maneira, diversificar-se significa especializar em atividades ubíquas somente desempenhadas por economias desenvolvidas. Essas atividades são justamente aquelas que tendem a diferenciar produtos – os serviços de valor. Guarda-se, assim, similaridade com o modelo de concorrência monopolística krugmaniano, que explica tanto o comércio intra-setorial como o comércio norte-norte, entre países que, a priori, teriam vantagens comparativas similares.

Para que esse argumento se sustente, é necessário verificar se os produtos mais complexos da abordagem WIOD são os serviços de valor e, complementarmente, se esses serviços guardam relação com a complexidade dos países. A Figura 5.3 e a Tabela 5.1 relacionam a média dos índices de complexidade do produto, de acordo com o setor de fornecimento e de demanda:

Figura 5.3 - O Índice de Complexidade do Produto em 2014, média por setor



Fonte: Elaboração própria, WIOD. Foram calculadas as médias das complexidades da atividade de acordo com o setor de

fornecimento e de demanda. A figura relaciona as complexidades médias por fornecimento e demanda, diferenciando o tipo de setor por cor. Em amarelo, estão os serviços de valor. Em laranja e azul, estão os serviços de custo e os setores industriais, respectivamente. Em vermelho, os setores primários.

Tabela 5.1 - Distribuição da complexidade por tipo de atividade, por quadrante (x,y)

| | ++ | -+ | + - | -- | Frequência |
|-------------------|----|----|-----|----|------------|
| Frequência | 16 | 12 | 6 | 11 | 45 |
| Serviços de Valor | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| Serviços de Custo | 8 | 9 | 1 | 0 | 18 |
| Indústria | 2 | 2 | 4 | 10 | 18 |
| Setor Primário | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |

Fonte: Elaboração própria, WIOD. A Tabela relaciona a distribuição da Figura 5.3 por tipo de setor. O quadrante ++ indica que o setor apresenta complexidade média positiva tanto fornecendo como servindo de destino. O quadrante +- indica que o setor apresenta complexidade média positiva apenas na figura de fornecedor e vice-versa. O quadrante -- indica que o setor apresenta complexidade média negativa para as duas funções.

O primeiro quadrante da Figura 5.3 é o que abarca os setores que possuem complexidade média positiva, tanto como fornecedores quanto como demandantes. Todos os serviços de valor – pintados de amarelo – estão incluídos nesse quadrante, indicando que essas atividades contribuem para a complexidade de um país. O segundo grupo de atividades que mais se destaca na tabela são os serviços de custos (em laranja), aqueles que contribuem para a eficiência e o capital social de uma economia. Esses resultados estão em linha com o argumento de Arbache (2012, 2015) sobre o papel do setor de serviços para o desenvolvimento.

Já os setores industriais e primários, pintados de azul e vermelho, respectivamente, apresentam, em geral, médias de complexidade negativas. Isto não significa que os setores industriais não tenham função no desenvolvimento de uma economia. Esta questão é tratada mais à frente.

A Tabela 5.2 apresenta as correlações entre variáveis de interesse. O Índice de Complexidade Econômica dos países retornou uma distribuição com alta correlação à renda per capita e à parcela de serviços de valor no consumo intermediário. As correlações excedem, inclusive, as observadas para as complexidades construídas por Hausmann e Hidalgo (2014). Esses resultados mostram a relevância de se utilizar dados que incluem serviços, com foco no desempenho de atividades ao longo das cadeias produtivas, não nos bens finais.

Tabela 5.2 - Correlação entre variáveis de interesse

| Variáveis | ln(PIB per capita) | Ranking WIOD | Ranking HH | Ranking Controle |
|---|--------------------|--------------|------------|------------------|
| % Serviços de Valor / Consumo Intermediário | 0.73 | 0.82 | 0.43 | 0.39 |
| % PBS/PIB | 0.45 | 0.63 | 0.26 | 0.17 |
| % Manufaturas/PIB | -0.27 | -0.25 | 0.49 | 0.08 |
| ln(PIB per capita) | 1.00 | 0.68 | 0.43 | 0.36 |
| Ranking WIOD | 0.68 | 1.00 | 0.30 | 0.57 |
| Hausmann Geral | 0.43 | 0.30 | 1.00 | 0.37 |
| Hausmann Controle | 0.36 | 0.57 | 0.37 | 1.00 |

Fonte: *Elaboração própria, WIOD, COMTRADE, Hausmann e Hidalgo (2014)*. A Tabela lista a correlação entre variáveis de interesse e os rankings de complexidade. O Ranking WIOD é o proposto neste trabalho. Ranking HH segue a classificação de Hausmann e Hidalgo (2014). Ranking Controle resulta da aplicação da base de dados do comércio internacional somente para os países da WIOD.

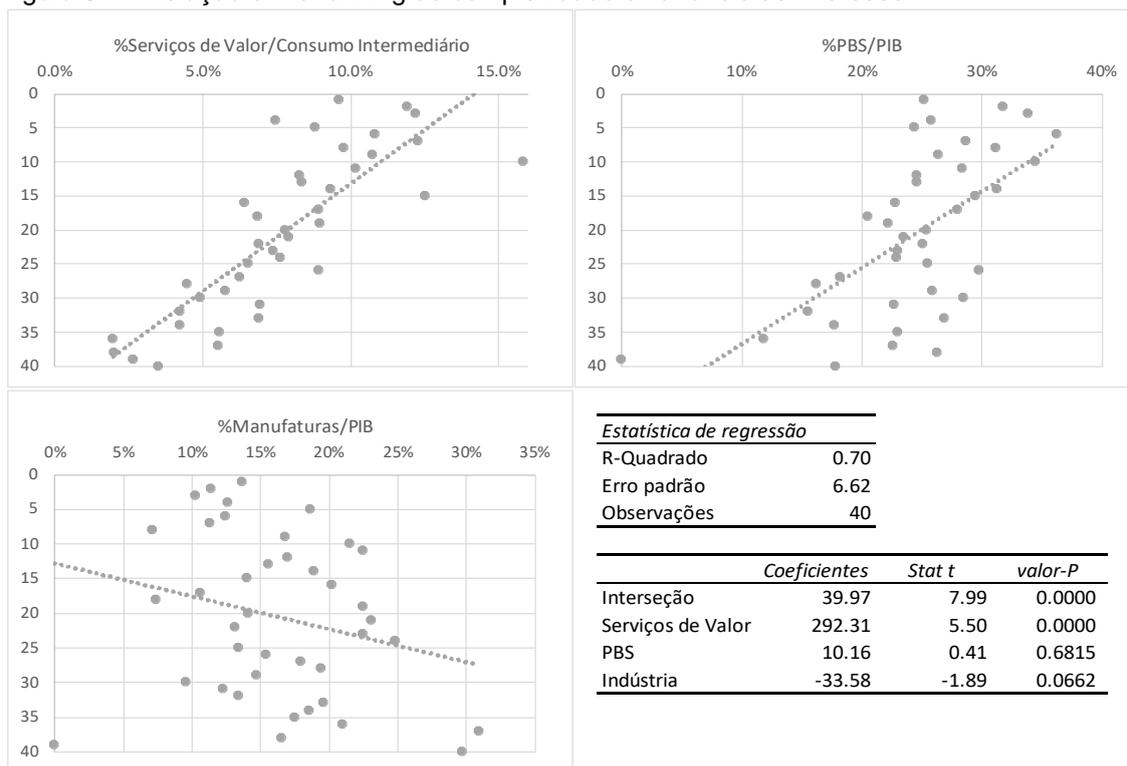
Para descartar qualquer possibilidade de contestação de resultados em virtude de diferenças amostrais, junta-se o “ranking controle” aos rankings de complexidade tradicional e da WIOD. Essa variável de controle é o resultado da aplicação da base de dados do comércio internacional somente para os países da WIOD. Mesmo controlando a amostra de países, os resultados originados da matriz mundial de insumo-produto são bem distintos dos de comércio internacional. A correlação entre o “ranking controle” e o ranking WIOD é de 0,30.

O controle amostral quase não afetou as correlações com outras variáveis de interesse. O “ranking controle” e o ranking de Hausmann e Hidalgo (2014) guardam correlações similares com o PIB per capita e com a parcela de serviços profissionais e comerciais (PBS) no PIB. A correlação do “ranking controle” com essas variáveis é de 0,36 e 0,17, respectivamente, enquanto o ranking original de complexidade possui correlações de 0,43 e 0,26, respectivamente. Há uma considerável diferença, entretanto, para as correlações do PIB per capita e da parcela de PBS no PIB com o ranking WIOD, respectivamente de 0,68 e 0,63.

Vale ressaltar que a parcela de serviços de valor no consumo intermediário possui a maior correlação com o ranking de complexidade, se comparados aos índices de PBS e indústria. Nota-se, também, que os sinais da correlação da parcela da indústria no PIB com a complexidade WIOD e com a complexidade tradicional são opostos. Isso reafirma a importância dos serviços de valor na composição da complexidade da economia.

Os efeitos de algumas variáveis sobre a complexidade das economias são testados com uma regressão linear múltipla. As variáveis explicativas são: o índice de serviços de valor, a parcela de PBS e a parcela de indústria no PIB. A Figura 5.4 detalha os resultados da regressão e as relações entre essas variáveis e o ranking de complexidade.

Figura 5.4 - Relação entre ranking de complexidade e variáveis de interesse



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A Figura relaciona a complexidade com o índice de serviços de valor, no canto superior esquerdo, com o a parcela do PBS no PIB, no canto superior direito, e com a parcela da indústria no PIB, no canto inferior esquerdo. Adicionalmente, uma regressão com essas variáveis é feita para explicar a complexidade econômica. Os resultados da regressão são apresentados no canto inferior direito.

A regressão retornou um R-Quadrado de 0,70. O coeficiente do índice de serviços de valor é positivo e a variável é estatisticamente significativa, com p-valor próximo de zero. O coeficiente do PBS, que concorre com os serviços de valor para explicar o aumento de complexidade, não tem significância estatística, com p-valor igual a 0,6815. Já a parcela da indústria no PIB tem impacto negativo na complexidade, com p-valor de 0,0662.

Os serviços de valor e a indústria contribuem de maneiras diferentes, até opostas, para a complexidade WIOD e para a complexidade tradicional. Esses parecem ser os principais motivos para tamanha alteração na posição dos países no ranking de complexidade, como mostra a Tabela 5.3. O Japão, por exemplo, é uma

economia fortemente industrial, que figura na primeira posição de complexidade no ranking tradicional. Entretanto, o país cai para a 33ª posição de complexidade com a WIOD. Por outro lado, a Austrália passa da 77ª para a 8ª posição no ranking de complexidade. Essa situação será mais bem compreendida à frente, ao apresentar os índices de complexidade do produto, os resultados do espaço-produto e o exercício de redes complexas para a economia mundial.

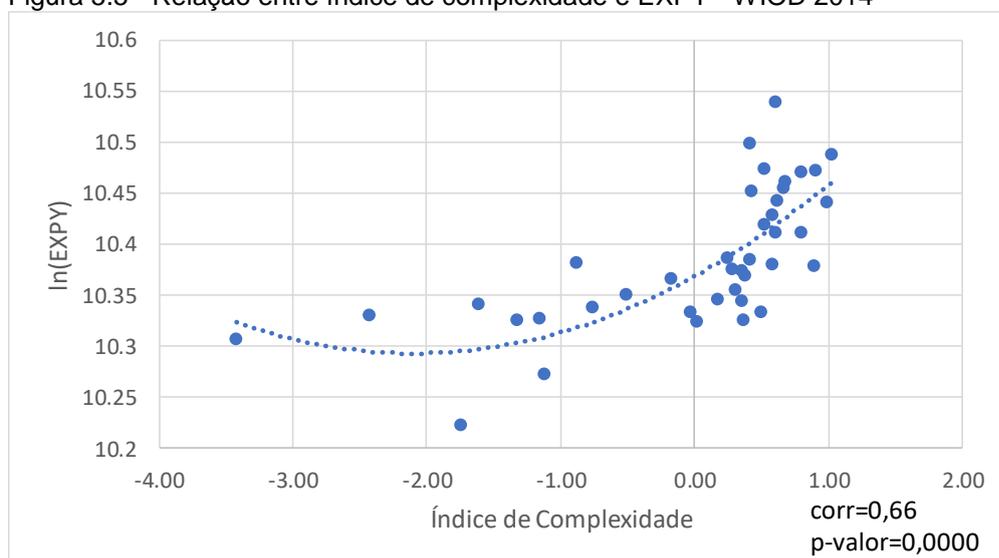
Tabela 5.3 - Ranking de complexidade - Comparação entre WIOD, Hausmann e Hidalgo e Controle

| País | Ranking WIOD | Ranking HH | Ranking Controle |
|------|--------------|------------|------------------|
| DNK | 1 | 18 | 11 |
| FRA | 2 | 17 | 21 |
| GBR | 3 | 12 | 10 |
| LVA | 4 | 35 | 7 |
| AUT | 5 | 5 | 12 |
| USA | 6 | 14 | 27 |
| NLD | 7 | 24 | 28 |
| AUS | 8 | 77 | 25 |
| SWE | 9 | 6 | 2 |
| IRL | 10 | 15 | 18 |
| DEU | 11 | 3 | 16 |
| FIN | 12 | 8 | 1 |
| EST | 13 | 25 | 19 |
| CHE | 14 | 2 | 13 |
| BEL | 15 | 19 | |
| SVK | 16 | 11 | 3 |
| CAN | 17 | 38 | 15 |
| NOR | 18 | 34 | 23 |
| SVN | 19 | 13 | 6 |
| HRV | 20 | 31 | 14 |
| ROU | 21 | 28 | 17 |
| PRT | 22 | 39 | 26 |
| HUN | 23 | 9 | 8 |
| CZE | 24 | 7 | 9 |
| ESP | 25 | 32 | 31 |
| ITA | 26 | 16 | 29 |
| POL | 27 | 21 | 20 |
| LTU | 28 | 29 | 4 |
| BGR | 29 | 40 | 22 |
| GRC | 30 | 55 | 24 |
| BRA | 31 | 52 | 32 |
| RUS | 32 | 51 | 5 |
| JPN | 33 | 1 | 30 |
| TUR | 34 | 43 | 34 |
| MEX | 35 | 22 | 35 |
| IDN | 36 | 61 | 37 |
| KOR | 37 | 4 | 33 |
| IND | 38 | 50 | 39 |
| TWN | 39 | | 36 |
| CHN | 40 | 20 | 38 |

Fonte: Elaboração própria, WIOD, COMTRADE, Hausmann e Hidalgo (2014). A Tabela lista as posições das economias nos rankings de complexidade. O Ranking WIOD é o proposto neste trabalho. Ranking HH segue a classificação de Hausmann e Hidalgo (2014). Ranking Controle resulta da aplicação da base de dados do comércio internacional somente para os países da WIOD. Não há disponibilidade de dados para Taiwan no ranking de Hausmann e Hidalgo. Adicionalmente, o autor não encontrou dados disponíveis de exportação de produtos para a Bélgica no COMTRADE.

O EXPY também é relacionado ao Índice de Complexidade na Figura 5.5, encontrando-se uma relação positiva entre as duas variáveis e um coeficiente de correlação de 0,66, superior ao exercício de Hausmann e Hidalgo (2014). O p-valor é virtualmente igual a zero. Isso significa que, quanto mais complexo for o país, maior tende a ser sua renda per capita. Há uma não-linearidade nessa relação: O aumento de complexidade é acompanhado do aumento de renda per capita em economias desenvolvidas, mas isso não parece ocorrer para as economias de renda média. Isso será explorado mais à frente, ao discorrer sobre a armadilha da renda média.

Figura 5.5 - Relação entre índice de complexidade e EXPY - WIOD 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura classifica as economias de acordo com o seu índice de complexidade (ECI) e a renda per capita associada da sua pauta de exportações (EXPY). Há uma relação não-linear: o aumento de complexidade é acompanhado do aumento de renda per capita em economias desenvolvidas, mas isso não parece ocorrer para as economias de renda média.

Os resultados de complexidade com matriz insumo-produto são complementares aos de Hausmann e Hidalgo (2014). Ao considerar apenas economias emergentes e desenvolvidas, verifica-se que, nos últimos estágios de desenvolvimento, a industrialização não necessariamente acarreta aumento de complexidade. Essa função passa a ser desempenhada pelos serviços, principalmente os de valor, que servem para diferenciar produtos. Entretanto, a especialização em serviços de valor emerge de um processo virtuoso em que a indústria e os serviços de custos desempenha papel essencial. Essa transformação do papel da atividade industrial nas fases finais do desenvolvimento, para indutora de complexidade, será explorada ao longo da dissertação

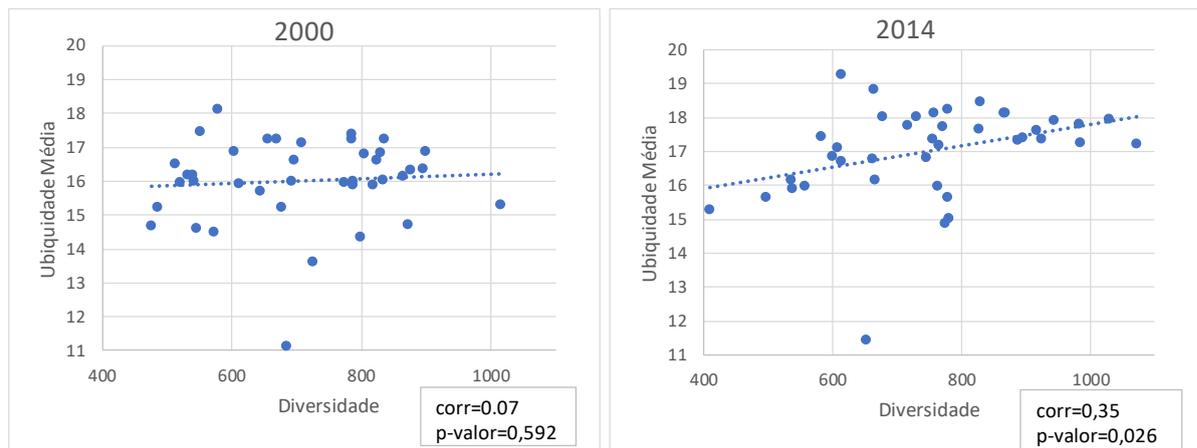
5.2 A COMPLEXIDADE DOS PAÍSES EM 2000 E 2014

Com o intuito de capturar mais informações da WIOD, o exercício do método refletor foi estendido para 2000, o primeiro ano em que essa base de dados está disponível. Adicionar temporalidade dará maior profundidade à análise, permitindo compreender as trajetórias de desenvolvimento dos países e como a estrutura econômica mundial se portou ao longo do período.

Um bom ponto de partida para comparar os resultados de 2000 e 2014 é observar a diversidade e a ubiquidade média. Como esperado, nesses anos não houve mudança considerável na diversidade e na ubiquidade média dos países. A correlação entre as diversidades de 2000 e 2014 é de 0,82. As ubiquidades são um pouco mais sensíveis, tendo correlação de 0,70. Já a relação entre diversidade e ubiquidade média apresentou uma considerável mudança.

O primeiro ano de amostra tem resultado similar ao quadrante de economias em desenvolvimento desenvolvidas no estudo publicado por Hausmann e Hidalgo (2014). Não haveria, assim uma relação clara entre diversidade e ubiquidade média. Há uma tendência, contudo, de que essa relação esteja se tornando positiva. Como observado na Figura 5.6, as correlações observadas foram de 0,07 e 0,35, para 2000 e 2014, respectivamente.

Figura 5.6 - Diversidade e ubiquidade média das economias, em 2000 e 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura relaciona a diversidade e a ubiquidade média dos países em 2000 e 2014. A correlação entre essas variáveis aumentou no período, de 0,07 para 0,35.

Essa alteração está em concordância com o fato de que as relações econômicas entre os países passaram por grande transformação nos últimos anos. Nos anos 1990 e 2000, a internacionalização da produção se intensificou, em um

contexto de liberalização dos fluxos de comércio e de capital, de intensificação da integração regional, da abertura econômica chinesa e da queda da União Soviética (Obstfeld e Taylor, 2002; OCDE, 2003; Bruegel, 2017). As oportunidades de negócios provenientes da inserção da Europa Oriental e da China nos mercados globais provocaram um grande impacto na estrutura econômica mundial.

É de se esperar que a relação entre ubiquidade média e diversidade fosse achatada nos primeiros anos da década de 2000, pois a reestruturação produtiva em curso redistribuiu várias atividades até então típicas de economias desenvolvidas – principalmente as atividades industriais – às economias emergentes, menos diversificadas.

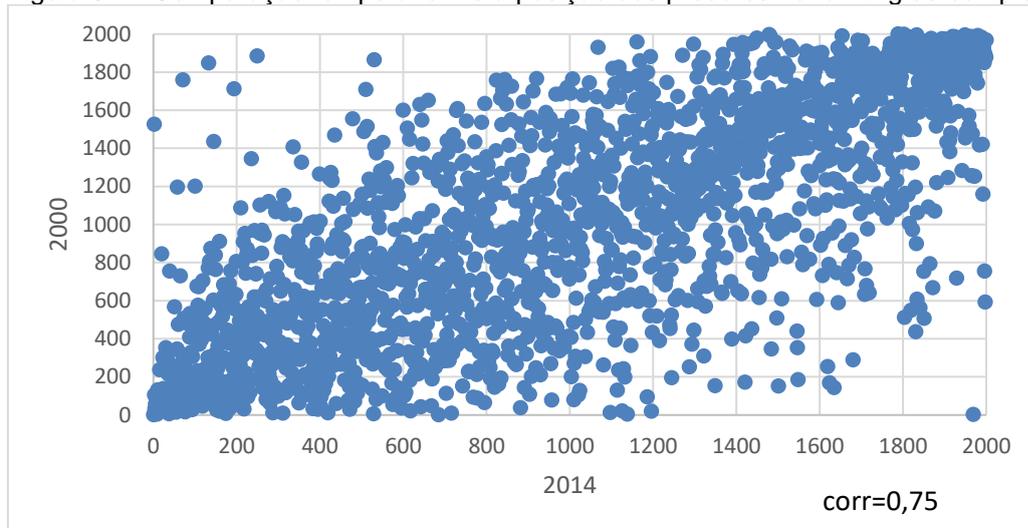
Nos primeiros passos de realocação produtiva, grande parte dos setores industriais ainda eram produzidos competitivamente por economias desenvolvidas. Com o passar do tempo, entretanto, a consolidação da indústria mundial concentrou essas atividades em poucos países, com estrutura produtiva pouco similar à maioria das economias desenvolvidas. Houve um processo não somente de consolidação, como também de commoditização digital, pela qual a geração de valor proveniente do uso de tecnologias altamente padronizáveis é bem inferior ao desenvolvimento e gestão dessas tecnologias, de acordo com Arbache (2015).

A commoditização digital e a consolidação industrial afetaram a estrutura de valor da indústria global e mudaram o significado dessa atividade para o desenvolvimento econômico. Segundo Hallward-Driemeier e Nayyar (2017), desempenhá-la já não necessariamente fazia parte do rol dos mais ricos. Afinal, é cada vez mais importante desenvolver tecnologias industriais ao invés de apenas utilizá-las. Por outro lado, as atividades de serviços, com natureza mais complementar do que substitutiva, passaram a ser cada vez mais ubíquas dentre as economias desenvolvidas.

Os desdobramentos ocorridos entre 2000 e 2014 transformaram, portanto, a relação entre ubiquidade e diversidade média entre economias emergentes e desenvolvidas, aumentando a sua inclinação. Algumas economias emergentes, menos diversificadas, especializaram-se em atividades industriais, cada vez menos ubíquas e mais commoditizadas, ao passo que a maior parte das economias desenvolvidas se especializaram, conjuntamente, em várias atividades de serviços.

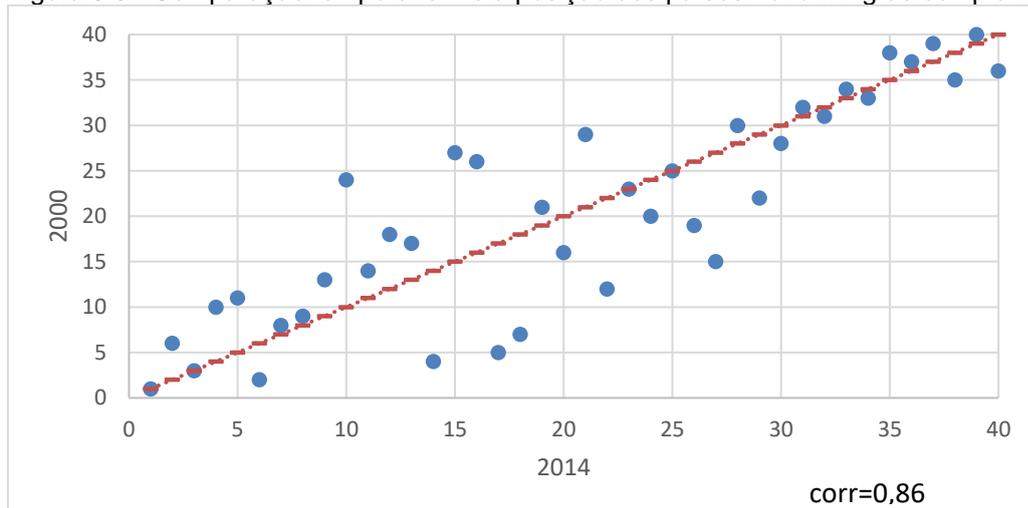
A alteração da estrutura produtiva mundial entre 2000 e 2014 não impactou fortemente o ranking de complexidade dos produtos nem dos países, como observado nas Figuras 5.7 e 5.8. De toda maneira, a complexidade dos produtos se mostrou mais sensível que dos países. Isto está em linha com a também maior sensibilidade da ubiquidade dos produtos em relação à diversidade das economias, como mencionado no começo desta seção.

Figura 5.7 - Comparação temporal entre a posição dos produtos no ranking de complexidade



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura relaciona as posições no ranking de complexidade do produto em 2000 e 2014. Há uma correlação de 0,75.

Figura 5.8 - Comparação temporal entre a posição dos países no ranking de complexidade

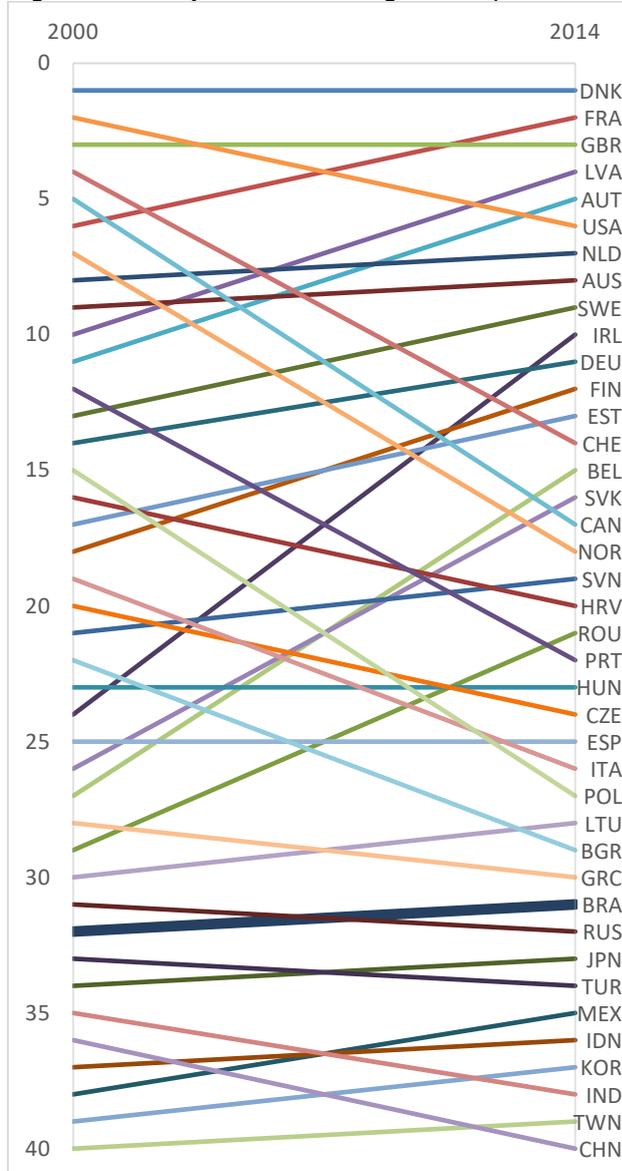


Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura relaciona as posições no ranking de complexidade do país em 2000 e 2014. Há uma correlação de 0,86.

A Figura 5.9 apresenta a trajetória das economias no ranking de complexidade, de 2000 a 2014. Dentre as economias que aumentaram a complexidade, as bálticas merecem destaque. Estônia, Lituânia e Letônia, todas conseguiram galgar posições

no ranking, especializando-se em serviços de valor. O caso da Estônia é aprofundado mais à frente, no capítulo de discussão.

Figura 5.9 - Trajetória do ranking de complexidade da economia – 2000 e 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura lista as mudanças no ranking de complexidade do país entre 2000 e 2014.

Merecem destaque, só que negativo, Portugal, Itália, Grécia e Espanha. O acrônimo comumente denominado para pontuar os países mais afetados pela crise do euro – PIGS – parece ser aplicável, também, aos termos da complexidade econômica. Nenhum deles conseguiu melhorar sua posição no ranking entre 2000 e 2014. Portugal perdeu dez posições, caindo da 12ª para a 22ª; a Itália, sete posições, da 19ª para a 26ª; a Grécia, duas posições, da 28ª da 30ª; e a Espanha se manteve na 25ª posição.

Nenhuma das dez economias menos complexas de 2000 conseguiu obter avanços significativos no ranking de complexidade. Isso aponta para as dificuldades que economias emergentes encontram para seguir se desenvolvendo. A trajetória de desenvolvimento dessas economias requer uma mudança da estrutura produtiva para especialização em serviços de valor, que são as atividades mais complexas, como observado na seção anterior.

O Índice de Complexidade Econômica continua sendo, em 2000, uma variável que prediz melhor a renda per capita das economias emergentes e desenvolvidas do que a produzida por Hausmann e Hidalgo (2014). Como observado na Tabela 5.4, a correlação da renda per capita com o ranking WIOD é de 0,75, frente à correlação de 0,53 com o ranking original.

Tabela 5.4 - Correlação entre variáveis de interesse, 2000 e 2014

| | ln(PIB per capita) | Ranking WIOD | Ranking HH |
|---|--------------------|--------------|------------|
| 2000 | | | |
| % Serviços de Valor / Consumo Intermediário | 0.83 | 0.68 | 0.64 |
| % PBS/PIB | 0.51 | 0.56 | 0.38 |
| % Manufaturas/PIB | -0.14 | -0.23 | 0.21 |
| ln(PIB per capita) | 1.00 | 0.75 | 0.53 |
| Ranking WIOD | 0.75 | 1.00 | 0.37 |
| Hausmann Geral | 0.53 | 0.37 | 1.00 |
| 2014 | | | |
| % Serviços de Valor / Consumo Intermediário | 0.73 | 0.82 | 0.43 |
| % PBS/PIB | 0.45 | 0.63 | 0.26 |
| % Manufaturas/PIB | -0.27 | -0.25 | 0.49 |
| ln(PIB per capita) | 1.00 | 0.68 | 0.43 |
| Ranking WIOD | 0.68 | 1.00 | 0.30 |
| Hausmann Geral | 0.43 | 0.30 | 1.00 |

Fonte: Elaboração própria, WIOD, Hausmann e Hidalgo (2014). A Tabela lista a correlação entre variáveis de interesse e os rankings de complexidade em 2000 e 2014. O Ranking WIOD é o proposto neste trabalho. Ranking HH segue a classificação de Hausmann e Hidalgo (2014).

Os resultados também indicam robustez ao longo tempo. Comparando 2000 a 2014, os sinais das correlações do ranking WIOD com as principais variáveis de interesse são mantidos. As relações com o índice de serviços de valor e com a parcela de indústria no PIB seguem sendo positivas e negativas, respectivamente, mas, em 2014.

Ressalte-se que as alterações da estrutura produtiva mundial mencionadas nesta seção, como a commoditização digital e a consolidação industrial em países

menos diversificados e o fortalecimento dos serviços de valor em países mais diversificados, refletem a mudança das correlações entre 2000 e 2014. O aumento da inclinação da relação entre diversidade e ubiquidade média está em concordância com essa mudança.

Nesse período, a complexidade passou a ser mais correlacionada com o índice de serviços de valor, de 0,68 para 0,82, bem como com a parcela da indústria no PIB, de -0,25 para -0,27. Entre economias emergentes e desenvolvidas, serviços de valor cada vez mais impactam positivamente a complexidade, enquanto o simples uso de tecnologias industriais provê cada vez menos possibilidades para gerar complexidade. Mais uma vez, isto não significa que os setores industriais não tenham função no desenvolvimento de uma economia. Esta questão é tratada mais à frente.

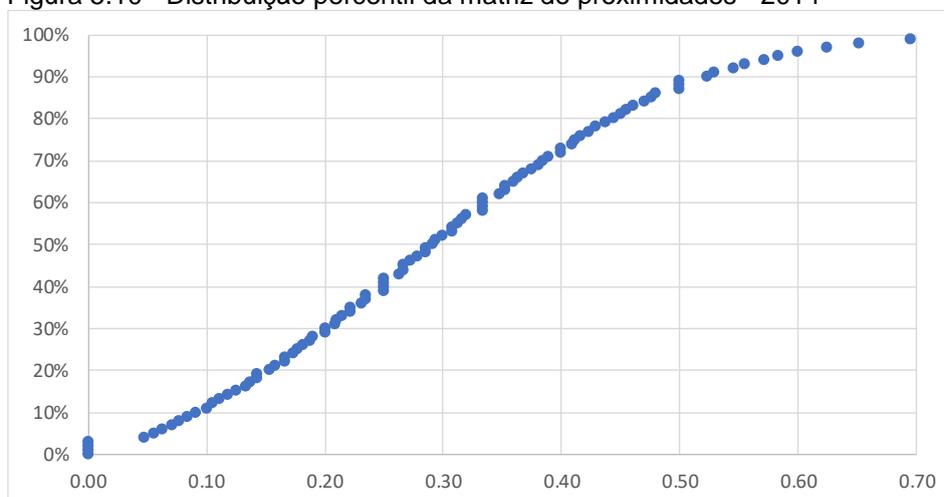
Comparar os resultados de 2000 e 2014 ajuda a compreender como a estrutura econômica mundial se portou ao longo do período, bem como saber as atividades que são cada vez mais importantes para produzir complexidade econômica. Cada vez mais ser complexo é ser especializado em serviços, mas não de qualquer tipo. Os serviços de valor, que abarcam propriedades de concorrência monopolística, são os que mais retornam complexidade a uma economia. Abre-se oportunidade, também, de observar a trajetória de desenvolvimento de cada país. O caso da Estônia, um dos países que obteve sucesso em aumentar sua complexidade econômica, será explorado mais à frente.

5.3 O NOVO ESPAÇO-PRODUTO

Esta seção discute os resultados da aplicação da metodologia de Hidalgo et al (2007) para construir o espaço-produto com os dados da WIOD. Ao decorrer da discussão, pontos relevantes são levantados sobre a função dos serviços e das atividades industriais para o desenvolvimento econômico. Para acompanhar o mesmo rigor estatístico do trabalho seminal, primeiramente é feita uma breve análise da matriz de proximidades.

A matriz de proximidades é a base para se construir o espaço-produto. Essa matriz não se mostraria útil para plotar o espaço-produto se não houvesse uma considerável amplitude nos valores das proximidades, assim como as suas distribuições. Se quase todos os produtos tiverem altíssimas ou baixíssimas proximidades entre si, então não haverá o que analisar. No estudo de Hidalgo et al (2007), 5% das proximidades se iguala a zero, 32% são menores que 0,1 e 65%, menores que 0,2. Já na matriz criada com a WIOD, apenas 30% são menores que 0,2, como pode se observar na figura 5.10:

Figura 5.10 - Distribuição percentil da matriz de proximidades - 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra a distribuição percentil da matriz de proximidades em 2014. A proximidade entre um produto e outro é calculada somando o número de países que coexportam esses produtos e dividindo pela maior ubiquidade entre esses produtos. O espaço-produto é construído com os dados da matriz de proximidade.

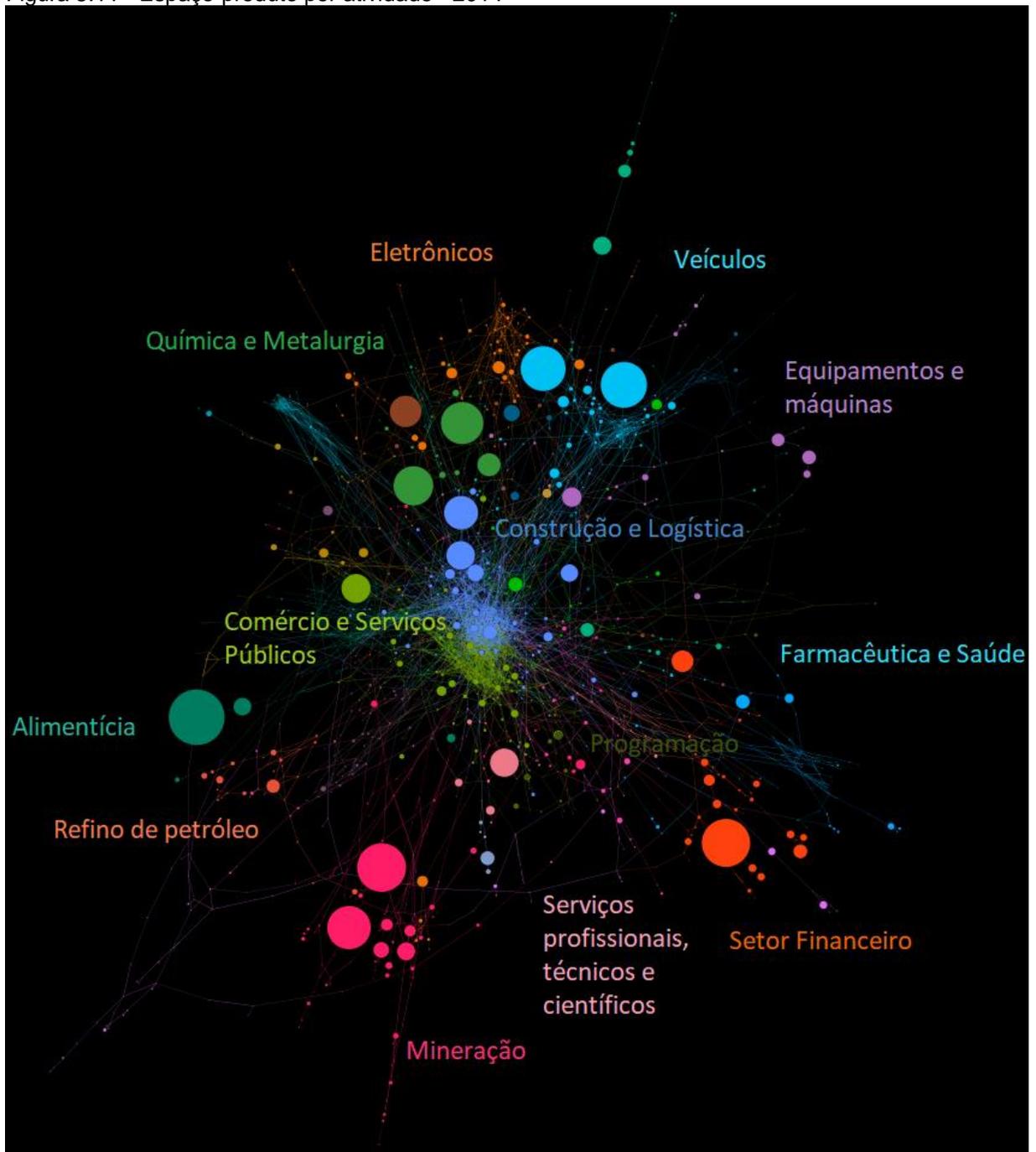
Esse resultado é consequência do conceito de atividade desenvolvido neste trabalho, em substituição ao de produto. O fornecimento de metais básicos, por exemplo, pode ser feito a 45 setores, incluindo ele próprio. Essa abordagem gera 45 produtos com uma atividade em comum de fornecimento, assim como 45 com uma mesma atividade de destino. É de se esperar que, se houver vantagem competitiva

ao fornecer metais básicos para um setor, a probabilidade de haver vantagem competitiva para o fornecimento a outros setores seja considerável.

Inequivocamente, esse conceito cria uma matriz de proximidades mais interconectada. É interessante, entretanto, notar que vários setores têm uma maior probabilidade condicional apenas quando são destino, apenas quando são origem ou em nenhum desses casos. Se houvesse perfeita correlação ao longo de setores de origem e destino, os resultados do espaço-produto impediriam a plotagem de uma rede complexa. Levando em conta essas observações, a distribuição da matriz de proximidades gera uma rede relativamente esparsa, com poucas atividades altamente conectadas. Apenas 10% das proximidades são maiores do que 0,5.

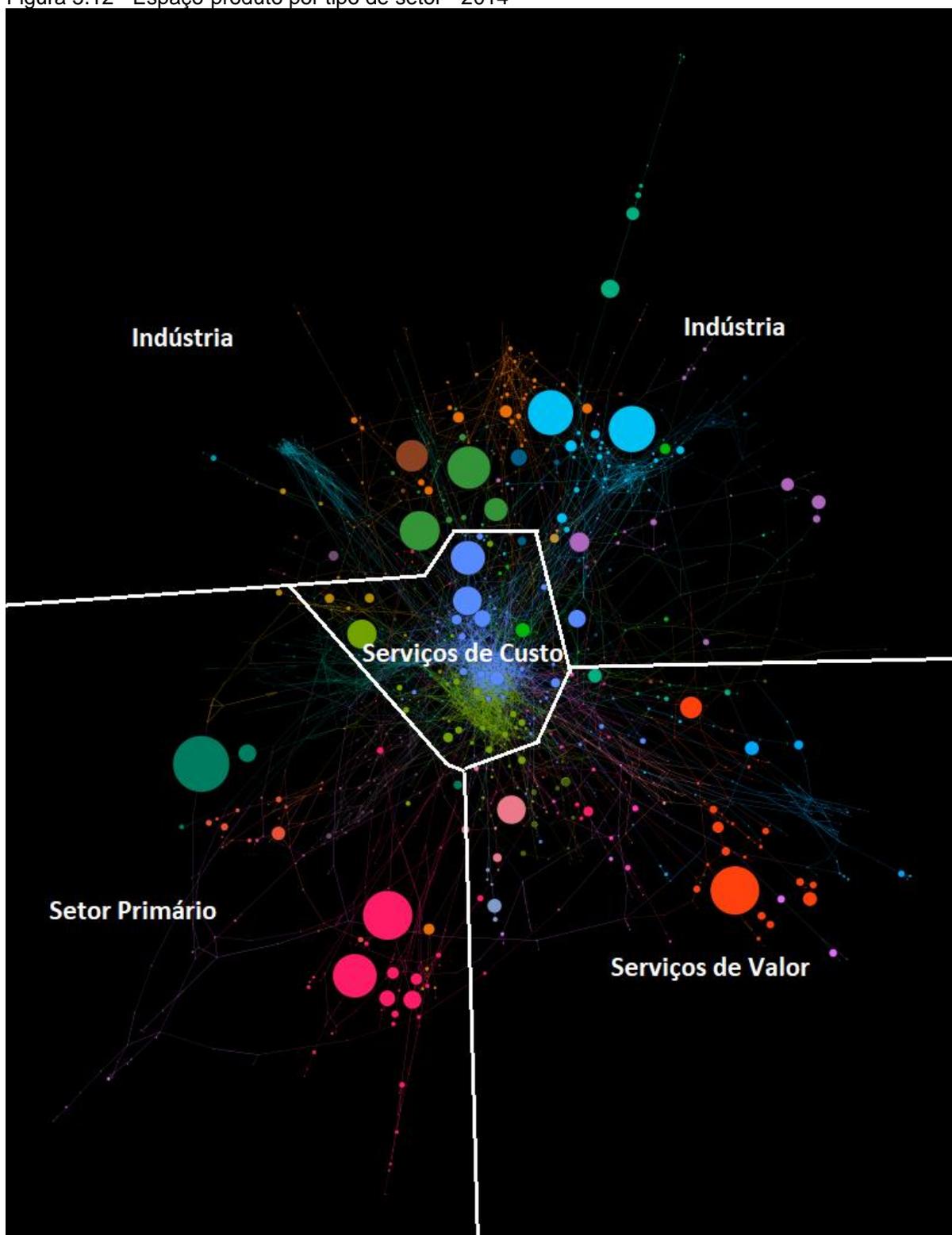
A proximidade utilizada como piso para plotar o espaço-produto a partir da MST seguiu a regra de Hausmann e Hidalgo (2014) de aplicação de um limite máximo do grau médio de conexões por nós, entre 4 a 5. A escolha de uma proximidade mínima de 0.8 satisfaz essa regra ao gerar uma rede com grau médio de conexões por nós igual a 4,1. Esse corte seleciona os 0,015% maiores valores da distribuição da matriz de proximidades. O espaço-produto está plotado nas figuras abaixo 5.11 e 5.12:

Figura 5.11 - Espaço-produto por atividade - 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra o espaço-produto em 2014. Cada nó representa uma atividade. A cor de cada nó segue o algoritmo de identificação de comunidades de Blondel et al (2008). Algumas cores são rotuladas com os tipos de atividade para facilitar a visualização do espaço-produto. O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial. A rede foi plotada seguindo o algoritmo ForceAtlas2 de força direcional, proposto por Jacomy et al (2014).

Figura 5.12 - Espaço-produto por tipo de setor - 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra o espaço-produto em 2014. A cor de cada nó segue o algoritmo de identificação de comunidades de Blondel et al (2008). O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial. A rede foi plotada seguindo o algoritmo ForceAtlas2 de força direcional, proposto por Jacomy et al (2014). Para facilitar a visualização, o espaço-produto foi setorizado entre setor primário, indústria, serviços de custo e serviços de valor.

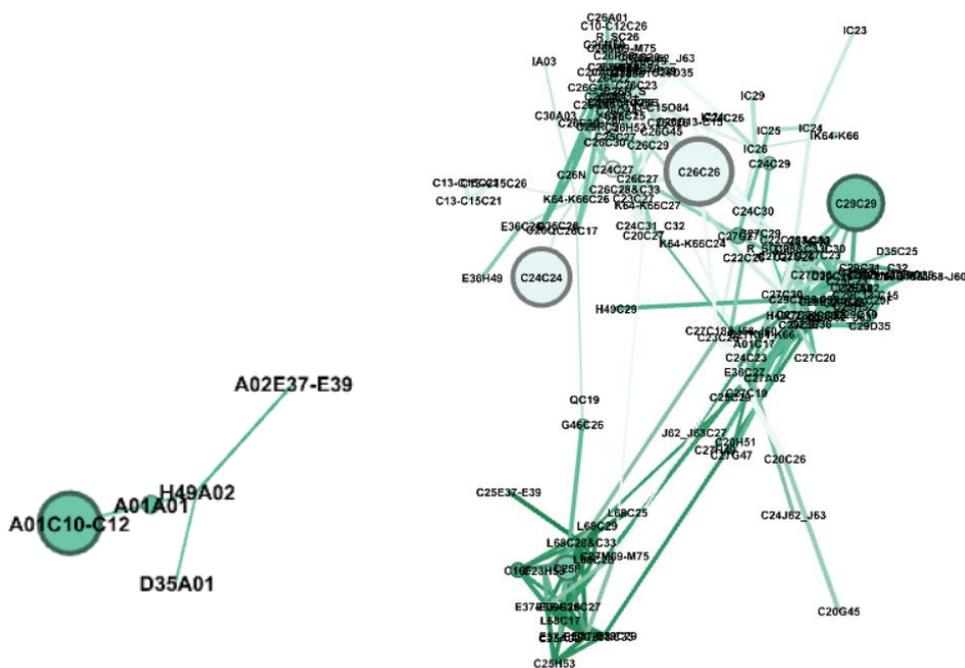
A primeira coisa que se nota são as atividades mais interconectadas, que se situam no centro da rede. São essas as atividades que facilitam o “pulo dos galhos” mencionado por Hausmann e Hidalgo (2014). Ao se ter competitividade nelas, é mais fácil pular para qualquer atividade da rede. Os serviços de custos, principalmente os de infraestrutura física e social, compõem a maior parte das atividades centrais. Entretanto, esses serviços de custo não são um fim per se, mas atividades de apoio às atividades primárias, industriais e aos serviços de valor.

A parte da “floresta” localizada próxima ao centro da rede e mais densamente povoada são as atividades industriais, principalmente o setor de construção. Essa constatação está em linha com a observação de que são os setores industriais que têm os maiores índices de ligação nas cadeias produtivas.

Para clarificar os diferentes potenciais de indução do desenvolvimento econômico advindos de cada tipo de setor, foi realizado um exercício de difusão no espaço-produto. Esse exercício consiste em simular o número de conexões derivadas de um determinado número de passos dados a partir de uma atividade. Após escolher uma atividade, a difusão de primeira ordem resultará em conectar, no espaço-produto, todas as atividades diretamente associadas ao nó original, de distância igual a 1. Se a difusão for composta de n -ordens, o mesmo algoritmo é aplicado a todos os nós que passaram a se conectar à rede quando aplicada a difusão $n-1$. Ou seja, se a difusão for de segunda ordem, as conexões serão feitas a até dois passos de distância da atividade original no espaço-produto.

Foi feita simulação de difusão de terceira ordem para uma atividade de origem agrícola e uma atividade de origem industrial. As atividades testadas nesse exercício foram a de processamento de alimentos, identificada pelo código A1C10-C12, e a de produção de eletrônicos, de código C26C26. Após as três rodadas de difusão, o processamento de alimentos obteve quatro conexões entre cinco atividades diferentes, todos na esfera do setor primário. No caso da produção de eletrônicos, 293 conexões foram criadas entre 143 distintas atividades, dentre elas serviços de custo e de valor. Veja graficamente as diferenças entre o processamento de alimentos e a produção de eletrônicos na Figura 5.13:

Figura 5.13 - Exercício de difusão: comparação entre processamento de alimentos e produção de eletrônicos



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura compara as atividades de processamento de alimentos (A01C10-C12), à esquerda, e de processamento de eletrônicos (C26C26), à direita, após três rodadas de difusão. A difusão de terceira ordem conecta todas as atividades que possuem até três passos de distância da atividade original no espaço-produto. No caso da produção de eletrônicos, 293 conexões foram criadas entre 143 distintas atividades. Já o processamento de alimentos obteve quatro conexões entre cinco atividades diferentes.

Exercício similar foi realizado para as 50 atividades de maior valor absoluto na economia mundial. Essas atividades têm grande representatividade na economia mundial, pois, apesar de constituírem apenas 2,5% do número de atividades, somam 38% do valor total da economia mundial. A seleção foi classificada por origem e destino, bem como pelo tipo de setor: primário, industrial, serviços de valor ou de custos.

Após esse agrupamento, contabilizou-se, para cada tipo de setor, o número total de conexões e o número de atividades conectadas após três rodadas de difusão. Estatísticas semelhantes às ligações para trás e para frente são geradas na Tabela 5.5. Dentre as 50 maiores atividades classificadas por destino, por exemplo, 30 eram industriais e somaram, juntas, 12367 conexões no espaço-produto, conectando-se a um total de 3545 atividades, muitas delas obviamente repetidas.

Tabela 5.5 - Estatísticas de difusão - 50 maiores atividades econômicas

| Origem | Valor Original das Atividades (A) | Conexões após Difusão(B) | Nós Conectados após Difusão (C) | Atividades da Amostra (D) | Conexões por Nós Conectados (E=B/C) | Conexões por Atividade (F=B/D) | Nós Conectados por Atividade (G=C/D) |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Primário | 4458956.72 | 273 | 534 | 6 | 0.5 | 45.5 | 89.0 |
| Indústria | 15750485.28 | 8831 | 2604 | 29 | 3.4 | 304.5 | 89.8 |
| Custos | 4187090.80 | 3332 | 923 | 9 | 3.6 | 370.2 | 102.6 |
| Valor | 2479452.80 | 1772 | 488 | 6 | 3.6 | 295.3 | 81.3 |
| Destino | | | | | | | |
| Primário | 1060750.75 | 101 | 172 | 3 | 0.6 | 33.7 | 57.3 |
| Indústria | 18201185.75 | 12367 | 3545 | 30 | 3.5 | 412.2 | 118.2 |
| Custos | 6569588.219 | 1672 | 537 | 15 | 3.1 | 111.5 | 35.8 |
| Valor | 1044460.875 | 68 | 57 | 2 | 1.2 | 34.0 | 28.5 |

Fonte: *Elaboração própria, WIOD. A figura compara as 50 atividades de maior valor no mundo após três rodadas de difusão, classificadas por origem e destino e tipo de setor: primário, indústria, serviços de custos e serviços de valor. A difusão de terceira ordem conecta todos as atividades que possuem até três passos de distância da atividade original no espaço-produto. As letras A, B, C e D representam o somatório dos resultados de todas as atividades classificadas dentro de cada setor. O indicador de conexões por nós conectados (E) mensura se a difusão ocorre de maneira esparsa, menos conectada entre as atividades "alcançadas". Os indicadores de conexões por atividade (F) e nós conectados por atividade (G) apontam para a capacidade do setor de se difundir no espaço-produto.*

O intuito foi descobrir se algum dos quatro tipos de setor possui, especificamente, um elevado grau médio de conexões. O indicador de conexões por nós conectados mensura se a difusão ocorre de maneira esparsa, menos conectada entre as atividades "alcançadas". As conexões e os nós conectados por atividade apontam para a capacidade daquele tipo de setor difundir pelo espaço-produto. Seguindo com o caso das atividades industriais classificadas por destino, elas apresentaram o maior número de conexões por atividade, 412,2, e de nós conectados por atividade, 118,2. Isso é um indicador de que, ao demandar muitos insumos, os setores industriais são grandes catalizadores de outras atividades.

Reside, nessa constatação, a função que a indústria adquire nos últimos estágios de desenvolvimento. A atividade industrial por si só não é necessariamente complexa e não é suficiente para transformar uma economia de renda média em um

país desenvolvido. Entretanto, ela é uma atividade indutora de complexidade. A indústria deve agir, na verdade, demandando soluções e conectando-se a outros setores geradores de complexidade, principalmente aos serviços de valor. O Iphone, por exemplo, é um produto industrial altamente servicificado. Sem o componente industrial, desde a produção de processadores até a montagem, não haveria um produto. Entretanto, não é esse componente que agrega a maior parte valor desse produto, mas sim o design, a criação do sistema operacional, P&D, dentre outros serviços.

Os serviços de custo também se destacaram nas estatísticas da Tabela 5.5, só que pelo lado da oferta. Esse tipo de serviços somou 370,2 conexões por atividade, bem como 102,6 nós conectados por atividade. Como o próprio nome acusa, serviços de custo são importantes em questões de eficiência. Por isso, observa-se a relevância desses setores no componente de insumos dos setores.

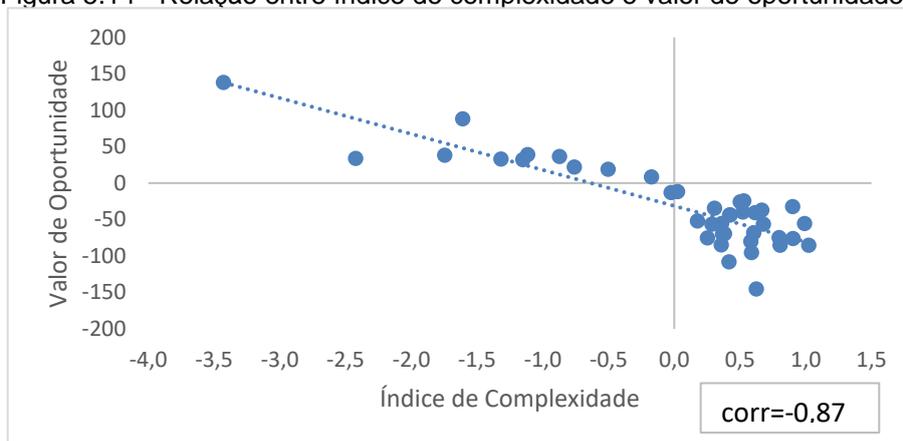
O setor primário, por outro lado, possui especial vínculo negativo com as conexões no espaço-produto. Apesar de representar 17% do valor das atividades de maior valor como insumo, há uma reduzida relação de conexões por nós conectados, 0,5, indicando que a difusão é bem esparsa no setor primário, e as conexões por atividade se igualam a apenas 45,5. Estatísticas similarmente decepcionantes ocorrem quando esse setor serve de destino na atividade. Esse é um forte indício de que o setor primário tem grandes limitações para impulsionar o desenvolvimento de uma economia. Além de serem atividades pouco complexas, elas estão nas regiões mais esparsas do espaço-produto, nas quais se compartilha pouco conhecimento produtivo com outras atividades.

Para concluir a análise sobre os resultados da matriz de proximidades e do espaço-produto, calculou-se o valor de oportunidade de cada economia. No trabalho de Hausmann e Hidalgo (2014), os valores de oportunidade eram muito baixos para as economias menos complexas, que estariam em um tipo de armadilha da pobreza, e para as mais desenvolvidas, que seriam especializadas em quase todos os bens complexos. Entre esses grupos de países, estaria aquele dos países com complexidade média, que possuem valor de oportunidade muito variável, a depender das suas pautas de exportação. Portanto, a relação entre complexidade e valor de oportunidade apresentaria uma curva ascendente e depois descendente ao longo da

complexidade das economias.

No caso do valor de oportunidade calculado com os dados da WIOD, a relação entre essa variável e a complexidade é linearmente negativa, com correlação de -0.87 (Figura 5.14). Isso reflete uma característica da amostra da base de dados, cujos países menos complexos são, na verdade, economias emergentes já razoavelmente diversificadas. Dessa maneira, os resultados vão em linha com o observado pelo estudo seminal, excetuando-se a variabilidade em valores de oportunidade para as economias emergentes. De acordo com os resultados via WIOD, a maior parte dos países desse grupo teriam algum espaço para diversificar suas atividades em prol da complexidade.

Figura 5.14 - Relação entre índice de complexidade e valor de oportunidade - 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura relaciona o valor de oportunidade o índice de complexidade. O valor de oportunidade mensura as opções que o país tem de se mover para produtos mais complexos, haja vista a sua posição no espaço-produto.

A análise do espaço-produto permite concluir que não se atinge a complexidade econômica com um processo linear, autocontido e dependente apenas de serviços de valor. Na verdade, nos últimos estágios de desenvolvimento, a complexidade emerge de uma série de interações entre as atividades econômicas de um país, em que o setor industrial e os serviços de custos apresentam importante papel. Por um lado, a indústria demanda soluções e conecta-se a outros setores complexos, funcionando como uma catalizadora de atividades, principalmente de serviços de valor. Por outro, os serviços de custos atuam em questões de eficiência e capital social, sendo especialmente importante ao servirem de insumos para outras atividades. Configura-se, assim, uma “trindade do desenvolvimento”, em que indústria, serviços de valor e de custo devem interagir virtuosamente entre si para gerar complexidade econômica.

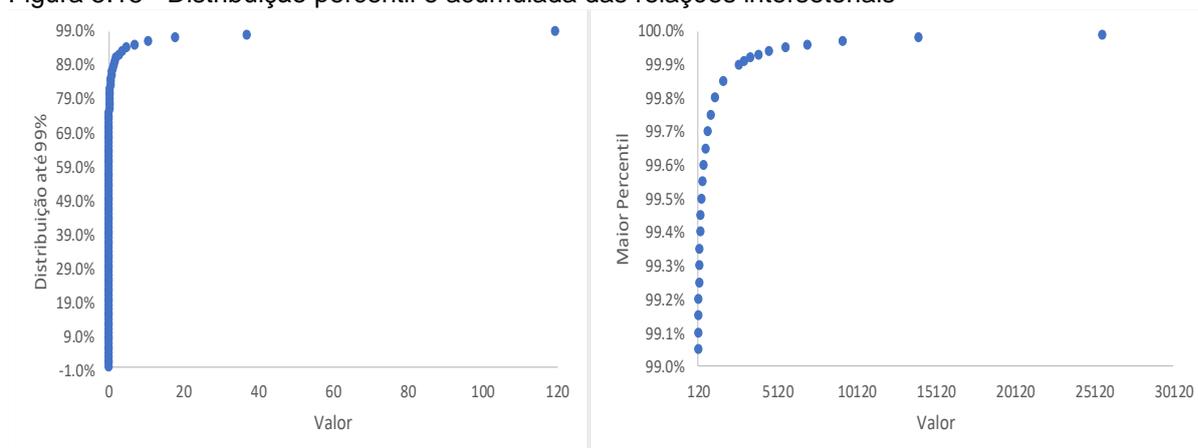
5.4 A ECONOMIA MUNDIAL COMO REDE COMPLEXA

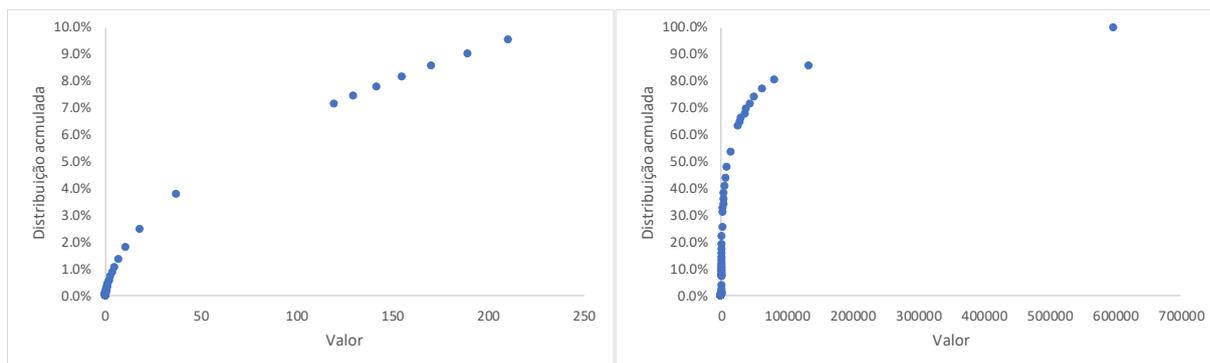
Ao utilizar o conceito de vantagens comparativas reveladas, o método refletor garante que os índices de complexidade não são distorcidos pelo tamanho das economias. Entretanto, perdem-se informações de interesse para a estrutura econômica mundial, tais como a escala dos países e a importância absoluta de cada atividade. Uma atividade, por exemplo, pode ser complexa, mas gerar diretamente um valor irrisório para a economia mundial.

Ao construir uma rede complexa com os dados absolutos de consumo intermediário da WIOD, essas informações vêm à tona. Ressalte-se que a questão da escala não é substituta, mas complementar aos resultados do método refletor, enriquecendo a análise sobre a posição de cada país na economia mundial, bem como as funções das atividades nessa intrincada rede.

O limite máximo de grau médio de conexões por nós estabelecido foi 18. Resultante dessa regra, restaram as conexões intersetoriais acima de U\$200 milhões da matriz de insumo-produto mundial, representando as 0,8% maiores conexões. Como a distribuição das conexões é altamente concentrada, 90,7% do valor total das conexões são mantidas ao fazer esse corte, não havendo quase nenhuma perda de informação. Veja a distribuição percentil e acumulada das relações intersetoriais na Figura 5.15:

Figura 5.15 - Distribuição percentil e acumulada das relações intersetoriais



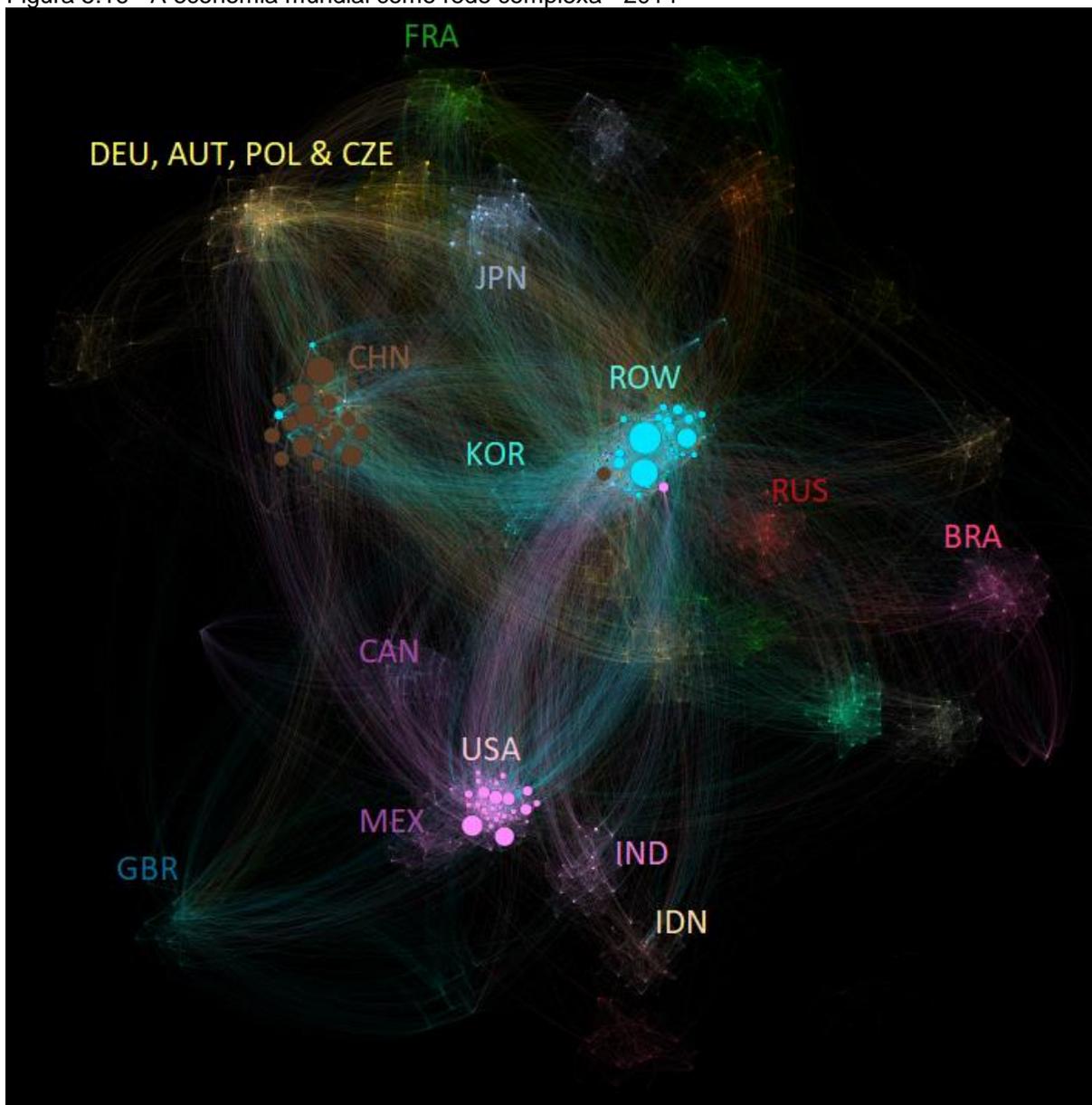


Fonte: Elaboração própria, WIOD. Acima, a figura apresenta a distribuição percentil das relações intersetoriais até 99%, à esquerda, o maior percentil da amostra, à direita. Abaixo, a figura apresenta a distribuição acumulada das relações intersetoriais. Como a distribuição das conexões é altamente concentrada, 90,7% do valor total das conexões são mantidas ao considerar apenas relações intersetoriais acima de US\$200 milhões.

O método de identificação de comunidades de Blondel et al (2008), foi então aplicado, seguido por um algoritmo de força direcional OpenOrd (Martin et al, 2011). Esse algoritmo é especialmente relevante para o estudo da economia mundial porque facilita a identificação de clusters formados pelas relações mais fortes entre cada setor da economia mundial. Como as relações mais intensas entre setores são normalmente dadas dentro de cada economia, espera-se que esse método reúna os setores em 40 grupos - o número de países da amostra. Exceções ocorrerão, sabendo que, em vista das cadeias globais de valor, alguns setores domésticos estão mais ligados a setores externos.

A imagem resultante da plotagem dessa rede complexa está na Figura 5.16. Cada nó representa um setor de um país. O tamanho do nó corresponde à soma das suas conexões produtivas, ou seja, tanto do que foi oferecido como do que foi demandado de insumos de outros setores.

Figura 5.16 - A economia mundial como rede complexa - 2014



Fonte: *Elaboração própria, WIOD. A figura mostra a economia mundial como rede complexa a partir das relações intersetoriais de 2014. Cada nó representa um setor de um país. A cor de cada nó segue o algoritmo de identificação de comunidades de Blondel et al (2008). Algumas cores são rotuladas com as economias que as representam para facilitar a visualização do espaço-produto. O tamanho de cada nó corresponde à soma das conexões intersetoriais de cada nó. A rede foi plotada seguindo o algoritmo OpenOrd de força direcional, proposto por Martin et al (2011).*

Algumas conclusões podem ser feitas a partir de uma breve análise visual. Primeiro, como era esperado, mesmo não havendo qualquer utilização de força bruta, os clusters se agruparam em torno das 43 economias (e o resto do mundo, “ROW”). Segundo, forma-se um tipo de “periferia espacial”, indicando a importância de cada país na economia mundial. Há dois clusters que se destacam no centro da rede, indicando a sua importância: Estados Unidos e China. O “resto do mundo” também é evidenciado no centro da rede, mas deve ser desconsiderado, pois é o elemento

residual da matriz de insumo-produto.

Percebe-se, também, uma certa divisão entre clusters produtivos internacionais. A noroeste da rede, o eixo produtivo da Europa Central gravita em torno da Alemanha, não havendo diferenciação espacial em relação às outras economias do eixo, tais quais a Polônia, Áustria e República Tcheca. Na região sul da rede, Canadá e México estão acoplados ao eixo produtivo estadunidense. Ao centro, China, Japão e Coreia do Sul formam o eixo do sudeste asiático.

Parte das economias emergentes, mesmo não compondo um cluster produtivo, estão próximas entre si na rede. É o caso de Brasil, Índia, Indonésia e Rússia. Isso indica que uma boa parte das conexões dessas economias é feita com o “resto do mundo”, dada a dispersão geográfica dessas economias frente à maior concentração dos países europeus. Essa condição também aponta para uma participação diferente nas cadeias globais de valor, menos entremeada à estrutura produtiva mundial, baseada em conexões de poucos setores domésticos a setores externos. Revela-se, assim, uma condição de “centro-periferia” na economia mundial.

As estatísticas de centralidade da rede apresentadas na Tabela 5.6 para a economia mundial em 2000 e 2014 são reveladoras. Os setores que possuem as maiores estatísticas de centralidade na rede são os industriais, para ambos os anos. Dessa maneira, a participação desses setores nas cadeias domésticas e globais de valor não somente revela a capacidade de contribuir para a geração de valor, já que são os maiores nós da rede, como, também, a capacidade de conectar diversos setores ao longo do processo de produção, já que são os nós mais centrais da rede.

Tabela 5.6 – Medidas de centralidade média por setor

| Código | Descrição | Eigencentralide Média | | Betweeness Média | | Grau Ponderado | |
|-------------|--|-----------------------|--------|------------------|--------|----------------|-----------|
| | | 2000 | 2014 | 2000 | 2014 | 2000 | 2014 |
| F | Construção | 0.1032 | 0.1559 | 0.0035 | 0.0030 | 2,816,480 | 9,757,488 |
| C29 | Indústria de veículos motores | 0.0802 | 0.1146 | 0.0018 | 0.0021 | 1,814,951 | 5,221,332 |
| C28&C33 | Indústria de equipamentos e máquinas | 0.0766 | 0.0997 | 0.0016 | 0.0026 | 1,237,015 | 4,219,309 |
| C20 | Indústria química | 0.0746 | 0.0905 | 0.0031 | 0.0029 | 1,726,368 | 6,230,364 |
| C10-C12 | Indústria alimentícia | 0.0724 | 0.0883 | 0.0010 | 0.0018 | 2,307,600 | 7,810,784 |
| C24 | Indústria de metais básicos | 0.0567 | 0.0876 | 0.0020 | 0.0022 | 1,640,814 | 7,467,479 |
| C26 | Indústria de computadores e produtos eletrônicos | 0.0834 | 0.0807 | 0.0034 | 0.0015 | 1,883,195 | 5,199,136 |
| M69-M75 | Serviços profissionais, técnicos e científicos | 0.0605 | 0.0795 | 0.0022 | 0.0030 | 2,999,518 | 8,462,502 |
| C19 | Refino de petróleo | 0.0443 | 0.0791 | 0.0012 | 0.0023 | 1,085,156 | 5,614,136 |
| G46 | Comércio atacadista | 0.0630 | 0.0762 | 0.0034 | 0.0032 | 2,696,638 | 7,010,523 |
| O84 | Administração pública e defesa | 0.0669 | 0.0756 | 0.0003 | 0.0003 | 1,442,359 | 3,391,026 |
| Q | Saúde | 0.0549 | 0.0730 | 0.0001 | 0.0002 | 926,981 | 2,737,768 |
| D35 | Fornecimento de eletricidade, gás e vapor | 0.0548 | 0.0718 | 0.0011 | 0.0017 | 1,795,274 | 7,687,744 |
| C27 | Indústria de equipamento elétrico | 0.0564 | 0.0673 | 0.0004 | 0.0006 | 781,151 | 3,057,289 |
| C25 | Indústria de produtos fabricados de metal | 0.0520 | 0.0648 | 0.0003 | 0.0005 | 1,274,346 | 3,338,938 |
| H49 | Transporte terrestre | 0.0539 | 0.0642 | 0.0012 | 0.0016 | 1,363,794 | 4,190,699 |
| B | Mineração | 0.0426 | 0.0634 | 0.0025 | 0.0041 | 1,268,426 | 7,867,458 |
| A01 | Agricultura | 0.0506 | 0.0603 | 0.0007 | 0.0006 | 1,555,426 | 4,968,103 |
| K64-K66 | Serviços financeiros | 0.0474 | 0.0579 | 0.0015 | 0.0016 | 3,386,388 | 7,672,381 |
| C22 | Indústria de borracha e plástico | 0.0530 | 0.0563 | 0.0005 | 0.0004 | 896,455 | 2,409,359 |
| R_S | Outros serviços | 0.0506 | 0.0531 | 0.0003 | 0.0003 | 819,623 | 2,301,068 |
| G47 | Comércio varejista | 0.0490 | 0.0526 | 0.0005 | 0.0007 | 1,276,519 | 2,989,268 |
| N | Serviços administrativos | 0.0405 | 0.0524 | 0.0010 | 0.0011 | 1,743,547 | 3,916,824 |
| C30 | Indústria de outros equipamentos de transporte | 0.0332 | 0.0496 | 0.0001 | 0.0003 | 356,419 | 1,466,318 |
| I | Serviços de alimentação e hospedagem | 0.0494 | 0.0496 | 0.0007 | 0.0009 | 1,096,232 | 2,851,636 |
| C23 | Indústria de minerais não-metálicos | 0.0426 | 0.0496 | 0.0002 | 0.0002 | 760,721 | 2,964,048 |
| C13-C15 | Indústria têxtil | 0.0571 | 0.0492 | 0.0012 | 0.0006 | 1,040,952 | 3,355,958 |
| C31_C32 | Indústria moveleira e outras manufaturas | 0.0471 | 0.0469 | 0.0001 | 0.0001 | 486,197 | 1,030,885 |
| J61 | Telecomunicações | 0.0414 | 0.0429 | 0.0002 | 0.0001 | 1,055,214 | 2,152,381 |
| P85 | Educação | 0.0386 | 0.0429 | 0.0000 | 0.0001 | 304,566 | 1,194,718 |
| C21 | Indústria farmacêutica | 0.0349 | 0.0428 | 0.0001 | 0.0002 | 422,072 | 1,366,802 |
| J62_J63 | Programação e serviços de informação | 0.0353 | 0.0410 | 0.0001 | 0.0007 | 632,786 | 1,683,989 |
| H52 | Armazenagem e serviços auxiliares de transporte | 0.0275 | 0.0392 | 0.0005 | 0.0010 | 553,809 | 1,903,439 |
| C18&J58-J60 | Serviços de mídia | 0.0443 | 0.0383 | 0.0003 | 0.0002 | 1,276,734 | 1,864,405 |
| G45 | Comércio de veículos motores | 0.0401 | 0.0377 | 0.0002 | 0.0002 | 529,095 | 948,456 |
| L68 | Serviços imobiliários | 0.0364 | 0.0374 | 0.0009 | 0.0007 | 1,619,743 | 3,882,193 |
| C17 | Indústria de papel | 0.0377 | 0.0368 | 0.0010 | 0.0005 | 649,009 | 1,331,612 |
| H51 | Transporte aéreo | 0.0216 | 0.0323 | 0.0001 | 0.0002 | 229,767 | 692,345 |
| E37-E39 | Tratamento de esgoto e gestão de resíduos | 0.0257 | 0.0266 | 0.0000 | 0.0001 | 229,102 | 594,247 |
| C16 | Indústria de madeira | 0.0259 | 0.0264 | 0.0002 | 0.0003 | 411,475 | 1,395,086 |
| H50 | Transporte aquático | 0.0200 | 0.0232 | 0.0007 | 0.0004 | 257,069 | 724,508 |
| E36 | Abastecimento e tratamento de água | 0.0117 | 0.0157 | 0.0000 | 0.0000 | 105,228 | 287,366 |
| H53 | Atividades postais e courier | 0.0143 | 0.0143 | 0.0000 | 0.0000 | 179,295 | 403,089 |
| A02 | Silvicultura | 0.0096 | 0.0138 | 0.0000 | 0.0000 | 126,843 | 403,020 |
| A03 | Pesca | 0.0089 | 0.0118 | 0.0000 | 0.0000 | 91,678 | 327,931 |

Fonte: Elaboração própria, WIOD. A tabela apresenta as centralidades de autovetor (eigencentralidade) e de intermediação (betweeness) de cada setor, para 2000 e 2014. Para calcular as centralidades médias, ponderou-se a centralidade de cada setor de todos os países da amostra. Adicionalmente, mostra-se o grau ponderado de cada setor, composto pelo somatório das conexões intersetoriais de um determinado setor em todos os países.

O mais importante, certamente, é a capacidade de servir como hubs, como conectores econômicos, pois ela amplifica o papel indutor das atividades industriais, similar à ideia de *backward* e *forward linkages* (Hirschman, 1962). É importante ressaltar, portanto, que essas atividades demandam e são demandadas por soluções

que muitas vezes transbordam o seu escopo, gerando inovação e ganhos econômicos difusos.

Ao comparar a centralidade média das economias na Tabela 5.7, percebe-se a elevada importância de Estados Unidos, Japão, China e Alemanha na estrutura produtiva mundial de 2014. A ascensão da China como potência mundial é refletida no crescimento da centralidade dessa economia. Em 2000, era a economia com a 8ª maior centralidade média na rede. Já em 2014, pulou para a segunda posição. O Japão e os Estados Unidos, por outro lado, foram os únicos a apresentarem perdas na centralidade.

Tabela 5.7 - Centralidade média por país

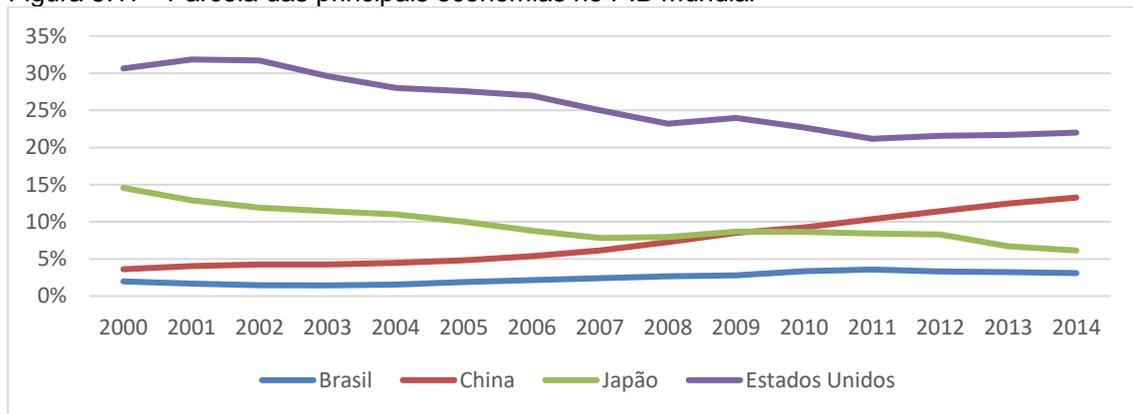
| Código | País | Eigentralidade média | | Variação Absoluta | Variação Percentual |
|--------|------------------|----------------------|---------|-------------------|---------------------|
| | | 2000 | 2014 | | |
| ROW | Resto do Mundo | 0.41263 | 0.46575 | 0.05312 | 13% |
| USA | Estados Unidos | 0.62167 | 0.30884 | -0.31283 | -50% |
| CHN | China | 0.12094 | 0.26144 | 0.14050 | 116% |
| DEU | Alemanha | 0.09561 | 0.14509 | 0.04948 | 52% |
| JPN | Japão | 0.26046 | 0.12402 | -0.13644 | -52% |
| FRA | França | 0.06435 | 0.10612 | 0.04176 | 65% |
| KOR | Coreia do Sul | 0.03305 | 0.09994 | 0.06689 | 202% |
| GBR | Reino Unido | 0.07170 | 0.09182 | 0.02012 | 28% |
| ITA | Itália | 0.06082 | 0.07879 | 0.01797 | 30% |
| CAN | Canadá | 0.07215 | 0.07577 | 0.00362 | 5% |
| BRA | Brasil | 0.02177 | 0.06150 | 0.03973 | 183% |
| IND | Índia | 0.01768 | 0.05772 | 0.04005 | 227% |
| AUS | Austrália | 0.01160 | 0.05581 | 0.04421 | 381% |
| NLD | Países Baixos | 0.01873 | 0.05398 | 0.03525 | 188% |
| MEX | México | 0.03990 | 0.05320 | 0.01330 | 33% |
| RUS | Rússia | 0.00700 | 0.04865 | 0.04164 | 595% |
| ESP | Espanha | 0.01966 | 0.04653 | 0.02687 | 137% |
| BEL | Bélgica | 0.00972 | 0.04361 | 0.03389 | 349% |
| TWN | Taiwan | 0.02539 | 0.03740 | 0.01201 | 47% |
| IDN | Indonésia | 0.00884 | 0.03547 | 0.02663 | 301% |
| TUR | Turquia | 0.00782 | 0.03183 | 0.02402 | 307% |
| CHE | Suíça | 0.00612 | 0.02599 | 0.01987 | 325% |
| POL | Polônia | 0.00304 | 0.02368 | 0.02063 | 678% |
| IRL | Irlanda | 0.00981 | 0.02106 | 0.01125 | 115% |
| AUT | Áustria | 0.00417 | 0.01702 | 0.01285 | 308% |
| SWE | Suécia | 0.00577 | 0.01697 | 0.01120 | 194% |
| CZE | República Tcheca | 0.00087 | 0.01259 | 0.01173 | 1349% |
| DNK | Dinamarca | 0.00217 | 0.01181 | 0.00963 | 444% |
| FIN | Finlândia | 0.00250 | 0.00964 | 0.00713 | 285% |
| NOR | Noruega | 0.00121 | 0.00883 | 0.00761 | 627% |
| HUN | Hungria | 0.00114 | 0.00778 | 0.00664 | 583% |
| ROU | Romênia | 0.00007 | 0.00659 | 0.00651 | 8867% |
| PRT | Portugal | 0.00308 | 0.00643 | 0.00335 | 109% |
| LUX | Luxemburgo | 0.00105 | 0.00618 | 0.00513 | 488% |
| GRC | Grécia | 0.00147 | 0.00543 | 0.00396 | 270% |
| SVK | Eslováquia | 0.00036 | 0.00511 | 0.00475 | 1324% |
| BGR | Bulgária | 0.00001 | 0.00299 | 0.00298 | 22109% |
| LTU | Lituânia | 0.00004 | 0.00159 | 0.00155 | 3927% |
| HRV | Croácia | 0.00007 | 0.00128 | 0.00121 | 1631% |
| SVN | Eslovênia | 0.00003 | 0.00070 | 0.00067 | 2572% |
| LVA | Letônia | 0.00003 | 0.00056 | 0.00054 | 1882% |
| MLT | Malta | 0.00003 | 0.00047 | 0.00044 | 1329% |
| EST | Estônia | 0.00001 | 0.00033 | 0.00033 | 4831% |
| CYP | Chipre | 0.00001 | 0.00023 | 0.00022 | 1806% |

Fonte: Elaboração própria, WIOD. A tabela apresenta as centralidades de autovetor (eigentralidade) de cada país, para 2000 e 2014. Para calcular as centralidades médias do país, ponderou-se a centralidade de todos os setores do país.

Certamente, o realinhamento cambial ocorrido após a crise de 2008 contribuiu para a perda da centralidade estadunidense e a respectiva redistribuição para os outros países. Esses desdobramentos também parecem ser correlatos com a importância de cada economia no PIB Mundial, como mostra a Figura 5.17. Houve,

afinal um movimento estrutural de maior crescimento das economias periféricas entre 2000 e 2014. Entretanto, esse movimento parece ter cessado a partir de 2014, como aponta o World Economic Outlook (FMI, 2015). É notável que o crescimento dos emergentes perdeu impulso nos últimos anos, principalmente entre os exportadores de commodities, enquanto as economias avançadas se recuperaram, ao menos parcialmente, da crise de 2008 (FMI, 2017).

Figura 5.17 - Parcela das principais economias no PIB mundial



Fonte: Elaboração própria, Banco Mundial. A figura apresenta a importância de economias selecionadas no PIB mundial entre 2000 e 2014.

As economias que mais ganharam centralidade entre 2000 e 2014, em termos percentuais, foram os países da Europa Central e Oriental. O alargamento da União Europeia parece ter dado certo em termos de integração produtiva. Bulgária e Romênia, os últimos países a entrarem nesse bloco econômico, obtiveram as maiores variações percentuais de centralidade, de 22109% e 8867%, respectivamente (Tabela 5.7). O período de 2000-2014 também foi especialmente favorável para o crescimento de centralidade da economia brasileira. Além ter obtido significativo crescimento no período, o aumento do preço das commodities certamente contribuiu para esse resultado. Não à toa, mundialmente, os setores de mineração, petróleo e agropecuária (B, C19 e A01) experimentaram aumento da eigentralidade média nesse período, como observado na Tabela 5.6.

Medidas de centralidade também podem ser úteis para avaliar a dependência de uma economia a um determinado setor. Carvalho e Gabaix (2010) afirmam que a economia é granular, ou seja, que firmas e setores podem ser grandes o suficiente tal que um choque originado desses nós possa impactar a estabilidade macroeconômica de um país. De acordo com os autores, seria esse o caso do setor financeiro

americano na crise de 2008. As conexões produtivas determinam o impacto de um choque exógeno no setor para o resto da economia. A centralidade de autovetor capta, justamente, a importância de cada setor a partir das suas conexões na rede produtiva, uma espécie de indicador de contágio. Entretanto, é necessário aprofundar o conhecimento sobre o tema, em outra oportunidade, pois este não é o foco da presente dissertação.

Abordar a economia mundial como rede complexa revela características sobre as cadeias globais de valor e a importância dos setores nesse emaranhado produtivo. Esse exercício, que é complementar ao método refletor, reafirma a importância da indústria como indutor de complexidade. Os resultados revelam os setores industriais como os que mais geram valor diretamente, bem como os de maior centralidade na economia mundial, conectando diversos setores ao longo do processo de produção. Essa abordagem também permite analisar a importância de cada país na economia mundial sob outra ótica, revelando uma estrutura de centro-periferia e de clusters produtivos na rede complexa. Em geral, economias menos desenvolvidas, como o Brasil, estão mais distantes do centro da rede e menos conectadas ao resto dela; e economias com mais conexões produtivas entre si, como Estados Unidos, México e Canadá, estão espacialmente próximas.

6 DISCUSSÃO

6.1 A COMPLEXIDADE, O ESPAÇO-INDÚSTRIA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Considerando os resultados dos exercícios anteriores, é proveitoso revisitar o conceito de desenvolvimento econômico no âmbito da complexidade. Hausmann e Hidalgo (2014) afirmam que a especialização em produção de determinado bem requer conhecimentos produtivos que são compartilhados para produzir outros bens. A complexidade de uma economia refletiria a sua capacidade produtiva geral. Esses autores adotaram um método que ajuda a explicar parte da variação de renda per capita entre os países. Entretanto, o trabalho não parece explicar o processo de desenvolvimento em seus últimos estágios, o que o presente estudo se propõe a realizar.

Ao replicar a metodologia alterando a base de dados para uma matriz mundial de insumo-produto, observaram-se resultados distintos do trabalho seminal, como apresentado na Tabela 6.1. Os resultados de Hausmann e Hidalgo (2014) apontam indiretamente para a indústria e os bens industriais como geradores de complexidade: a correlação entre parcela da indústria no PIB e os índices de complexidade é positiva. Japão, Suíça, Alemanha e Coreia, todas economias industriais, encabeçam a lista de complexidade dos países. Entretanto, a nova proposta apresentou uma correlação negativa da complexidade de uma economia com a parcela da indústria no PIB e uma forte correlação positiva com a parcela de serviços de valor no consumo intermediário.

Tabela 6.1 - Correlação entre variáveis de interesse

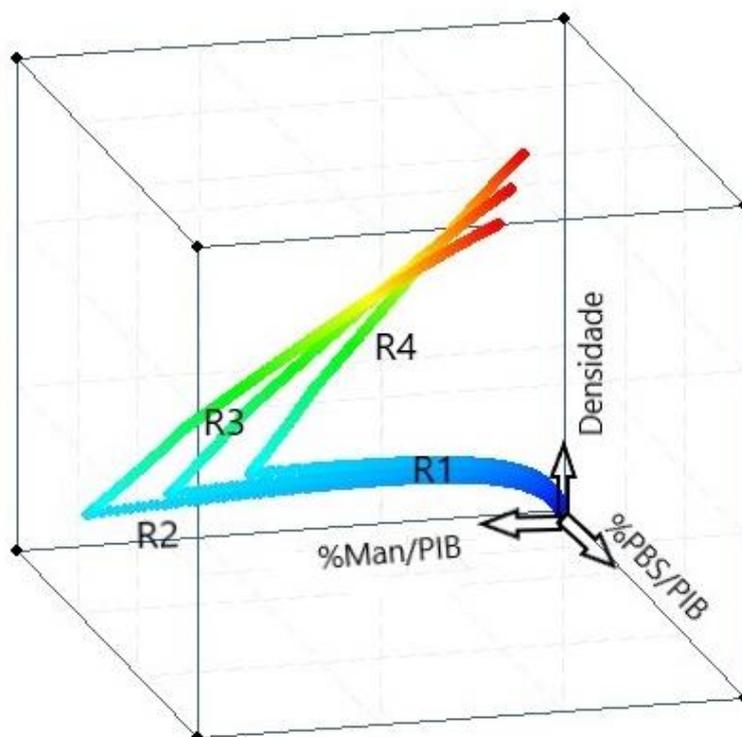
| Variáveis | ln(PIB per capita) | Ranking WIOD | Ranking HH | Ranking Controle |
|---|--------------------|--------------|------------|------------------|
| % Serviços de Valor / Consumo Intermediário | 0.73 | 0.82 | 0.43 | 0.39 |
| % PBS/PIB | 0.45 | 0.63 | 0.26 | 0.17 |
| % Manufaturas/PIB | -0.27 | -0.25 | 0.49 | 0.08 |
| ln(PIB per capita) | 1.00 | 0.68 | 0.43 | 0.36 |
| Ranking WIOD | -0.68 | 1.00 | 0.30 | 0.57 |
| Hausmann Geral | -0.43 | 0.30 | 1.00 | 0.37 |
| Hausmann Controle | -0.36 | 0.57 | 0.37 | 1.00 |

Fonte: Elaboração própria, WIOD, COMTRADE, Hausmann e Hidalgo (2014). A Tabela lista a correlação entre variáveis de interesse e os rankings de complexidade. O Ranking WIOD é o proposto neste trabalho. Ranking HH segue a classificação de Hausmann e Hidalgo (2014). Ranking Controle resulta da aplicação da base de dados do comércio internacional somente para os países da WIOD.

É importante lembrar que a WIOD compreende apenas economias emergentes e desenvolvidas. Portanto, os resultados do exercício devem ser interpretados apenas para o estágio intermediário e o avançado de desenvolvimento. Nesses últimos estágios, as atividades industriais per se não conferem complexidade a uma economia, mas sim os serviços, principalmente os de valor. Essa constatação não descarta a importância da indústria, que apenas está alterando a sua função no processo de desenvolvimento econômico.

Ao propor o espaço-indústria, Arbache (2012) identifica a função que serviços e indústria desempenham ao longo da trajetória de desenvolvimento econômico. Como mostra a Figura 6.1, o espaço-indústria é composto por três dimensões: densidade industrial e parcela da indústria e do PBS no PIB. A variável de maior interesse é a densidade industrial, ou seja, o valor adicionado da indústria per capita. Essa variável captura a capacidade de uma sociedade investir em capital físico e humano, infraestrutura e P&D, desenvolvendo instituições e gerenciando aqueles recursos em favor do desenvolvimento industrial.

Figura 6.1 - Espaço-indústria tridimensional



Fonte: Elaboração própria. Representação do espaço-indústria proposto por Arbache (2012). O espaço-indústria tem três dimensões. A variável de maior interesse é a densidade industrial, ou seja, o valor adicionado da indústria per capita. As outras

dimensões são compostas pelas parcelas da indústria e dos serviços profissionais e comerciais (PBS) no PIB. A figura representa a trajetória de desenvolvimento industrial de uma economia. Os estágios de desenvolvimento são identificados por regiões, de R1 a R4, sendo a última região a que representa o último estágio de desenvolvimento econômico.

O espaço-indústria mostra que os países iniciam as suas jornadas de desenvolvimento econômico na região R1. Nessa região, a economia ainda é essencialmente rural, com baixas taxas de urbanização e alta participação da agricultura no PIB. À medida que a urbanização avança, cresce a demanda por produtos industriais simples. A região R2 caracteriza a fase de desenvolvimento em que a indústria de base, manufaturas de baixo e médio valor adicionado e serviços tradicionais assumem o protagonismo na produção da economia.

Ocorre que a expansão das indústrias básicas e leves é ditada por retornos decrescentes provenientes do processo de crescimento baseado em acumulação de capital, segundo Gill e Kharas (2007). Esses retornos tendem a ser ainda mais decrescentes em razão da commoditização digital, conceito proposto por Arbache (2014), pelo qual a geração de valor proveniente do uso de tecnologias altamente padronizáveis, embora sofisticadas, é bem inferior ao desenvolvimento e gestão dessas tecnologias. Assim, ao mesmo tempo em que esse processo possibilita a transformação da economia, a sua contribuição marginal para o PIB esvai-se ao longo do processo de expansão industrial. Eventualmente, atinge-se um ponto de inflexão no espaço-indústria no qual o simples aumento da parcela da indústria no PIB já não é capaz de promover o desenvolvimento econômico.

Para seguir se desenvolvendo e romper com a condição de economia de renda média, que é o enfoque da presente dissertação, Arbache (2012) afirma que o país tem que se diversificar em favor de bens e serviços mais sofisticados. Ao invés de transformar insumos, a indústria deve passar a coordenar cadeias de valor, incluindo serviços logísticos, financeiros, projetos de engenharia, marketing, inovação e diversas outras atividades de apoio. Está é a região R3 da Figura 6.1.

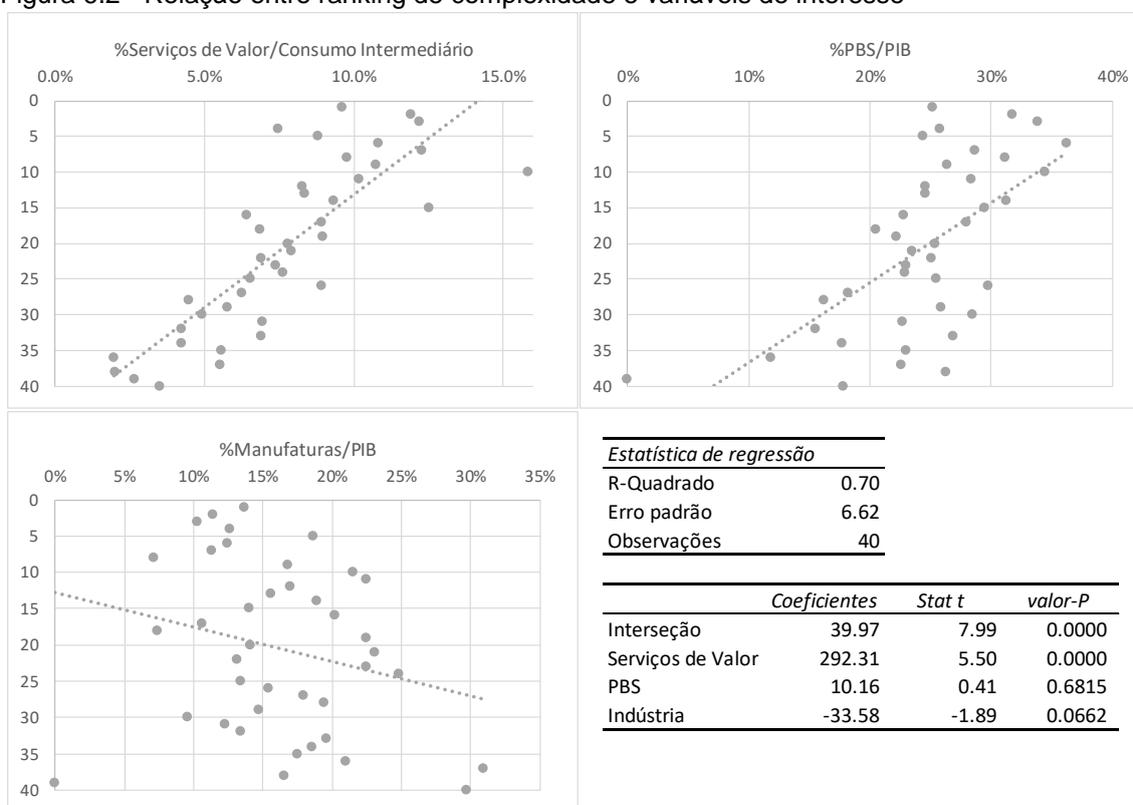
Nos estágios avançados de desenvolvimento, consolida-se uma relação simbiótica e sinérgica entre indústria e serviços. A indústria se conecta intensamente às atividades de serviços para juntos produzirem soluções que transbordam o escopo da indústria, gerando inovação, ganhos econômicos difusos e bens que não seriam propriamente categorizados em nenhum dos setores isoladamente. Portanto, a função da indústria na economia se altera, transformando-se não só no principal conector

entre os setores econômicos, mas, também, em catalizador de desenvolvimento e provimento de serviços profissionais e comerciais (PBS). Se a economia obtiver sucesso ao produzir essa nova dinâmica do desenvolvimento industrial, alcança-se a região R4.

Nas regiões R3-R4, a indústria ainda desempenha função central na economia, mas o setor deixa de ser o principal gerador direto de valor adicionado, dando lugar aos serviços. Não à toa, segundo Bruegel (2017), apesar de representar 15% do valor adicionado do PIB da União Europeia em 2015, esse setor correspondeu por 64% dos investimentos totais em P&D. Assim, observa-se a redução da participação relativa da indústria no PIB, apesar do rápido crescimento da densidade industrial.

O exercício de complexidade com a WIOD capta justamente a transição de uma economia emergente para uma economia avançada, momento em que a complexidade econômica emerge com um aumento da participação dos serviços sofisticados na economia, como mostra a Figura 6.2, idêntica à Figura 5.4.

Figura 6.2 - Relação entre ranking de complexidade e variáveis de interesse



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A Figura relaciona a complexidade com o índice de serviços de valor, no canto superior esquerdo, com o a parcela do PBS no PIB, no canto superior direito, e com a parcela da indústria no PIB, no canto inferior esquerdo. Adicionalmente, uma regressão com essas variáveis é feita para explicar a complexidade econômica. Os resultados da regressão são apresentados no canto inferior direito.

É importante lembrar a importância dos serviços de valor na complexidade econômica. Ao regressir a complexidade contra o índice de serviços de valor e as parcelas do PBS e da indústria no PIB, a primeira variável explicativa é a única que obteve significância estatística e coeficiente positivo. Ademais, a correlação dos serviços de valor com a complexidade WIOD é de 0,82 (Tabela 6.1).

A Tabela 6.2 apresenta os resultados adicionais da inclusão da densidade industrial na tabela de correlações já apresentada no capítulo 5. Uma vez que a densidade industrial mensura, nos estágios mais avançados de desenvolvimento, a eficácia do setor industrial em desempenhar sua nova função, de induzir complexidade, espera-se que essa variável seja positivamente relacionada com a complexidade. A correlação entre a densidade industrial e o ranking de complexidade WIOD é positiva: 0,38. O p-valor dessa relação é de 0,01, confirmando a significância estatística e econômica dessa relação.

Tabela 6.2 - Correlações entre variáveis de interesse, incluindo densidade industrial

| Variáveis | ln(PIB per capita) | ln(Densidade Industrial) | Ranking WIOD | Hausmann Geral | Hausmann Controle |
|---|--------------------|--------------------------|--------------|----------------|-------------------|
| % Serviços de Valor / Consumo Intermediário | 0.73 | 0.45 | 0.82 | 0.43 | 0.39 |
| % PBS/PIB | 0.45 | 0.64 | 0.63 | 0.26 | 0.17 |
| % Manufaturas/PIB | -0.27 | 0.53 | -0.25 | 0.49 | 0.08 |
| ln(PIB per capita) | 1.00 | 0.56 | 0.68 | 0.43 | 0.36 |
| ln(Densidade Industrial) | 0.56 | 1.00 | 0.38 | 0.78 | 0.36 |
| Ranking WIOD | 0.68 | 0.38 | 1.00 | 0.30 | 0.57 |
| Hausmann Geral | 0.43 | 0.78 | 0.30 | 1.00 | 0.37 |
| Hausmann Controle | 0.36 | 0.36 | 0.57 | 0.37 | 1.00 |

Fonte: *Elaboração própria, WIOD, COMTRADE, Hausmann e Hidalgo (2014)*. A Tabela lista a correlação entre variáveis de interesse e os rankings de complexidade. O Ranking WIOD é o proposto neste trabalho. Ranking HH segue a classificação de Hausmann e Hidalgo (2014). Ranking Controle resulta da aplicação da base de dados do comércio internacional somente para os países da WIOD. A densidade industrial, proposta por Arbache (2012), é o valor adicionado da indústria per capita em US\$.

A confluência das correlações obtidas pela densidade industrial e pela complexidade com outras variáveis mostra uma similaridade entre essas medidas de desenvolvimento econômico. Por exemplo, ambas as medidas têm correlação aproximada com a renda per capita: a primeira é 0,56, ao passo que a segunda, 0,68. Essas correlações são superiores à observada pela complexidade tradicional, que é 0,43. A mesma situação ocorre ao comparar a parcela de PBS no PIB.

A principal diferença entre densidade industrial e complexidade WIOD se dá

nas correlações com a parcela da indústria no PIB. De acordo com a trajetória do espaço-indústria mencionada por Arbache (2012), essa relação é positiva nas regiões R1-R2 e negativa nas R3-R4. Como a amostra é compreendida apenas de economias emergentes e desenvolvidas, espera-se, portanto, que a correlação seja negativa. É o que ocorre ao comparar a complexidade e a parcela da indústria no PIB, com correlação igual a -0,41. Entretanto, a correlação com a densidade industrial para essa amostra é positiva: 0,53.

A conjunção das três dimensões do espaço-indústria – densidade industrial e a as parcelas da indústria e do PBS no PIB – são essenciais para explicar a complexidade econômica de cada país. A densidade industrial capta se a indústria do país teve êxito em alterar a sua função econômica, para conector e indutor de atividades. A parcela da indústria no PIB decresce ao longo dos estágios avançados do desenvolvimento e a dos PBS, aumenta, em virtude da combinação virtuosa que esse tipo de serviço tem com a nova indústria. Assim, para testar o poder de explicação dessas variáveis sobre a complexidade, outra regressão é produzida. Entretanto, propõe-se um novo espaço-indústria, no qual o índice de serviços de valor substitui o PBS como variável explicativa, uma vez que apresenta correlação maior com a complexidade e com a renda per capita. Os resultados estão na Tabela 6.3:

Tabela 6.3 - Resultados da regressão de complexidade utilizando densidade industrial

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|------|
| R-Quadrado | 0.73 |
| Erro padrão | 6.31 |
| Observações | 40 |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> |
|-------------------|----------------------|---------------|----------------|
| Interseção | 47.21 | 7.98 | 0.00000 |
| Densidade | 2.00 | 1.93 | 0.06110 |
| Serviços de Valor | 261.93 | 6.35 | 0.00000 |
| Indústria | -60.11 | -2.74 | 0.00955 |

Fonte: Elaboração própria, WIOD. A Tabela apresenta os resultados da regressão. A variável explicada é a complexidade econômica. As variáveis explicativas são a densidade industrial, o índice de serviços de valor e a parcela da indústria no PIB. A densidade industrial, proposta por Arbache (2012), é o valor adicionado da indústria per capita em US\$. O índice de serviços de valor é a parcela desse tipo de serviços no consumo intermediário do país.

A únicas diferenças entre essa e a regressão da Figura 6.2 são a inclusão de densidade industrial e a exclusão do PBS como variável explicativa. Comparando as duas regressões, percebe-se que o R-Quadrado aumentou, de 0.70 para 0.73. O

coeficiente da densidade industrial é positivo e tem p-valor de 0,06. A inclusão da densidade industrial também alterou o coeficiente da indústria, que ficou ainda mais significativa, economicamente e estatisticamente. O coeficiente da indústria passou de -33,6 para -60,1, ao passo que o p-valor foi de 0,07 para 0,01. O espaço-indústria de Arbach (2012), portanto, é um arcabouço essencial para compreender a complexidade econômica.

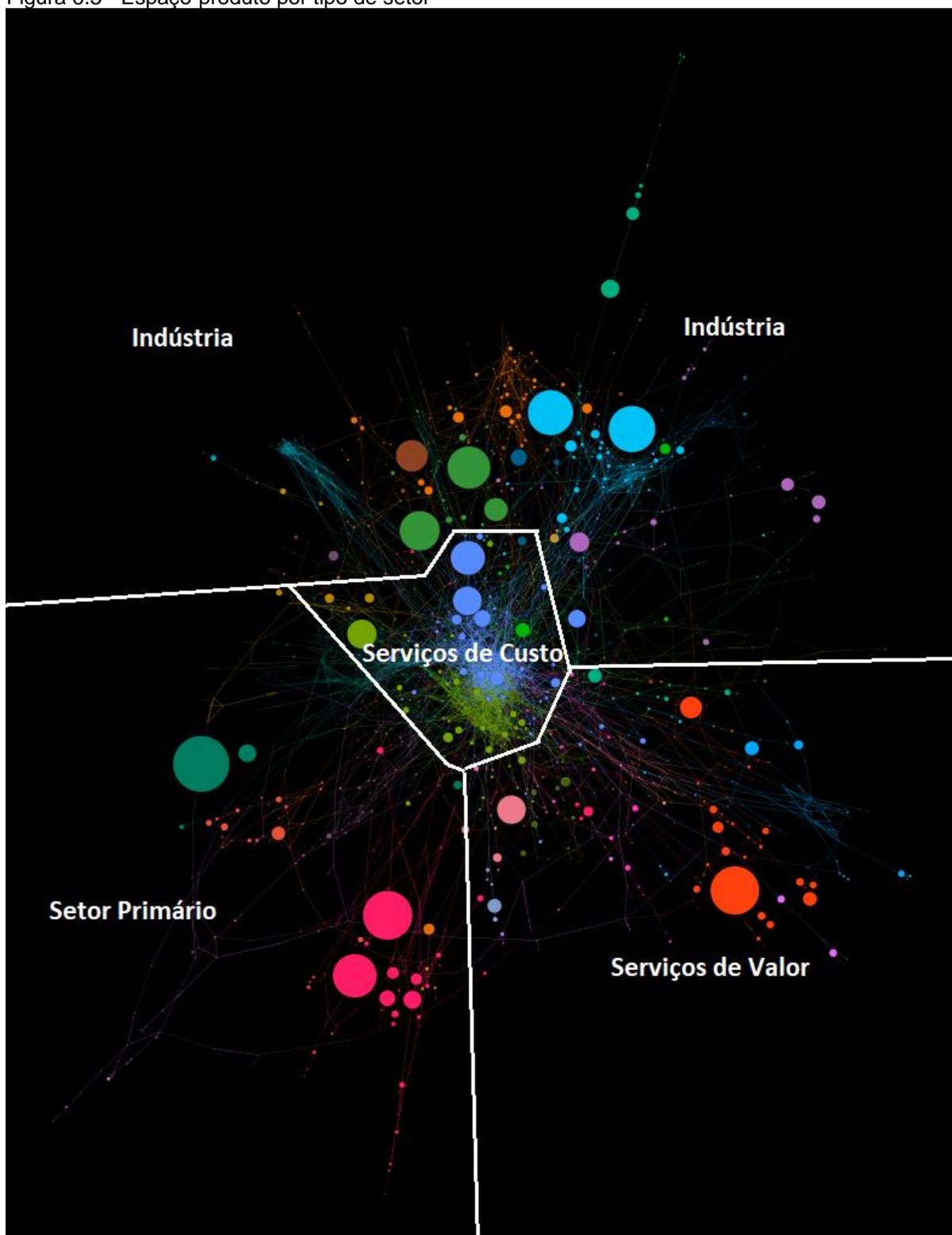
No espaço-produto, como já mencionado no capítulo 5, as atividades industriais estão entre as mais densamente conectadas, indicando ser mais fácil passar a desempenhar outras atividades - dar pulos entre os “galhos da floresta produtiva” – quando se é mais nesse tipo de atividade. A Tabela 6.4 e a Figura 6.3 são novamente apresentadas para facilitar a compreensão do argumento:

Tabela 6.4 - Estatísticas de difusão - 50 maiores atividades econômicas

| Origem | Valor Original das Atividades (A) | Conexões após Difusão(B) | Nós Conectados após Difusão (C) | Atividades da Amostra (D) | Conexões por Nós Conectados (E=B/C) | Conexões por Atividade (F=B/D) | Nós Conectados por Atividade (G=C/D) |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Primário | 4458956.72 | 273 | 534 | 6 | 0.5 | 45.5 | 89.0 |
| Indústria | 15750485.28 | 8831 | 2604 | 29 | 3.4 | 304.5 | 89.8 |
| Custos | 4187090.80 | 3332 | 923 | 9 | 3.6 | 370.2 | 102.6 |
| Valor | 2479452.80 | 1772 | 488 | 6 | 3.6 | 295.3 | 81.3 |
| Destino | | | | | | | |
| Primário | 1060750.75 | 101 | 172 | 3 | 0.6 | 33.7 | 57.3 |
| Indústria | 18201185.75 | 12367 | 3545 | 30 | 3.5 | 412.2 | 118.2 |
| Custos | 6569588.219 | 1672 | 537 | 15 | 3.1 | 111.5 | 35.8 |
| Valor | 1044460.875 | 68 | 57 | 2 | 1.2 | 34.0 | 28.5 |

Fonte: *Elaboração própria, WIOD. A figura compara as 50 atividades de maior valor no mundo após três rodadas de difusão, classificadas por origem e destino e tipo de setor: primário, indústria, serviços de custos e serviços de valor. A difusão de terceira ordem conecta todos as atividades que possuem até três passos de distância da atividade original no espaço-produto. As letras A, B, C e D representam o somatório dos resultados de todas as atividades classificadas dentro de cada setor. O indicador de conexões por nós conectados (E) mensura se a difusão ocorre de maneira esparsa, menos conectada entre as atividades “alcançadas”. Os indicadores de conexões por atividade (F) e nós conectados por atividade (G) apontam para a capacidade do setor de se difundir no espaço-produto.*

Figura 6.3 - Espaço-produto por tipo de setor



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra o espaço-produto em 2014. A cor de cada nó segue o algoritmo de identificação de comunidades de Blondel et al (2008). O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial. A rede foi plotada seguindo o algoritmo OpenOrd de força direcional, proposto por Martin et al (2011). Para facilitar a visualização, o espaço-produto foi setorizado entre setor primário, indústria, serviços de custo e serviços de valor.

De acordo com a Tabela 6.3, as atividades industriais classificadas por destino têm o maior número de conexões por atividade, 412,2, e de nós conectados por atividade, 118,2. Isso é um indicador de que, ao demandar muitos insumos, os setores industriais são grandes catalizadores de outras atividades. Reside, nessa constatação, a função que a indústria adquire nos últimos estágios de desenvolvimento. A atividade industrial por si só não é necessariamente complexa e não é suficiente para transformar uma economia de renda média em um país desenvolvido. Entretanto, ela é uma atividade indutora de complexidade

Os serviços de custo também se destacaram nas estatísticas da tabela acima, só que pelo lado da oferta. Esse tipo de serviços somou 370,2 conexões por atividade, bem como 102,6 nós conectados por atividade. Serviços de custo são importantes em questões de eficiência. Por isso, observa-se a relevância desses setores no componente de insumos dos setores. Ademais, no espaço-produto representado pela Figura 6.3, os serviços de custos estão no centro da rede. Ao se ter competitividade nelas, é mais fácil pular para qualquer atividade da rede.

Hidalgo (2015) complementa a visão de desenvolvimento econômico como complexidade ao associar o real valor de um produto à “imaginação cristalizada” embutida nele, ou seja, ao conhecimento humano acoplado, de uma maneira similar ao do DNA no corpo humano. A complexidade, nesse sentido, é compreendida como a capacidade de uma economia criar ordem ao computar informações em um ambiente em que matéria e energia diretamente se relacionam com a informação para realizar o seu processamento. Além de instigar a inovação e conectar os setores, a indústria é a atividade pela qual se cristaliza essa imaginação, ou seja, é a dimensão produtiva na qual se permite a materialização física da inovação humana.

O mecanismo de *catching-up* econômico não é completamente explicado, portanto, apenas ao usar aparelhos e equipamentos de última geração tecnológica. Nesse âmbito, usar tecnologias é um passo necessário, mas não suficiente para superar os últimos estágios do desenvolvimento econômico. O mais importante, nesse caso, é desenvolver as ideias cristalizáveis em produtos. Os serviços de valor são os pilares da inovação, mas para possibilitar que esse processo ocorra, também é necessário contar com uma infraestrutura física e social eficiente, os serviços de custos. Esses serviços proveem um ordenamento socioeconômico permissivo para o

intercâmbio de ideias e produtos, como estradas, portos, ferrovias, atividades de comércio, educação, saúde e instituições públicas.

Os estágios avançados da complexidade econômica seriam caracterizados pela confluência entre três fatores de produção, aqui denominado “trindade do desenvolvimento”, com relacionamento paralelo ao apresentado entre energia, matéria e informação, por Hidalgo (2015). Os setores industriais demandam e “materializam” a inovação gerada por serviços de valor e, para desempenhar essas funções, ambas as atividades utilizam a “energia” oferecida pelos serviços de custo, que, por sua vez, estruturam-se a partir da indústria e dos serviços de valor. A computação desse processo é o que gera o desenvolvimento econômico. Quanto mais complexa é uma economia, mais importantes serão os serviços de valor na geração direta de riqueza e mais importantes serão as atividades industriais em conectar e demandar soluções, em substituição ao tradicional papel de transformar bens.

Ao apresentar o espaço-indústria, Arbaché (2012) propõe um significado à densidade industrial complementar à “trindade do desenvolvimento” mencionada acima. A densidade industrial, assim como a combinação sinérgica entre indústria e serviços de custos e valor, captura a capacidade de uma sociedade investir em capital físico e humano, infraestrutura e P&D, desenvolvendo instituições e gerenciando aqueles recursos em favor do desenvolvimento industrial. Essa constatação aproxima conceitualmente a densidade industrial da complexidade econômica, em um processo cujo resultado é o desenvolvimento econômico. Não à toa, a regressão das três variáveis do espaço produto sobre a complexidade retornou resultados tão robustos. (Tabela 6.3).

Conclui-se, assim, que a indústria não é um herói solitário ou a solução para todos os problemas do desenvolvimento. Muito menos é uma atividade sem importância específica para a trajetória virtuosa da riqueza de uma nação. Os resultados indicam que a indústria confere uma peça importante para a engrenagem de aumento de complexidade econômica, a “trindade do desenvolvimento”. Em última análise, a complexidade repousa no desenvolvimento e na gestão de ideias e tecnologias, incluídas no bojo dos serviços de valor. Entretanto, para que isso ocorra, deve haver uma alta interatividade dessas atividades com a indústria, que demandam

e materializam soluções inovadoras, e com os serviços de custos, que estimulam o intercâmbio de informações no ordenamento econômico.

6.2 REVISITANDO A ARMADILHA DA RENDA MÉDIA

A armadilha da renda média é um fenômeno que foi cunhado apenas recentemente na literatura econômica, em meados da década de 2000. Em um estudo publicado pelo Banco Mundial, Gill e Kharas (2007) inicialmente utilizaram o termo para definir o processo comumente observado de diminuição da taxa de crescimento de uma economia ao se deslocar da renda baixa para a média. Nesse processo, os fatores que geralmente impulsionam o crescimento – mão-de-obra barata, *catch-up* tecnológico e realocação estrutural de recursos da agricultura para a manufatura – perdem força ao longo do desenvolvimento econômico, levando o país a buscar novas fontes de crescimento quando a economia atinge a renda média.

Ayar et al (2013) concluem que, entre 1960 e 2005, economias de renda média estavam mais sujeitas a experimentar episódios de diminuição do crescimento do que economias de baixa e alta renda. Eichengreen et al (2014) alegam que as economias tendem a desacelerar quando atingem a faixa de US\$11.000-US\$16.000 dólares per capita. Im e Rosenblatt (2013) e Agénor e Canuto (2015) tomam os Estados Unidos como referência e, partindo de metodologias distintas, concordam sobre a reduzida possibilidade de as economias em questão alçarem patamares maiores de renda relativa.

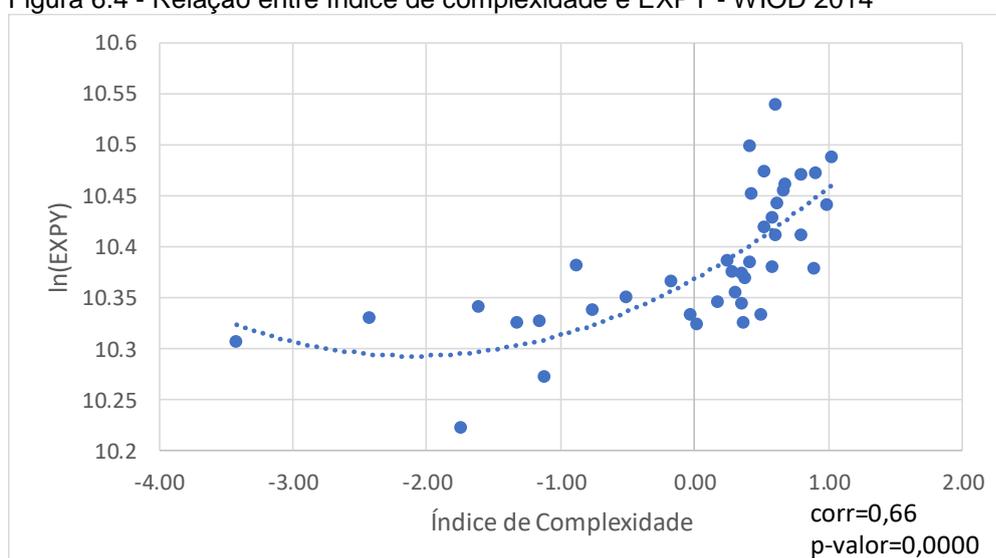
Como apontado por Gill e Kharas (2015), o próprio surgimento do termo da armadilha da renda média se deveu à ausência de uma teoria que satisfatoriamente apontasse políticas de desenvolvimento para esse tipo de economia. Afinal, as teorias de crescimento endógeno são adequadas apenas para países de renda alta e o modelo de Solow ainda é a base para entender o problema do crescimento nos países de baixa renda. Entretanto, nenhuma dessas teorias é satisfatória para economias de renda média.

O estudo da complexidade e do espaço-indústria lançam luz sobre a natureza do crescimento, bem como do que significaria a armadilha da renda média. O grande desafio de desenvolvimento para esses países é alterar, com sucesso, o padrão e a função das atividades industriais. Ao invés de gerar valor apenas transformando insumos, a indústria deve servir de conector entre os setores econômicos, como também de catalizador de serviços de custos e de valor. Alcançar essa condição não é nada fácil: a grande maioria dos países que estavam entre as últimas colocações

do ranking de complexidade em 2000 assim se mantiveram em 2014.

A complexidade da economia possui uma relação interessante com a renda per capita associada às atividades que ela desempenha, definida como EXPY. Para o exercício do WIOD, como observado na Figura 6.4, essa relação é achatada entre os países de menor complexidade relativa, que, em geral, são economias de renda média, e crescente para as economias de maior complexidade. Isso significa que as economias de renda média inicialmente aumentam a complexidade sem um respectivo aumento de renda per capita. Portanto, a trajetória para o desenvolvimento parece ser ainda mais tortuosa.

Figura 6.4 - Relação entre índice de complexidade e EXPY - WIOD 2014



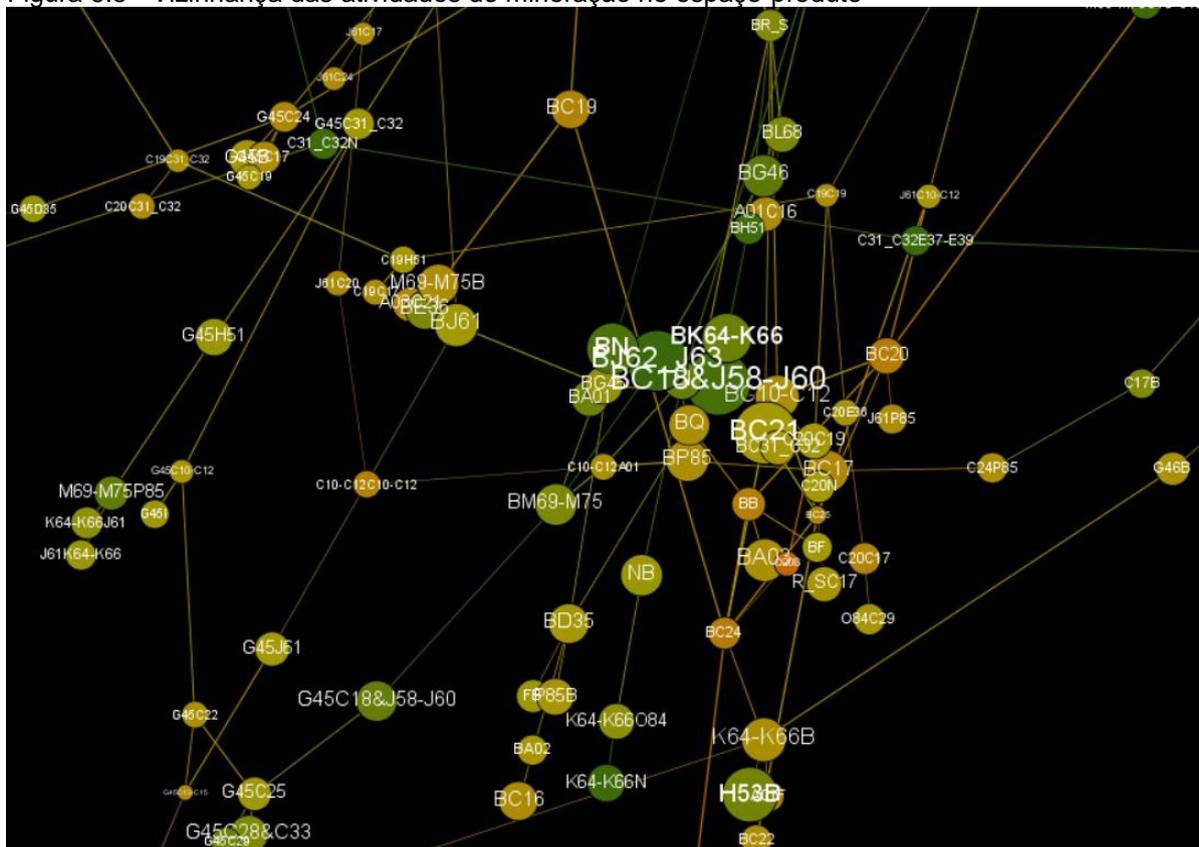
Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura classifica as economias de acordo com o seu índice de complexidade (ECI) e a renda per capita associada da sua pauta de exportações (EXPY). Há uma relação não-linear: o aumento de complexidade é acompanhado do aumento de renda per capita em economias desenvolvidas, mas isso não parece ocorrer para as economias de renda média.

Hidalgo et al (2007) lança também a possibilidade de que as economias poderiam apresentar uma tendência a ficarem presas, no espaço-produto, a um máximo local de renda. Isso decorre do fato de algumas atividades de baixa complexidade, principalmente exportação de commodities, possuírem uma renda per capita associada maior do que outras atividades de maior complexidade vizinhas no espaço-produto. Isso também ocorre para o espaço-produto criado com os dados da WIOD. A economia, portanto, não teria incentivos a se diversificar em favor da complexidade.

Para ilustrar, a Figura 6.5 mostra o espaço-produto com enfoque nas atividades

principais de mineração (código B). Cada nó representa uma atividade no setor de mineração. O tamanho dos nós é a renda associada ao produto, PRODY, e a cor deles, a complexidade. Produtos mais esverdeados são mais complexos.

Figura 6.5 - Vizinhança das atividades de mineração no espaço-produto



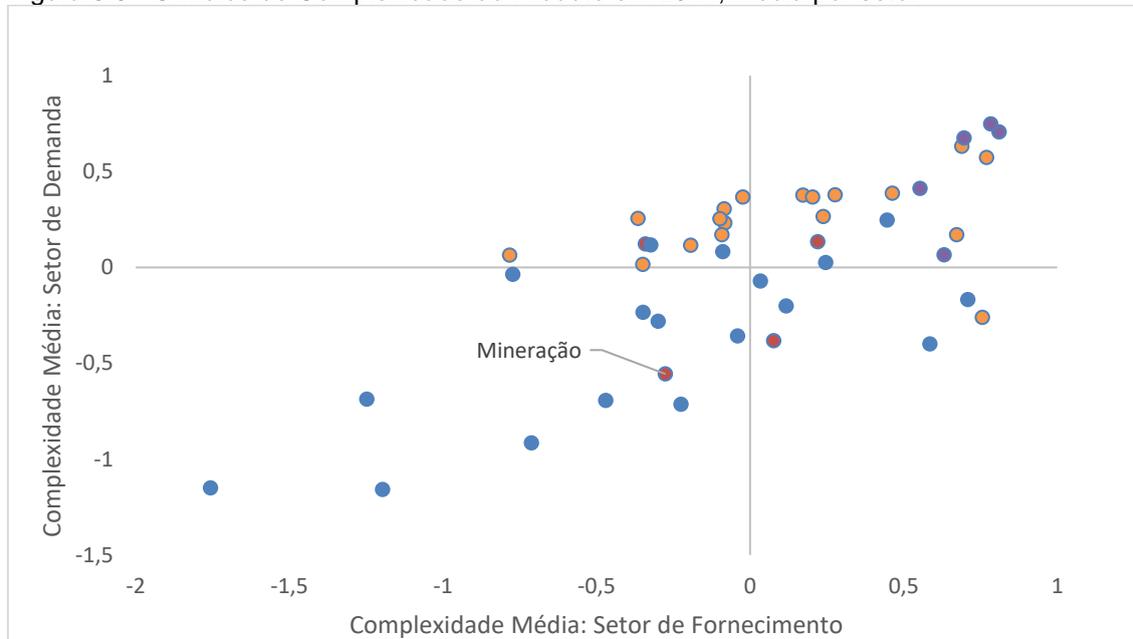
Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura representa a parte do espaço-produto referente às atividades de mineração. Cada nó representa uma atividade. Quanto mais esverdeado o nó, maior a complexidade da atividade. O tamanho de cada nó corresponde à renda per capita associada àquela atividade, denominada EXPY. A vizinhança das atividades de mineração apresenta baixa complexidade, mas uma estrutura de máximo local pode impor uma armadilha de renda para a economia especializada nessas atividades.

A periferia dessa rede é menos complexa e tem menor renda associada (EXPY). Observa-se, assim, que há um máximo local no centro dessa figura, no qual é melhor se especializar em algumas atividades de mineração. Ocorre que, para além da vizinhança de mineração, há inúmeras atividades mais complexas e de maior renda per capita associada. Entretanto, para se especializar nessas atividades, uma economia mineradora deve, primeiramente, reduzir o seu nível geral de complexidade e sua renda per capita, dadas as condições da periferia da mineração no espaço-produto.

A Figura 6.6 confirma que as atividades de mineração estão entre as menos

complexas do espaço-produto. Se o país não tolerar qualquer redução de renda per capita ou de complexidade, a economia especializada em mineração acabará por ficar presa a esse máximo local, conferindo uma armadilha de renda.

Figura 6.6 - O Índice de Complexidade do Produto em 2014, média por setor



Fonte: *Elaboração própria, WIOD. Foram calculadas as médias das complexidades da atividade de acordo com o setor de fornecimento e de demanda. A figura relaciona as complexidades médias por fornecimento e demanda, diferenciando o tipo de setor por cor. Em amarelo, estão os serviços de valor. Em laranja e azul, estão os serviços de custo e os setores industriais, respectivamente. Em vermelho, os setores primários.*

A armadilha da renda média pode, assim, ser redefinida nos termos da complexidade. Afinal, aumentar a complexidade não necessariamente acarreta aumentar a renda per capita do país, principalmente para economias de média complexidade, desincentivando a buscar por especialização em atividades mais complexas. Ademais, desempenhar atividades de maior complexidade que estejam em linha com as possibilidades produtivas dessa economia pode até significar uma perda de renda per capita para o país.

A compreensão de uma armadilha de renda como máximo local remete à ideia de que atingir o máximo global acarretaria, primeiramente, perdas na função objetivo. Em situações reais e complexas, muitas vezes o máximo global nem sequer é observável, tornando o problema mais difícil de ser resolvido e a atratividade do máximo local maior ainda. Mueller (2016) afirma que problemas de maximização compostos por conectividade, interdependência e diversidade apresentam uma

natureza de vários máximos locais e, por isso, são conhecidos como como *rugged landscapes* (paisagens acidentadas).

Em uma análise estática do espaço-produto, que leva em conta esses três aspectos, parece ser fácil tirar lições para políticas voltadas ao aumento da complexidade econômica. Afinal, as análises de Hausmann e Hidalgo (2014) sobre a mudança produtiva das economias ao longo do tempo são feitas assumindo que o espaço-produto é estático. Entretanto, ao abraçar a economia como um sistema complexo adaptativo, deve-se ter em mente que o problema deve compreender um quarto componente, a adaptação, que é um mecanismo evolucionário de retroalimentação do sistema. As respostas dos agentes em meio às condições impostas pelo sistema teriam o poder de, eventualmente, causarem alterações nas próprias condições do sistema. Ao relatar esse tipo de sistema, Mueller (2016) faz uso do conceito de “paisagens dançantes” (*dancing landscapes*), nas quais a estrutura de máximos locais pode estar em constante mudança.

A economia é, evidentemente, um sistema complexo adaptável. Alterações no mercado de câmbio ou de capitais acarretam diversas atitudes de instituições, firmas, e pessoas que, em conjunto, têm impactos na estrutura dos próprios mercados. O efeito *keep up with de joneses* já foi estudado, por exemplo, até para o acúmulo de reservas internacionais por economias emergentes, por Cheung e Qian (2009). Políticas econômicas de países também podem condicionar outras economias a tomarem diversas atitudes que alteram o ambiente macroeconômico mundial. Às vezes, é necessário que apenas um país mude suas políticas para ocasionar grandes ruídos. Por exemplo, de acordo com Helleiner (1994), a quebra unilateral do padrão ouro-dólar pelos Estados Unidos, na década de 1970, acabou por transformar o Sistema Financeiro Internacional.

No âmbito da estrutura produtiva, as interações entre os agentes econômicos, tanto em termos domésticos como internacionais, alteram as regras do jogo do desenvolvimento econômico ao longo do tempo. Por exemplo, atividades podem perder o seu poder em contribuir para a complexidade de uma economia. O carvão e o petróleo já tiveram papel central na geração de riqueza, mas hoje são consideradas commodities. A commoditização digital também indica que a função da atividade industrial no desenvolvimento econômico está se alterando ao longo do tempo e,

atualmente, deve se acoplar aos serviços de valor para criar complexidade. As tendências atuais apontam para a crescente importância das atividades desempenhadas por plataformas digitais na economia global, que dominariam o “petróleo do século XXI”¹: os dados. Dessa maneira, com o risco de ficar para trás no jogo do desenvolvimento, as economias devem estar constantemente buscando aprimorar a sua estrutura produtiva.

Independentemente da época, o desempenho de atividades de alta complexidade e inovação se dá em um ambiente de concorrência imperfeita. Nesse tipo de mercado, os primeiros a se estabelecerem tendem a se beneficiar não somente da inovação, mas também da criação de redes econômicas que propiciam poder de monopólio. Assim, uma firma ou economia entrante poderá ter dificuldades de competir. É o que indicam Autor et al (2017) ao modelar o efeito *winner take most* que ocorre em várias indústrias, pelo qual poucas firmas dominam o mercado. É o caso da Standard Oil, empresa do setor petrolífero que obteve hegemonia no mercado americano no começo do século XX. Também é o caso das gigantes da tecnologia – Apple, Amazon, Google, Facebook e Microsoft –, que atualmente não encontram qualquer tipo de contestação.

Assim sendo, uma estrutura produtiva favorável ao desempenho de atividades de alta complexidade no espaço-produto não necessariamente reflete que isso seja factível ou até preferível no longo prazo. Mudanças tecnológicas, a evolução da competitividade entre as economias, o exercício de poder de mercado e outras variáveis que se alteram em razão da própria interação entre os agentes econômicos definem um “baile da paisagem” de máximos locais. Essas constatações revelam o grande desafio que é costurar políticas de diversificação produtiva, mesmo se o espaço-produto refletir a melhor informação sobre as condições atuais da “floresta produtiva”.

A armadilha da renda média é analisada e confirmada sob a ótica da complexidade nesta seção. O aumento de complexidade não é acompanhado do aumento de renda per capita para esses países. O espaço-produto complementa o

¹ Texto da Economist publicado em 6 de maio de 2017. Disponível em : <https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource>

argumento ao apresentar vizinhanças cujas atividades têm máximos locais, refletindo a dificuldade de se diversificar em favor da complexidade e da renda per capita. O mesmo mapeamento que revela as dificuldades de aumentar a complexidade pode servir de ferramenta para que as economias rompam com a armadilha da renda média, pois é útil para formulação de políticas de diversificação produtiva, ressaltando-se que o espaço-produto pode estar em constante mudança.

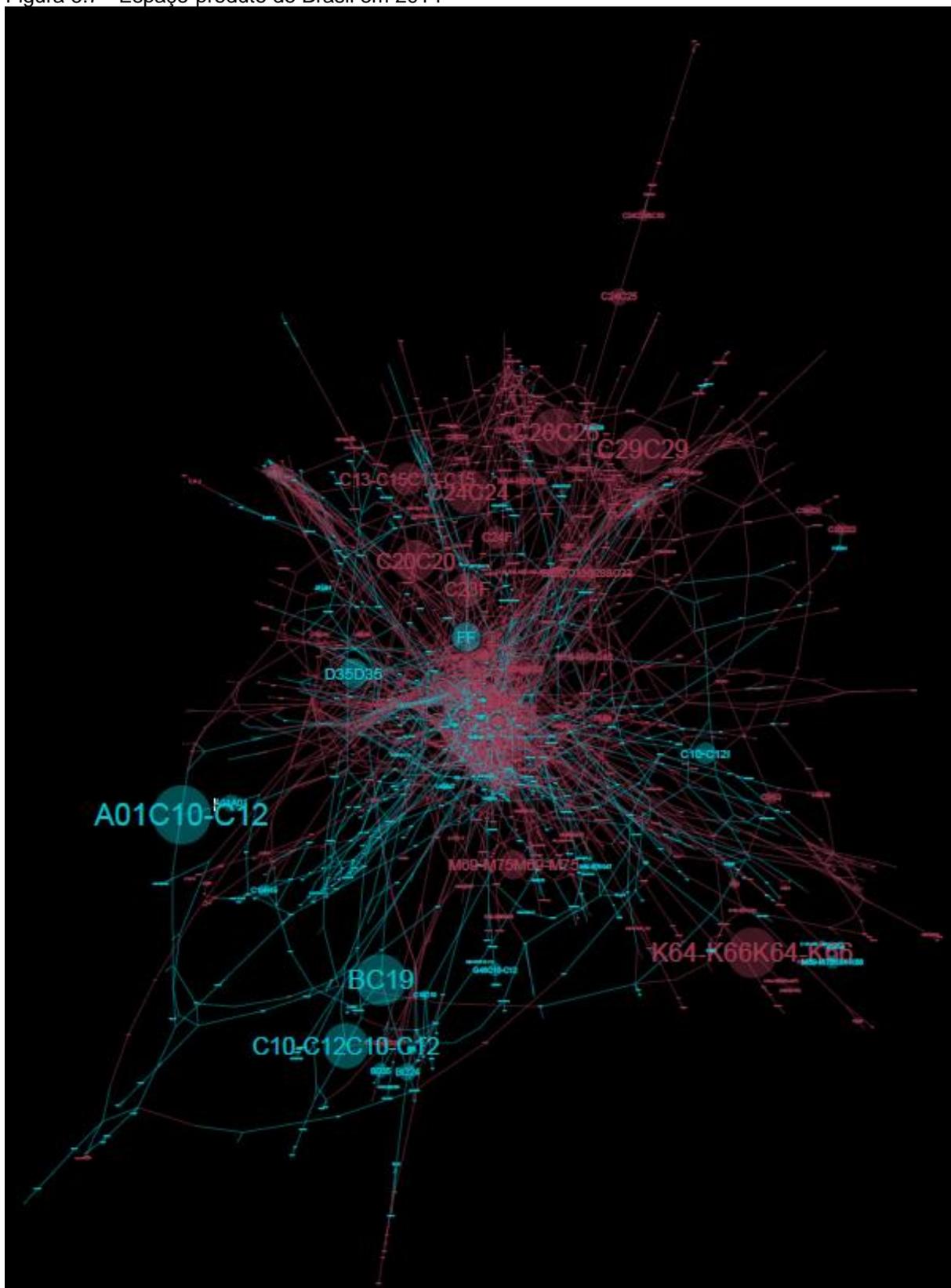
6.3 DIFERENÇAS ENTRE RENDA MÉDIA E O DESENVOLVIMENTO PLENO – UMA COMPARAÇÃO ENTRE PAÍSES SELECIONADOS

Já foi verificado que uma economia complexa é geralmente diversificada e possui competitividade em serviços, principalmente de valor. É interessante compreender, visualmente, o que o desenvolvimento significa no espaço-produto. Austrália, Brasil, Estados Unidos, Estônia e Japão são países representativos. Diferenciar a estrutura produtiva dessas economias no espaço-produto acaba por ressaltar o quão diferente uma economia de renda média é de uma economia desenvolvida.

O mecanismo de identificação de comunidades do espaço-produto foi substituído por um algoritmo binário. Não é estritamente necessário saber exatamente o que as atividades do espaço-produto são, apenas se elas se identificam como primárias, industriais, serviços de valor e de custo. Nesse caso, o tipo de atividade é facilmente identificado de acordo com sua localização espacial no espaço-produto. Ao centro da rede, encontram-se os serviços de custo; a sudoeste, as atividades primárias; a sudeste, os serviços de valor; e ao norte, as atividades industriais. Caso o país possua competitividade em uma atividade, o nó é pintado de azul. A situação contrária contempla o nó com a cor vinho. O resultado pode ser comparado a uma rede neural, cuja atividade cerebral revela as regiões de maior sinapse.

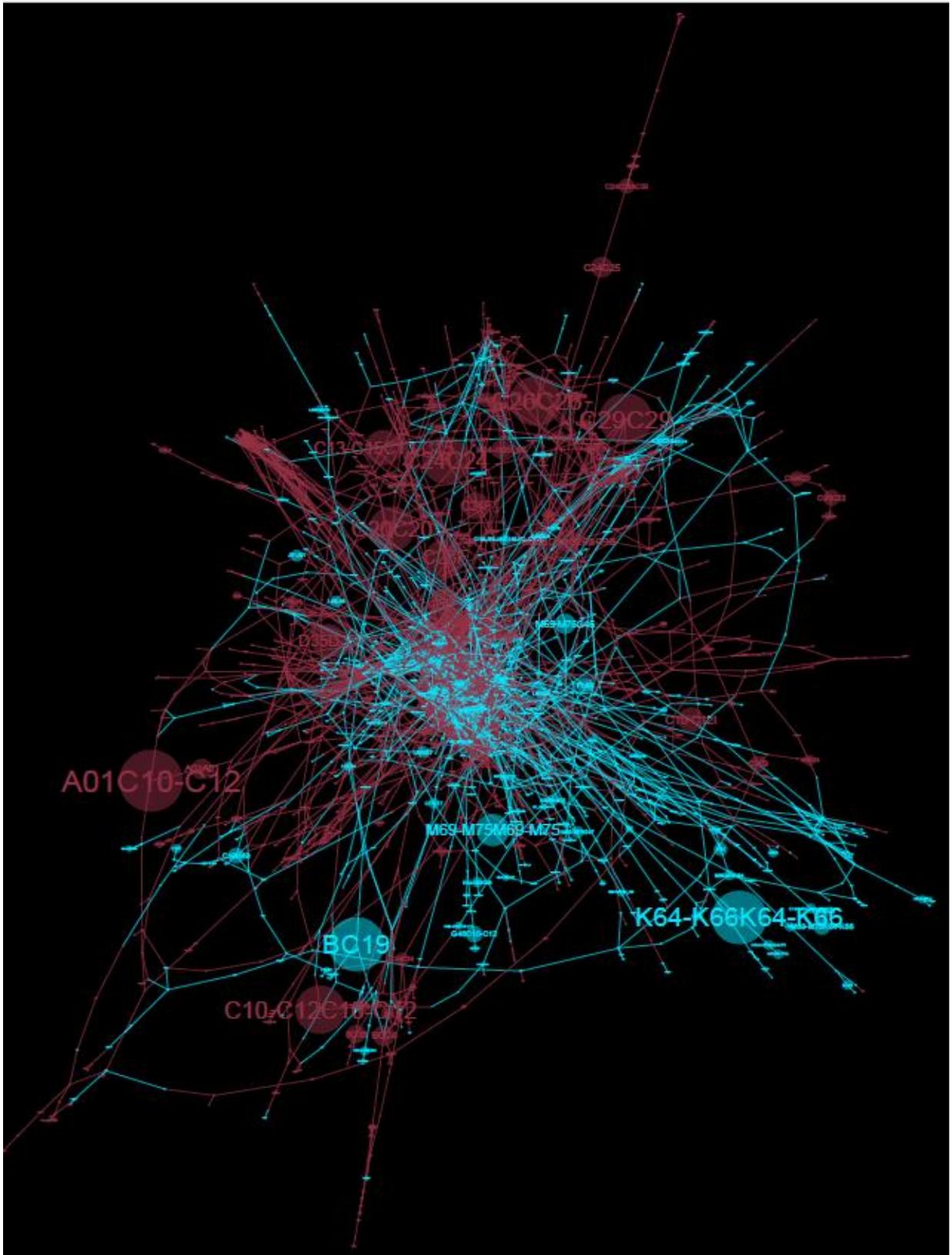
O espaço-produto do Brasil e dos Estados Unidos estão representados, respectivamente, nas figuras 6.7 e 6.8. A estrutura produtiva brasileira está concentrada na região de atividades primárias, com poucas conexões para as regiões de serviços de custos e de valor. Por outro lado, a maior parte das atividades dos EUA se concentra na região de serviços de valor e de custo. Como é de se esperar, há também competitividade em algumas atividades industriais.

Figura 6.7 - Espaço-produto do Brasil em 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra as atividades em que o Brasil é competitivo no espaço-produto de 2014. Cada nó é uma atividade. Caso o nó seja azul, o país é competitivo na atividade. Caso o nó seja vinho, o país não é. O espaço-produto é setorizado. Ao centro da rede, encontram-se os serviços de custo; a sudoeste, as atividades primárias; a sudeste, os serviços de valor; e ao norte, as atividades industriais. O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial.

Figura 6.8 - Espaço-produto dos Estados Unidos em 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra as atividades em que os Estados Unidos são competitivos no espaço-produto de 2014. Cada nó é uma atividade. Caso o nó seja azul, o país é competitivo na atividade. Caso o nó seja vinho, o país não é. O espaço-produto é setorizado. Ao centro da rede, encontram-se os serviços de custo; a sudoeste, as atividades primárias; a sudeste, os serviços de valor; e ao norte, as atividades industriais. O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial.

É importante notar que o Brasil e os Estados Unidos apresentaram valor parecido para a parcela da indústria no PIB, próximo a 12%, de acordo com a Tabela 6.5. Entretanto, a diferença entre os dois países para a densidade industrial, com US\$1893,25 e US\$6334,53, respectivamente, revela que a indústria tem uma função bem distinta nesses países. Em linha com o espaço-indústria de Arbache (2012), as conexões da indústria de cada país no espaço-produto mostram que a indústria brasileira, diferentemente da estadunidense, não conseguiu desempenhar a função de conectar os setores econômicos e catalisar serviços sofisticados.

Tabela 6.5 - Países Selecionados - Variáveis de Interesse em 2014

| | AUS | BRA | EST | JPN | USA |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| Densidade Industrial | 3051.28 | 1893.25 | 4062.19 | 7264.70 | 6334.53 |
| % Serviços de Valor / Consumo Intermediário | 9.8% | 6.9% | 8.4% | 6.9% | 10.8% |
| % PBS/PIB | 31.1% | 22.7% | 24.6% | 26.9% | 36.3% |
| % Manufaturas/PIB | 7.1% | 12.3% | 15.5% | 19.6% | 12.4% |
| Complexidade WIOD | 8 | 31 | 13 | 33 | 6 |

Fonte: *Elaboração própria, WIOD. A tabela compara variáveis de interesse entre Austrália, Brasil, Estônia, Japão e Estados Unidos. A densidade industrial, proposta por Arbache (2012), é o valor adicionado da indústria per capita em US\$.*

Novamente valendo do espaço-indústria, um indicador de que a indústria está inserida nos estágios avançados de desenvolvimento é a importância dos serviços sofisticados nessas economias. Para Arbache (2012), o desenvolvimento pleno da economia se espelha na relação simbiótica e sinérgica entre indústria e serviços, pela qual a densidade industrial aumenta concomitantemente à parcela de serviços profissionais e comerciais (PBS) no PIB. Os dados comprovam essa relação. Em 2014, os Estados Unidos contaram com 36,3% do seu PIB em PBS, parcela superior à brasileira, com 22,7%. O índice de serviços de valor também apresentou as mesmas características, com 11% e 7%, respectivamente (Tabela 6.5).

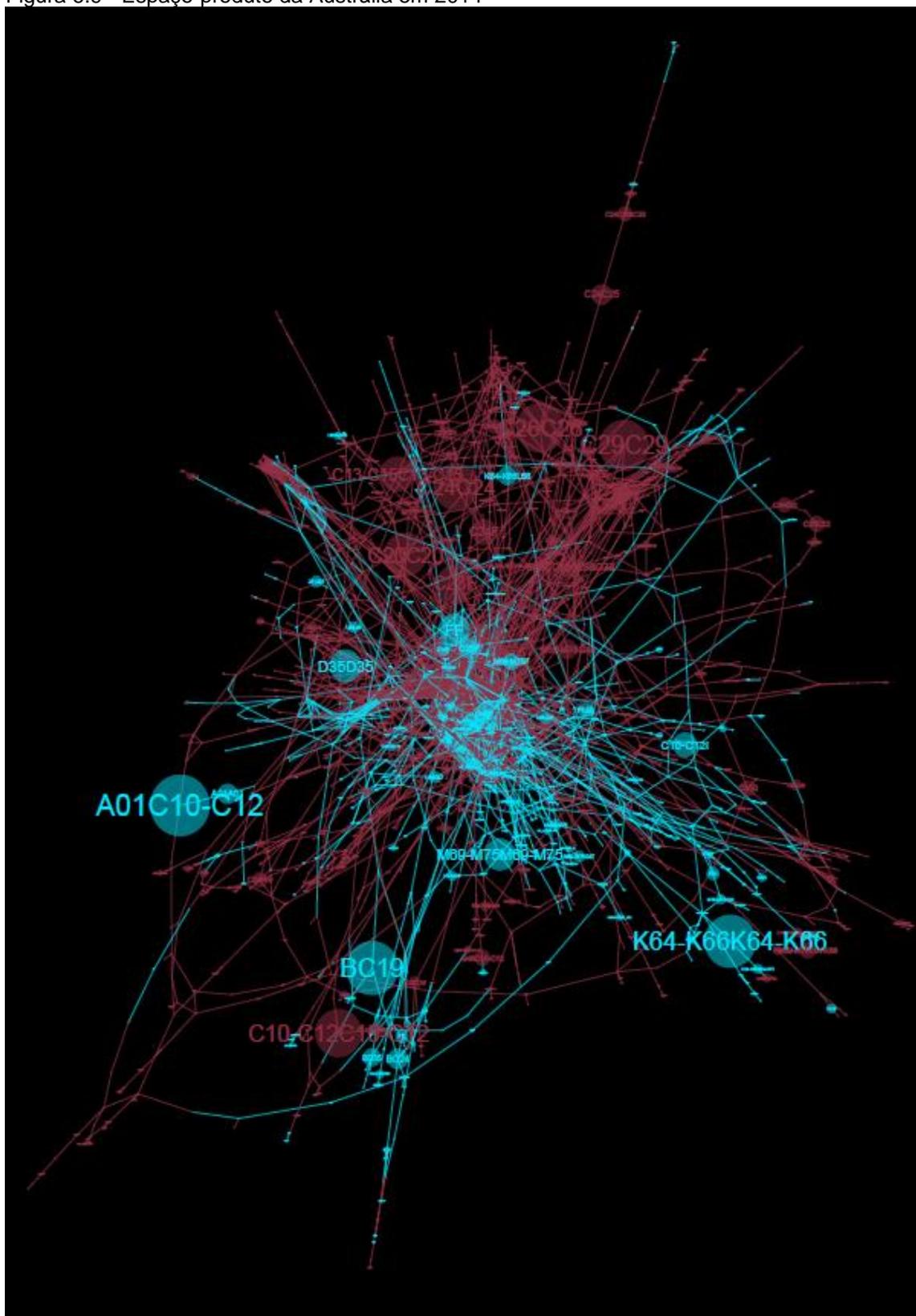
Os resultados da regressão da Tabela 6.3, na seção anterior, mostram que as três dimensões do “novo” espaço-indústria – densidade industrial, índice de serviços de valor e a parcela da indústria no PIB – são essenciais para explicar a complexidade econômica de cada país. As duas primeiras variáveis têm impacto positivo sobre a complexidade e a última, negativo. Os Estados Unidos apresentam ampla vantagem em relação aos dados de densidade industrial e serviços de valor. É por isto que, mesmo apresentando parcela igual da indústria no PIB, a economia norte-americana está na 6ª posição do ranking de complexidade e a brasileira, na 31ª.

Como já mencionado, a indústria é uma peça importante para aumentar a complexidade nos últimos estágios de desenvolvimento econômico. Essa atividade se prova importante pela função que desempenha como conectora e indutora, mas não por qualquer juízo de valor irretocável. Dessa maneira, não há empecilhos para que outros tipos de atividade se mostrem igualmente capacitados em desempenhar essas funções. Há somente a observação de que são as vias industriais que representam o lugar comum no desenvolvimento econômico.

O espaço-produto ressalta os caminhos produtivos mais propícios ao desenvolvimento, não podendo se afirmar que uma certa estrutura produtiva é impeditiva para se ter sucesso na caminhada, mas apenas mais difícil. É por isso que, dentre todas as economias desenvolvidas, a Austrália representa um caso especial. O lastro da estrutura produtiva dessa economia é formado por setores baseados em commodities, como a mineração e a agropecuária. De acordo com a Tabela 6.5, a parcela da indústria no PIB australiano é de apenas 7,1%, menor que a brasileira e a estadunidense. Mesmo assim, a economia australiana consegue desempenhar várias atividades complexas, ligadas aos serviços de valor. O índice de serviços de valor e a parcela do PBS no PIB são 10% e 31,1%, respectivamente, aproximando-se dos valores norte-americanos.

Veja, na Figura 6.5, as atividades que a Austrália desempenhou competitivamente em 2014. É visível a diferença entre a Austrália e os Estados Unidos no espaço-produto. Um país desenvolvido convencional, como os Estados Unidos, tende a apresentar uma alta diversificação de atividades, com várias conexões entre indústria e serviços. Por outro lado, a Austrália não possui competitividade em quase nenhuma atividade industrial e a sua diversificação é comparável à de uma economia emergente. Entretanto, a terra *down under* consegue conectar no espaço-indústria, quase que diretamente, sua especialização em atividades primárias com o desempenho de serviços de valor, atingindo a oitava colocação no ranking de complexidade.

Figura 6.9 - Espaço-produto da Austrália em 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra as atividades em que a Austrália é competitiva no espaço-produto de 2014. Cada nó é uma atividade. Caso o nó seja azul, o país é competitivo na atividade. Caso o nó seja vinho, o país não é. O espaço-produto é setorizado. Ao centro da rede, encontram-se os serviços de custo; a sudoeste, as atividades primárias; a sudeste, os serviços de valor; e ao norte, as atividades industriais. O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial.

Vários fatores podem ajudar a entender a atuação atípica da Austrália como economia complexa. Uma abordagem institucionalista indicaria que o país possui instituições inclusivas, não extrativas e alto capital social. Esse fator integraria o que já fora denominado como o papel que os ditos serviços de custos desempenham no aumento da complexidade: possibilitar o intercâmbio eficiente de ideias e bens, o que fomenta, indiretamente, a inovação no âmbito dos serviços de valor. Entretanto, de acordo com a lógica de Belloc e Bowles (2017), dificilmente esse tipo de instituição é evolucionariamente estável com uma estrutura produtiva voltada para o setor primário. Os laços culturais, linguísticos e financeiros advindos da participação na *Commonwealth* podem ter contribuído para essa estabilização institucional, bem como para uma integração produtiva favorável em termos de cadeias de valor em sua localização geográfica.

A conjunção dos fatores explicitados pode ter formado uma “tempestade perfeita” para que a complexidade se acumulasse na Austrália sem que fosse necessária a contrapartida da indústria. Entretanto, em razão da especificidade desses fatores, esses resultados dificilmente seriam replicáveis para outras economias exportadoras de commodities. Essas economias poderiam apresentar uma tendência a ficarem presas, no espaço-produto, a um máximo local de renda, configurando uma armadilha de renda. Afinal, apesar de atividades primárias possuírem baixa complexidade, elas podem ter uma renda associada maior que as atividades vizinhas no espaço-produto, incluindo até as de maior complexidade.

Assim como os exportadores de commodities, é possível que os players internacionais de bens industriais também tenham um risco de caírem em uma armadilha de renda. O processo de realocação industrial nas cadeias globais de valor diminuiu número de economias que conseguem fazer face à elevada competitividade global dos setores industriais. Ademais, é cada vez mais importante saber desenvolver e gerir essas tecnologias industriais: a commoditização digital comprimiu o valor extraído do simples uso de tecnologias industriais (Arbache, 2014).

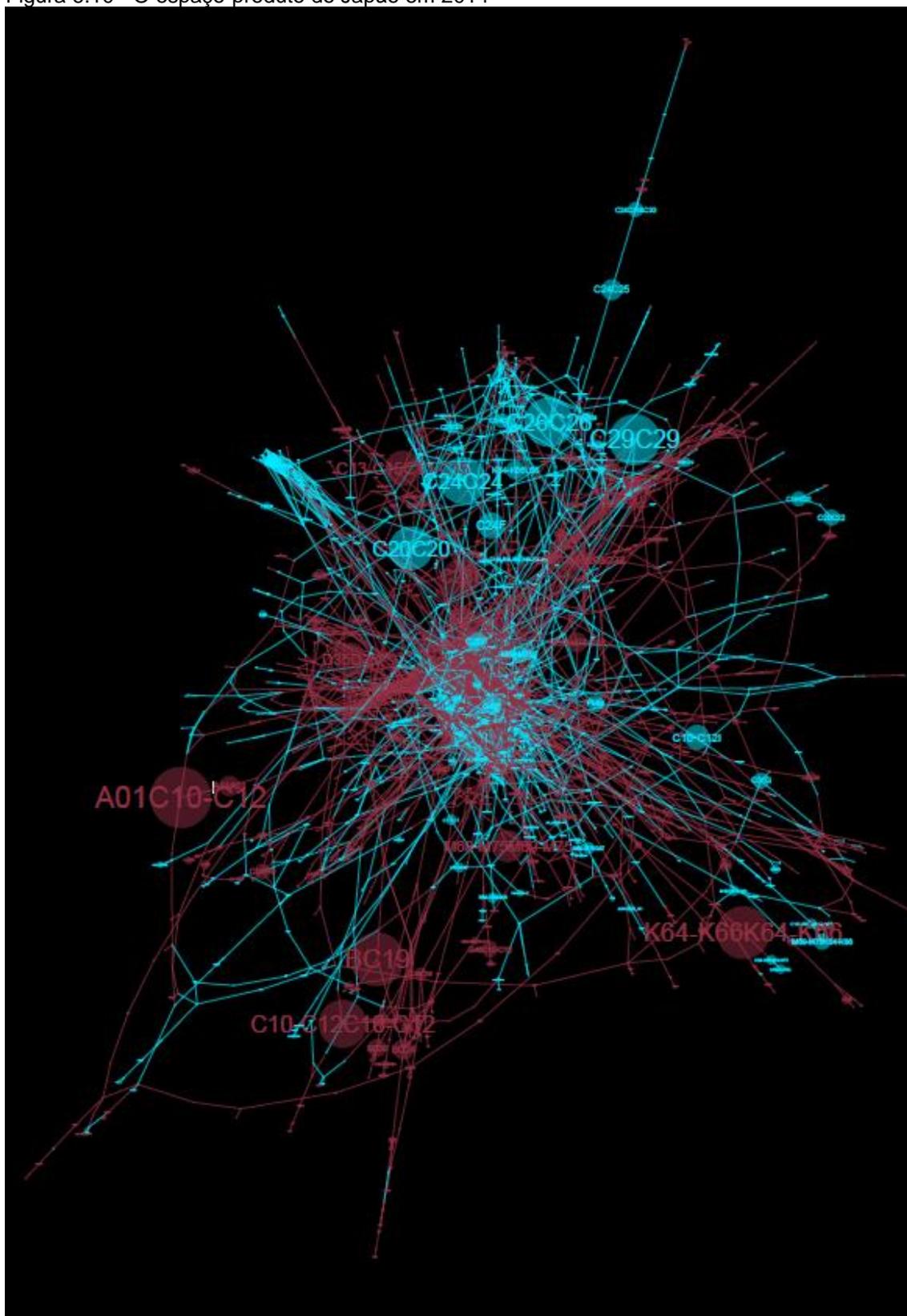
As oportunidades econômicas advindas da indústria sem a respectiva contrapartida dos serviços de valor são limitadas. Para angariar uma alta renda per capita, uma maneira de compensar a baixa complexidade das atividades industriais é a exportação em alta escala, sustentando superávits estruturais em conta corrente.

Como consequência, por exemplo, os maiores credores internacionais, em termos de posição líquida internacional de investimentos em 2014, eram Japão e China. Se a transição desses países para uma economia baseada em serviços fosse trivial, os desequilíbrios externos globais não seriam tão agudos (FMI, 2017), o que indica a presença de um ciclo vicioso.

Apesar de possuir uma alta renda per capita, o Japão não possui uma estrutura produtiva complexa, ao menos nos termos do presente estudo: dentre as 40 observações, é apenas a 33ª economia mais complexa. Como observado na Tabela 6.5, a densidade industrial japonesa é maior que a norte-americana, US\$7264,70. Isso parece decorrer da alta parcela da indústria no PIB japonês, de 19,6%, ao invés da combinação industrial com os serviços de valor, cujo índice de 6,9% se aproxima ao observado pelo Brasil. Veja, na próxima página, a configuração da estrutura produtiva japonesa de 2014 no espaço-produto. As atividades as quais o país desempenhava com competitividade eram basicamente industriais, com a presença de poucos serviços de valor.

Considerando as dificuldades que a economia japonesa encontra para o crescimento econômico desde a década 1990, o país poderia estar em uma “armadilha industrial”. Os altos ganhos de escala e eficiência industrial podem ter gerado um máximo local no espaço-produto japonês, no qual rendas associadas às atividades industriais seriam superiores às rendas de outras atividades mais complexas – serviços – disponíveis na vizinhança produtiva. Para confirmar isso, entretanto, seria necessário um aprofundamento sobre as tendências estruturais das economias industriais desenvolvidas, questão que foge do objetivo do presente estudo.

Figura 6.10 - O espaço-produto do Japão em 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra as atividades em que o Japão é competitivo no espaço-produto de 2014. Cada nó é uma atividade. Caso o nó seja azul, o país é competitivo na atividade. Caso o nó seja vinho, o país não é. O espaço-produto é setorizado. Ao centro da rede, encontram-se os serviços de custo; a sudoeste, as atividades primárias; a sudeste, os serviços de valor; e ao norte, as atividades industriais. O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial.

Os casos de Brasil, Estados Unidos, Austrália e Japão são úteis para compreender a complexidade econômica, mas nenhum desses países apresentou mudança estrutural significativa entre 2000 e 2014. A Estônia é um caso representativo para demonstrar trajetória virtuosa de mudança produtiva percorrida por uma economia. Atualmente, o país tem PIB PPP per capita superior a US\$27.000 e é a mais próspera das ex-repúblicas soviéticas. Entre 2000 e 2014, subiu quatro posições, da 17ª para a 13ª, no ranking de complexidade (Tabela 6.6). Uma análise estática do espaço-produto da Estônia foi feita, comparando as atividades competitivas da economia em 2000 e em 2014.

Tabela 6.6 - Estônia - Variáveis de Interesse em 2000 e 2014

| | 2000 | 2014 |
|---|---------|---------|
| Densidade Industrial | 2716.27 | 4062.19 |
| % Serviços de Valor / Consumo Intermediário | 5.7% | 8.4% |
| % PBS/PIB | 23.3% | 24.6% |
| % Manufaturas/PIB | 17.3% | 15.5% |
| Complexidade WIOD | 17 | 13 |
| Diversidade | 708 | 868 |

Fonte: *Elaboração própria, WIOD. A tabela compara a evolução de variáveis de interesse da Estônia entre 2000 e 2014. A densidade industrial, proposta por Arbache (2012), é o valor adicionado da indústria per capita em US\$.*

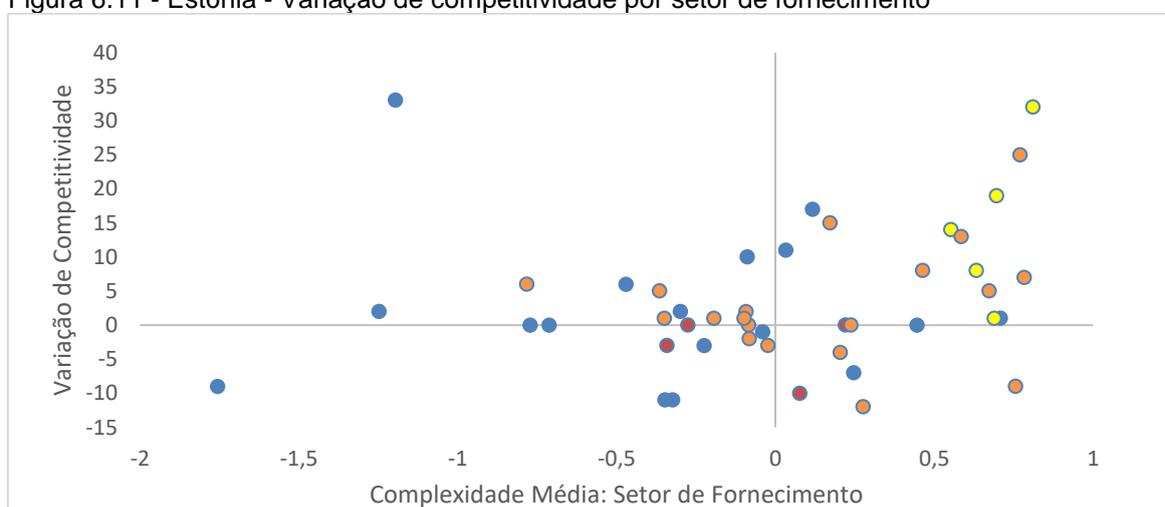
As reformas de estabilização macroeconômica aplicadas na década de 1990 abriram o caminho para políticas de inovação, de abertura econômica, de inclusão digital e de governança. O processo de inclusão digital merece especial atenção. Em 2000, a Estônia se tornou o primeiro país a declarar o acesso à Internet um direito humano básico, mesmo ano em que ratificou lei reconhecendo assinaturas digitais. Os estonianos também foram os primeiros a permitir votação on-line em eleições, em 2005. Já em 2012, o sistema escolar do país começou a ensinar programação aos seus alunos. Reivindica-se que 99% dos serviços públicos migraram para plataformas digitais, funcionando 24 horas por dia.

A confluência de políticas favoráveis à digitalização e à abertura de negócios rendeu resultados, principalmente ao setor de serviços de valor. Inúmeras startups de tecnologia emergiram da capital Tallinn nas décadas recentes, dentre eles os famosos Skype e Kazaa. Pode-se afirmar que esse pequeno estado báltico, hoje pertencente à Zona do Euro, escapou da armadilha da renda média. De acordo com a Tabela 6.6, em 2000, a diversificação do país contava com 708 atividades desempenhadas com competitividade. Em 2014, esse número subiu para 868. O processo de

desindustrialização ocorrido desde a independência foi acompanhado da ascensão de uma ampla gama de serviços de custos e valor, lastreada em conexões industriais. O índice de serviços de valor aumentou de 5,7% para 8,4% e a densidade industrial, de US\$2716,27 para US\$4062,19.

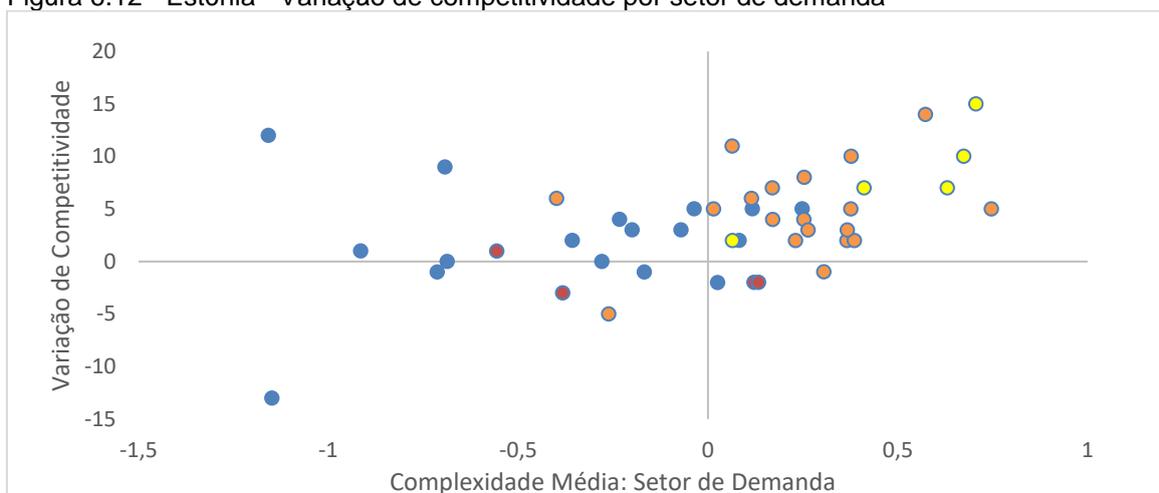
Em decorrência das políticas de digitalização, o setor que mais ganhou competitividade entre 2000 e 2014 foi o de programação e gestão da informação, tanto sob a ótica do fornecimento como sob a de demanda. Em ambos aspectos, todos os outros setores que representam serviços de valor também observaram variação positiva de competitividade (Figuras 6.7 e 6.8).

Figura 6.11 - Estônia - Variação de competitividade por setor de fornecimento



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura relaciona a variação de competitividade das atividades desempenhadas pela Estônia entre 2000 e 2014. Caso a variação seja positiva, o valor do eixo das ordenadas também o será. Foram calculadas as médias das complexidades da atividade de acordo com o setor de fornecimento, diferenciando o tipo de setor por cor. Em amarelo, estão os serviços de valor. Em laranja e azul, estão os serviços de custo e os setores industriais, respectivamente. Em vermelho, os setores primários.

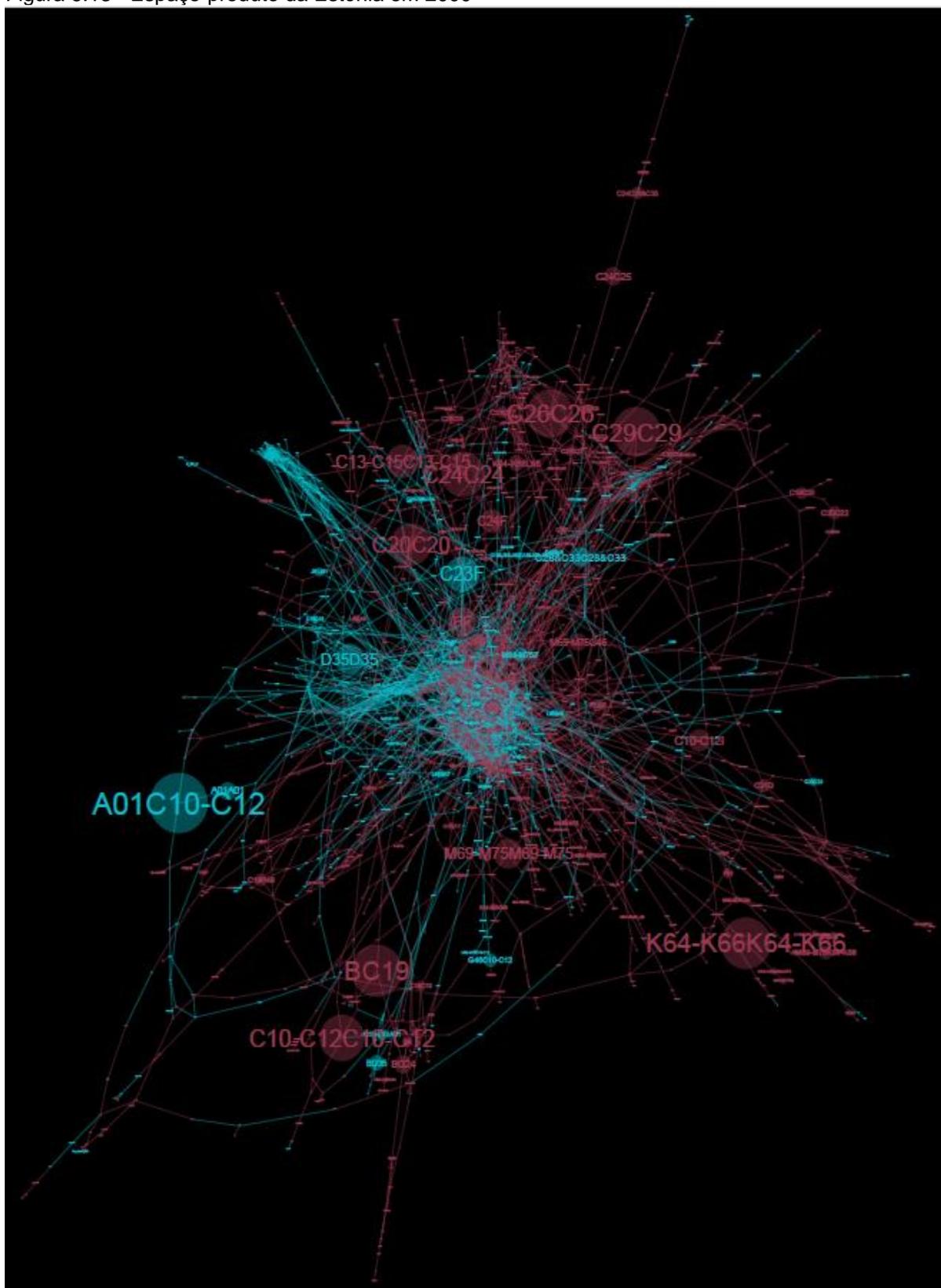
Figura 6.12 - Estônia - Variação de competitividade por setor de demanda



Fonte: *Elaboração própria, WIOD. A figura relaciona a variação de competitividade das atividades desempenhadas pela Estônia entre 2000 e 2014. Caso a variação seja positiva, o valor do eixo das ordenadas também o será. Foram calculadas as médias das complexidades da atividade de acordo com o setor de demanda, diferenciando o tipo de setor por cor. Em amarelo, estão os serviços de valor. Em laranja e azul, estão os serviços de custo e os setores industriais, respectivamente. Em vermelho, os setores primários.*

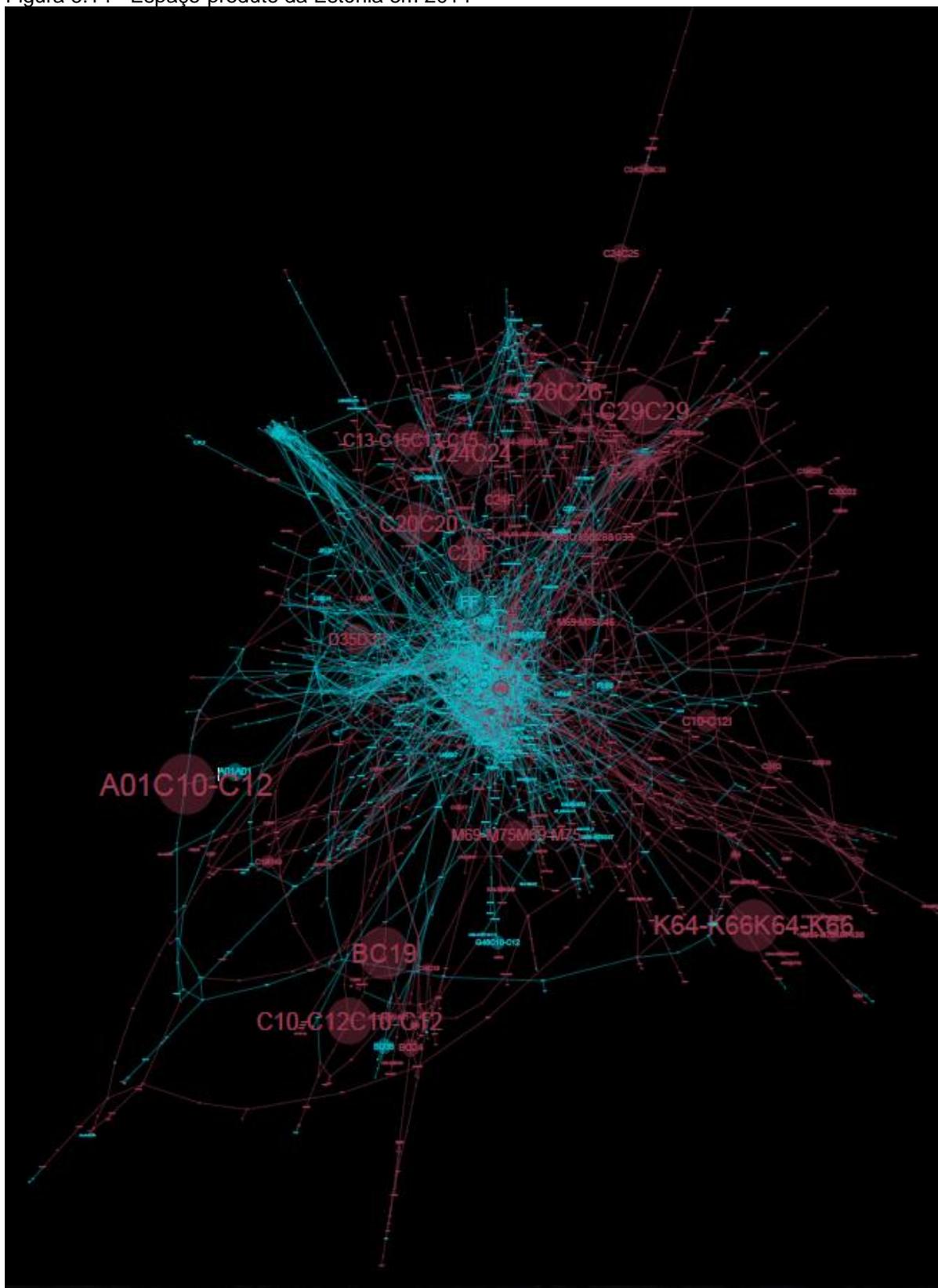
Uma comparação visual entre o espaço-produto estoniano em 2000 e 2014 corrobora esses dados (Figuras 6.9 e 6.10). A estrutura produtiva ficou mais densa no centro da rede, onde predominam serviços de custo, e na região dos serviços de valor.

Figura 6.13 - Espaço-produto da Estônia em 2000



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra as atividades em que a Estônia era competitiva em 2000, no espaço-produto de 2014. Cada nó é uma atividade. Caso o nó seja azul, o país é competitivo na atividade. Caso o nó seja vinho, o país não é. O espaço-produto é setorizado. Ao centro da rede, encontram-se os serviços de custo; a sudoeste, as atividades primárias; a sudeste, os serviços de valor; e ao norte, as atividades industriais. O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial.

Figura 6.14 - Espaço-produto da Estônia em 2014



Fonte: Elaboração própria, WIOD. A figura mostra as atividades em que a Estônia era competitiva em 2014, no espaço-produto de 2014. Cada nó é uma atividade. Caso o nó seja azul, o país é competitivo na atividade. Caso o nó seja vinho, o país não é. O espaço-produto é setorizado. Ao centro da rede, encontram-se os serviços de custo; a sudoeste, as atividades primárias; a sudeste, os serviços de valor; e ao norte, as atividades industriais. O tamanho de cada nó corresponde ao valor relativo da atividade na economia mundial.

As diferenças produtivas entre os países selecionados - Austrália, Brasil, Estados Unidos, Estônia e Japão - permitem observar os resultados encontrados para a complexidade econômica nas seções anteriores. Uma economia complexa é geralmente diversificada e possui competitividade em serviços, principalmente de valor. É por isso que, mesmo tendo parcela igual da indústria no PIB, a economia estadunidense é mais complexa que a brasileira.

Observou-se, também, que a indústria tem papel importante para a indução de complexidade. Entretanto, não é a simples industrialização que atribui complexidade nos estágios avançados de desenvolvimento, mas a sua função indutora, conectando-se aos serviços para gerar valor. O Japão é um caso de uma economia altamente industrial que, aparentemente, não conseguiu ainda se adaptar a esse processo. Esse pode ser um dos motivos para o baixo crescimento japonês nas últimas décadas. Já a Austrália obteve complexidade sem um pilar industrial, mas essa exceção pode ter ocorrido com base em uma “tempestade perfeita”, de difícil replicação em outras economias.

A Estônia, por fim, foi um caso de sucesso entre 2000 e 2014. O país conseguiu aumentar a sua complexidade com políticas de diversificação produtiva, principalmente em serviços de valor. Atualmente, a Estônia é a mais próspera das ex-repúblicas soviéticas, com PIB PPP per capita da superior a US\$27.000. Pode-se afirmar que essa economia conseguiu romper com a armadilha da renda média.

7 CONCLUSÃO

Em “O Jardim dos Caminhos que se Bifurcam”, o escritor Jorge Luis Borges dá vazão à infinidade de cenários que poderiam emergir de tomadas de decisão alternativas. Ao trocar a base de dados do trabalho seminal de Hausmann e Hidalgo para uma matriz mundial de insumo-produto, uma conjunção de resultados permitiu realizar análise abrangente sobre a natureza da complexidade econômica.

A nova medida de complexidade parece explicar melhor a variação de renda per capita entre economias emergentes e desenvolvidas, ponto em aberto no trabalho de Hausmann e Hidalgo. Isso ocorre porque a matriz de insumo-produto consegue captar a importância dos serviços, principalmente os de valor, para a complexidade de um país. Já a indústria é essencial para o processo de desenvolvimento econômico ao agir como principal conectora entre setores e indutora de atividades complexas. Essas observações vão em linha com a proposta do espaço-indústria feita por Arbache, pela qual os últimos estágios de desenvolvimento requerem uma transformação da indústria, concomitantemente ao aumento da importância de serviços de valor.

Conclui-se que a indústria não é um herói solitário ou a solução para todos os problemas do desenvolvimento. Muito menos é uma atividade sem importância específica para a trajetória virtuosa da riqueza de uma nação. Os resultados deste trabalho indicam que a indústria confere uma peça importante para a engrenagem da complexidade econômica, aqui denominada “trindade do desenvolvimento”. Essa trindade é formada por indústria, serviços de custo e de valor.

A trindade do desenvolvimento tem relacionamento paralelo ao apresentado por Hidalgo entre energia, matéria e informação. Os setores industriais demandam e “materializam” a inovação gerada por serviços de valor e, para desempenhar essas funções, ambas as atividades utilizam a “energia” oferecida pelos serviços de custo, que, por sua vez, estruturam-se a partir da indústria e dos serviços de valor. A computação desse processo é o que gera o desenvolvimento econômico. Quanto mais complexa é uma economia, mais importantes serão os serviços de valor na geração direta de riqueza e mais importantes serão as atividades industriais em conectar e demandar soluções, em substituição ao tradicional papel de transformação de bens.

A abordagem aqui apresentada sobre a complexidade econômica também lança luz sobre as diferenças da estrutura produtiva entre economias de renda média e desenvolvidas. Nesse sentido, o estudo permite aprofundar a compreensão sobre o que seria a armadilha da renda média sob a ótica da complexidade econômica. Como visto, nesse estágio de desenvolvimento, observa-se que um aumento da complexidade produtiva não necessariamente acarreta aumento da renda per capita do país.

As estruturas produtivas de cada economia foram examinadas a fim de se identificar atividades comumente desempenhadas. Essas atividades alegadamente compartilham de requisitos similares e, portanto, compõem indicadores de proximidade produtiva. Com a ressalva de que as informações extraídas podem estar em constante mudança, uma vez que se originam de um sistema complexo, o mapeamento levantado pode ser útil para a formulação de políticas econômicas, inclusive para romper com a armadilha da renda média.

O estudo da complexidade econômica ainda é incipiente, mas pode ser de grande serventia para entender questões centrais como dentro o desenvolvimento econômico. Nesse âmbito, as conclusões desse trabalho se juntam à excitante previsão de Stephen Hawking, feita em 2000: *I think the next century will be the century of complexity.*

Referências

- AGÉNOR, P.-R.; CANUTO, O. Middle-Income Growth Traps. **Research in Economics**, v. 69, n. 4, p. 641–660, 2015.
- ARBACHE, J. Is Brazilian Manufacturing Losing its Drive? Departamento de Economia, **Universidade de Brasília**, 2012.
- ARBACHE, J. **Serviços e Competitividade Industrial no Brasil**. Confederação Nacional da Indústria, 2014.
- ARBACHE, J. The Contribution of Services to Manufacturing Competitiveness in Brazil. Departamento de Economia, **Universidade de Brasília**, 2015.
- ARTHUR, B. Complexity and the Economy. **Science**, n. 284, p. 107-109, 1999.
- ARTHUR, B. Complexity Economics: A Different Framework for Economic Thought. Santa Fe Institute, **SFI Working Paper**, n. 2013-04-012, 2013.
- AUTOR, D.; DORN, D.; LAWRENCE, F.; PATTERSON, C.; VAN REENEN, J. Concentrating on the Fall of the Labor Share. **American Economic Review**, v. 107, n. 5, p. 180-185, 2017.
- BALASSA, B. Trade Liberalisation and “Revealed” Comparative Advantage. **The Manchester School**, v. 33, n. 2, 1965.
- BARABÁSI, A.-L. **Network Science**. Cambridge University Press, 2016.
- BARDER, O. **The Implications of Complexity for Development**. Kapuściński Lecture, 2012.
- BEINHOCKER, E. **The Origin of Wealth: The Radical Remaking of Economics and What It Means for Business and Society**. Harvard Business School Press, 2007
- BELLOC, M.; BOWLES, S. 2017. Persistence and Change in Culture and Institutions under Autarchy, Trade, and Factor Mobility. **American Economic Journal: Microeconomics**, v. 9, n. 4, p. 245-76.
- BETTENCOURT, L. The Origins of Scaling in Cities. **Science**, v. 340, n. 6139, p. 1438-1441, 2013.
- BLONDEL, D.; GUILLAUME, J.L.; LAMBIOTTE, R.; LEFEVBRE, E. Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, v. 10, 2008
- BORGATTI, S. P.; MEHRA, A.; BRASS, D. J.; LABIANCA, G. Network analysis in the social sciences. **Science**, v. 323, n. 5916, p. 892-5, 2009.
- BRUEGEL INSTITUTE. **Remaking Europe: the new manufacturing as an**

engine for growth. Blueprint Series, n. 26, 2017.

CARVALHO, V.; GABAIX, X. The Great Diversification and its Undoing. National Bureau of Economic Research, **NBER Working Papers**, n. 16424, 2010.

CHEUNG, Y-W; QIAN, X. Hoarding of International Reserves: Mrs Machlup's Wardrobe and the Joneses. **Review of International Economics**, v. 17, 2009.

EICHENGREEN, B; DONGHYUN, P; KWANHO, S. Growth slowdowns redux. **Japan and the World Economy**, v. 32, p. 65-84, 2014.

FMI. **World Economic Outlook**, 2015.

FMI. **External Sector Report**, 2017.

GILL, I.; KHARAS, H. **An East Asian Renaissance: Ideas for Economic Growth.** Banco Mundial, 2007.

GILL, I.; KHARAS, H. The Middle-Income Trap Turns Ten. **World Bank Policy Research Working Paper**, n. 7403, 2015.

HALLWARD-DRIEMEIER, M.; NAYYAR, G. **Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-Led Development.** Banco Mundial, 2017.

HAUSMANN, R.; HIDALGO, C. A. **The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity.** MIT Press Books, The MIT Press, 2014.

HAUSMANN, R.; HIDALGO, C. A. The Building Blocks of Economic Complexity", **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570–10575, 2009.

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

HELLEINER, E. **States and the Reemergence of Global Finance – From Bretton Woods to the 1990s.** Cornell University Press, 1994.

HIDALGO, C. A. **Three Empirical Studies on the Aggregate Dynamics of Human Drively Complex Systems.** Tese de Doutorado em Física, Universidade de Notre Dame, 2008.

HIDALGO, C. A. **Why Information Grows: The Evolution of Order, from Atoms to Economies.** Basic Books, New York, 2015.

HIDALGO, C. A.; BARABÁSI, A.-L.; HAUSMANN, R.; KLINGER, B. The Product Space Conditions the Development of Nations. **Science**, n. 5837, p. 482-487, 2007.

HIRSCHMAN, A. Economic development, research and development, policy making: some converging views, **Systems Research and Behavioral Science**, n.2, p. 211-222, 1962

IM, F. G.; ROSENBLATT, D. Middle-Income Traps: A Conceptual and Empirical Survey. Banco Mundial, **World Bank Policy Research Working Paper**, n. 6594, 2015.

JACOMY, M.; VENTURINI, T.; HEYMANN, S.; BASTIAN, M. ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software. Public Library of Science, **PLOS ONE**, v. 9, n. 6, 2014.

KEMP-BENEDICT, E. An interpretation and critique of the Method of Reflections. **Munich Personal RePEc Archive**, MPRA Paper, n. 60705, 2014.

MARTIN, S.; BROWN, W.; KLAVANS, R.; BOYACK, K. OpenOrd: An Open-Source Toolbox for Large Graph Layout. **SIPI Proceedings**, v. 7868, 2011.

MILO, R.; SHENN-ORR, S.; ITZKOVITZ, S.; KASHTAN, N.; CHKLOVSKII, D.; ALON, U. Network Motifs: Simple Building Blocks of Complex Networks. **Science**, v. 298, n. 5594, p. 824-827, 2002.

MUELLER, B. Beliefs, Institutions and Development on Complex Landscapes. Departamento de Economia, **Universidade de Brasília**, 2016.

OBSTFELD, M.; TAYLOR, A. Globalization and Capital Markets. **National Bureau of Economic Research**, NBER Working Papers, n. 8846, 2002.

OCDE. Foreign Direct Investment Restrictions in OECD Countries. **OECD Economic Outlook**, v. 1, 2003.

PIETRONERO, L.; TACCHELLA, A.; CRISTELLI, M.; CALDARELLI, G.; GABRIELLI, A. A New Metrics for Countries' Fitness and Products' Complexity. *Nature*, **Scientific Reports**, v. 2, n. 723, 2012.

RUBINOV, M; SPORNS, O. Complex network measures of brain connectivity: Uses and interpretations. **NeuroImage**, v. 52, p. 1059-1069, 2010.

STIGLITZ, J.; BATTISTON, S.; CALDARELLI, G.; MAYE, R.; TARIK, R. The price of complexity in financial networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 136, n. 36, p. 1031–6, 2016.

TIMMER, M. P.; DIETZENBACHER, E.; LOS, B.; STEHRER, R.; DE VRIES, G. J. An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database. **Review of International Economics**, v. 23, p. 575–605, 2015.