

As complexidades econômica e produtiva como aspectos particulares do desenvolvimento econômico dos países: uma análise a partir das abordagens do espaço-produto e matrizes de insumo-produto

Kaio Vital da Costa¹

Área 1: Economia

Resumo

As teorias econômicas clássicas prescrevem a especialização da produção industrial dos países. A análise que apresentamos no estudo foi motivada por estudos recentes que mostraram como os dados disponíveis nas redes de comércio mundial desafiam a abordagem econômica padrão. De fato, na visão padrão, os países mais ricos deveriam produzir apenas alguns produtos com alto grau de especialização. Contudo, estudos recentes mostram que os países tendem a produzir todos os produtos possíveis eles podem, dado seu nível de tecnologia. Isso é indicativo de uma coevolução entre a complexidade dos produtos exportados e a complexidade da estrutura produtiva. No estudo, desenvolvemos um matriz de convergência/divergência entre aquelas duas métricas de complexidade. A criação dessa matriz mostrou diferentes padrões de coevolução entre as complexidades econômica e produtiva.

Palavras-chave: complexidade econômica; complexidade produtiva; desenvolvimento econômico; coevolução

Abstract

Classical economic theories prescribe specialization of countries industrial production. The analysis we present in the study was prompted by recent studies that have shown how the data available on world trade networks defies the standard economic approach. In fact, in the standard view, richer countries should only produce a few products with a high degree of specialization. However, recent studies show that countries tend to produce every possible product they can, given their level of technology. This is indicative of a co-evolution between the complexity of exported products and the complexity of the productive structure. In the study, we developed a convergence/divergence matrix between those two-complexity metrics. The creation of this matrix showed different patterns of co-evolution between economic and productive complexities.

Keywords: economic complexity; productive complexity; economic development; coevolution

JEL Classification: F63; C67; B52

¹ Professor do Instituto de Economia da UFRJ e pesquisador do Grupo de Indústria e Competitividade (GIC/IE/UFRJ).

1. Introdução

Uma economia moderna é caracterizada por uma rede de setores ou unidades produtivas intrinsecamente ligadas entre si, dependendo crescentemente de insumos intermediários fornecidos por vários setores da economia. A complexidade de uma economia será considerada conceitualmente como o resultado do processo de desenvolvimento que amplia a multiplicidade de interações econômicas dentro do sistema econômico (Sonis e Hewings, 1998). Essa perspectiva guarda estreita relação com as análises desenvolvidas por autores estruturalistas, como Albert Hirschman, Hollis Chenery, Celso Furtado e Arthur Lewis, por exemplo. Para esses autores, o que caracterizaria o processo de desenvolvimento dos países seria o aumento das interações que ocorrem entre os setores produtivos de uma economia. Em outras palavras, o desenvolvimento econômico seria acompanhado por um aprofundamento na intensidade das interações entre os setores produtivos, e não apenas a alocação de recursos entre esses setores².

Ao mesmo tempo em que a estrutura produtiva se torna mais complexa do ponto de vista das interdependências setoriais, ocorrem mudanças estruturais nessas economias. A indústria e os serviços ganham uma relevância cada vez maior no produto interno bruto em detrimento das atividades primárias; na pauta exportadora adquire um maior peso os bens manufaturados mais sofisticados do ponto de vista tecnológico; na estrutura da demanda interna ganham maior relevância produtos importados também mais sofisticados. Para os autores estruturalistas, a complexidade estrutural, entendida como um maior nível de interdependência entre os setores seria uma condição necessária, embora não suficiente, para uma transformação na pauta de exportações na direção de bens mais sofisticados tecnologicamente.

Estudos mais recentes colocaram novamente a mudança estrutural no centro da compreensão do desenvolvimento econômico dos países (Hausman e Hidalgo, 2011). As diferenças na capacidade dos países para sofisticar sua estrutura produtiva e diversificar suas exportações na direção de produtos mais complexos parecem explicar por que alguns países conseguem se desenvolver, enquanto outros permanecem pobres (McMillan e Rodrik, 2011)³. De acordo com Hidalgo e Hausman (2011), a capacidade de crescimento econômico de um país reside na diversidade de suas capacidades disponíveis. São necessários diversos tipos de capacidades para avançar na direção de novas atividades associadas com elevados níveis de produtividade. Um resultado empírico bem estabelecido é que os países especializados em produtos mais sofisticados, subseqüentemente, crescem mais rapidamente (Rodrik, 2006; Hausman, Hwang e Rodrik, 2007; Hidalgo e Hausman, 2009).

Apresentando o conceito de espaço-produto, que mapeia e liga produtos de acordo com as capacidades do país necessárias para sua produção, Hausman et al. (2014) procuram explicar a relação entre renda per capita do país, crescimento econômico e uma ampla medida de produção de capacidades. A complexidade do produto está relacionada

² Segundo Clements e Rossi (1991), a elaboração e divulgação de matrizes de insumo-produto em vários países desenvolvidos e em desenvolvimento entre as décadas de 1950 e 1960 permitiu o desenvolvimento de uma grande quantidade de indicadores, como os encadeamentos para trás e para frente (Hirschman, 1961; Rasmussen, 1958). Esses indicadores seriam utilizados tanto para os planos de reconstrução de vários países europeus, quanto para os países em desenvolvimento latino-americanos.

³ O papel das capacidades como condição prévia para o crescimento de longo prazo é central nos trabalhos de Hirschman (1961), Lewis (1955), Rostow (1959) e Kaldor (1967). Esses autores retrataram o desenvolvimento econômico essencialmente como um processo de transformação estrutural e aumento da produtividade, impulsionados pelo fortalecimento progressivo das capacidades produtivas.

com a ubiquidade desse produto, isto é, com o número de países que exportam esse produto com vantagem comparativa revelada, enquanto a complexidade econômica de um país é o grau de diversificação da cesta de bens exportados, ou seja, com o número de produtos que um país exporta com vantagem comparativa revelada. Para Hausman et al. (2014), a complexidade econômica ou do produto seria uma *proxy* representativa das capacidades locais em sofisticar a estrutura produtiva.

O objetivo do presente estudo é analisar o fenômeno da complexidade a partir do ponto de vista das abordagens de insumo-produto e do espaço-produto. O estudo utiliza busca responder à seguinte pergunta: à medida em que os países se desenvolvem ocorre uma coevolução⁴ entre as estruturas produtivas e a complexidade dos produtos exportados pelos países, mas como coevoluíram essas duas dimensões? Ambas as dimensões coevoluíram no sentido de uma maior (menor) divergência e/ou convergência? A leitura conjunta de indicadores construídos a partir dessas duas abordagens permite uma melhor compreensão da complexidade econômica dos países. A hipótese é a de que uma maior complexidade em termos do número e da densidade das interrelações setoriais deve coevoluir com a complexidade ou sofisticação dos produtos exportados pelos países. Se deixarmos de lado aspectos macroeconômicos como taxa de juros e de câmbio, por exemplo, a capacidade de um país exportar um produto de elevado conteúdo tecnológico está relacionado fundamentalmente do grau de complexidade alcançada pela estrutura produtiva do país. Em outras palavras, à medida em que o país diversifica sua estrutura produtiva, aumentando a rede de interdependências no interior dela, as capacitações tecnológicas locais devem aumentar concomitantemente, de modo que parte da sua produção doméstica adquira condições de ser vendida em mercados estrangeiros.

O artigo está dividido em duas seções, além desta introdução e das conclusões. Na seção 2 discutimos os conceitos de complexidade econômica e complexidade estrutural a partir das abordagens do espaço-mundo e circularidade, respectivamente, argumentando dos possíveis pontos de contatos entre as duas teorias. A seção 3 apresenta os resultados do estudo, discutindo as possibilidades de análise a partir das abordagens do espaço-mundo e da circularidade estrutural.

2. A mudança estrutural como transformação produtiva e nas capacitações tecnológicas

Nas análises econômicas, uma dimensão interessante da complexidade está relacionada ao nível de interdependência entre as partes componentes de uma economia⁵. O modelo de insumo-produto desenvolvido por Leontief é, por sua própria natureza, uma das melhores metodologias teóricas e empíricas para estudar esse fenômeno. Por sua vez,

⁴ Dizemos que as duas dimensões (ou subsistemas) coevoluem por meio de vínculos deliberados de promoção intersistêmica, quando os impactos da estrutura produtiva sobre as exportações resultam em melhorias dos vínculos intersetoriais. Ambas as dimensões podem convergir ou divergir em termos de grau de complexidade.

⁵ Os autores estruturalistas anglo-saxões (Paul Rosentein-Rodan, Ragnar Nurkse, Albert Hirschman, Hollis Chenery, Arthur Lewis, Hans Singer) e latino-americanos, relacionados principalmente com a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, CEPAL (Raúl Prebisch, Celso Furtado) entendiam o processo de desenvolvimento econômico como um fenômeno estreitamente relacionado à uma maior sofisticação e complexidade das estruturas produtivas (Gala, 2017). Essa era uma condição necessária para uma melhor inserção, por meio da exportação de produtos manufaturados, no comércio internacional. Em um primeiro momento, esses autores relacionavam o nível de complexidade da economia com o grau de industrialização alcançado. Com as dificuldades apresentadas no processo de industrialização por substituição de importações em meados da década de 1960, o desenvolvimento passou a estar relacionado com um maior grau de interdependência entre os setores produtivos.

a metodologia do espaço-produto desenvolvida por Hidalgo et al. (2007) estuda a evolução das posições históricas de países dentro de espaço-produto em evolução. Este espaço-produto é uma representação das distâncias entre estruturas de fluxos de comércio internacional para todos os produtos. O posicionamento histórico dos países neste espaço produto utiliza índices específicos de vantagens comparativas reveladas. Os autores inserem estes índices em um argumento teórico baseado na noção de capacidade dos países: a complexidade da estrutura produtiva nacional determina o potencial do país para promover seu próprio desenvolvimento. A análise conjunta de ambas as abordagens permite investigar a relação dinâmica entre a estrutura exportadora e a estrutura de relações intersetoriais de um país.

Essa seção se divide em duas partes. A primeira apresenta a noção de complexidade elaborada a partir da metodologia de insumo-produto, que chamamos de complexidade estrutural, expondo uma nova metodologia para calcular a complexidade estrutural das economias (Lantner 1972; Defourny e Marée, 1978; Lantner e Lebert, 2013, 2015). A segunda seção apresenta a noção de complexidade econômica, derivada da abordagem de Hidalgo et al. (2007), Hausman et al. (2014) e Gala (2017).

2.1 A complexidade estrutural como processo de maior interdependência setorial: uma abordagem insumo-produto

A conectividade é a característica principal da análise insumo-produto e há, como esperado, muitas maneiras de medi-la, desde os estudos pioneiros de Chenery e Watanabe (1958), Rasmussen (1956) e Hirschman (1961) até os modelos mais sofisticados, tais como as medidas de interdependência de Yan e Ames (1965), a *transactions rounds matrix* de Robinson e Markandya (1973), a medida de ciclicidade de Finn (1976) e a medida de autovalor dominante de Dietzenbacher (1992). Entre os mais recentes exemplos de medidas de interdependência, mostrando o ressurgimento do interesse por esse tipo de pesquisa, estão o comprimento das cadeias produtivas de Romero, Dietzenbacher e Hewings (2009) e a complexidade como uma medida de interdependência entre os setores de Amaral et al. (2007)⁶. Esses estudos estão preocupados principalmente com o nível de articulação ou de interdependência entre os setores e as análises dos multiplicadores setoriais.

De acordo com Basu e Johson (1994), os vários métodos para desenvolver índices a partir das matrizes de insumo-produto podem ser classificados como: 1. Índices baseados nas matrizes de fluxos interindustriais;

2. Índices baseados em matrizes de booleanas⁷;
3. Índices baseados na matriz inversa de Leontief;

⁶ Esses autores utilizam o termo “complexidade econômica” como o resultado do desenvolvimento das economias, que amplia a multiplicidade das interdependências dentro de um sistema econômico. Sonis e Hewings (1998) definem como o resultado do gradual processo (ou propriedade emergente) de complicação da rede de interdependências entre os setores econômicos, atividades econômicas e todos os possíveis sub sistemas econômicos e espaciais. Uma vez que esses estudos utilizam principalmente a abordagem de insumo-produto para analisar os fluxos de trocas presentes nas economias e como uma forma de diferenciar a noção de complexidade econômica presente em Hidalgo et al. (2007) e Gala (2017), é mais apropriado a utilização da noção de complexidade estrutural. A utilização desse termo é também mais apropriada porque o objetivo principal desses indicadores baseados em matrizes de insumo-produto é, de modo geral, medir o grau de interdependência entre os setores que compõem a estrutura produtiva de uma economia.

⁷ Uma matriz booleana é uma matriz formada apenas pelos valores 0 e 1, sendo que 0 indica a inexistência de fluxos entre dois elementos quaisquer em uma matriz de trocas e 1 mostra a existência de fluxos entre esses elementos.

4. Índices baseados em abordagens mistas.

Uma vez que a análise interindustrial se ocupa das interrelações necessárias à produção de bens e serviços, a função primordial da análise estrutural é investigar o curso das correntes de bens e serviços em sua sequência de um setor a outro da estrutura. Assim, o interesse da análise estrutural, desde suas primeiras formulações com Leontief (1985), foi a construção de indicadores que permitissem entender a arquitetura das estruturas produtivas dos países. Ou seja, qual é a dominância de um setor em relação a outro (Hurwicz e Leontief, 1955; Leontief, 1985)? Os setores são mais ou menos auto suficientes, interdependentes e/ou dependentes entre eles (Sonis e Hewings, 1998)? A estrutura produtiva está mais ou menos conectada com os fluxos de bens e serviços demandados de outras economias (Sonis e Hewings, 2001)?

Dentro dessa abordagem de análise estrutural, Wong (1954) sugere que o determinante da matriz de coeficientes técnicos $\Delta = (T - I)$ é uma medida relativa do

volume da produção líquida e da complexidade do sistema produtivo. A abordagem proposta por Lantner (1972, 1974) também parte da interpretação dos determinantes da matriz $(\mathbb{I} - \mathbb{A})^{-1}$, mas tem como base os teoremas propostos por Bott e Mayberry (1954). A partir do estudo dos determinantes de matrizes de relações interindustriais ou comerciais, Lantner (1972, 1974), Gazon (1976) e Lantner e Lebert (2013, 2015) elaboram o conceito de circularidade estrutural. O índice de circularidade estrutural busca medir o nível de interdependência entre todo um conjunto de indústrias em um sistema econômico ou entre países/regiões no comércio internacional.

Do ponto de vista quantitativo, o determinante tem a vantagem de ser um indicador sintético que mostra o arranjo interno da estrutura dos setores produtivos ou dos vínculos comerciais entre regiões ou países, isto é, da posição e da intensidade das conexões entre os setores e/ou países. Já do ponto de vista qualitativo, permite interpretar a complexidade das estruturas produtivas como o resultado do gradual processo de expansão da rede de interdependências hierárquicas entre setores da economia. Ademais, é possível realizar uma análise de decomposição estrutural a partir do cálculo dos determinantes, de modo a calcularmos as taxas de interdependência, de dependência e de autarquia das economias⁸.

O índice de complexidade estrutural é um indicador da quantidade de circuitos de retroalimentação que existem entre os setores de uma economia. A presença dos circuitos de retroalimentação indica que as relações entre os setores produtivos são mais densas e que os setores estão mais integrados entre si. A estrutura produtiva fica mais complexa e desenvolvida à medida em que o número de circuitos de retroalimentação aumenta em relação a todos os circuitos que unem todos os setores (Puchet, 1996).

Quando uma estrutura produtiva se torna mais complexa, no sentido de que todo setor depende cada vez mais dos demais setores como fornecedores de insumos para sua produção, a demanda intermediária aumenta como proporção do produto total e cresce a geração de efeitos de retroalimentação entre os setores. Como apontado por Aroche Reyes (1993), o índice de complexidade estrutural não depende do tamanho dos coeficientes técnicos, \mathbb{A} , mas da complexidade da estrutura produtiva, definida pela presença de circuitos de retroalimentação entre os setores ou do nível de integração entre os setores. Como veremos na próxima seção, ao contrário do indicador de complexidade econômica elaborado por Hidalgo et al. (2007), que toma como dado o grau de interdependência entre os setores da estrutura produtiva para analisar a complexidade

⁸ Um critério para estimar, *a priori*, a importância relativa dos setores de uma estrutura produtiva pode ser formulada determinando-se os sub-determinantes da nova estrutura sem o respectivo setor extraído. Essa extração permite verificar quantitativa e qualitativamente a importância de um setor no processo de intermediação dos fluxos de bens e serviços.

econômica a partir dos produtos exportados pelos países, o índice de complexidade estrutural é elaborado exatamente a partir da matriz de trocas entre os setores produtivos de uma economia. Essa abordagem permite um melhor entendimento do grau de interdependência entre os setores de uma economia ou de sua complexidade estrutural, uma vez que lança luz sobre o nível de articulação presente na estrutura produtiva.

2.2 A complexidade econômica a partir da abordagem do espaço-produto

Em uma série recentes de estudos, Hausman e Klinger (2006), Hidalgo et al. (2007), Hidalgo e Hausman (2011), Hausman et al. (2014), Britto et al. (2015) e Gala (2017) explicam o desenvolvimento econômico dos países como um processo de aprendizado de como aprender a produzir e exportar produtos mais complexos. A partir de métodos extraídos da teoria das redes ⁹, esses autores que a trajetória de desenvolvimento de um país é determinada por sua capacidade em acumular capacidades, que são requeridas para produzir uma maior quantidade de produtos com uma

crescente complexidade. Nessa abordagem, a complexidade global da estrutura produtiva de uma economia é a variável-chave de modo a explicar o crescimento e o desenvolvimento: as diferentes habilidades dos países para acumular capacidades explicam as diferenças em seu desempenho.

O espaço-produto é uma representação de todos os produtos exportados no mundo, no qual os produtos estão vinculados com base na similaridade das capacidades requeridas – por exemplo, o vínculo entre camisas e calças é mais forte do que aquele entre camisas e Ipods. Uma implicação da análise espaço-produto é que a ausência de conectividade entre os produtos na periferia (produtos de baixa produtividade) e no centro (produtos de alta produtividade) da rede explica a dificuldade dos países em desenvolvimento em convergir seus níveis de renda àqueles dos países desenvolvidos¹⁰. Hausman, Hwang e Rodrik (2007) sugerem duas simples medidas empíricas da complexidade do produto e econômica (ou sofisticação). A complexidade de um produto, $PC_{i,t}$, é representada pelo nível de renda associada àquele produto, e é calculado como uma média ponderada da renda per capita dos países que exportam esse produto. O peso é o índice de vantagens comparativas reveladas. A complexidade econômica, $EC_{i,t}$, representa o nível de produtividade associado com a cesta de produtos exportados pelo país e é calculado como uma média ponderada (o peso é a participação do produto no total exportado pelo país) da complexidade dos produtos exportados pelo país. Hausman, Hwang e Rodrik (2007) mostram que nem todos os produtos têm as mesmas consequências para o desenvolvimento econômico: há produtos cujas capacidades podem ser facilmente reempregadas na produção e exportação de outros produtos, enquanto há outros produtos os quais incorporam capacidades que dificilmente podem ser reempregadas na produção e exportação de outros produtos.

Os indicadores $PC_{i,t}$ e $EC_{i,t}$ incluem informações sobre a renda per capita dos países que exportam os produtos, assim como informações sobre a estrutura da rede de países e os produtos que eles exportam. Hausman e Hidalgo (2009) separaram as

⁹ Como apontado por Sonis e Hewings (1998), as análises de rede jogaram um importante papel nas pesquisas sobre sistemas de transporte e de comunicação, mas apenas recentemente foram incorporadas de modo mais sistemático às análises econômicas. Em grande medida, esse parece ser o resultado do fato de que os estudos empíricos reduzem a estrutura de trocas em matrizes booleanas, perdendo uma grande quantidade de informação sobre a natureza e o tamanho dos fluxos entre setores, países ou regiões.

¹⁰ Estudos mais recentes buscaram analisar a relação entre complexidade econômica e emissões de gases poluentes, mas essa é uma temática que está além do escopo do presente estudo. Ver Romero e Gramkow (2020) e Mealy (2020).

informações do PIB per capita das informações sobre a estrutura da rede de países e os produtos que eles exportam. O objetivo dos autores é contornar as críticas de que utilizar a informação da renda per capita no cálculo das medidas torna a conclusão “países ricos exportam produtos mais sofisticados” circular (Hidalgo, 2009). De modo a fornecer uma intuição de como a complexidade é medida no novo método, Hidalgo e Hausman (2009) utilizam os modelos Lego como uma analogia. Suponha que temos uma caixa de Lego (representando um país) com vários tipos de peças de Lego, que representam as diversas capacidades disponíveis no país. Os diferentes modelos Lego que podemos construir, isto é, os diferentes produtos, dependem do tipo, da diversidade e da exclusividade das peças de Lego que temos na caixa.

Para tornar o método operacional, Hidalgo e Hausman (2009) definem a diversificação como o número de produtos que um país exporta, dadas as suas vantagens comparativas (na analogia do Lego, isto é representado pelo número de modelos que podemos criar), e a ubiquidade como o número de países que exportam o produto com vantagens comparativas reveladas (e é representada pela exclusividade das peças de Lego contidas na caixa). Diversificação e ubiquidade são as duas medidas mais simples de complexidade econômica e de produto, respectivamente. Um país que produz uma maior

quantidade de produtos (mais diversificado) é mais complexo do que um país que exporta poucos produtos (menos diversificado); um produto que é produzido por poucos países (menos ubíquo) é mais complexo do que um produto que é exportado por mais países (mais ubíquo). A intuição dessa ideia é que um país pode produzir/exportar um produto particular se possui as capacidades necessárias e específicas (qualificação da mão-de obra, instituições, bens públicos, insumos *tradables*). Assim, um país mais diversificado tem mais capacidades. Similarmente, um produto que é menos ubíquo requer capacidades que poucos países possuem. Em outras palavras, a complexidade está associada com um conjunto de capacidades requeridas por um produto (complexidade do produto) ou com um conjunto de capacidades que estão disponíveis para uma economia (complexidade econômica).

Na abordagem desses autores, está implícita a ideia de que o grau de complexidade da estrutura produtiva explica em boa medida os diferentes padrões exportadores dos países. Os países que apresentam níveis elevados de complexidade em suas estruturas produtivas tendem a apresentar níveis elevados de complexidade em seus produtos exportados. Isso significa dizer que a estrutura de produção interna dos setores possui uma boa correspondência ou é uma boa *proxy* para a produção voltada ao mercado externo. Contudo, essa correspondência entre a estrutura da produção interna e a estrutura das exportações é mais difícil de ser verificada em países como Brasil e México, por exemplo.

Em um recente estudo para o Brasil, Torracca e Castilho (2015) mostram como as estruturas de produção interna e externa apresentam perfis bastante diferenciados entre si. No caso do México, temos um elevado nível de complexidade nos produtos exportados, mas, simultaneamente, uma estrutura de produção interna menos diversificada e, portanto, menos complexa (Costa, 2017), tendo em vista que o setor exportador possui um baixo encadeamento com a produção interna (Ruiz-Nápoles, 2004). As noções de complexidade econômica e complexidade do produto refletem as vantagens comparativas reveladas de um país, mas tomam como dado o grau de complexidade da estrutura produtiva. Em geral, países de dimensões continentais e abundantes em recursos naturais possuem uma estrutura produtiva mais complexa *vis-à-vis* a complexidade de seus produtos exportados. Nesse sentido, ser complexo do ponto de vista do produto não necessariamente implica em ser complexo do ponto de vista da estrutura produtiva.

2.3 Uma proposta de matriz de padrões de convergência/divergência entre os índices de complexidade econômica e de complexidade estrutural

A perspectiva estruturalista-schumpeteriana postula que a mudança estrutural não ocorre espontaneamente como resultado da evolução da dotação de fatores no quadro de um processo de crescimento, mas sim que a taxa de crescimento depende da configuração estrutural da economia. Isso se deve ao fato de que certas atividades apresentam maiores oportunidades de aprendizagem e retorno do que outras. Dado que a acumulação de capacidades produtivas e tecnológicas evolui endogenamente como parte dos processos de aprendizagem na produção, depende em grande medida da estrutura produtiva (Peres e Primi, 2009).

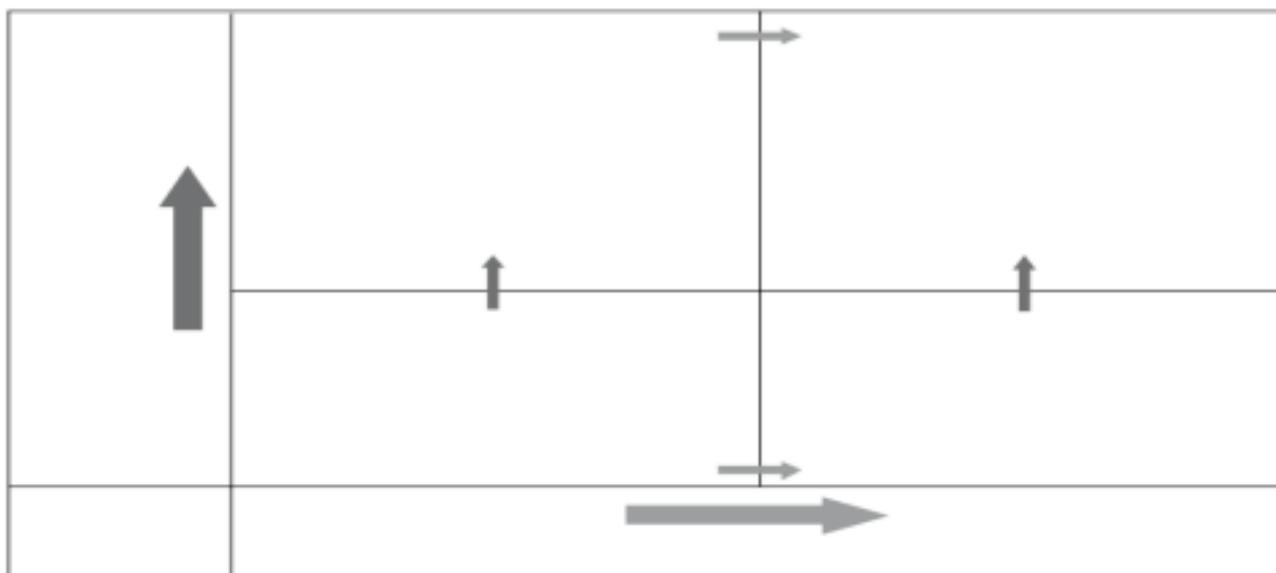
É importante salientar que a possibilidade de produzir certo produto para a exportação, a complexidade econômica, depende das complexas interdependências entre os diversos setores de uma economia, isto é, depende da complexidade estrutural ou da estrutura produtiva. Isso implica em algum grau de convergência e/ou divergência entre as capacidades de produção e das estruturas produtivas dos países. O salto entre diferentes espaços-produtos depende não apenas da capacidade de produzir certos produtos, mas também da capacidade de explorar externalidades e os efeitos de encadeamentos das denominadas indústrias “industrializantes” (Perroux, 1973) ou com capacidade de difundir progresso técnico. Estas indústrias incluem aqueles setores com maior capacidade de influenciar um processo de mudança estrutural baseado em diferentes tipos de efeitos externos, que vão desde externalidades pecuniárias na presença de impulsos

insumo-produto entre setores com economias de escala até externalidades não pecuniárias por meio da difusão intersetorial de inovações assimiláveis à aprendizagem fornecedor usuário ou os efeitos em cadeia derivados de gargalos intersetoriais em termos de capacidades produtivas.

O processo de desenvolvimento econômico envolve a análise conjunta dos índices de complexidade econômica e estrutural, que permite relacionar as capacidades de produzir (e exportar) certos produtos com o nível de maturidade da estrutura produtiva dos países. Podemos construir quatro cenários relacionando as dimensões de complexidade econômica e complexidade estrutural:

- Modelo de desenvolvimento virtuoso: fechando a brecha entre o desenvolvimento de capacidades de produção e estrutural (quadrante superior direito);
- Modelo de fechamento de gap produtivo, mas não estrutural: processos de desenvolvimento das capacidades produtivas, mas com retrocessos na estrutura produtiva;
- Modelo de aumento da complexidade estrutural com perdas de capacidade de produção por meio da exportação de produtos menos complexos: este hiato aumenta com as melhorias da estrutura produtiva (quadrante inferior direito);
 - Modelo de desenvolvimento vicioso: alargamento da brecha entre a capacidade de produção e a complexidade da estrutura produtiva (quadrante esquerdo inferior).

Figura 1 – Matriz de convergência/divergência entre a complexidade produtiva e a



complexidade estrutural

reduções no ICE
estrutural
Aumentos no ICP e no ICE

Aumentos no ICP com

Reduções nos ICP e ICE Reduções no ICP com aumentos no ICE

Aumentos no ICE

Fonte: elaboração própria

3. Base de dados e metodologia

Os indicadores de complexidade econômica e da estrutura produtiva são construídos a partir dos dados de matrizes de insumo-produto e das exportações brutas, respectivamente. Enquanto os dados de exportações são extraídos da UN Comtrade, os dados das matrizes de insumo-produto (MIP) são extraídos do *World output-input database* (WIOD). Além desses dois indicadores, utilizamos o índice de capacidade produtivas (ICP)¹¹ construído pela UNCTAD. Os dados foram coletados e calculados para 40 países no período de 2000-2014¹².

Do ponto de vista da teoria das redes, descobrir as características da rede bipartida “país-produto” é importante para entender o desenvolvimento econômico. Hausmann e Hidalgo (2011) propuseram uma estrutura analítica para explicar a natureza da estrutura da rede bipartida. Eles descobriram que os países diferem em sua diversificação de produtos e na ubiquidade de seus produtos exportados. Países com mais capacitações tecnológicas são capazes de produzir produtos menos ubíquos. Essa lógica explica a relação negativa entre a diversificação dos países e a ubiquidade média dos produtos que eles produzem¹³. A essência do argumento de Hausmann e Hidalgo (2011)

¹¹ O Índice de Capacidades Produtivas (ICP) mede os níveis de capacidades produtivas ao longo de oito dimensões: capital humano, capital natural, energia, transporte, tecnologias da informação e da comunicação, instituições, setor privado e mudança estrutural. Ver:

<https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=199270>

¹² A base de dados da WIOD conta com 43 países desenvolvidos e em desenvolvimento, apresentando uma desagregação a 56 setores, enquanto a base de dados do Atlas da Complexidade apresenta um total de 133 países. Tendo em vista que o cálculo do índice de complexidade estrutural deve ser realizado a partir das matrizes de insumo-produto, o estudo deve restringir o escopo da análise aos países presentes na base da WIOD. Esses países representam mais de 90% do PIB e da produção mundial, de acordo com dados do Banco Mundial (2020). Contudo, três países presentes na base da WIOD não fazem parte da base de dados do Atlas da Complexidade: Luxemburgo, Malta e Taiwan. Com o objetivo de manter a coerência entre as bases, excluímos esses três países. Assim, o número total de países analisados é igual a 40.

¹³ Para uma análise para o Brasil ver Freitas e Paiva (2015). Posteriormente, Hidalgo et al. (2018) e Alshamsi, Pinheiro e Hidalgo (2018) mostram que a probabilidade de uma região ou de um país entrar (ou é que um conjunto mais amplo de capacidades permite que os países produzam mais e mais produtos especializados. Isso, por sua vez, implica que a diversidade de produtos que um país produz deve estar inversamente relacionada à ubiquidade média de seus produtos.

Já o estudo da complexidade econômica, em uma abordagem de insumo produto, tem sido objeto frequente para a análise econômica e contribuído para a discussão de formulações de política econômica (Robinson e Markandya, 1973; Sonis e Hewings, 1998; Dridi e Hewings, 2002; Amaral, Dias e Lopes, 2007). Por exemplo, em uma

economia mais complexa do ponto de vista de sua estrutura produtiva, isto é, na qual os circuitos de demanda intermediária apresentam uma participação significativa nos fluxos de bens e serviços, os efeitos de medidas de políticas econômicas em nível internacional tendem a se propagar mais rapidamente, embora distribuída de maneira desigual entre os países e setores (Sonis et al., 1995; Dietzenbacher e Los, 2002; Steinback, 2004).

Wong (1954) sugere que o determinante da matriz de coeficientes técnicos ($A - B$) é uma medida relativa do volume da produção líquida e da complexidade do sistema de trocas. A abordagem proposta por Lantner (1972a, 1974) também parte da interpretação dos determinantes da matriz ($A - B$), mas tem como base os teoremas propostos por Bott e Mayberry (1954). Esse autor utiliza a teoria dos grafos de influência e as ferramentas dos modelos de insumo-produto para calcular o que podemos chamar de grau de complexidade estrutural de uma economia.

O determinante da matriz ($A - B$) ou da matriz aparece como uma função da composição ou do arranjo interna da estrutura, isto é, da posição e da intensidade das ligações entre os setores, países ou regiões que compõem a estrutura de trocas. Guardada as devidas diferenças no cálculo do “grau” de complexidade, o conceito de complexidade desenvolvido por Lantner (1972a, 1974) guarda certa relação com o conceito desenvolvido por Sonis e Hewings (1998), o qual afirma que a complexidade aparece como um resultado de um processo de desenvolvimento da multiplicidade de interações econômicas dentro de um sistema econômico.

A abordagem proposta originalmente por Ponsard (1967a, 1967b) e depois desenvolvida por Lantner (1972a, 1972b), Gazon (1976) e Defourny e Thorbecke (1984) permite articular a teoria dos grafos ou teoria das redes e os elementos fundamentais da análise insumo-produto. A análise destes autores tem como ponto central o estudo dos determinantes de matrizes interindustriais, comerciais ou de fluxos de informações. De acordo com Costa, Castilho e Puchet (2018), do ponto de vista quantitativo, o determinante tem a vantagem de ser um indicador sintético, que mostra o arranjo interno da estrutura dos setores produtivos, ou seja, da posição e da intensidade das conexões entre os setores. Do ponto de vista qualitativo, permite interpretar a complexidade das estruturas produtivas como resultado do processo gradual de expansão da rede de interdependências hierárquicas entre os setores da economia. A definição matemática para o índice de complexidade estrutural é 14 . A figura 2 mostra uma dada por $C = (1 - \Delta)$

Δ

rede de interdependências hipotética com três setores.

sair) em determinada atividade produtiva é uma função do número de atividades relacionadas naquela região ou país.

¹⁴ O índice de complexidade estrutural é sensível ao nível de agregação das matrizes de insumo-produto, de modo que matrizes mais agregadas apresentarão índices sobrestimados. Dessa forma, utilizamos a base de dados da WIOD, que apresenta o maior nível de desagregação comparada às demais bases (EORA e OECD, por exemplo) ao nível de 56 setores, permitindo, assim, o cálculo de indicadores de complexidade estrutural mais acurados.

Para Moreno-Reyes (2019), o determinante de uma matriz de Leontief pode variar por duas razões, no sentido econômico: i) a reconfiguração das relações comerciais, por exemplo, devido a uma guerra comercial ou a eclosão de uma pandemia (a Covid-19, por exemplo), alteraria o fluxo de insumos intermediários e, portanto, as redes internacionais de produção. A intensidade de difusão da influência econômica, por meios dos circuitos de comércio, entre os países seria interrompida, forçando a uma reconfiguração da rede; ii) se a intensidade do uso de insumos intermediários aumenta, por sua vez, isso implicaria em uma maior participação dos insumos intermediários sobre os insumos primários (mão-de-obra e capital).

4. Analisando a complexidade econômica e estrutural das economias entre 2000 e 2014:

a importância da relação entre capacidades tecnológicas e capacidades produtivas

As capacidades tecnológicas tornaram-se cruciais para o desempenho econômico nacional - ainda mais devido à introdução de direitos de propriedade intelectual (DPIs) mais fortes, harmonização e padronização regulatória e a disseminação de tecnologias industriais emergentes baseadas na ciência em todo o mundo. Na era da Rodada de Doha, as perspectivas dos países em desenvolvimento de alcançar os países mais avançados em produtividade e renda dependem cada vez mais de sua capacidade de desenvolver competências rapidamente (produtivas e tecnológicas). Isso coloca os sistemas de conhecimento doméstico no centro das estratégias de desenvolvimento industrial. Embora não seja totalmente novo, esse recurso adquiriu uma importância muito maior nos últimos tempos.

O gráfico 1 mostra uma relação estatisticamente forte entre o índice de capacidades produtivas e a I per capita (em logaritmo). O alto e forte grau de correlação significa que os países mais pobres, em particular os países em desenvolvimento, estão na parte inferior da distribuição e indica claramente que um baixo nível de PIB per capita está diretamente relacionado a baixos níveis de capacidade produtiva. Esse é um resultado esperado, pois as capacidades produtivas¹⁵ determinam a capacidade de uma economia de produzir bens e serviços.

¹⁵ Por um lado, esta definição implica a existência de uma cadeia causal ligando a dinâmica das capacidades produtivas nos níveis micro (empresa e clusters de empresas) e meso (subsetores e setores) com a dinâmica de mudança estrutural da economia global (nível macro). Por outro lado, esta definição também leva à análise de outra cadeia de causalidade que se move do macro para os níveis meso/micro - ou seja, setores (e empresas/cluster de empresas como seus componentes).

Gráfico 1- Índice de capacidades produtivas e PIB per capita (2000-2014) 60



25
20
15

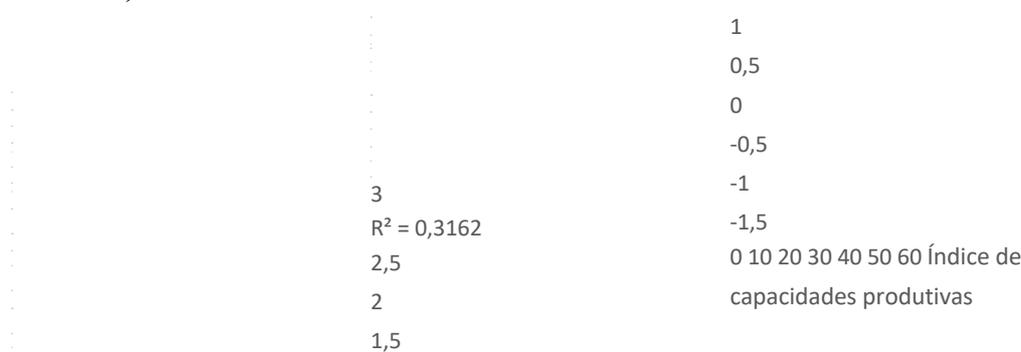
10
3 3,5 4 4,5 5 5,5 PIB per capita (em log)

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas da Complexidade e do Banco Mundial

Gerschenkron (2015) observou que os países retardatários (*latecomers*) poderiam alcançar um rápido crescimento econômico explorando o conhecimento tecnológico acumulado por empresas em economias avançadas por meio de um aprendizado metódico por tentativa e erro. Esse aprendizado envolve tanto o desenvolvimento de capacidades produtivas de saber fazer ou produzir certos produtos, quanto a criação de capacidades tecnológicas. O desenvolvimento de capacidades tecnológicas são a expressão da construção de um sistema de inovação (e instituições) aliado a uma estrutura produtiva que permita a difusão tecnológica entre os setores das economias.

O gráfico 2 mostra como o desenvolvimento das capacidades produtivas é relevante em explicar a complexidade econômica, isto é, o posicionamento dos países no espaço-produto. De acordo com Lee (2019, p.11), a coevolução das capacidades produtivas e tecnológicas é mais difícil para os países em desenvolvimento, uma vez que seria como “*flying on a balloon when the conventional ladder used to catch up has been kicked away*”. Uma das pré-condições para realizar o salto entre diferentes espaços produtos é que as capacidades tecnológicas devem ser desenvolvidas. No entanto, é muito difícil desenvolver essas capacidades, pois elas diferem marcadamente das capacidades voltadas para a produção de um conjunto de produtos.

Gráfico 2 – Índice de complexidade econômica e índice de capacidades produtivas (2000-2014)



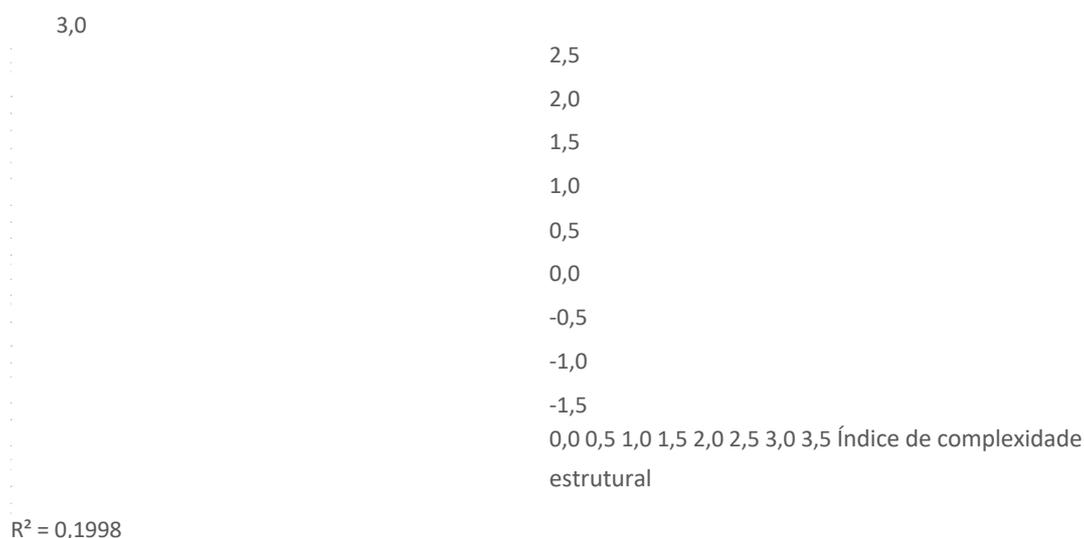
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Atlas da Complexidade e Banco Mundial

É interessante notar que no modelo de crescimento desequilibrado de Hirschman (1958), cada setor está ligado ao resto do sistema econômico por sua compra intermediária direta e indireta de insumos produtivos e vendas de produtos produtivos - ou seja, ligações para frente e para trás. Com base em seu sistema de ligações, cada setor (bem como subsetores e empresas como seus componentes) exerce forças de empuxo e de tração sobre o resto da economia. A possibilidade de saltar entre diferentes pontos do espaço-produto requer o desenvolvimento de uma complexa estrutura produtiva, isto é, requer uma complexa rede de interdependências setoriais. Um círculo virtuoso de desenvolvimento econômico requer uma convergência entre as complexidades econômicas, baseadas nas exportações, e a estrutural, construída a partir dos vínculos setoriais de insumo-produto.

O resultado do gráfico 4 sugere como ambas as dimensões da complexidade coevoluiram positivamente entre 2000 e 2014 para o conjunto de 40 países selecionados.

Esse resultado sugere uma mútua dependência entre as dimensões da estrutura produtiva e exportadora dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Duas dimensões - ou subsistemas - coevoluem se ambas influenciam um ao outro causalmente de tal forma que esta influência bidirecional impacte no processo de convergência/divergência das complexidades econômica e estrutural. Em outras palavras, subsistemas que se influenciam mutuamente devem afetar causalmente seus respectivos processos internos. Do ponto de vista agregado, podemos afirmar a ocorrência de um processo de convergência entre as dimensões da complexidade econômica e estrutural.

Gráfico 3 – Índice de complexidade econômica e índice de complexidade estrutural (2000-2014)



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Atlas da Complexidade e da WIOD

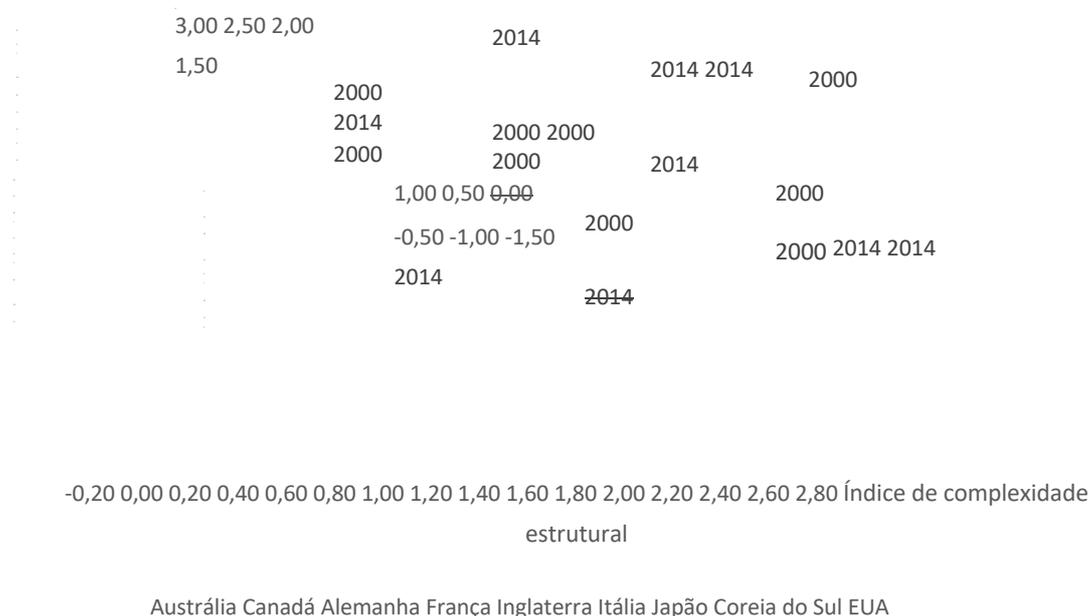
No entanto, as análises agregadas realizadas até este ponto podem esconder diferentes padrões de relação entre a complexidade econômica e estrutural. Embora os dados apontem para uma convergência ou coevolução positiva entre as duas dimensões, é importante analisarmos separadamente os dois conjuntos de países. A próxima seção apresenta uma análise do processo de convergência/divergência para os países desenvolvidos e em desenvolvimento, de modo a termos uma visão mais completa do presente estudo. Esse procedimento é realizado também no intuito de retirar possíveis efeitos que certos países tiveram na análise agregada.

4.1 Padrões de complexidade econômica e estrutural dos países desenvolvidos e em desenvolvimento

O gráfico 4 mostra os diferentes padrões de convergência/divergência entre a complexidade econômica e estrutural para um grupo selecionado de países desenvolvidos (2000 e 2014). Um resultado que chama a atenção é o posicionamento dos países no quadrante superior direito. Esse resultado indica que esses países estavam localizados no quadrante de convergência entre as duas dimensões da complexidade, a econômica e a estrutural. Contudo, países como Alemanha, Estados Unidos, Austrália e Japão apresentaram um padrão de mudança de reduções simultâneas em ambos os indicadores de complexidade. Os padrões do Canadá, da França, da Inglaterra e da Itália indicaram um aumento na complexidade estrutural, mas com redução na complexidade econômica. Já a Coreia do Sul foi a o único país a apresentar ganhos de complexidade econômica, com perdas de complexidade estrutural. Em outras palavras, em um ambiente de rápidas mudanças nos padrões de comércio e nas capacidades tecnológicas dos países, nenhum

país conseguiu apresentar um padrão de convergência entre a complexidade econômica e estrutural.

Gráfico 4 – Convergência/divergência entre a complexidade econômica e estrutural (2000 e 2014) – Países desenvolvidos selecionados

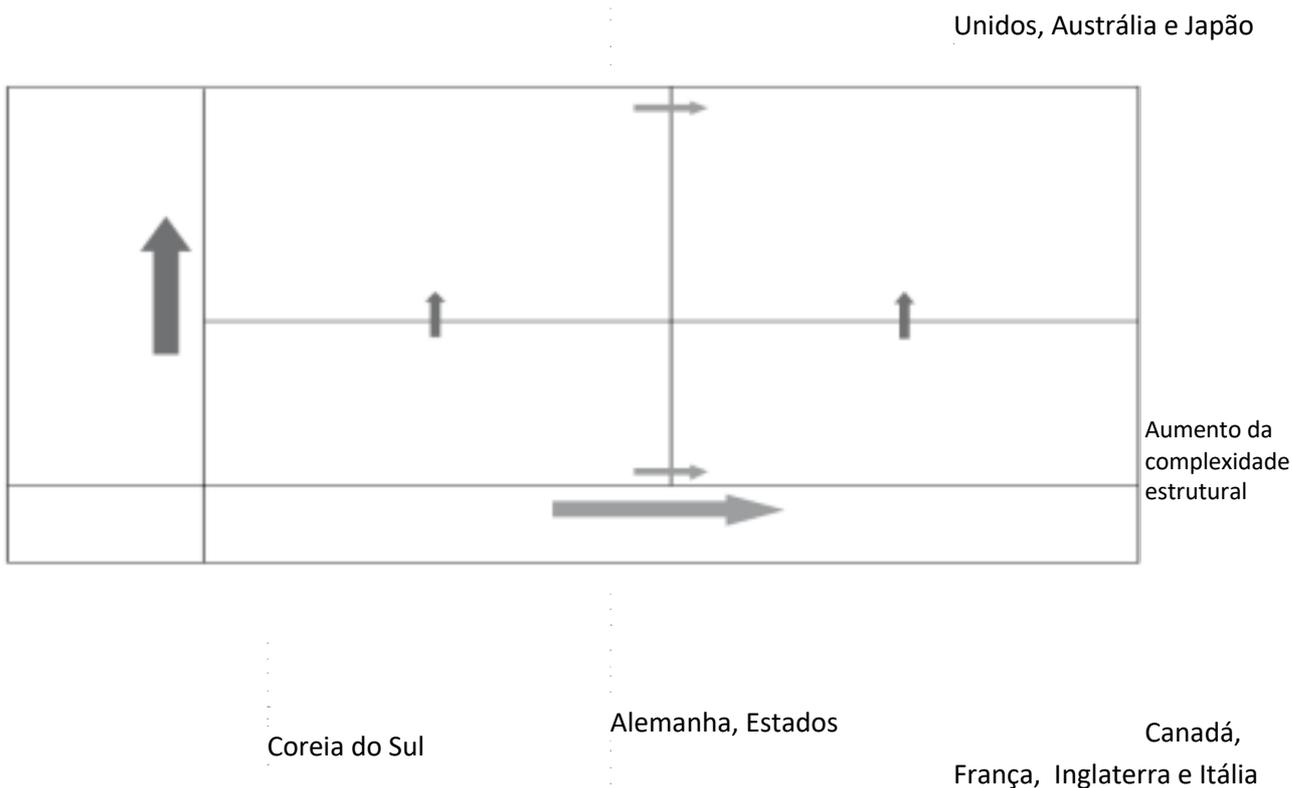


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Atlas da Complexidade e da WIOD

A Figura 2 sintetiza os resultados analisados anteriormente a partir da matriz de convergência/divergência entre a complexidade econômica e a complexidade estrutural. Se um padrão de mudança estrutural virtuoso é caracterizado pela coevolução das capacidades produtivas e tecnológicas, os resultados apresentados apontam para padrões muito heterogêneos de mudança estrutural no grupo dos países desenvolvidos. Embora os resultados apontem para essa heterogeneidade nos padrões de mudança estrutural, um resultado deve ser realçado: a perda de complexidade econômica para quase todos os países, exceto a Coreia do Sul.

Os resultados indicam que a sobreposição no tempo de diferentes fenômenos interrelacionados, como fragmentação internacional da produção, cadeias globais de valor, *offshoring/reshoring* e mudanças tecnológicas, impactou negativamente sobre as complexidades econômicas desses países. Se a complexidade econômica é entendida como a capacidade de saber produzir um produto (capacidade produtiva), mas não necessariamente de saber inovar (capacidade tecnológica), os resultados apontam para uma coevolução divergente entre ambas as dimensões. É nesse contexto que surgem estratégias (públicas e privadas) de renascimento ou revitalização industrial, como a Indústria 4.0 (Alemanha) e a Manufatura Avançada (Estados Unidos) (Arbix et al., 2017; Daudt e Willcox, 2016). Essas duas estratégias, diferentes em termos de instrumentos públicos e privados mobilizados, possuem o objetivo não apenas de adotar as novas tecnologias da chamada quarta revolução industrial (internet das coisas, manufatura aditiva, *blockchain*, materiais avançados, entre outros, mas principalmente construir um diferente conjunto de capacidades produtivas e tecnológicas.

Figura 2 – Matriz de convergência/divergência entre a complexidade econômica e a complexidade estrutural – Países desenvolvidos selecionados

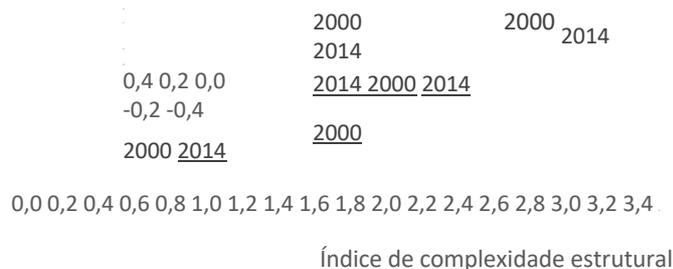


Fonte: elaboração própria

No gráfico 5 podemos perceber como a convergência entre a complexidade econômica e estrutural ou capacidades produtivas e tecnológicas foi marcadamente heterogênea entre os países em desenvolvimento. Essa maior heterogeneidade nesse grupo de países pode refletir tanto os seus diferentes estágios de desenvolvimento, quanto diferentes padrões de coevolução entre as duas dimensões da complexidade. Segundo por Felipe (2012) e Rodrik (2015), os países em desenvolvimento hoje experimentam fenômenos de industrialização e desindustrialização simultaneamente. Além disso, porque as cadeias de valor globais (CGV) deslocam a produção rotineira de bens e serviços dos países ricos para os em desenvolvimento, deixando funções de alto valor adicionado, como inovação e marketing, e porque as máquinas substituem rapidamente os trabalhadores conforme o custo do equipamento de capital cai, a industrialização tornou-se "frágil" em termos de participação no emprego, ligações setoriais e extensão setorial.

Gráfico 5 – Convergência/divergência entra a complexidade econômica e estrutural (2000 e 2014) – Países em desenvolvimento





Brasil Bulgária China Indonésia Índia México Romênia Rússia Turquia

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Atlas da Complexidade e da WIOD

A figura 3 mostra esse padrão mais heterogêneo dos países em desenvolvimento, realçando como a coevolução entre as duas dimensões da complexidade são marcadamente diferentes dentro desse grupo de países. Em primeiro lugar, chama a atenção como a China foi a única economia, em ambos os grupos, a apresentar um padrão virtuoso no sentido de uma coevolução positiva entre as complexidades econômica e estrutural¹⁶. No caso da China, esses resultados mostram como o processo de *upgrading* industrial e a mudança na participação e no posicionamento ao longo das CGV, aliado a realização do programa “*Made in China 2025*”¹⁷, foi realizado a partir de uma estratégia de coevolução entre capacidades produtivas e tecnológicas do país.

No quadrante oposto, apresentando um padrão vicioso, estão Brasil, Bulgária, Índia e Rússia. Como mostrado no gráfico 5, o caso da economia brasileira mostrou um padrão diametralmente oposto ao caso chinês. Esse é um período no qual a economia brasileira aprofundou um padrão de inserção e posicionamento nas CGV a partir de commodities agrícolas e industriais, com uma perda de elos em algumas cadeias produtivas de setores industriais, levando ao que se convencionou denominar de “desindustrialização prematura” (Rodrik, 2015). Os resultados sugerem que as capacidades produtivas e tecnológicas construídas pelo país se concentraram em atividades de baixo valor agregado, com menores possibilidades de absorção e difusão tecnológica comparativamente a setores industriais e de serviços ligados a setores industriais. A perda de elos em vários setores industriais indica vazamentos de demanda por insumos importados, por um lado, e perda de capacidades produtivas e tecnológicas pela redução no número de fornecedores domésticos, por outro lado.

Nos quadrantes de divergência entre ambos os indicadores de complexidades, temos México e Turquia (quadrante superior esquerdo) e Indonésia (quadrante inferior direito). O caso mexicano é interessante na medida em que a sua integração no comércio internacional e posicionamento nas CGV por meio das *maquilas* foi incapaz de levar a

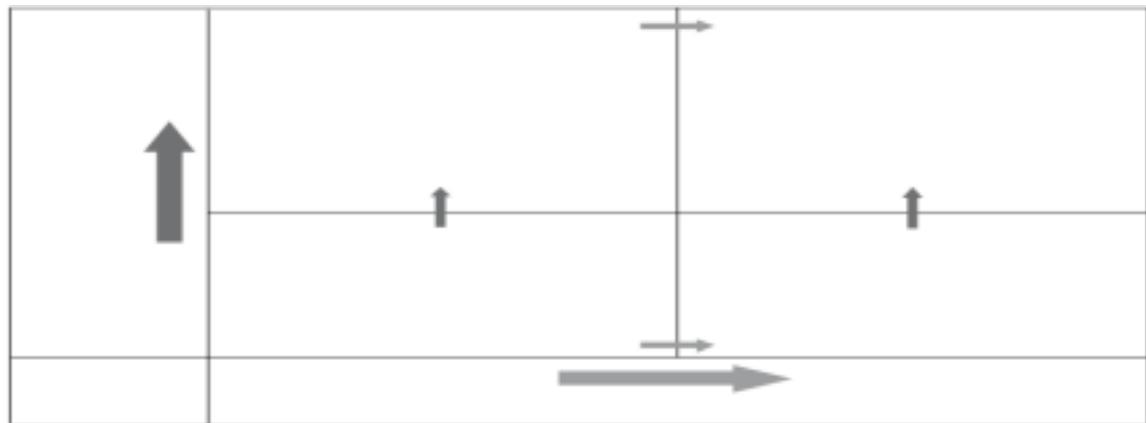
¹⁶ A Romênia também apresentou uma coevolução positiva em ambas as dimensões, mas o ganho em termos de complexidade estrutural foi muito pequeno e menor relativamente aos ganhos verificados na economia chinesa.

¹⁷ Ver Arbix et al. (2018) e Li (2018) para uma discussão do programa “*Made in China 2025*” e seus desdobramentos.

aumentos na complexidade de sua estrutura produtiva. Do ponto de vista do conteúdo tecnológico, as exportações mexicanas são classificadas como de média-alta e alta intensidade tecnológica, resultando em um índice de complexidade econômica relativamente elevado comparativamente a outros países latino-americanos. Contudo, uma vez que o setor exportador depende em grande medida de insumos intermediários de maior conteúdo tecnológico provenientes dos países desenvolvidos ou em desenvolvimento, como a China, a difusão do progresso tecnológico tende a ficar aprisionado no setor das *maquilas*. Isso implica na ausência de uma rede mais diversa de fornecedores domésticos e, portanto, menores encadeamentos com a economia

doméstica¹⁸.

Figura 3 – Matriz de convergência/divergência entre a complexidade produtiva e a complexidade estrutural – Países em desenvolvimento



Brasil, Rússia, Índia,

México, Turquia

Bulgária

Aumento da complexidade
estrutural
China,
Romênia Indonésia

Fonte: elaboração própria

A análise conjunta dos índices de complexidade econômica e estrutural permite lançar luz sobre esses padrões convergentes e divergentes em termos de capacidade produtiva exportadora e a estrutura produtiva. Os padrões encontrados em ambos os grupos de países indicam como a adoção de estratégias de *upgrading* industrial devem estar baseadas tanto em um melhor posicionamento ao longo das CGV, quanto na construção de uma estrutura produtiva cujos encadeamentos (para trás e para frente) permitam uma maior diversificação e sofisticação dos bens e serviços produzidos pelos países.

¹⁸ O caso mexicano também indica que utilizar apenas o índice de complexidade econômica pode levar a resultados enganosos.

5. Conclusões

As dinâmicas de construção de capacitações econômicas são as principais forças transformadoras dos sistemas econômicos. Alguns estudos recentes tentaram ligar a dinâmica de microaprendizagem e os efeitos macrotransformativos rastreando os padrões de especialização/diversificação dos países impulsionados por semelhanças no “espaço do produto”, uma representação do tipo rede da arquitetura do mercado internacional (por exemplo, Hidalgo e Hausmann, 2009). No entanto, esses estudos não separam as diferentes formas de capacitações realizadas no nível do setor (e da empresa) e, portanto, explicam apenas parcialmente como a dinâmica de capacitações geradas por uma maior complexidade da estrutura produtiva pode desencadear mudanças estruturais e crescimento econômico dos sistemas econômicos em diferentes estágios de desenvolvimento.

Como os processos de capacitações estão embutidos em estruturas produtivas, qualquer tentativa de entender como os sistemas econômicos mudam ao longo do tempo por meio desses processos não pode deixar de olhar para a realidade dos processos de produção. A este respeito, a contribuição deste artigo é dupla. Em primeiro lugar, partindo de teorias estruturais que tratam da arquitetura complexa da estrutura produtiva, o artigo propôs uma nova heurística para analisar as interdependências entre a abordagem a complexidade econômica (espaço-produto) e a complexidade estrutural (matrizes de insumo-produto). O mapa analítico das relações de produção fornece uma representação estilizada do sistema de setores inter-relacionados por meio dos quais as transformações de insumos são realizadas de acordo com diferentes padrões de capacidades/coordenação de capacidades, sujeitas a certas restrições de escala e tempo. Com base nisso, as duas formas principais de capacitações (“exportadora” e “estrutural”) foram reformuladas de uma forma que as vê como sendo afetadas e afetando a estrutura produtiva.

A capacidade produtiva assume muitas formas e é realizada em vários níveis interconectados, sendo o padrão determinado estruturalmente. Assim, o conceito de capacidade estrutural foi introduzido para identificar o processo contínuo de ajuste estrutural desencadeado e orientado pelas estruturas produtivas existentes e em coevolução com a capacidade exportadora. O artigo identificou padrões virtuosos e viciosos de coevolução entre as capacitações exportadoras e produtivas. No quadro mais geral, encontramos uma forte e positiva correlação estatística entre os índices de capacidades produtivas e complexidade econômica e entre este e o índice de complexidade estrutural. Esse último resultado indicou a importância de entender que a capacidade exportadora pode coevoluir ou não com a capacidade estrutural.

Os resultados para os grupos de países desenvolvidos e em desenvolvimento mostraram como a convergência entre as complexidades econômica e estrutural esteve confinada a apenas dois países em desenvolvimento, China e Romênia. Esses foram os únicos dois países que entre 2000 e 2014 apresentaram um padrão virtuoso de coevolução de suas capacitações produtivas e estruturais, embora o caso romeno seja de uma magnitude muito inferior ao caso chinês. Chama a atenção que nesse mesmo período países como Estados Unidos, Alemanha e Japão mostraram um padrão oposto ao caso chinês, com reduções simultâneas em ambos os índices de complexidade. Enquanto a China tornou-se a “fábrica do mundo”, com um *mix* de políticas industriais e comerciais expresso na estratégia “Made in China 2025”, aqueles três países adotaram diferentes estratégias de revitalização industrial, como a manufatura avançada e a indústria 4.0.

Os padrões verificados para as economias brasileira e mexicana também realçaram a importância de complementar o índice de complexidade econômica com o indicador de complexidade da estrutura produtiva. Enquanto a economia brasileira verificou uma redução simultânea em ambos os indicadores, a situação mexicana indicou um padrão de divergência nos dois índices, com aumento da complexidade econômica e perda de complexidade estrutural. Por um lado, no caso do Brasil, o fenômeno da

desindustrialização prematura e especialização exportadora em commodities agrícolas e industriais resultou em perdas de complexidade da estrutura produtiva e dos produtos exportados. Já o padrão mexicano, por outro lado, apresentou aumentos em sua complexidade dos produtos exportados, mas, ao mesmo tempo, a sua estrutura produtiva tornou-se menos complexa. O caso mexicano indica como as exportações baseadas nas *maquilas*, com sua forte dependência em insumos importados de maior conteúdo tecnológico, foi incapaz de criar uma rede mais densa de fornecedores domésticos ao ponto de tornar mais complexa as interdependências setoriais, ou seja, tornar mais complexa a sua estrutura produtiva.

O presente estudo buscou construir uma narrativa na qual as dimensões da complexidade dos produtos exportados e da estrutura produtiva poderiam coevoluir no sentido de promoverem melhorias recíprocas em ambas as dimensões. Os próximos passos podem se desdobrar em duas direções: i) estudos econométricos que procurem estabelecer vínculos causais entre ambas as dimensões e ii) explicitar a centralidade do conceito de coevolução para lançar luz na relação entre as capacitações exportadoras e produtivas dos países.

Bibliografia

- ADAMI, C. What is complexity?. *BioEssays*, v. 24, n. 12, pp. 1085-1094, 2002.
- ALSHAMSI, A.; PINHEIRO, F. HIDALGO, C. A. Optimal diversification strategies in the networks of related products and of related research areas. *Nature communications*, 9, 2018.
- AMARAL, J. F.; DIAS, J.; LOPES, J. C. Complexity as interdependence in input–output systems. *Environment and Planning A*, v. 39, n. 7, pp. 1770-1782, 2007.
- ARBIX, G. et al. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos estudos CEBRAP**, v. 36, n. 3, p. 29-49, 2017.
- ARBIX, G. et al. Made in China 2025 e Indústria 4.0: a difícil transição chinesa do *catching up* à economia puxada pela inovação. **Tempo Social**, v. 30, n. 3, p. 143-170, 2018.
- ARTHUR, W. B. Complexity, and the economy. *Science*, v. 284, n. 5411, pp. 107-109, 1999.
- ARTHUR, W. B. Complexity, and the Economy. Nova York: Oxford University Press, 2015.
- AROCHE-REYES, F. Economic structures in Brazil, Mexico and South Korea: an input output application. 1993. 241 f. Tese (Doutorado em Economia) – Queen Mary and Westfield College, University of London, Inglaterra.
- BASU, R.; JOHNSON, T. G. The development of a measure of intersectoral connectedness by using structural path analysis. *Environment and Planning A*, v. 28, n. 4, pp. 709-730, 1996.
- BOTT, R., MAYBERRY, J. P. Matrices, and trees. In: MORGENSTERN, O. (Ed.) *Economic activity analysis*. Nova York: Wiley, 1954.
- BRITO, G. et al. Competitividade industrial e inovação na abordagem da complexidade: uma análise do caso brasileiro. In: BARBOSA, N. ET AL. (Org.) *Indústria e Desenvolvimento Produtivo no Brasil*, Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- BRITTO, G. et al. The great divide: economic complexity and development paths in Brazil and the Republic of Korea. *CEPAL Review*, 2019.
- CHENERY, H.; WATANABE, T. International comparisons of the structure of production. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp. 487-521, 1958.
- COSTA, K. V.; CASTILHO, M.; ANYUL, M. P. Productive structure and the linkage effects in the era of global value chains: An input-output analysis. *Revue d'economie industrielle*, n. 3, p. 147-186, 2018.
- DAUDT, G. M.; WILLCOX, L. D. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. *BNDES Setorial*, n. 44, pp. 5-

45, 2016)

DEFOURNY, J.; MARÉE, M. La circularité comme aspect particulier de l'articulation interindustrielle: une approche structurale. *Mondes en développement*, n. 22, pp. 283-314, 1978.

DIETZENBACHER, E. The measurement of interindustry linkages: key sectors in the Netherlands. *Economic Modelling*, v. 9, n. 4, pp. 419-437, 1992.

DURLAUF, S. N. Complexity and empirical economics. *The Economic Journal*, v. 115, n. 504, pp. F225-F243, 2005.

FINN, J. T. Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows. *Journal of theoretical Biology*, v. 56, n. 2, pp. 363-380, 1976. FONTANA, M.

The complexity approach to economics: a paradigm shift. CESMEP, WP, 2008.

FREITAS, E. E.; PAIVA, E. Diversificação e sofisticação das exportações: uma aplicação do *product space* aos dados do Brasil. *Revista de Economia do Nordeste*, v. 46, n. 3, pp. 79-98, 2015.

GALA, P. Complexidade econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações. Rio de Janeiro: Contraponto, 2017.

GAZON, J. Transmission de l'influence économique: une approche structurale. Paris: Sirey, 1976.

GERSCHENKRON, A. Atraso econômico em perspectiva histórica. Rio de Janeiro: Contraponto, 2015.

HAUSMAN, R.; KLINGER, B. Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage in the Product Space. CID working paper, n. 128, 2006. HAUSMANN, R.; HWANG, J; RODRIK, D. What you export matters. *Journal of Economic Growth*, v. 12, n.1, pp.1-25, 2007.

HAUSMANN, R.; HIDALGO, C. The network structure of economic output, *Journal of Economic Growth*, v. 16, n. 4, pp. 309-342, 2011.

HAUSMANN, R. et al. The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity. Nova York: MIT Press, 2014.

HIDALGO, C. A. et al. The product space conditions the development of nations. *Science*, v. 317, n. 5837, pp. 482-487, 2007.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The Building Blocks of Economic Complexity. *PNAS*, v. 106, n. 26, pp.10570-10575, 2009.

HIDALGO, C. A.; HAUSMAN, R. The network structure of economic output, *Journal of Economic Growth*, v. 16, n.4, pp. 309-42, 2011.

HIDALGO, C. A. et al. The principle of relatedness. Papers in Evolutionary Economic Geography (PEEG) 1830, Utrecht University, Department of Human Geography and Spatial Planning, Group Economic Geography, 2018.

HIRSCHMAN, A. La estrategia de desarrollo económico. México: Fondo de Cultura Económica, 1961.

HURWICZ, L.; LEONTIEF, W. Input-output analysis and economic structure. *American Economic Review*, 45, pp. 626-636, 1955.

JENSEN, R. C.; WEST, G. R. The effect of relative coefficient size on input-output multipliers. *Environment and Planning A*, v. 12, n. 6, pp. 659-670, 1980. FELIPE, J. et al. Product Complexity and Economic Development. *Structural Change and Economic Dynamics*, v.23, n.1, pp.36-68, 2012.

LANTNER, R. L'analyse de la dominance économique. *Revue d'économie politique*, v. 82, n. 2, pp. 216-283, 1972.

LANTNER, R. Théorie de la dominance économique. Dunod: Paris, 1974. LANTNER, R.;

LEBERT, D. Dominance, dependence, and interdependence in linear structures. A theoretical model and an application to the international trade flows. Documents de travail du Centre d'Economie de la Sorbonne, n.43, 2013. LANTNER, R.; LEBERT, D. Dominance et amplification des influences dans les structures linéaires. *Économie Appliquée*, v. 68, n. 3, pp. 143-165, 2015. LEONTIEF, W. Análisis económico input-output. Barcelona: Ediciones Orbis, 1985. LI, L. China's manufacturing locus in 2025:

With a comparison of “Made-in-China 2025” and “Industry 4.0”. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 135, p. 66-74, 2018.

MEALY, P.; TEYTELBOYM, A. Economic complexity and the green economy. *Research Policy*, pp. 1-24, 2020.

MEALY, P.; FARMER, J. D.; TEYTELBOYM, A. Interpreting economic complexity. **Science advances**, v. 5, n. 1, 2019.

MORENO-REYES, E. Distribución funcional del ingreso, productividad laboral y cambio técnico: un enfoque de complejidad para México (1980-2008). 115 fls. Tese de Mestrado em Economia (Universidad Nacional Autónoma de México), 2019.

PEACOCK, A. T.; DOSSER, D. Input-output analysis in an underdeveloped country: a case study. *The Review of Economic Studies*, v. 25, n. 1, pp. 21-24, 1957. PERROUX, F. *Pouvoir et économie*. Paris, France: Dunod, 1973.

PRIMI, A.; PERES, W. **Theory and practice of industrial policy: evidence from the Latin American experience**. Santiago de Chile: Eclac, 2009.

PUCHET, M. Análisis de la integración económica: aspectos del caso EUA-México. In: BIZZOZERO, L., VAILLANT, M. (eds.). *La inserción Internacional del Mercosur: ¿Mirando al Sur o Mirando al Norte?*. Montevideo: Arca, 1996.

RASMUSSEN, P. N. *Studies in Intersectoral Relations*. Amsterdam: North-Holland, 1957.

ROBINSON, S.; MARKANDYA, A. Complexity and adjustment in input-output systems. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 35, n. 2, pp. 119-134, 1973.

ROMERO, I.; DIETZENBACHER, E. HEWINGS, G. Fragmentation and complexity: analyzing structural change in the Chicago regional economy. *Revista de Economía Mundial*, n. 23, pp. 263-282, 2009.

ROMERO, J. P.; GRAMKOW, C. *Economic Complexity and Greenhouse Gas Emission Intensity*.

ROSSER, J. B. On the complexities of complex economic dynamics. *The Journal of Economic Perspectives*, v. 13, n. 4, pp. 169-192, 1999.

RUIZ-NÁPOLES, P. Exports, growth, and employment in Mexico, 1978-2000. *Journal of Post Keynesian Economics*, Vol. 27, no.1, pp.105-124, 2004.

SIMON, H. The architecture of complexity. *Proceedings of the American philosophical society*, v. 106, n. 6, pp. 467-482, 1962.

SONIS, M.; HEWINGS, G. Economic complexity as network complication: Multiregional input-output structural path analysis. *The Annals of Regional Science*, v. 32, n. 3, pp. 407-436, 1998.

SONIS, M.; HEWINGS, G. Feedbacks in input-output systems: impacts, loops and hierarchies. In: LAHR, M. L., DIETZENBACHER, E. (Eds.) *Input-output analysis: frontiers and extensions*. Londres: Palgrave, 2001.

TORRACCA, J., CASTILHO, M. The competitiveness of Brazilian manufacturing in both domestic and international markets. *Anais do 23rd International Input-Output Association (IIOA) Conference – Ciudad de México: México, 2015*.

WONG, Y. K. Some mathematical concepts for linear economic models. In: MORGENSTERN, O. (Ed.) *Economic Activity Analysis*. Nova York: Wiley, 1954.

YAN, C., AMES, E. Economic interrelatedness. *The Review of Economic Studies*, 32, p. 290-310, 1965.

YAN, C.; AMES, E. Economic interrelatedness. *The Review of Economic Studies*, v. 32, n. 4, pp. 299-310, 1965.