



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas
Programa de Pós-Graduação em Economia

**Mudanças tecnológicas no Brasil sob o paradigma da
interdependência geral: uma abordagem insumo-produto de 2000 a
2019**

Luiz Fernando Rodrigues de Oliveira

Brasília - DF

2024

Luiz Fernando Rodrigues de Oliveira

**Mudanças tecnológicas no Brasil sob o paradigma da
interdependência geral: uma abordagem insumo-produto de 2000 a
2019**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, do Departamento de Economia da Faculdade de Administração, Economia, Contabilidade e Gestão Pública da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Milene Takasago

Brasília - DF

2024

Resumo

O objetivo desta dissertação é, com base na literatura sobre inovação preconizada por Schumpeter e o instrumental analítico concebido por Leontief, identificar e discutir mudanças nos padrões de interdependência de uma economia com enfoque nas mudanças tecnológicas a partir de uma análise insumo-produto. Essas mudanças são relacionadas com outras variáveis chaves apontadas pela literatura: os preços relativos e os investimentos desagregados setorialmente. Para tanto, é feita uma análise do Brasil entre 2000 e 2019. Para esse país e nesse período é percebido que, apesar de variações cíclicas que sem compensam em média, os coeficientes técnicos apresentam estabilidade ao longo do período analisado, sua correlação com os preços relativos foi fraca e negativa, como se espera da literatura, ao passo que sua correlação setorial com os investimentos não é estatisticamente significativa.

Palavras-Chave: Inovação, Insumo-Produto, Mudança Estrutural, Desenvolvimento Econômico.

Abstract

The objective of this dissertation is to identify and discuss changes in the patterns of interdependence of an economy, with a focus on technological changes, based on the literature on innovation advocated by Schumpeter and the analytical tools conceived by Leontief, through an input-output analysis. These changes are related to other key variables pointed out by the literature: relative prices and sectorally disaggregated investments. To this end, an analysis of Brazil from 2000 to 2019 is conducted. For this country and period, it is observed that, despite cyclical variations that average out, the technical coefficients show stability throughout the analyzed period. Their correlation with relative prices is weak and negative, as expected by the literature, while their sectoral correlation with investments is not statistically significant.

Keywords: Innovation, Input-Output, Structural Change, Economic Development

Este trabalho é dedicado à sociedade brasileira, que ergueu com tanto suor as universidades públicas desse país e financiou todo o meu estudo do ensino fundamental até o mestrado.

Sumário

Agradecimentos	6
Introdução	13
1 Revisão de Literatura	15
1.1 Fluxo circular da renda e interdependência geral	15
1.2 Schumpeter e Leontief como herdeiros da tradição da interdependência geral	20
1.3 A teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter	25
1.4 O modelo de Leontief	29
1.5 Função de produção, mudança tecnológica e inovação	33
1.6 A estabilidade dos coeficientes técnicos	37
1.7 A teoria do desenvolvimento econômico visto sob o modelo de insumo-produto	39
2 Metodologia	42
2.1 Dados utilizados	42
2.2 Tentativas de contornar os problemas de estabilidade dos coeficientes técnicos	42
2.3 Relações entre a variação em A e em L e o campo de influência	48
2.4 Decomposição estrutural	50
2.5 Análise da correlação de variáveis selecionadas	53
3 Resultados	55
3.1 Análise do Campo de Influência	55
3.2 Variação nas matrizes de coeficientes técnicos	57
3.3 Decomposição Estrutural da matriz B_d e seus componentes em Unidades de Volume e Preços Relativos	62
3.4 Decomposição estrutural em unidades de volume	69
4 Considerações Finais	75
5 Apêndice	78
REFERÊNCIAS	84

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os meus professores e a toda a minha família, sem eles esse trabalho não seria possível.

Apesar de tantos nomes importantes os quais não há espaço para escrever aqui, agradeço nominalmente a minha orientadora (Milene Takasago), meu pai (Fernando Cruz de Oliveira) e minha namorada (Lorrany Arcanjo), os quais o apoio foi muito importante. Também reitero meu agradecimento a sociedade brasileira, que financiou todo o meu estudo como o de tantos outros que puderam crescer profissionalmente, desenvolver seu próprio pensamento crítico e exercer sua cidadania. Resta a mim e a todos esses contribuir de volta a essa mesma sociedade. Essa oportunidade que me foi dada, infelizmente, ainda não é para todos.

Particularmente, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por financiar a minha bolsa de mestrado e a Biblioteca Central da Universidade de Brasília (BCE-UnB) que me disponibilizou livros clássicos da economia, fundamentais para esse trabalho, que só estão disponíveis no mercado a preços inacessíveis aos estudantes.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à comunidade acadêmica internacional, haja vista que o conhecimento é construído socialmente e assim sendo qualquer contribuição que este trabalho possa dar se apoia em discussões advindas de diversos autores dos mais variados países.

Lista de Tabelas

- Tabela 1 - Setores demandantes com maior Campo de Influência 55
- Tabela 2 - Setores ofertantes com maior Campo de Influência 55
- Tabela 3 - Média, Desvio-Padrão e Coeficiente de Variação dos Coeficientes Técnicos . 59
- Tabela 4 - Correlação entre a variação dos coeficientes técnicos e a variação do investimento setorial 60
- Tabela 5 - Correlação entre a variação dos coeficientes técnicos e a variação do investimento para todos os setores 61
- Tabela 6 - Matriz de Correlação e P-Valor para B_n 63
- Tabela 7 - Correlação e P-Valor para μ , S e K 64
- Tabela 8 - Contribuição média de preços e unidades de volume para a variação das matrizes selecionadas 65
- Tabela 9 - Correlação entre Preço e Volume por Célula para todos os anos 67
- Tabela 10 - Impacto Máximo e Mínimo da Decomposição Estrutural sobre os Setores Demandantes 70
- Tabela 11 - Impacto Máximo e Mínimo da Decomposição Estrutural sobre os Setores Ofertantes 71
- Tabela 12 - Setores da MAI Antes e Após a Agregação 78

Lista de Figuras

- Figura 1 - Tableau Economiqué 16
- Figura 2 - Séries indicativas das condições econômicas22

Lista de Gráficos

- Gráfico 1 - Síntese do Campo de Influência 54
- Gráfico 2 - Norma euclidiana de A e L 56
- Gráfico 3 - FBCF em Unidades Totais 57
- Gráfico 4 - Norma da Variação da MAI 58
- Gráfico 5 - Norma da Decomposição Estrutural de B_d entre Preços e Volume 62
- Gráfico 6 - Norma da Variação de B_d e do Impacto em Preço e Volume 63
- Gráfico 7 - Norma Euclidiana da Variação de μ 64
- Gráfico 8 - Norma Euclidiana da Variação de S 64
- Gráfico 9 - Norma Euclidiana da Variação de K 64
- Gráfico 10 - Norma Euclidiana do Erro da Decomposição Estrutural de A_d em Volume 68
- Gráfico 11 - Norma do Impacto dos Componentes da Decomposição de A_d em Volume 69
- Gráfico 12 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores demandantes - Agro 78
- Gráfico 13 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores demandantes - Alimentos e Bebidas 79
- Gráfico 14 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores demandantes - Químicos ... 79
- Gráfico 15 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores demandantes - Petróleo 80
- Gráfico 16 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores demandantes - Aço 80
- Gráfico 17 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores ofertantes - Agro 81
- Gráfico 18 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores ofertantes - Petróleo 81
- Gráfico 19 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores ofertantes - Comércio 82
- Gráfico 20 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores ofertantes - Transportes 82
- Gráfico 21 - Variação dos coeficientes técnicos dos setores ofertantes - Serv. Emp. e Fam. e Manut. 83

Lista de Abreviações

VBP - Valor Bruto da Produção

MIP - Matriz Insumo-Produto

MAI - Matriz de Absorção de Investimentos

FBCF - Formação Bruta de Capital Fixo

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Lista de Variáveis

- a_{ij}^d - coeficientes técnicos diretos domésticos
- a_{ij}^v - coeficientes técnicos diretos em unidades de volume
- c_i - Consumo das famílias do setor i
- e_i - Estoque do setor i
- i_i - Investimento do setor i
- y_i - Demanda final do setor i
- g_i - Gastos do governo destinados ao setor i
- I_c - Capital constante do setor produtor de bens de capital
- I_m - Valor do setor produtor de bens de capital
- I_s - Mais-valor do setor produtor de bens de capital
- I_v - Capital variável do setor produtor de bens de capital
- II_c - Capital constante do setor produtor de bens de consumo
- II_m - Valor do setor produtor de bens de consumo
- II_s - Mais-valor do setor produtor de bens de consumo
- II_v - Capital variável do setor produtor de bens de consumo
- i - Índice do setor ofertante
- j - Índice do setor demandante
- m - Número de produtos
- n - Número de setores
- P - Preços
- r - Índice de Correlação de Pearson
- rm_j - Rendimentos mistos do setor j
- t - Índice de tempo em anos
- va_j - Valor agregado do setor j
- x_i - Valor Bruto da Produção do setor i
- w_j - Salários do setor j
- x_i - Exportações do setor i
- z_{ij} - Consumo intermediário vendido do setor i ao setor j
- z_{ij}^d - Consumo intermediário doméstico vendido pelo setor i para o setor j
- z_{ij}^m - Consumo intermediário importado vendido pelo setor i para o setor j
- α - Parâmetro tecnológico
- β - Ano base
- Δ - Símbolo de variação

$\lambda_{ij}^{t-1,t}$ - Índice de preços de Paasche do ano t com base no ano $t-1$ do que o setor i vendeu ao setor j

$\Lambda_{ij}^{base,t}$ - Índice de preços de Paasche encadeado para um ano base

μ - Matriz (n x n) de participação nacional dos coeficientes técnicos

π_j - Excedente operacional bruto do setor j

ρ - Matriz (n x n) de preços relativos

$\theta_{ij}^{base,t}$ - Preços Relativos do que o setor i vendeu ao setor j no ano corrente t deflacionado para um ano base

κ - Vetor (n x 1) de consumo intermediário

A - Matriz (n x n) de coeficientes técnicos diretos totais

A_d - Matriz (n x n) de coeficientes técnicos diretos domésticos

B_d - Matriz (m x n) de coeficientes técnicos diretos domésticos

c_m - Vetor (n x 1) de importação total

D - Matriz (n x m) de distribuição produto por setor

y - Vetor (n x 1) de demanda final

$F[a_{rc}]$ - Campo de Influência da linha r e coluna c

K - Matriz (n x n) de coeficientes de escala em unidades totais

K^v - Matriz (n x n) de coeficientes de escala em unidades de volume

L - Matriz (n x n) inversa de Leontief

Q - Vetor (n x 1) de produção do setor

R - Matriz (m x n) de Recursos

S - Matriz (m x n) de coeficientes de insumos em unidades totais

S^v - Matriz (m x n) de coeficientes de insumos em unidades de volume

U - Matriz (m x n) de Usos totais

U_d - Matriz (m x n) de Usos domésticos

U_m - Matriz (m x n) de Usos importados

x - Vetor (n x 1) do valor bruto da produção

F_t - Matriz (n x n) da norma euclidiana dos Campos de Influência no período t

\odot - Produto de Hadamard

\prod - Produtório

\sum - Somatório

Introdução

O progresso tecnológico e a inovação são temas amplamente estudados na economia, tanto que perpassam pelos mais diversos segmentos deste campo de estudo, seja na macroeconomia com seus modelos de crescimento (JONES, 2016), seja na microeconomia a partir da análise das falhas de mercado (ARROW, 1972). Do ponto de vista macroeconômico, o modelo basilar de Solow demonstra que a única forma de haver um crescimento do produto per capita sustentado no longo prazo é por meio do progresso tecnológico. Enquanto isso, o ponto de vista microeconômico sugere que a inovação possui origem em um setor específico ao mesmo tempo que tende a espriar seus efeitos pelos demais setores da economia. De todo o modo, a mudança tecnológica afeta o sistema econômico de diversas maneiras diferentes, seu impacto é generalizado ao mesmo passo que heterogêneo para indivíduos, setores, países, regiões e classes sociais.

Frente a essa importância, teorizar e mensurar a inovação e seus impactos no sistema econômico são tarefas de grande interesse da ciência econômica, a qual muitos pensadores dedicaram parte expressiva da carreira. Um dos mais proeminentes é Schumpeter ([1911] 1997), responsável por conceituar a inovação, descrever o processo inovativo e associá-lo intimamente ao curso do desenvolvimento econômico. Por outro lado, as contribuições metodológicas e empíricas de Leontief (1966) sobre a mensuração da estrutura tecnológica de um país e seus impactos para o crescimento econômico são indispensáveis para estudos empíricos sobre esse tema, particularmente por trazer uma visão setorial microeconômica em compasso com a perspectiva de totalidade nacional típica da macroeconomia. Ademais, apesar desses dois autores abordarem o mesmo tema de maneiras distintas, é válido um estudo que busque complementariedades entre as duas contribuições, o que é escasso na literatura.

Neste sentido, as conceituações de Schumpeter sobre o que é e como se processa a inovação em um sistema econômico baseado no comércio pode lançar luz a maior contribuição empírica de Leontief sobre o tema: a construção da matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos, a reconhecida matriz inversa de Leontief. A abordagem de insumo-produto fundada por esse autor segue sendo amplamente usada na literatura econômica com vistas a análise de impacto pelo lado da demanda e análise de estrutura pelo lado da oferta. Contudo, na maioria dos casos a matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos é tomada como constante como em análises de impacto, ou tem a sua variação posta em segundo plano dada a maior instabilidade da demanda, como em análises de decomposição estrutural. Não obstante, existem estudos que colocam no centro da análise as mudanças nos coeficientes técnicos de produção, como o método do Temporal Leontief Inverse (TLI) (AVELINO et al, 2021). É neste campo de estudo que a presente dissertação pretende levar contribuições, particularmente para o caso da economia brasileira.

Diante disso, o problema de pesquisa com o qual se está lidando é a mensuração da mudança tecnológica e seus impactos no Brasil a partir da matriz inversa de Leontief, baseando-se, para tanto, na teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter. Assim, pretende-se contribuir para esse debate ao mensurar os componentes que estão por trás das mudanças nessa matriz, seguindo as contribuições mais recentes sobre o tema e algumas propostas próprias, de maneira integrada. Além disso, visa-se averiguar algumas correlações que se espera, a partir da teórica econômica, que a mudança tecnológica possua com outras variáveis relevantes da economia, especificamente os preços relativos e os padrões de investimento.

Com essa finalidade, a presente dissertação se estrutura da seguinte forma: após essa introdução, o primeiro capítulo se dedica às discussões teóricas sobre mudança tecnológica e inovação no contexto da interdependência geral, mostrando influências em comum e associações sobre as contribuições de Schumpeter e Leontief; o segundo capítulo apresenta a metodologia utilizada, a qual aplica a análise de insumo-produto, particularmente os métodos do campo de influência a fim de identificar setores-chave para a mudança tecnológica e decomposição estrutural exclusivamente sobre a matriz inversa de coeficientes técnicos a ser feita em dois estágios, em primeiro lugar separando os impactos dos preços relativos e das quantidades e em segundo lugar separando a contribuição das variáveis de caráter comercial daquelas verdadeiramente tecnológicas, no qual essas últimas serão correlacionadas com os preços relativos e os investimentos setoriais; o terceiro capítulo discute os resultados da aplicação do método proposto à economia brasileira de 2000 a 2019, de maneira a identificar e discutir as mudanças tecnológicas vivenciadas nesse período e como elas se relacionam com a economia em geral; por último esse trabalho se encerra com as considerações finais.

1 Revisão de Literatura

Neste capítulo é apresentado o argumento de que é possível compatibilizar a teoria do desenvolvimento econômico preconizada por Schumpeter com o modelo de insumo-produto de Leontief.

Para isso, argumenta-se que ambos possuem um conjunto de antecessores em comum que influenciaram suas abordagens, especialmente, mas não exclusivamente, Quesnay ([1758] 1984), Marx (1885 [2014]) e Walras ([1900] 1996) com os seus modelos: o Tableau Economiqué, os Esquemas de Reprodução e o Equilíbrio Geral, respectivamente, os quais podem ser entendidos como três versões do fluxo circular da renda. A teoria schumpeteriana e o modelo de Leontief também partem do fluxo circular da renda para deduzir as suas contribuições teóricas e metodológicas.

Frente a isso, nota-se a complementariedade das duas contribuições: enquanto Schumpeter desenvolveu uma teoria ampla e abstrata, sem formalização matemática, Leontief desenvolveu um modelo matemático que se torna uma ferramenta de análise empírica. Apesar de algumas relações e causalidades serem apontadas por Leontief, a teoria schumpeteriana identifica certas interações entre variáveis que Leontief não apresenta, mas tais variáveis podem ser captadas em sua matriz insumo-produto.

O ponto central da teoria de Schumpeter é o processo de inovação que, em sua visão, causa o processo de desenvolvimento econômico. Inovação, para este autor, é chamada de "novas combinações" ou de "mudanças na função de produção". Isso, certamente, está correlacionado com as mudanças dos coeficientes técnicos da matriz de Leontief, essa relação pretende ser explorada neste trabalho.

Ademais, no processo inovativo schumpeteriano as "novas combinações" estão fortemente correlacionadas com mudanças nos padrões de investimento e com variações nos preços relativos. Essa correlação pode ser verificada analisando-se as mudanças nos parâmetros das equações de Leontief ao longo do tempo.

Com isso, tenta-se usar a ferramenta desenvolvida por Leontief para analisar os argumentos teóricos de Schumpeter. Mas antes disso, cabe uma digressão teórica que exponha influências em comum, o que é feita na seção seguinte.

1.1 Fluxo circular da renda e interdependência geral

A percepção de economia como um sistema amplo e intensamente integrado e interdependente nasce junto do próprio nascimento da economia como campo de estudo. Pode-se remontar a esquematização de interdependência geral pelo menos desde a fisiocracia francesa do início do século XVIII, o qual tem o sistema de Quesnay ([1758] 1984; [1763] 1985) a sua

formulação mais bem delineada, no seu *Tableau Economiqué*. É possível vê-lo como um quadro que sintetiza toda a circulação e conseqüente repartição da produção de bens materiais de maneira tal que qualquer mudança em uma das transações desencadeará efeitos por toda a economia¹. Assim, a formulação do *Tableau* surge na medida em que Quesnay se depara perante uma sociedade em que o nível de divisão do trabalho alcança um grau de amplitude e complexidade apreciáveis.

Em meio a isso, o *Tableau* demonstra um fluxo de comércio entre distintas classes da sociedade, pela qual perpassa o produto líquido (ou *produit net*) em contrapartida de unidades monetárias. Em suas palavras tal esquema pretendeu realizar uma “descrição elementar de todas as peças de ligação que entram na construção da máquina econômica” (QUESNAY; MIRABEAU, 1763 [1985], p. 1498). Sem embargo, essa representação foi capaz de simplificar toda a complexidade da divisão do trabalho em uma representação gráfica. Essa representação pode ser vista na figura 1.

Assim, as interações entre as classes do esquema ocorrem por meio de transações comerciais, representadas por linhas, em que os fluxos monetários nascem da classe proprietária de terras em duas direções e escorrem de cima a baixo do quadro em forma de zigue-zague, com os fluxos de produtos percorrendo o sentido inverso. O esquema, portanto, começa com a compra de bens da classe produtiva (o setor primário) e da classe improdutiva (o setor secundário) e prossegue com uma sucessão de permutações entre essas duas classes.

Perante a isso, o sistema econômico se encontra em um estado de equilíbrio estacionário (KUNTZ, 1984). Apesar de não estar explícita na obra de Quesnay, a ideia de estacionariedade é um princípio básico de seu Quadro (MEEK, 1960). Desta forma, a economia se encontra diante de uma típica relação de equilíbrio, onde o investimento bruto apenas cobre a depreciação, ou seja, o investimento líquido é nulo, de modo que não existe expansão ou redução de capacidade produtiva e, decorrente disso, não existe crescimento econômico.

O *Tableau Economiqué* é considerado uma das obras fundadoras da ciência econômica, tendo servido como embasamento para diversas outras sistematizações do complexo econômico, feitas de maneiras mais elaboradas e com outros referenciais teóricos mais sofisticados. Não obstante, foi a partir desse esquema que se firma as bases do que hoje se entende como a contabilidade nacional, da qual Quesnay é considerado um dos precursores (DUPUY; LE MASNE, 2020).

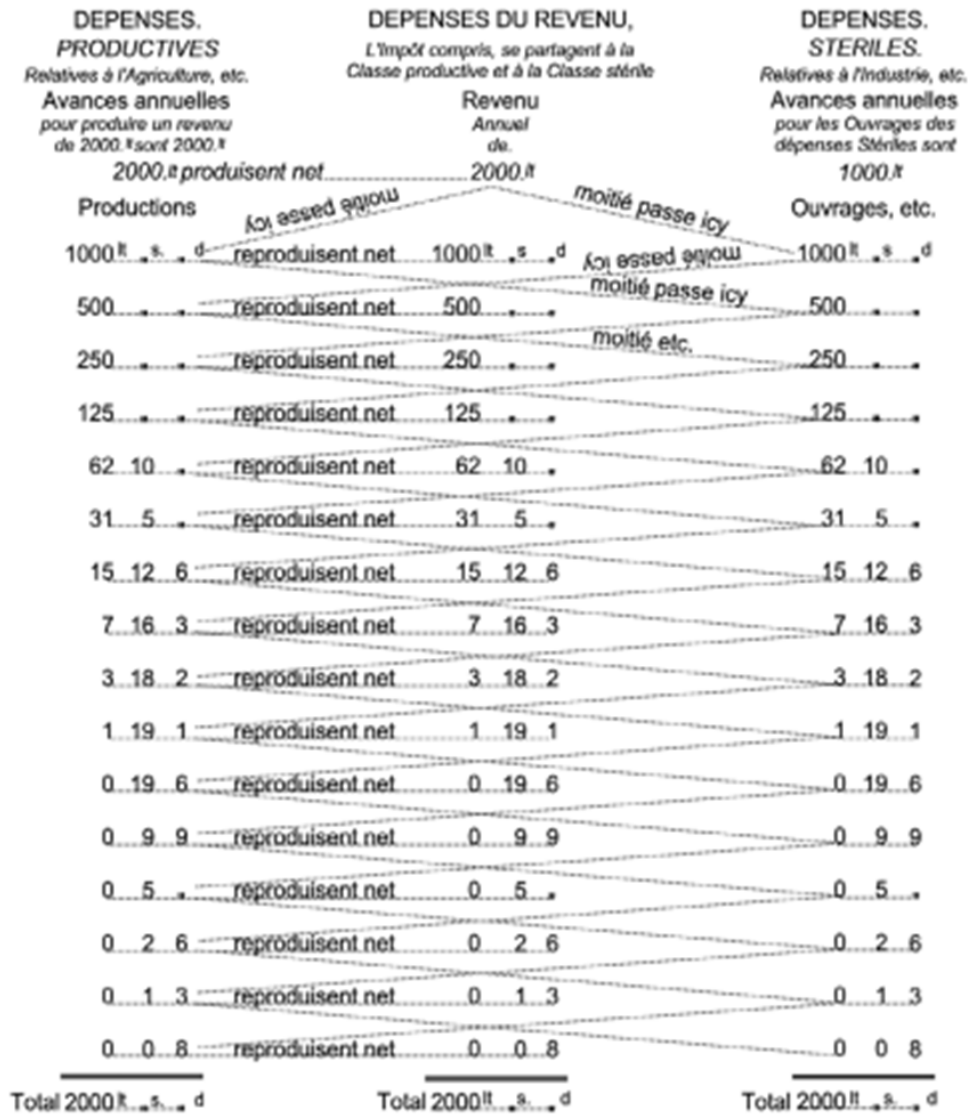
Nesse ínterim, existem dois pressupostos contidos no *Tableau* que seriam os mais significativos para a sua compreensão, a saber, o nível de plena utilização da capacidade produtiva

¹ Como exemplo da ideia de interdependência geral, vale destacar o seguinte trecho da obra de Quesnay, em que se afirma “[...] não se pode imaginar qualquer alteração na ordem da distribuição de alguma das despesas sem reconhecer infalivelmente todos os efeitos que esta alteração deve produzir no sistema geral da ordem econômica [sic]”. (QUESNAY; MIRABEAU, 1763 [1985], p. 1498).

THE GRAND TABLEAU OF PHILOSOPHIE RURALE (2,000 LIVRES OF NET PRODUCT)

TABLEAU ECONOMIQUE

Objets à considérer, 1°. trois sortes de dépenses ; 2°. leur source ; 3°. leurs avances ;
 4°. leur distribution ; 5°. leurs effets ; 6°. leur reproduction ; 7°. leurs rapports entr'elles ;
 8°. leurs rapports avec la population ; 9°. avec l'Agriculture ; 10°. avec l'industrie ;
 11°. avec le commerce ; 12°. avec la masse des richesses d'une Nation.



Il n'est pas nécessaire de s'attacher à l'intelligence de ce Tableau avant la lecture des 7. premiers chapitres, il suffit à chaque chapitre de faire attention à la partie du Tableau qui y a rapport.

Figura 1. Tableau Economiqué

Fonte: Dupuy e Le Masne (2020)

(bem como a própria assunção de uma capacidade produtiva dada) e uma tecnológica dada homogeneamente.

O primeiro desses assuntos é um dos mais controvertidos na literatura econômica. Neste ponto, faz jus mencionar dois importantes seguidores de Quesnay, que elaboraram esquemas baseados no seu, mas que divergem quanto ao pressuposto da utilização da capacidade produtiva. O primeiro é Marx (1885 [2014]), que elaborou os seus esquemas de reprodução do capital assumindo recursos ociosos na economia, o segundo é Walras ([1900] 1996), que desenvolveu seu quadro de equilíbrio geral pressupondo pleno emprego dos fatores de produção. Como coloca Kuntz (1984, s/p) “O esquema de reprodução simples que aparece n’O capital é uma reelaboração desse modelo [de Quesnay]. Uma década mais tarde coube a León Walras proclamar o parentesco entre o Quadro econômico e sua própria descrição global da economia [...]”. Os dois esquemas, que são representados como sistemas de equações lineares, também possuem grande impacto no meio acadêmico, e mais do que isso, serviram de embasamento para decisões de política econômica.

Destarte, em virtude dos ensinamentos de Quesnay e seu quadro de interdependência geral serem pontos de convergência para ambas as teorias, é possível visualizar traços em comum que perpassam a teoria marxiana e walrasiana. A percepção de que os efeitos de qualquer mudança em qualquer variável econômica se espraiam por todo o sistema é obviamente o aspecto mais geral a permear essas análises. Com um olhar mais acurado, percebe-se a existência de um entendimento comum a Quesnay, Marx e Walras do funcionamento das relações de produção, renda e consumo como um fluxo circular de etapas encadeadas.

No esquema de equilíbrio geral, Walras ([1900] 1996) relaciona as suas teorias da troca e da produção em um sistema que coloca de um lado o mercado de serviços produtivos, ou fatores de produção, e de outro o mercado de produtos. A interação entre ambos os mercados apresenta a circularidade que caracteriza o fluxo da renda em uma economia de mercado. No primeiro mercado, os proprietários dos fatores produtivos vendem seus serviços produtivos aos empresários, que combinam esses fatores para produzir os produtos. No segundo mercado, são os empresários que vendem os serviços consumíveis para as classes sociais. A forma como Walras constrói esse arranjo, como entenderam Akhabbar e Lallement (2011), está intimamente ligada à noção de fluxo circular da renda, para estes autores a visão neoclássica típica do processo produtivo como um caminho unilateral de fatores primários de produção até os bens finais não é compartilhada por Walras. Neste aspecto, o autor se aproxima da tradição de pensamento clássica.

A formulação walrasiana buscou demonstrar matematicamente o equilíbrio geral como uma possibilidade logicamente factível, por meio de um sistema de n equações lineares simultâneas que determinam preços e quantidades de todas as mercadorias conjuntamente, em que n é o número de mercadorias. Nesta etapa da formulação de Walras ([1900] 1996), é demonstrado como cada preço e quantidade é função de todos os outros preços e quantida-

des, tendo um preço como numerário, isto é, como referência para uma economia de mercado em que a moeda não assume outro papel senão de facilitador de trocas e, portanto, pode ser abstraída. Essa conclusão demonstra matematicamente a interdependência geral entre indivíduos/setores.

Todavia, o autor adverte que seu modelo é apenas uma formalização de uma tendência de longo prazo das forças de mercado, que tal como o Tableau de Quesnay é um estado “ideal” de uma economia estacionária.

Esse estado de equilíbrio da produção é, bem como o estado de equilíbrio da troca, um estado ideal e não real. Jamais ocorre que o preço de venda dos produtos seja absolutamente igual ao seu preço de custo em serviços produtivos, assim como jamais ocorre que a oferta e a demanda efetivas de serviços produtivos ou produtos sejam iguais. Mas é o estado normal, no sentido de que é aquele para o qual tendem por si próprias as coisas no regime da livre-concorrência, aplicado tanto à produção quanto à troca (WALRAS, 1900 [1996], p. 172).

Não obstante seu sistema ser “ideal”, tal engenhosidade certamente possibilitou uma compreensão matemática das relações econômicas entre indivíduos e setores que serviu como ponto de partida para muitos outros estudiosos da economia (CARNEIRO NETTO, 1996).

Por outro lado, Marx ([1885] 2014) também segue a tradição fisiocrata que, segundo ele, possuiu o grande mérito de entender a produção social como um sistema de reprodução das suas condições de existência. Mais do que isso, Marx afirma “Na verdade, porém, o sistema fisiocrata é a primeira formulação sistemática da produção capitalista” (MARX, [1885] 2014, p. 487). O sistema fisiocrata é entendido aqui como o Tableau Economiqué, sua principal referência para a confecção dos seus esquemas de reprodução do capital. Marx, no entanto, representa o seu esquema como um sistema de duas equações lineares, tal como Walras, da seguinte forma

$$I_c + I_v + I_s = Im$$

$$II_c + II_v + II_s = IIIm$$

Aqui os algarismos romanos representam os dois setores da sua teoria econômica, I representa o setor produtor de bens de capital e II o setor produtor de bens de consumo, as letras minúsculas indicam o valor dos componentes, c o “capital constante”(consumo intermediário e depreciação), v o “capital variável”(salários), s o “mais-valor”(excedente operacional bruto), e m indica o valor do produto final de cada setor (o valor bruto da produção).

Porém, esse sistema de equações, segundo Marx ([1885] 2014), representa apenas uma “reprodução simples” do capital que, tal qual o Tableau Economiqué², não comporta acu-

² “O Tableau Économique de Quesnay mostra, em poucas linhas gerais, como um resultado anual da produção nacional, determinado em relação ao valor, distribui-se mediante a circulação, de tal modo que,

mulação de capital, todo o mais-valor do capitalista é dedicado ao consumo improdutivo, de modo que o investimento líquido é nulo (BLAUG, 1997). Como compreendeu Blaug (1996, p. 241), "‘Simple reproduction’ denotes a condition of stationariness in which net investment is zero".

Como complemento, Marx ([1885] 2014) fornece um modelo de “reprodução em escala ampliada”. No seu sistema de equações, isso se apresenta como um deslocamento do mais-valor de gastos com consumo improdutivo para o consumo produtivo, o que gera uma desproporção entre os departamentos, algebricamente representado por

$$I_c + I_v > II_c \quad (1)$$

Ou seja, o setor I cresce proporcionalmente e para tanto compra mais do setor II do que lhe vende. Marx ([1885] 2014) divide o setor I em produtor de capital fixo (bens de capital) e produtor de capital circulante (bens intermediários), o primeiro não se reproduz anualmente, ficando imobilizados por longos e irregulares períodos. Como Mosley (2018) argumenta, isso causa uma descontinuidade da reposição e ampliação da capital fixo, o que dá origem a teoria marxiana dos ciclos econômicos.

1.2 Schumpeter e Leontief como herdeiros da tradição da interdependência geral

Em todos esses casos apresentados há um quadro da interdependência geral, do qual uma mudança de rotina em algum elo dessa cadeia de interações gera distúrbios que devem ser assimilados e adaptados por todo o complexo produtivo e de trocas. Esse aspecto vai de encontro com o outro ponto considerado como pressuposto fundamental no esquema de Quesnay: a tecnologia dada e homogeneamente distribuída. Caso essa condição não se mantenha constante, o nexos qualitativo de interdependência intersetorial se altera.

Nesse sentido, o pensador mais destacado e influente a se debruçar sobre o assunto foi o economista austríaco Schumpeter (1997), que realizou uma síntese crítica dos pensamentos de Marx e Walras para colocar a mudança de rotina no centro da análise econômica. Partindo da ideia de fluxo circular em um esquema de equilíbrio geral walrasiano, Schumpeter desenvolve o argumento de que mudanças de rotina se originam das próprias forças do sistema econômico, da concorrência interempresarial, acarretando uma série de desequilíbrios que tendem a se corrigir com o tempo, assim a economia sai e volta ao estado de equilíbrio do fluxo circular a

mantendo-se invariáveis as demais circunstâncias, pode-se operar sua reprodução simples, isto é, sua reprodução na mesma escala” (MARX, 1885 [2014], p. 486).

partir da introdução de uma nova rotina ou, como chamou, de uma inovação. Tal inovação é levada a condizida pela figura do empresário³.

Por outro lado, a relação entre fluxo circular e o desequilíbrio dado pela inovação, que Schumpeter (1997) vai caracterizar como um processo de desenvolvimento econômico, guarda profunda semelhança com a relação de Marx entre o esquema de reprodução em escala simples e a reprodução em escala ampliada do capital. Ambos associados a teorias dos ciclos econômicos. No entanto, enquanto para Marx (1885 [2014]) a reprodução simples não se sustenta sozinha, dado que a natureza da economia capitalista é acumular mais e mais capital, Schumpeter (1997) defendia que um processo de ajustes forçava o sistema econômico de volta ao fluxo circular, porém não ao antigo estado estacionário, mas a um novo equilíbrio o qual a inovação já está consolidada e a quantidade e/ou qualidade de mercadorias é maior⁴. Portanto, a proximidade com Marx advém da perspectiva dinâmica de crises cíclicas que este autor desenvolve.

Essa forma encontrada por Schumpeter de articular e acrescentar novos elementos para desenvolver uma teoria que coloca a figura do empresário como o papel central de agente da mudança, e a sua inovação como a principal causa desta mudança, trouxeram prestígio acadêmico ao ponto de também garantir-lhe seguidores. Entretanto, apesar de muito rica, sua teoria sobre inovação carece de instrumentos analíticos de base empírica. Para tomar os termos de Walras ([1900] 1996), pode-se dizer que Schumpeter se inclina mais à “Economia Política Pura” do que a “Economia Política Aplicada”, ao não esboçar suas relações de causalidade de modo matemático e desenvolver formas de mensurar sua teoria, especialmente o processo de inovação.

Um outro relevante e influente autor que também desenvolve seu esquema a partir das contribuições de Quesnay, Marx e Walras sobre economia como um sistema circular de interdependência geral é Leontief⁵. No entanto, diferente de Schumpeter, Leontief se inclina mais para o que Walras chamou de “Economia Política Aplicada”, suas formulações teóricas obtiveram finalidades práticas de mensuração de quantidades e preços de bens e serviços. Seu esquema, o modelo insumo-produto, nasce da tentativa de um levantamento estatístico para elaborar um *Tableau Economique* para os Estados Unidos, como o próprio autor mencionava em seus estudos (LEONTIEF, 1936; 1966). Leontief (1966) ao iniciar sua exposição realiza explicitamente a primeira diferenciação entre o seu esquema e o esquema fisiocrata ao destacar que sua época se beneficia de um avanço do ferramental matemático e da disponibilidade

³ O empresário se distingue do capitalista, essa distinção fundamental para Schumpeter é feita anteriormente por Walras (1900 [1996])

⁴ Em escritos posteriores, o economista austríaco desenvolve uma teoria de ciclos interpostos, de maneira que a volta ao estado de equilíbrio nunca se completa (SCHUMPETER, 2002).

⁵ Curiosamente este economista russo ingressa como professor na Universidade de Harvard alguns anos depois de Schumpeter, de modo que ambos foram colegas de trabalho por algum período

de levantamentos estatísticos que seu antecessor não obteve acesso. Suas raízes na tradição clássica se mostram a partir da percepção de interdependência geral entre setores econômicos. Neste sentido, esse autor constrói seu modelo como uma representação gráfica do sistema econômico como um conjunto de partes integradas em constante repetição de interações, ou seja, que reproduzem suas condições de existência segundo determinado padrão específico de interdependência. Leontief (1936; 1966), inclusive, explicita que seu modelo se apresenta em estado estacionário.

O autor reivindica o seu modelo como uma tentativa de desenvolver técnicas mensuráveis para a análise do equilíbrio geral walrasiano (Leontief, 1949; 1966). Como notou Friedman (1955), o esquema walrasiano se atenta mais a forma do que ao conteúdo do equilíbrio geral, deixando de lado sua abordagem empírica, a qual Leontief se propôs a complementar “We are dealing here essentially with attempted application of the economic theory of general equilibrium to empirical quantitative analysis of the concrete national economy” (LEONTIEF, 1949, p. 211).

Leontief consegue transpor o sistema de equações simultâneas de equilíbrio multissetorial de Walras para termos matriciais. A preocupação deste último em elaborar um sistema de equações que possua o mesmo número de incógnitas a fim de mostrar a partir das relações de troca que o equilíbrio geral é possível, determinado e possui uma solução única é compartilhada por Leontief. Especialmente, o artifício walrasiano de selecionar uma mercadoria como numerário para o preço foi tomada por Leontief (1966), o que permitiu a ambos os modelos concluírem por um esquema de formação simultânea de quantidades e preços relativos, ou seja, os preços reais da economia.

Não obstante, existe outro aspecto central da teoria de Leontief que é tomada emprestado da teoria de Walras: a forma da sua função de produção. Dada a importância deste ponto, foi preferível abordá-lo com mais profundidade em uma seção posterior, a seção 2.5.

Por outro lado, Akhabbar e Lallement (2011) estão convencidos de que a noção de fluxo circular de Leontief possui raízes na literatura marxiana acerca da reprodução do capital. Esses autores argumentam que anteriormente ao seu doutorado, Leontief trabalhou na Rússia pós-revolucionária e teve contato com balanços estatísticos baseados nos esquemas de reprodução de Marx.

Sobre esse ponto, Lange ([1957] 1986) defende que o modelo de Leontief pode ser entendido como uma extensão multissetorial do modelo bissetorial de reprodução do capital simples de Marx, a equação (1) quando é realizada como igualdade refletiria a gênese da relação insumo-produto.

Diante disso, vale mencionar uma referência feita por Leontief (1938) a Marx em um artigo intitulado “The Significance of Marxian Economics for Present-Day Economic Theory”

no qual afirmou que a maior contribuição que Marx deixou para a economia contemporânea foram os seus estudos sobre os ciclos econômicos, particularmente fundamentados nos seus esquemas de reprodução do capital.

The significance of Marxian economics for the modern business cycle theory lies, however, not in such indecisive direct attempts toward the final solution of the problem but rather in the preparatory work contained mainly in the second and partly in the third volume of Capital. I have in mind the famous Marxian schemes of capital reproduction (LEONTIEF, 1938, p. 3).

Apesar do seu modelo de insumo-produto se caracterizar como um modelo de equilíbrio, Leontief deixa claro que considera a relevância dos ciclos econômicos. Tanto no artigo que lançou as bases para o modelo insumo-produto de 1936 quanto no livro de 1966, Leontief inicia sua análise empírica com a apresentação de um gráfico (Figura 2) com dados de produção, preços e débitos bancários em séries de tempo anuais. Neste gráfico foi mencionado a grande depressão que perpassa esse período como uma fase de um ciclo econômico. Isso indica que a perspectiva de instabilidade cíclica possuía destaque nos pensamentos de Leontief mesmo quando suas principais formulações estavam sob o prisma do equilíbrio estático.

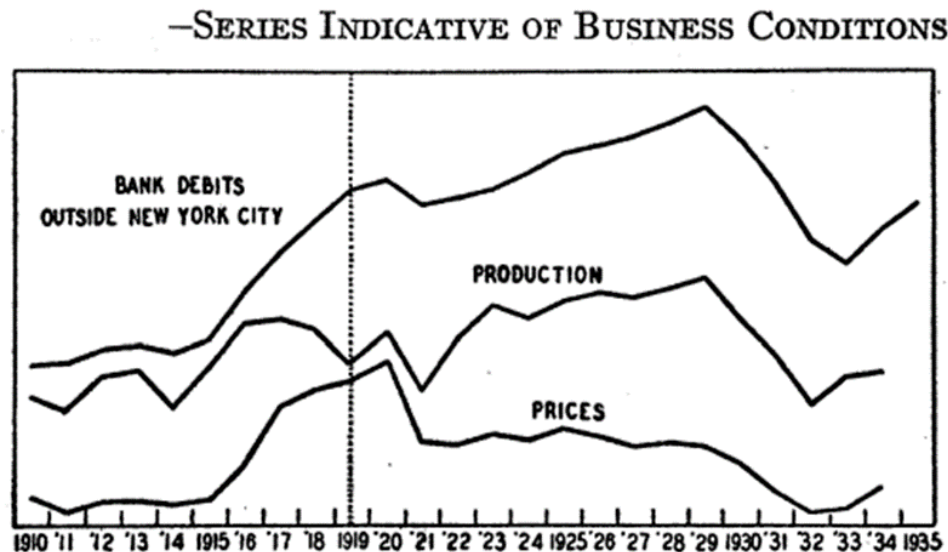


Figura 2. Séries indicativas das condições econômicas

Fonte: Leontief (1936)

O esquema de reprodução em escala ampliada, neste sentido, é um modelo preferido para a explicação de ciclos econômicos e é possível identificar uma semelhança com o modelo dinâmico de Leontief (LEONTIEF, 1936; 1966). Do ponto de vista teórico, a maior semelhança está no reconhecimento de Leontief (1936; 1966) que as relações interindustriais perdem sua simetria em um modelo dinâmico com acumulação de capital. Neste sentido, Guilhoto (2011)

afirma que os modelos de insumo-produto que buscavam desenvolver uma visão dinâmica da economia sempre incorporam alguma modelagem acerca da formação de capital. No recorte bissetorial do modelo de Leontief (1936; 1966), de famílias e empresas, a introdução da formação de capital aparece como uma desproporção entre suas trocas, as empresas compram mais do que vendem às famílias, o que está conforme a equação (1).

A convergência de influenciadores justificam uma comparação entre Schumpeter e Leontief, que a partir da tradição da interdependência geral e do fluxo circular da renda, associam estática a equilíbrio e dinâmica a desequilíbrio. Para a presente dissertação, é útil abordar o papel dado pelos autores nas mudanças nas relações de dependência acarretadas pela mudança tecnológica. Se Schumpeter (1997; 2002; 1961) colocou esse aspecto no centro de sua teoria, Leontief (1936, 1966) se demonstrou preocupado e dedicou parte do seu trabalho à questão da tecnologia. Neste ponto, é possível associar as novas combinações schumpeterianas com as proporções de insumo, os coeficientes técnicos de produção de Leontief, empiricamente observáveis no seu modelo de insumo-produto, algo que desencadeia uma mudança generalizada nos parâmetros do seu sistema de equações e o resultado é um impacto não apenas nos setores diretamente envolvidos, mas em todos os setores da economia. Deste modo, a convergência de pensamentos está em compreender a mudança tecnológica como uma recostura do tecido econômico.

No entanto, apesar de suas compreensões matemáticas sobre a economia em geral e sobre a mudança tecnológica em particular, Leontief teorizou pouco sobre relações de causalidade mais gerais e encadeadas pela mudança tecnológica, uma vez que em seu modelo tal mudança é um fato dado exogenamente. Ao passo que Schumpeter tem a endogeneidade da inovação a pedra angular que sustenta sua teoria.

Assim, suas abordagens se distanciam em perspectiva, visto que o primeiro elabora uma teoria dinâmica e não modelada; ao passo que o segundo elaborou um modelo matemático de equilíbrio voltado a aplicações empíricas. Tais diferenças não implicam divergência na maioria dos aspectos, ao contrário, podem ser vistas como complementaridades.

A endogeneidade da mudança técnica apontada por Schumpeter, por exemplo, não pode ser prevista, a priori, por um conjunto de dados observáveis, assumi-la como variável independente faz mais sentido do ponto de vista de previsão de desequilíbrios gerais causados por uma mudança de parâmetros. Alguns elementos dinâmicos elucidados por Schumpeter podem ser captados, em alguma medida, por fotografias de determinados estágios do seu movimento, um aparelho capaz de tirar essas fotos é a matriz de insumo-produto.

Em função do exposto, a herança da tradição da abordagem clássica da interdependência geral recai sobre esses dois autores de maneira distinta, mas complementar. Para obter uma noção mais clara desse aspecto, cumpre a tarefa de detalhar, nas próximas seções, a teoria

de Schumpeter e o modelo de Leontief, bem como apontar seus pontos de convergência.

1.3 A teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter

Como mencionado na seção anterior, Schumpeter ([1911] 1997) apresenta sua teoria do desenvolvimento econômico a partir da exposição do fluxo circular da renda, com claro embasamento da teoria de Walras, em que as famílias ofertam seus fatores produtivos para empresas e estas, por sua vez, ofertam bens e serviços para as famílias.

Deste fluxo real de fatores e bens há a contrapartida de um fluxo monetário. Em direções opostas, os dois fluxos transitam entre famílias e empresas. Schumpeter ([1911] 1997), neste estado da economia, considera que a única forma de crescimento dentro do funcionamento rotineiro e repetitivo do fluxo circular é aquele baseado no aumento da oferta dos fatores de produção do qual, se não há ociosidade, só pode ocorrer por via do crescimento vegetativo da população disposta a vender sua força de trabalho e do investimento em bens de capital.

Neste contexto, a moeda funciona como um numerário que somente facilita as trocas, as empresas são tomadoras de preços, possuem lucro econômico zero e oferta e demanda se equilibram em todos os mercados. Com isso, a economia funciona completamente rotinizada, todos os eventos de produção e troca se repetem sem grandes diferenças.

O fenômeno que modifica essa rotina é a ação empresarial por busca de um lucro econômico diferente de zero, e a forma possível para isso é a aplicação de uma inovação bem sucedida. Deste modo, o empresário inovador é o fator que tira a economia do fluxo repetitivo da renda e desencadeia o processo de desenvolvimento econômico.

Antes de detalhar o processo de inovação aos moldes de Schumpeter, cabe explicar como este autor entende a inovação. O primeiro ponto a ser destacado é sua diferenciação quanto à invenção, esta é uma descoberta científica que pode ou não contribuir para uma inovação. A inovação possui aplicação mercadológica, que pode ter origem em uma invenção, mas pode ser um apenas um modo diferente de se fazer o mesmo, contanto que gere para os seus proprietários um retorno acima da média de mercado. Assim, a inovação consiste em dar um fim diferente para recursos que já estão disponíveis e em uso na economia do fluxo circular. Deste modo, a concepção desse autor sobre o tema da inovação é ampla, em suas palavras a inovação é “[...] qualquer forma de fazer as coisas de maneira diferente na esfera da vida econômica” (SCHUMPETER, [1939] 2002, s/p).

Para ter mais precisão, são conceituados cinco tipos e inovação, segundo Schumpeter (1997). A primeira é a inovação de processo, aquela que o empresário aplica uma nova e mais eficiente técnica produtiva para produzir um mesmo produto. A segunda é a inovação de produto, aquela em que um novo produto é elaborado e passa a ser aceito pelo mercado. A terceira é o uso de um insumo alternativo que antes não possuía aquela finalidade e se torna

mais rentável que os usos alternativos. A quarta é uma nova estrutura de mercado, com concentração ou desconcentração da demanda, ou oferta. A quinta, por fim, é a abertura de um novo mercado.

No entanto, Schumpeter aborda a inovação de forma diferente em livros e mesmo capítulos de um mesmo livro ([1911] 1997, [1939] 2022). A mais usada, e genérica, é quando se refere a inovação como "novas combinações", para esse autor

[...] a função do empresário é combinar os fatores produtivos, reuni-los. Como isso é uma atuação de tipo especial apenas quando os fatores são combinados pela primeira vez – ao passo que é mero trabalho de rotina quando feito no curso da operação de negócios [...] (SCHUMPETER, [1911] 1997, p. 84).

Nesta forma de apresentar a questão, tem-se uma aparente confusão com a forma anterior, como perceberam Moricochi e Gonçalves (1994, p. 33) “[...] não é muito claro o conceito de ‘novas combinações ou inovações’, uma vez que considera uma situação de monopólio como uma ‘nova combinação’”. Porém, anos mais tarde o autor dá uma definição mais precisa, e consoante o arcabouço teórico da microeconomia tradicional, no qual aponta a inovação como um deslocamento da função de produção, algo diferente do mero movimento ao longo de pontos contínuos da mesma curva, isto é, uma mudança nos parâmetros da função de produção.

Dito isso, cumpre descrever como a inovação é inserida no contexto do fluxo circular da renda e quais são os seus efeitos. Em primeiro lugar, tendo-se em vista o lucro econômico zero característico da concorrência perfeita aos moldes de Walras, o empresário que deseja introduzir uma inovação necessita recorrer ao crédito para viabilizá-la. Neste momento, o banqueiro, sinônimo de capitalista para Schumpeter, é o único capaz de financiar a inovação e precisa ser convencido de que o projeto é promissor o suficiente para justificar o risco.

Vale mencionar que, na visão do autor, o crédito é considerado poder de compra criado antes da produção, de modo que os bancos não estão retirando recursos financeiros do fluxo circular da renda para emprestar aos empresários. Os bancos, neste sentido, têm o poder de criar moeda, mas o fazem apenas quando acreditam que esse crédito será pago com juros⁶.

Com o crédito em mãos, o empresário pode realizar os investimentos necessários para operacionalização do seu projeto de inovação, um tipo de investimento diferente daquele voltado a mera ampliação de capacidade produtiva. Sobre esse aspecto, Freeman (1984) destaca que o investimento voltado às inovações pode ser considerado uma variável autônoma na teoria schumpeteriana, o que possui natureza distinta de qualquer outro tipo de investimento. É este investimento que irá trazer os primeiros desequilíbrios para o fluxo circular da renda.

⁶ Precisamente, os bancos ainda precisam de uma reserva monetária para poder emprestar, reconhece o autor, porém sua capacidade de empréstimo é muito elástica em relação a esta base (SCHUMPETER, [1911] 1997)

Isso ocorre dada a plena utilização dos fatores de produção típica do equilíbrio geral, no qual o empresário se mostra disposto a pagar mais do que o preço de mercado para arrancar os insumos produtivos necessários para o seu projeto das suas fontes originais e destiná-los para novas finalidades. Neste instante, a depender do volume dos recursos retirados, isso tem a capacidade de trazer pressões inflacionárias sobre o mercado de insumos ou fatores de produção. Em função disso, pode ocorrer um imposto inflacionário que venha a financiar esses investimentos, comprimindo o consumo, de modo que os empresários nesta fase comprem mais do que vendem aos moldes da reprodução ampliada do capital, como expresso na equação (1).

Sob outra ótica, vale ressaltar o aspecto setorial que as inovações e os desequilíbrios consequentes possuem, como destaca Freeman (1984)

Numa estrutura como esta, o crescimento econômico deve ser encarado primeiramente como um processo de realocação de recursos entre indústrias. Este processo necessariamente conduz a mudanças estruturais e desequilíbrios, se não por outros motivos, apenas pelo fato de que a taxa de mudanças técnicas entre diferentes indústrias é desigual (FREEMAN, 1984, p. 6).

Os principais motivos para o desequilíbrio econômico que este autor identifica na obra de Schumpeter estão no fato de que as inovações são aleatoriamente distribuídas no tempo e que são heterogêneas setorialmente, tendendo a se concentrarem em determinados "setores-chave"(FREEMAN, 1984).

À medida que os investimentos são amadurecidos o empresário consegue receber um retorno que justifique o seu esforço. Como resultado, seu lucro se eleva acima da média, acima do custo de oportunidade, o que configura um lucro econômico positivo. Isso acarreta um impacto em todo o mercado, na concorrência, nos consumidores, nos fornecedores e por fim acaba se espalhando por todo o sistema econômico. Os principais afetados são os concorrentes diretos, que com as mesmas práticas de sempre verificam queda na receita e em alguns casos uma elevação dos custos de insumos, o que os obriga a fazer algo para sobreviverem no mercado. Desta forma, Schumpeter ([1911] 1997) delineia um processo de imitação de inovações por parte da concorrência, que passa a demandar recursos creditícios dos capitalistas para alcançar as posições perdidas.

Neste momento, ocorre uma onda de investimentos para copiar as inovações e então as mudanças que ocorreram em menor escala devido ao movimento de um agente inovador ganham proporções ao nível de todo o mercado. O volume de crédito e de investimentos se eleva em um contexto de plena utilização de fatores, o que tende a agravar o processo inflacionário (SCHUMPETER, [1911] 1997).

A inflação não é um fenômeno homogêneo, uma vez que são os recursos intensivos na inovação em curso que passam a ser mais demandados e apresentam uma elevação de seus

preços relativos. Assim, a elevação do preço relativo de determinados insumos envolvidos no processo inovativo é determinada pelo lado da demanda do empresário, de modo que preço e quantidade se elevam. Caso se analise a elevação do preço como a causa, e não a consequência, da maior quantidade consumida, isso levaria a interpretação errônea de que se verifica um singular caso de bens de Guiffen na produção, um tipo de bem que se estuda na teoria do consumidor.

Para Schumpeter ([1911] 1997) é no momento em que a economia sai do estado de equilíbrio estacionário do fluxo circular da renda que se inicia o processo evolutivo do desenvolvimento econômico, que é por excelência um processo de desequilíbrio no qual muitas empresas não sobrevivem. Essa crise, com falências e desemprego, é visto como algo positivo, uma vez que estruturas ineficientes abrem espaço para o crescimento daqueles empreendimentos que foram capazes de se adaptar às novas condições de mercado. A este processo Schumpeter ([1942] 1961) chamou de “destruição criadora”, em suas palavras “Este processo de destruição criadora é básico para se entender o capitalismo. É dele que se constitui o capitalismo e a ele deve se adaptar toda a empresa capitalista para sobreviver” (Ibidem, p. 110).

Como ressalta Possas (2013, p. 247) “Nessa concepção, concorrência implica o surgimento permanente e endógeno de diversidade no sistema econômico capitalista, também como convém a um processo evolutivo”. Essa perspectiva evolutiva também estava presente na obra de Marx, como reconhece Schumpeter

O ponto essencial que se deve ter em conta é que, ao tratar do capitalismo, tratamos também de um processo evolutivo. Parece estranho que alguém possa deixar de reconhecer o fato tão evidente que, além disso, há muito tempo foi salientado por Karl Marx (SCHUMPETER, 1961, p. 109).

Em meio a isso, fica clara a síntese crítica feita entre Marx e Walras, nas palavras de Calazans, Schumpeter “Propõe um modelo walrasiano dinamizado pelas mudanças tecnológicas [...] utiliza aquilo que considera científico em Marx para adequá-lo à lógica de defesa do capitalismo (CALAZANS, 1992, p. 664).

No momento seguinte, após os imitadores bem sucedidos alcançarem o inovador, os lucros que este possuía como monopolista do produto ou da técnica produtiva desaparecem e o conflito distributivo interempresarial, que antes concorria entre empresas demandantes no mercado de insumos, agora passa a ocorrer no mercado do produto, dado que o excesso de investimentos no período anterior se traduz no excesso de oferta no período subsequente, o que implica em queda dos preços das mercadorias e estabilização do lucro econômico de volta ao patamar inicial. Ou seja, a economia volta a operar de volta no equilíbrio do fluxo circular da renda, ainda que este não seja o equilíbrio que vigorava antes, mas um equilíbrio “superior”, com técnicas mais eficientes, novos produtos e assim por diante.

Com isso, a inovação gera um processo cíclico de saída e retorno ao fluxo circular da

renda, tal processo é o desenvolvimento econômico aos moldes de Schumpeter. Ainda que não formalizado matematicamente essa teoria é um instrumento analítico capaz de lançar luz a estudos empíricos que visam identificar e lidar com os desequilíbrios acarretados por mudanças tecnológicas. No entanto, a perspectiva de equilíbrio do fluxo circular da renda expressa em um sistema de equações simultâneas aos moldes walrasianos pode trazer elementos mensuráveis a esse instrumento teórico, o que a abordagem insumo-produto se propõe a fazer e tem no modelo de Leontief a sua base.

1.4 O modelo de Leontief

O modelo de Leontief (1966) foi pensado originalmente em quantidades físicas, ainda que os dados sejam sempre disponibilizados em termos monetários. Contudo, segundo esse autor, as suas formulações devem ser interpretadas em termos físicos. Para Miller e Blair (2022, p.11) esses termos são intercambiáveis "In accounting for transactions between and among all sectors, it is possible in principle to record all exchanges either in physical or in monetary terms", mas isso se os preços forem mantidos constantes. Caso os preços variem, os valores estimados não irão corresponder às quantidades pensadas por Leontief. Para fins do presente trabalho, o modelo é apresentado inicialmente supondo preços reais constantes de modo a manter a correspondência entre as variáveis monetárias e físicas. Em seguida, quando essa hipótese for relaxada, indica-se pelo expoente v as variáveis em termos de volume, a ausência deste indicador significa que se está tratando das variáveis em termos monetários.

Feita essas considerações, o modelo pode ser derivado, segundo Miller e Blair (2022), a partir da seguinte equação⁷

$$x_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i \quad (2)$$

Em que x é o Valor Bruto da Produção (VBP) do setor i , z_{ij} é o que o setor i vendeu ao setor j como consumo intermediário, ao passo que y_i é o que o setor j vendeu para a demanda final. Com isso, y_i pode ser representado por

$$f_i = c_i + i_i + g_i + e_i \quad (3)$$

Em que c_i é o consumo das famílias, i_i é o investimento, g_i o consumo do governo e e_i as exportações do setor i . Desta forma, é preciso estar claro que todas essas variáveis são apresentadas a preços básicos ao se descontar os impostos indiretos líquidos de subsídios e as margens de comércio e transportes.

⁷ Para deixar a notação mais clara os símbolos que estiverem em negrito serão matrizes (em maiúsculo) ou vetores (em minúsculo), e em itálico se forem escalares.

Até aqui, as equações apresentadas estão se referindo a determinado setor ofertante i . O modelo, no entanto, é feito para relacionar os distintos setores econômicos. Para fazer isso, é preciso adicionar os setores demandantes. Os setores ofertantes são vistos pelo lado das linhas e os setores demandantes são vistos pelo lado das colunas, de modo que é possível estender a equação (2) para n setores da seguinte forma

$$\begin{aligned}x_1 &= z_{11} + z_{12} + \dots + z_{1n} + y_1 \\x_2 &= z_{21} + z_{22} + \dots + z_{2n} + y_2 \\&\dots \\x_n &= z_{n1} + z_{n2} + \dots + z_{nn} + y_n\end{aligned}$$

Desta maneira, observa-se como o VBP do setor i , o x_i , foi demandado por cada atividade econômica e para a demanda final.

Essa formulação deve ser pensada em termos nacionais, de modo que o setor i se refere a todas as empresas que realizam determinada atividade econômica em território nacional. Assim, a importação é subtraído para cada um dos setores e agentes econômicos, para deixar mais claro a partir daqui, as variáveis receberão um indicador d quando domésticas, m quando importadas, enquanto se não houver índice significa que é a soma dos dois, por exemplo,

$$z_{ij}^d = z_{ij} - z_{ij}^m \quad (4)$$

Com isso, o sistema de equações pode ser representado em termos matriciais da seguinte forma

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z}_d \mathbf{1} + \mathbf{y} \quad (5)$$

Em que $\mathbf{1}$ é um vetor unitário, \mathbf{x} e \mathbf{y} são vetores coluna de n linhas e \mathbf{Z}_d é uma matriz $n \times n$.

Por outro lado, pela ótica das colunas, tem-se o que cada setor demandou como insumo de todos os setores, incluso importações, o que pagou de impostos e que demandou de fatores de produção das famílias.

$$x_j = \sum_{i=1}^n z_{ij}^d + z_{ij}^m + \pi_j + w_j + rm_j \quad (6)$$

Em que z_{ij}^m é o que o setor j demandou de importações de cada uma dos i setores, π_j , w_j e rm_j é o que o setor j pagou como remuneração do capital, remuneração do trabalho e remuneração dos autônomos (rendimentos mistos), respectivamente. Com efeito, o equilíbrio, por construção, garante que $x_i = x_j$ para $i = j$.

Com isso, chega-se à matriz de coeficientes técnicos diretos de produção doméstica \mathbf{A}_d , calculada da seguinte forma

$$\mathbf{A}_d = \mathbf{Z}_d \hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (7)$$

Em que $\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ representa o vetor \mathbf{x}^{-1} diagonalizado e o símbolo de (-1) no expoente simboliza a inversão dessa matriz. Portanto, cada elemento a_{ij}^d da matriz \mathbf{A}_d pode ser visto como

$$a_{ij}^d = \frac{z_{ij}^d}{x_j} \quad (8)$$

Assim, a_{ij}^d representa o que o setor j demandou como insumo do setor i para produzir uma unidade de seu produto. Este elemento é uma variável tecnológica de produção, que representa a interdependência direta entre os setores, excluindo, cabe ressaltar, as distorções da margem de comércio, transportes e impostos. A teoria de Leontief tem como hipótese central para o funcionamento do seu modelo que esses coeficientes são fixos, como resultado que todos os setores econômicos possuem suas funções de produção com uma complementariedade perfeita entre insumos, isto é,

$$F_j(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj}) = \frac{z_{1j}}{a_{1j}} = \frac{z_{2j}}{a_{2j}} = \dots = \frac{z_{nj}}{a_{nj}}, \forall j \quad (9)$$

No entanto, como destacam Miller e Blair (2022), a expressão acima pode ser substituída por outra que representa a importância da menor relação entre insumo e coeficientes, a qual é a maior restrição à capacidade de produção do setor, da seguinte forma

$$F_j(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj}) = \text{Min} \left[\frac{z_{ij}}{a_{ij}} \right], \forall j \quad (10)$$

Essa complementariedade perfeita, argumenta Leontief (1966), é uma aproximação razoável da realidade, útil para fazer estimações sobre a necessidade de produção a partir de choques de demanda. Essa aproximação, segundo o autor, sustenta-se a partir de seus estudos empíricos que verificaram pequenas mudanças nesses parâmetros ao longo de períodos extensos. Mas, em sua visão, o que realmente ocorre é que a complementariedade entre insumos é tão alta que grandes mudanças nos preços relativos provocam pequenas mudanças na proporção de uso dos insumos, razão pela qual a complementariedade perfeita é uma boa aproximação.

Desta forma, a derivação do modelo pode ser feita rearranjando a equação (7)

⁸ Note que foi omitido o índice d que representa as variáveis domésticas, isso é discutido na próxima seção.

$$\mathbf{Z}_d = \mathbf{A}_d \hat{\mathbf{x}} \quad (11)$$

Em seguida, substitui-se (11) em (5)

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}_d \mathbf{x} + \mathbf{y}^9 \quad (12)$$

E isolando \mathbf{x} se conclui a equação básica do modelo aberto de Leontief

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_d)^{-1} \mathbf{y} \quad (13)$$

Em que \mathbf{I} é a matriz identidade da mesma ordem que \mathbf{A}_d .

Esta equação matricial, ou sistema de equações simultâneas, mostra como o Valor Bruto da Produção é uma função da demanda e dos parâmetros tecnológicos em um esquema de equilíbrio geral, linear e multissetorial aos moldes walrasianos. A matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A}_d)^{-1}$ é a chamada matriz inversa de Leontief, sendo designada neste trabalho como a matriz \mathbf{L} . Tal matriz pode ser vista como uma aproximação de uma série de potências, uma vez que todos os seus elementos são menores que a unidade,

$$\mathbf{L} = \mathbf{I} + \mathbf{A}_d + \mathbf{A}_d^2 + \dots + \mathbf{A}_d^n \quad (14)$$

Com

$$n \rightarrow \infty$$

Deste modo, ao supor uma variação exógena na demanda final $\Delta \mathbf{y}$, tem-se

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{L} \Delta \mathbf{y} = [\mathbf{I} + \mathbf{A}_d + \mathbf{A}_d^2 + \dots + \mathbf{A}_d^n] \Delta \mathbf{y} \quad (15)$$

Em que $\mathbf{I} \Delta \mathbf{y} = \Delta \mathbf{y}$ é o impacto direto da variação da demanda final sobre \mathbf{x} , a qual requer a compra de insumos para ser efetivada na ordem de $\mathbf{A}_d \Delta \mathbf{F}$, a qual, por sua vez, também demanda insumos $\mathbf{A}_d^2 \Delta \mathbf{y}$ e assim sucessivamente. Desta forma, o impacto total, direto e indireto, da variação da demanda final sobre o valor bruto da produção é totalmente captado na equação (15).

Vale reparar que a matriz \mathbf{L} tem um número de elementos nulos muito menor que a matriz \mathbf{A}_d , possivelmente nenhum de seus elementos seja igual a zero, o que representa algebricamente a interdependência geral entre os setores econômicos. Assim, uma variação da demanda de qualquer setor eleva o VBP não apenas deste setor, mas de todos os setores relacionados direta e indiretamente com ele, de maneira que a demanda final gera todo o seu impacto nas quantidades produzidas e não nos preços. Com isso, há a ideia implícita de

⁹ Note que $\mathbf{x} = \hat{\mathbf{x}} \mathbf{1}$.

que as curvas de oferta dos n setores da economia são todas horizontais, o que está segundo o pressuposto keynesiano de que a economia funciona normalmente com capacidade ociosa, parcial ou integralmente planejada, inclusive no mercado de trabalho e de bens de capital.

Frente a isso, nota-se a relevância atribuída aos coeficientes técnicos para a construção deste modelo, de modo que um exame mais acurado da matriz \mathbf{A}_d , especialmente no que diz respeito aos aspectos teóricos que envolvem a teoria da função de produção, bem como as implicações operacionais que envolvem a mensuração e estabilidade desses coeficientes. Na seção 1.5 são discutidos os aspectos teóricos, enquanto na seção 1.6 os aspectos operacionais.

1.5 Função de produção, mudança tecnológica e inovação

Um aspecto que é de suma importância para a interseção das linhas analíticas de Schumpeter e Leontief foi abordado de modo impreciso ao se comparar as novas combinações do primeiro e a mudança nos coeficientes técnicos de produção do segundo. De modo geral, uma mudança nos coeficientes técnicos de produção significa alterar as proporções dos insumos produtivos utilizados para a produção de uma unidade de produto. Entretanto, para essa mudança se caracterizar como uma nova combinação é preciso saber se não era uma combinação possível anteriormente, para saber tanto é necessário definir o conjunto de possibilidades de produção disponíveis, o que não é observável. Desta maneira, cria-se uma dificuldade de identificar novas combinações. Leontief percebe a dificuldade em torno desse conceito: “Habitualmente rotula-se a mudança técnica de ‘nova combinação’. Não se trata de um termo errado, mas ele é tão vago que seria melhor não dizer nada do que usá-lo” (LEONTIEF, [1927] 2007, p. 131).

A forma mais rigorosa, do ponto de vista teórico, na qual Schumpeter definiu a inovação foi quando afirmou se tratar de uma mudança no formato da função de produção (SCHUMPETER, [1911] 1997). Desta maneira, pode haver uma mudança de combinações que seja ao longo da curva da função de produção e também pode haver uma mudança que representa uma mudança no formato da função de produção, isto é, nos seus parâmetros. Deste modo, esta última mudança que é considerada uma autêntica inovação schumpeteriana.

Em meio a isso, é mister retomar o ponto em que se mencionou a teoria da produção de Walras (1900 [1996]) como ponto de partida para as funções de produção de Leontief. Essa teoria apresenta uma forma particular de função de produção como combinação linear de todos os fatores produtivos (terra, trabalho e capital), da qual se assume inicialmente que guardam proporções fixas, a estas proporções Walras chamou de coeficientes de fabricação e expressou matematicamente da seguinte forma

$$\beta_t P_t + \beta_w P_w + \beta_k P_k = P_b \quad (16)$$

Onde β_t , β_w , β_k , são os coeficientes de fabricação para terra, trabalho e capital, respectivamente, que entram na confecção da unidade do produto b , enquanto P_t , P_w , P_k e P_b são os preços dos fatores de produção e o preço de determinado bem ou serviço. Todos esses preços são relativos a uma mercadoria tomada como padrão de medida, em que seu preço é o numerário, assim esses preços representam proporções de troca de todas as mercadorias em relação a uma, ou seja, é um preço real. O que precisamente Schumpeter quer dizer com mudança de combinações é possivelmente uma mudança de proporções dos coeficientes de fabricação, apesar disso não estar claro em suas obras.

Cumprido destacar que essa linearidade das funções de produção possui um sentido econômico, todos os processos produtivos possuem retornos constantes de escala. Como observou Blaug (1996), se houvesse retornos crescentes ou decrescentes de escala o sistema de equações walrasiano apresentaria mais de uma solução.

Entretanto, enquanto a hipótese de coeficientes fixos é flexibilizada por Walras ([1900] 1996) no decorrer da sua obra, no esquema de Leontief essa rigidez se mantém como um dos supostos fundamentais de sua análise. Deste modo, Samuelson (1951) encara o modelo de Leontief como um caso particular do equilíbrio geral walrasiano, em que as funções de produção são do tipo complementares perfeitos, ao passo que o caso geral a função de produção seria do tipo Cobb-Douglas. Akhabbar e Lallement (2011) entendem que a necessidade da hipótese dos coeficientes fixos para o funcionamento do modelo representa a rejeição da teoria neoclássica por Leontief, uma vez que nestes termos a produtividade marginal dos fatores de produção é nula. Por essa razão, um expoente desta tradição de pensamento desqualifica a associação entre os dois modelos,

The recent reintroduction of the assumption of constant coefficients of production in connection with input-output analysis has not been a further development of Walras' pure theory. It has rather been an attempt so far largely unsuccessful to use Walrasian constructs in solving Cournot's problem (FRIEDMAN, 1955, 905).

Essa hipótese, entretanto, tem para Leontief um caráter prático, uma vez que um conjunto tão grande de possibilidades de produção assumidas pelos neoclássicos não é observável, o que para Leontief dificulta análises empíricas. Em suas palavras “Since direct observation of a set of isoquants is hardly ever possible, empirical implementation of standard neoclassical models involves nearly exclusive reliance on more and more sophisticated methods of indirect statistical inference” (LEONTIEF, [1987] 2008, p. 6600).

Contudo, esse autor realizou outra adaptação essencial as funções de produção ao deixar de medir os parâmetros da equação em termos de fatores de produção, para tratá-los como insumos fornecidos pelos n setores da economia. Isso é apenas outra maneira, mais prática, de analisar o mesmo fenômeno uma vez que é possível decompor todos esses bens e serviços dos n setores nos três fatores de produção. Enquanto se alteram as proporções insumos-produtos de

Leontief, alteram-se as proporções entre os fatores de produção, dado que cada bem e serviço, salvo exceções, é produzida a partir de uma peculiar proporção de fatores. Essa forma de tratar as coisas, que surge da mudança no modo de ver a mesma função de produção, garante uma análise das relações de reprodução de um modo muito mais detalhado. Especialmente, essa abordagem permite perceber algo que para Leontief é de máxima relevância e a análise de fatores de produção não é capaz de perceber: as interdependências intersetoriais.

Retomando o ponto de Samuelson (1991) acerca da generalidade da função de produção tipo Cobb-Douglas para modelos de equilíbrio geral frente a função de tipo complementares perfeitos, vale mencionar a literatura que buscou uma forma de compatibilizar as duas funções de produção ao assumir outra considerada mais genérica que ambas - a de Elasticidade de Substituição Constante (CES em inglês) - que apresenta o seguinte formato

$$F_j(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj}) = \beta[\alpha_1 z_{1j}^{-\rho} + \alpha_2 z_{2j}^{-\rho} + \dots + \alpha_n z_{nj}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (17)$$

Em que todas as letras gregas são parâmetros constantes. Seguindo Saito (2011), é possível demonstrar as duas funções de produção anteriores por meio desta¹⁰, primeiro assumindo que $\lim_{\rho \rightarrow 1}$, então

$$F_j(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj}) \rightarrow z_{1j}^{\alpha_1} z_{2j}^{\alpha_2} \dots z_{nj}^{\alpha_n} \quad (18)$$

Ou seja, tem-se uma função de produção tipo Cobb-Douglas. Entretanto, por essa construção, resulta que

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n + \alpha_\iota + \alpha_\kappa = 1 \quad (19)$$

Esse é um caso particular, mas o mais considerado, em que a função de produção Cobb-Douglas possui retornos de escala constantes. Por outro lado, se $\lim_{\rho \rightarrow -\infty}$, então

$$F_j(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj}) \rightarrow \text{Min}\left[\frac{z_{ij}}{a_{ij}}\right] \quad (20)$$

Que é exatamente a função de produção de tipo Leontief. No entanto, tal como a Cobb-Douglas, esse também é um caso particular, pois para que a equação (20) seja válida é preciso que

$$a_{ij} = 1, \forall i, j \quad (21)$$

Algo que só é possível no caso extremo em que todos os setores consomem apenas um insumo e esse insumo é igual ao produto do setor, dado que 1 é o limite superior para todo

¹⁰ Também é possível demonstrar que quando $\lim_{\rho \rightarrow 0}$ a CES tende para uma função de tipo substitutos perfeitos.

a_{ij} , por construção. Portanto, ainda não foi encontrada uma função de produção genérica que permita compatibilizar de forma convincente as demais funções de produção ou mesmo estimar se houve uma mudança na função de produção ou ao longo dela quando insumo e preço variam inversamente.

A função Cobb-Douglas, particularmente, possui algumas propriedades interessantes que a fazem ser considerada preferida à função do tipo de Leontief, especialmente quando a condição (19) for válida com $\alpha_i < 1, \forall i$. Nesse caso, além de retornos constantes, e o conseqüente lucro econômico nulo, a taxa de substituição entre fatores é diferente de zero, mas decrescente à medida que a quantidade de insumo cresce, relativamente, o que implica que a produtividade marginal dos fatores é decrescente e a possibilidade de substituição não apenas existe, mas guarda uma relação inversa com os preços relativos (VARIAN, 2015).

Deste modo, sendo a inovação schumpeteriana uma mudança - e não um mero deslocamento - da função de produção, é preciso que pelo menos um dos parâmetros $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ mude. Todavia isso não pode ser verificado de forma direta, mas apenas por estimações. Rigorosamente, só é possível afirmar que houve inovação se a participação relativa do setor crescer ao mesmo tempo que seu preço relativo aumentar, o que está consoante o processo de inovação da Teoria do Desenvolvimento Econômico de Schumpeter (1997 [1911]). Se houver uma mudança inversa entre participação do insumo e seu preço relativo, nada pode ser afirmado. Ademais, não há na literatura convencional nenhuma função de produção compatível com uma relação positiva entre a variação da participação de insumos e a variação dos seus preços relativos.

Por outro lado, ao tomar a função de produção elaborada por Leontief (1966), que pressupõe proporções fixas, qualquer mudança de proporções passa a ser encarada como mudanças nos parâmetros da função e, assim sendo, seriam consideradas inovações.

Neste sentido, é pouco possível estimar mudanças ao longo de uma função de produção e mudanças no formato de uma função de produção, dado que o conhecimento por parte do empresário das tecnologias disponíveis não vai muito além da tecnologia empregada na produção corrente e uma mudança de tecnologia representa empiricamente o salto de um ponto a outro e não um caminho contínuo de adaptações.

Com base nesta discussão, quaisquer mudanças nos coeficientes técnicos de produção serão tratadas com atenção, particularmente do ponto de vista do seu impacto no conjunta da matriz inversa de Leontief e sua correlação com os preços relativos e o investimento. Para tanto, é preciso buscar uma forma de adequar a análise dos coeficientes técnicos de produção para uma verificação empírica das mudanças nas funções de produção.

1.6 A estabilidade dos coeficientes técnicos

A discussão em torno da estabilidade dos coeficientes técnicos ao longo do tempo foi objeto de estudo de muitos pesquisadores após Leontief e, por outro lado, os motivos das mudanças de tais coeficientes também foram analisados. Ao longo da obra de Miller e Blair (2022) é possível destacar os principais motivos pelos quais essa mudança pode ocorrer, o que o presente trabalho pretender distinguir é o que de fato é uma mudança na proporção de um insumo necessário a produção de um produto de dado setor, uma mudança de caráter tecnológico, de outras mudanças que podem ser vistas em a_{ij} , resultado de problemas de mensuração ou mudanças nos padrões comerciais.

Sobre as duas últimas, ressalta-se cinco aspectos que podem distorcer a análise: 1.1) o tempo, 1.2) a agregação setorial, 1.3) o mix de produtos vendidos por cada setor, 1.4) o mix de insumos demandados do país e do exterior e 1.5) os preços relativos.

O tempo levado em consideração na coleta de dados para o cálculo da MIP pode alterar os coeficientes técnicos. Quanto menor for este tempo, maior instabilidade irá se verificar, dado que os insumos produtivos não são demandados com a mesma regularidade temporal, devido a sua durabilidade (MILLER, BLAIR, 2022). Por exemplo, se a MIP é publicada mensalmente, um insumo demandado a cada dois meses por um setor vai alterar regularmente a mudança nos coeficientes técnicos deste setor. Como as MIP são geralmente anuais essa instabilidade tende a ser menos preocupante, visto que os insumos os quais são demandados com regularidade superior a um ano em função de uma durabilidade elevada passam a ser considerados, por definição, investimento e deixam de ser considerados na matriz Z e passam a ser tratadas como Formação Bruto de Capital Fixo ($FBCF$).

O nível de agregação setorial tem o óbvio impacto na determinação de a_{ij} porque um setor agregado tem um coeficiente técnico calculado como a média ponderada pelo tamanho dos coeficientes técnicos de seus subsetores (MILLER, BLAIR; 2022). A mudança na proporção dos subsetores ao longo do tempo irá alterar esse coeficiente sem haver mudança tecnológica em nenhum destes subsetores. Neste sentido, quanto mais desagregada a matriz, melhor é a identificação de mudanças técnicas. Por outro lado, Miller e Blair (2022) apresentam um debate o qual conclui que um nível de agregação elevado pode, ao contrário, garantir maior estabilidade dos coeficientes técnicos, em razão de que a agregação de atividades que produzem bens e serviços similares - e, portanto, substitutos próximos - permite a avaliação de mudanças técnicas mais profundas, bem como aproximar os dados da hipótese teórica da complementariedade perfeita de insumos.

Em sentido parecido, a mudança no mix de produtos vendidos por um setor é outro aspecto que leva a mudanças em a_{ij} não correspondentes a mudanças tecnológicas. Isso

se deve ao fato de que uma empresa é classificada como pertencente a um setor se o seu principal produto pertence ao conjunto de produtos classificados como característicos desse setor, embora ocorra com frequência que uma empresa produza produtos de distintos setores. O resultado disso é o que ficou conhecido como "produção secundária" do setor, que é uma parte da produção de um setor que não é característico dele. Dessa maneira, se o mix de produção "primária" e "secundária" muda, isso reflete mudanças nos coeficientes técnicos porque os insumos necessários a cada um são distintos¹¹.

Sobre isso, mais um aspecto importante é elucidado quando Miller e Blair (2022) analisam as matrizes de coeficientes técnicos de modelos inter e multirregionais, que consideram que cada setor de uma região demanda uma proporção fixa de cada setor de sua própria região e do resto da economia, tais autores avaliam que a suposição da estabilidade de tais coeficientes é mais fraca que essa mesma suposição em termos nacionais, porque um setor pode apresentar variações em coeficiente sem mudanças nas técnicas, apenas se passar a importar mais ou menos de determinado insumo. Esse argumento pode ser estendido para o próprio modelo nacional, que alterando sua relação entre consumo intermediário doméstico e importado pode apresentar uma mudança nos coeficientes técnicos nacionais sem mudanças tecnológicas.

Outro fator a impactar os coeficientes técnicos está relacionado ao problema da monetização do modelo de Leontief. Como explicitamente exposto na seção que apresenta esse modelo, os preços foram mantidos constantes, o que preserva a perfeita compatibilidade entre as relações insumo-produto em termos físicos e monetários. Porém, os preços mudam em termos absolutos (inflação) e relativos. O caso da inflação não é um problema, haja vista que os coeficientes técnicos resultam de um quociente, multiplicar o numerador e o denominador por um mesmo número mantém o valor inalterado. O problema é a mudança dos preços relativos, considerando-se a_{ij}^v uma relação física - e, portanto, técnica - é possível estabelecer, como mostrou Lange ([1957], 1986), uma relação entre coeficientes técnicos monetários e em volume, como

$$a_{ij} = \frac{p_{ij} z_{ij}^v}{p_j x_j^v} = \frac{p_{ij}}{p_j} a_{ij}^v \quad (22)$$

Em que p_{ij} é o preço cobrado do setor i ao setor j ¹² e p_j é o preço do setor j ¹³. O que se observa com os dados é a_{ij} como proxy da relação insumo-produto imaginada por Leontief(1966), aquela em termos físicos. Todavia, caso haja uma mudança de preços relativos,

¹¹ Se o próprio mix de produção "primária" muda, os coeficientes técnicos também mudarão.

¹² Se o setor i vendesse ao mesmo preço para os demais setores, poderíamos fazer, como fez Lange (1986 [1960]), p_i , mas em casos que o setor produz mais de um produto e vende a proporções diferentes para setores diferentes é mais apropriado adicionar dois indexadores aos preços.

¹³ Neste caso o preço só tem um indexador porque ele se refere ao VBP do setor, o que é a média ponderada do que foi vendido aos demais setores e para a demanda final.

p_{ij}/p_j os coeficientes de custo se alteram sem que haja mudanças técnicas. Miller e Blair (2022) afirmam que supor coeficientes físicos constantes é uma hipótese menos rígida que supor a estabilidade de coeficientes monetários.

Não obstante, Pasinetti (1997) distingue aquelas mudanças nos coeficientes técnicos que são por motivos tecnológicos de fato: 2.1) mudanças de escala e 2.2) mudanças na técnica produtiva. Neste sentido, o autor ressalta que os "insumos"ofertados por determinados setores não são exatamente tecnológicos, como "administração pública", "comércio"e "transportes".

Sobre o primeiro fator destacado, Leontief (1966) assume explicitamente que uma das hipóteses do seu modelo é a existência de economias de escala constantes, característica intrínseca a qualquer modelo linear. Pasinetti (1977) considera que esse é um dos maiores limites de seu modelo, uma vez que mudanças na proporção de insumos, mesmo em termos físicos e ao maior nível de desagregação possível, podem ocorrer por mudanças na tecnologia ou apenas por mudanças na escala de produção e o modelo insumo-produto não consegue distinguir essa diferença. Uma mudança nos coeficientes técnicos em função de economias de escala significaria que o consumo intermediário na totalidade mudaria em relação ao VBP.

O segundo fator, a mudança tecnológica, é aquele que precisamente se pretende mensurar. A análise deste fator depende da consideração de aspectos de natureza teórica, como discutido na seção 1.5.

Com base nas observações teóricas e operacionais debatidas, pode-se realizar uma análise da inovação schumpeteriana e suas implicações a partir dos coeficientes técnicos de produção e seus impactos no modelo de insumo-produto.

1.7 A teoria do desenvolvimento econômico visto sob o modelo de insumo-produto

A ideia central apresentada neste trabalho que encontra interseção na teoria de Schumpeter e no modelo de Leontief é que as mudanças nos coeficientes técnicos de produção alteram o padrão de interdependência intersetorial, em outras palavras, inovações tecnológicas modificam o fluxo circular da renda.

Caso o setor automobilístico, por exemplo, aloque sua demanda do setor de borracha para o setor de tecnologia da informação, isso representará uma perda para o primeiro e um ganho para o segundo, a quantidade de VBP, ainda que igual em termos agregados, pode mudar setorialmente, isto é, haverá uma mudança estrutural na economia. Em outros termos, pode-se dizer que a "nova combinação"gerada no setor automobilístico promoveu uma "criação destruidora", criação de demanda e emprego para a indústria de tecnologia da informação e destruição para indústria de borracha, bem como para toda a sua cadeia produtiva e em última instância para economia como um todo. Com essa mudança, é provável que todos os setores da economia, em maior ou menor grau, devam se adequar à nova realidade, o que

pode ser identificado com antecedência com a abordagem de insumo-produto, com vistas a mitigar os impactos negativos de um excesso/deficiência de demanda setorial.

Este exemplo ilustra como uma inovação de processo ou a descoberta de uma nova fonte de insumos pode impactar a economia e como isso pode ser visto pelo modelo de insumo-produto a partir da mudança no padrão da demanda de um setor, isto é, uma análise das colunas da matriz \mathbf{A}_d . Com o mesmo modelo, pode ser estimado o impacto de um novo mercado ou de uma inovação de produto, por meio de uma análise das linhas da mesma matriz, que demonstram como um setor conseguiu ganhar ou perder participação na estrutura de consumo dos outros setores.

Frente a essa semelhança entre mudanças de coeficientes e "novas combinações", o capítulo metodológico busca contornar alguns problemas de estabilidade dos coeficientes técnicos discutidos na seção 1.6 para aproximá-los o máximo possível das novas combinações schumpeterianas. Ademais, há métodos do modelo de insumo-produto que são capazes de auxiliar a análise do processo inovativo schumpeteriano, dois deles também são abordados na proposta metodológica: o campo de influência e a decomposição estrutural.

Com o campo de influência, mede-se como a mudança tecnológica em um setor relacionado a um insumo específico, isto é, a_{ij} , pode alterar toda a matriz de impactos diretos e indiretos \mathbf{L} . Assim, observa-se como uma simples mudança em uma rotina entre dois setores específicos se espalha por todos os setores econômicos, afetando o fluxo circular da renda e confirmando a interdependência geral entre eles. Este indicador é útil para identificar os setores cujas mudanças têm maior impacto na economia como um todo, e que, portanto, devem ser monitorados mais de perto.

Com a decomposição estrutural, é possível realizar um exame das mudanças ocorridas na estrutura de produção de uma economia ao longo dos anos. Como a teoria de Schumpeter se propõe dinâmica, uma metodologia como essa se torna muito alinhada para tal propósito. Especificamente, essa metodologia consiste em transformar variáveis multiplicativas em nível em variáveis aditivas quando se analisa as suas variações no tempo, o que permite isolar o impacto de cada variável para o resultado, seja o valor bruto da produção, o emprego, a renda entre outras variáveis que possam interessar para a pesquisa. Para esse trabalho, é feita uma decomposição estrutural da matriz inversa de Leontief, uma vez que essa estrutura que compreende a interdependência multissetorial a ser modificada pela inovação, captando a mudança estrutural do processo de desenvolvimento econômico em razão da mudança técnica¹⁴. Nesse sentido, espera-se que tais mudanças se agrupem em determinados períodos e setores, de modo que essas variáveis apresentam impactos cíclicos.

¹⁴ Outra parcela da mudança estrutural é proveniente da taxa de crescimento setorial da demanda final, que é heterogênea entre os setores

Ainda sobre a decomposição estrutural, Passoni-Alvez (2019) desenvolve um método capaz de separar o impacto da quantidade do impacto dos preços relativos. Isso é particularmente útil para averiguar a estabilidade dos coeficientes técnicos em unidades de volume, bem como para identificar possíveis correlações entre preços e quantidades, o que contribui para melhor estimar as funções de produção.

Não obstante, existe um aspecto de suma importância na teoria de Schumpeter que está intimamente ligada à inovação e aos ciclos econômicos: o investimento. Sobre isso, Freeman (1984) destaca que a inovação schumpeteriana é setorialmente concentrada e tem no investimento como uma condição necessária para a sua viabilização. O investimento, portanto, deve ser analisado de maneira que permita identificar quais são os setores demandantes, bem como seu padrão de demanda, conforme uma extensão do modelo insumo-produto fornece, a Matriz de Absorção de Investimentos (MAI) (MIGUEZ; FREITAS, 2021).

Assim, existem algumas variáveis correlacionadas na teoria de Schumpeter que estão estruturadas na abordagem insumo-produto. Desta forma, é acessível averiguar essas correlações para algumas variáveis de interesse: coeficientes técnicos de insumo, investimento e preços relativos. Neste sentido, é de interesse desse trabalho verificar se de fato a participação dos insumos varia inversamente ao seu custo de produção para as firmas e se, em algum caso, existe alguma relação positiva para algum setor específico. Também se espera que os setores que apresentaram as maiores mudanças nos coeficientes de insumo tenham apresentado maiores mudanças de investimento, dados que novas combinações demandariam novos investimentos.

2 Metodologia

2.1 Dados utilizados

A metodologia do presente artigo é aplicada às matrizes de insumo-produto estimadas para os anos de 2000 a 2019 com o nível de agregação de 42 atividades. As tabelas utilizadas serão as Matrizes Insumo Produto (ALVEZ-PASSONI; FREITA, 2022a; ALVEZ-PASSONI; FREITA, 2022b) e as Matrizes de Absorção de Investimento (MIGUEZ; FREITAS, 2021). Estas séries são estimadas com base nas matrizes de recursos e usos e matrizes insumo-produto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A principal vantagem dessa estimação em relação ao órgão oficial é a compatibilidade que existe ao longo de toda a série, ao passo que o IBGE mudou de metodologia a partir de 2010. Outra vantagem é que as matrizes de usos em Alvez-Passoni e Freitas (2021) estão disponíveis a preços básicos para todos os anos, enquanto o IBGE só as disponibiliza com essa valoração a cada cinco anos, os demais anos estão a preços de mercado.

As Matrizes Insumo Produto (MIP) são oferecidas em 4 valorações distintas: preços correntes (ALVEZ-PASSONI; FREITA, 2022b), preços do ano anterior, unidades totais e unidades de volume, em que as duas últimas possuem como ano base 2010 (ALVEZ-PASSONI; FREITA, 2022a). Para a presente proposta serão usadas as tabelas a preços correntes e a preços do ano anterior. A forma de cálculo dessas valorações, o seu sentido econômico, bem como o motivo para essa seleção de indicadores serão esclarecidas na seção 2.2.

As Matrizes de Absorção de Investimento (MAI), por sua vez, são fornecidas a preços constantes, as chamadas unidades totais, de 2010 e, portanto, são compatíveis com as MIPs valoradas desta mesma forma com o mesmo ano base, a não ser pelo nível de agregação, que neste caso é de 50 setores. Portanto, alguns setores foram ser agregados, conforme a tabela 12 no apêndice.

Por outro lado, a MIP também precisou ser agregada para ser compatível com a MAI, particularmente os setores "Administração pública, defesa e seguridade social", "Saúde Pública" e "Educação Pública". Essa agregação, no entanto, só foi realizada quando a MIP foi utilizada em conjunto com a MAI no cálculo de correlação, a ser mostrado na última seção deste capítulo.

2.2 Tentativas de contornar os problemas de estabilidade dos coeficientes técnicos

Esta seção busca apresentar maneiras de contornar os problemas apresentados acerca da estabilidade dos coeficientes técnicos. Dado que o foco do presente trabalho é discutir as mudanças do tipo 2.2 (ocasionadas por mudanças tecnológicas).

O problema tipo 1.1 (o tempo) já consegue ser contornado pela disponibilidade anual das MIPs e da separação entre insumos "não duráveis"(ou capital circulante) expressadas na matriz \mathbf{Z}_d e insumos "duráveis"(ou capital fixo) expressa pela MAI.

O problema tipo 1.2 (agregação setorial) é representado pela dualidade entre agregação ou não de substitutos próximos. Nesse sentido, como se pretender realizar uma análise ampla da economia, envolvendo todos as atividades econômicas, e um período relativamente longo do tempo (2000 a 2019) do qual se busca identificar mudanças mais radicais na estrutura tecnológica, parece razoável manter um nível de agregação elevado. O nível mais agregado disponibilizado por Passoni-Alvez e Freitas (2022) são 42 setores¹⁵.

O problema tipo 1.3 (mudanças no mix de produtos vendidos por cada setor) pode ser contornado ao analisar as mudanças na matriz de distribuição, como foi feito por Passoni-Alvez (2019). Tomando a matriz de usos \mathbf{U} , de ordem $m \times n$, que apresenta nas n colunas o que cada setor demandou dos m produtos como insumos intermediário, a matriz de recursos \mathbf{R} que apresenta nas colunas o que cada um dos n setores ofertou dos m produtos da economia, pode-se definir a matriz de distribuição de produtos por setor como

$$\mathbf{D} = \mathbf{R}^T \hat{\mathbf{q}}^{-1} \quad (23)$$

Em que

$$\mathbf{q} = \mathbf{1R} \quad (24)$$

Assim, a matriz \mathbf{A}^d é definida, por construção, como

$$\mathbf{A}_d = \mathbf{DU}\hat{\mathbf{V}}^{-1} = \mathbf{DB}_d \quad (25)$$

Deste modo, ficam claro como variações em \mathbf{A}_d podem resultar das relações técnicas entre insumos e produtos \mathbf{B}_d ou pela distribuição dos produtos por setor \mathbf{D} . Passoni (2019) argumenta que mantendo essa relação em mente, é possível possuir uma visão mais acurada das mudanças tecnológicas.

Para contornar o problema 1.4 (a mudança do mix entre produtos nacionais e importados) vale reescrever o modelo para discriminar as relações puramente setoriais das relações entre consumo doméstico e importado. Primeiro, toma-se todo o consumo importado da economia \mathbf{c}_m , expressa como um vetor $n \times 1$, dividida em consumo intermediário e final

¹⁵ Seria possível realizar mais agregações seguindo do método apresentado por Miller e Blair (2022), mas como esses autores também apresentam que a agregação setorial causa vieses na estimação do VBP e o nível de agregação de 42 setores separa atividades tecnológica bem distintas, optou-se por manter esse nível de agregação.

$$\mathbf{c}_m = \mathbf{1}U_m + \mathbf{y}_m \quad (26)$$

Assim, o consumo intermediário nacional da economia pode ser visto como

$$U_d = U - U_m \quad (27)$$

Então,

$$\mathbf{A}_d = D[U - U_m]\hat{\mathbf{x}}^{-1} = D[U\hat{\mathbf{x}}^{-1} - U_m\hat{\mathbf{x}}^{-1}] = D[\mathbf{B} - \mathbf{B}_m] \quad (28)$$

Espera-se que a maior estabilidade se verifique em \mathbf{B} uma vez que esta representa relações tecnológicas. Neste sentido, é pertinente tomar uma matriz de participação nacional $\boldsymbol{\mu}$ dos coeficientes de \mathbf{A} , como fizeram Cornelio et al. (2020)

$$\boldsymbol{\mu} = (\mathbf{A}_n)\mathbf{A}^{-1} \quad (29)$$

Com isso, é possível reescrever \mathbf{A}_d como

$$\mathbf{A}_d = \boldsymbol{\mu}D\mathbf{B} \quad (30)$$

O problema tipo 1.5 (mudança dos preços relativos), por sua vez, também foi enfrentado por Passoni-Alvez (2019), seguindo seus passos é demonstrado que ao usar um índice de preços de Paasche é possível ver uma série deflacionada por um único índice de inflação - o índice do VBP para um ano específico - como resultado de duas deflações diferentes, sendo que uma considera os preços relativos¹⁶. Essa autora também disponibiliza em sua base de dados as matrizes valoradas em unidades de volume, mas como cada célula é deflacionada por um índice de preços diferentes, perde-se a propriedade da aditividade, de modo que devido a algumas agregações necessários foi seguida a orientação feita por Passoni-Alvez (2019) de agregar as variáveis primeiro a preços do ano corrente e do ano anterior e então reestimar as séries deflacionadas.

Assim, considerando p_{ij}^t e q_{ij}^t o preço e a quantidade do que o setor i vendeu ao setor j no ano t , respectivamente, então $(p^t q^t)_{ij}$ é seu valor correspondente. Definindo o índice de inflação de Paasche como

$$\lambda_{ij}^{t-1,t} = \frac{(p^t q^t)_{ij}}{(p^{t-1} q^t)_{ij}} \quad (31)$$

Para encadear esse índice de modo a deixá-lo com um ano base fixo, deixa-se

¹⁶ Como observam Feijó e Ramos (2013), o índice de preços de Paasche considera funções de produção e de utilidade com proporções fixas, ou seja, esse índice não capta o efeito substituição dos insumos. Caso haja essa substituição, e supondo uma relação negativa entre preços relativos e quantidades consumidas, esse índice tende a ser subestimado, dado que ele usa as quantidades do período presente como ponderadores dos preços de maneira a dar mais peso para os produtos nos quais o preço relativo caiu, já que é provável que eles passaram a ser mais consumidos.

$$\Lambda_{ij}^{\beta,\tau} = \prod_{t=\beta+1}^{\tau} \lambda_{ij}^{t-1,t} \quad (32)$$

Em que β é o ano base e τ é o ano de análise, caso este ano seja posterior ao ano base. Caso contrário, toma-se o ano inicial como base, por exemplo, o ano 0, e em seguida passa-se para a nova base

$$\Lambda_{ij}^{\beta,\tau} = \frac{\Lambda_{ij}^{0,\tau}}{\Lambda_{ij}^{0,\beta}} \quad (33)$$

Com isso, é possível usar o índice de Paasche para deflacionar setorialmente as variáveis e encontrar o que Passoni (2019) chamou de unidade de volume, como o consumo intermediário do ano τ para o ano β , por exemplo,

$$z_{ij}^{b,\tau} = \frac{z_{ij}^{\tau}}{\Lambda_{ij}^{\beta,\tau}} \quad (34)$$

Ao mesmo tempo, é possível usar este índice para definir um índice de preços relativos $\theta_{ij}^{\beta,\tau}$ com base no preço do VBP agregado da economia no ano base $p^{\beta,\tau}$

$$\theta_{ij}^{\beta,\tau} = \frac{\Lambda_{ij}^{\beta,\tau}}{p^{\beta,\tau}} \quad (35)$$

Desta maneira, Passoni-Alvez (2019) chega no que chamou de "unidades totais de preços", $z_{ij}^{\beta,\tau,\theta}$, que é como é valorado os dados de Passoni-Alvez e Freitas (2022) com $\beta = 2010$. Esse índice de preços é calculado da seguinte forma

$$z_{ij}^{\beta,\tau,\theta} = \theta_{ij}^{\beta,\tau} z_{ij}^{\beta,\tau} = \frac{z_{ij}^{\tau}}{\Lambda_{ij}^{\beta,\tau}} \frac{\Lambda_{ij}^{\beta,\tau}}{p^{\beta,\tau}} \quad (36)$$

Tal índice pode ser facilmente calculado apenas se dividindo a variável, por exemplo z_{ij}^{τ} , pelo índice de preços do VBP no ano base $p^{\beta,\tau}$. No entanto, Passoni-Alvez (2019) destaca que a última forma apresentada na equação (36) é mais promissora para se averiguar as mudanças nas variáveis como resultado de mudanças nas unidades de volume e nos preços relativos, tal como é desejado no estudo vigente. Diante disso, a relação entre o coeficiente técnico monetário (em unidades totais) a_{ij} e o real (em unidades de volume) a_{ij}^v , como apresentado por Lange (1986 [1960]), pode ser calculado da seguinte maneira

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}^{\beta,\tau,\theta}}{v_j^{\beta,\tau,\theta}} = \frac{\theta_{ij}^{\beta,\tau} z_{ij}^{\beta,\tau}}{\theta_j^{\beta,\tau} v_j^{\beta,\tau}} = \frac{\Lambda_{ij}^{\beta,\tau}}{\Lambda_j^{\beta,\tau}} a_{ij}^v \quad (37)$$

¹⁷ Passoni-Alvez (2019) ressalta que uma desvantagem de usar esse deflacionamento é que ele não mantém a propriedade de aditividade.

¹⁸ Este índice preserva a aditividade.

No qual o preço relativo entre insumo e produto é

$$\frac{p_{ij}}{p_j} = \frac{\Lambda_{ij}^{\beta,\tau}}{\Lambda_j^{\beta,\tau}} = \rho_{ij,j}^{\beta,\tau} \quad (38)$$

Em termos matriciais, a relação entre preço e quantidade pode ser expressa, tal como fez Passoni-Alvez (2019), como um produto de Hadamard, simbolizado por \odot

$$\mathbf{A}_d = \boldsymbol{\rho}_A^{\beta,\tau} \odot \mathbf{A}_d^v \quad (39)$$

Para simplificar, define-se $\boldsymbol{\rho}_A^{\beta,\tau}$ apenas como $\boldsymbol{\rho}_A$.

Não obstante, dadas as formas de se contornar os problemas de técnicos de mensuração listados de 1.1 a 1.5, ainda é preciso contornar o problema de ordem tecnológica do tipo 2.1 referente a existência de economias de escala. Para tanto, identificou-se a possibilidade de decompor a_{ij} em dois componentes que representassem uma mudança tecnológica de fato, enquanto outro representa mudanças nos retornos de escala. Isso pode ser feito a partir da seguinte definição¹⁹

$$\kappa_j = \sum_{i=1}^n z_{ij} \quad (40)$$

Isto é, a soma de todos os insumos intermediários que, em termos monetários, significa o custo do insumo intermediário do setor j . A seguinte equação demonstra a relação entre esse coeficiente, o valor bruto da produção e o valor adicionado para um dado setor j va_j

$$x_j - \kappa_j = va_j \quad (41)$$

Portanto, a decomposição dos coeficientes técnicos de produção pode ser realizada da seguinte forma

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}^d \kappa_j}{\kappa_j x_j} = \mu_{ij} d_{ij} \frac{u_{ij} \kappa_j}{\kappa_j x_j} \quad (42)$$

No qual é definido

$$s_{ij} = \frac{u_{ij}}{\kappa_j} \quad (43)$$

O coeficiente s_{ij} , denominado coeficiente de insumos, representa a participação do produto do setor i no consumo intermediário do setor j , este coeficiente representa as variações de a_{ij}

¹⁹ É devido a essa agregação que se justifica a reestimação das séries deflacionadas.

²⁰ Observe que existem um problema especificamente no caso em que c_j é nulo, isto é, $x_j = x_n$. Neste caso, s_{ij} fica indeterminado o que implicaria na necessidade da exclusão desta célula dos cálculos, mas dado o nível de agregação isso não ocorreu em nenhum caso.

sem ganhos ou perdas de escala, uma vez que não se associa ao produto do setor e sim aos seus insumos produtivos. Por outro lado, denota-se o coeficiente de escala por

$$k_j = \frac{\kappa_j}{x_j} \quad (44)$$

O coeficiente que representa a relação entre a totalidade do produto bruto do setor e a totalidade dos seus insumos, quanto menor esse quociente, maior o valor adicionado produzido frente aos custos. A interpretação da mudança dos coeficientes de insumo depende do que é considerado insumo, nos termos do presente trabalho é o consumo intermediário e por isso a queda de κ_j significa que os insumos estão crescendo menos (ou diminuindo mais) que o VBP, ou seja, os insumos estão sendo usados com maior eficiência e por isso está havendo ganhos de escala - seja pelo aumento ou queda da escala de produção²¹. Assim, os coeficientes técnicos podem ser expressos em termos matriciais como

$$\mathbf{A}_d = \boldsymbol{\mu} \mathbf{D} \mathbf{U} \hat{\mathbf{x}}^{-1} = \boldsymbol{\mu} \mathbf{D} \mathbf{U} \hat{\boldsymbol{\kappa}}^{-1} \hat{\boldsymbol{\kappa}} \hat{\mathbf{x}}^{-1} = \boldsymbol{\mu} \mathbf{D} \mathbf{S} \mathbf{K} \quad (45)$$

Em que

$$\boldsymbol{\kappa} = \mathbf{1} \mathbf{Z} \quad (46)$$

É o vetor com a soma do consumo intermediário de cada setor, doméstico mais o importado, k_j , dado que é o vetor \mathbf{Z} pré-multiplicado por um vetor linha de ordem n , e o circunflexo, como de praxe, representa a sua diagonalização.

Em meio a isso, pode-se supor, para fins explicativos, que a_{ij} seja uma função contínua dos seus componentes. Então, tomando o logaritmo neperiano e derivando um dado coeficiente técnico em relação ao tempo, tem-se aproximadamente as suas taxas de variação, denotando a taxa de variação de um escalar com um ponto acima da letra, obtêm-se que

$$a_{ij} = \dot{\mu}_{ij} + \dot{d}_{ij} + \dot{s}_{ij} + \dot{k}_j \quad (47)$$

Com isso, é possível perceber que a variação do coeficiente técnico é o resultado da soma das variações de seus componentes, que podem, inclusive, caminhar em sentidos opostos. Por conseguinte, assumindo que não há perdas ou ganhos de mercado - de modo que μ_{ij} e \dot{d}_{ij} não variam - e tomando a hipótese de Leontief (1966) de retornos constantes de escala, tem-se que os insumos e o produto crescem na mesma proporção, ou seja,

²¹ Caso capital e trabalho sejam os insumos produtivos, a interpretação é o contrário e; caso o consumo intermediário e os componentes do valor adicionado sejam considerados insumos sempre haverá retornos constantes de escala

²² Aqui também se enfrenta o problema em que o denominador seja zero, se o numerador foi diferente de zero excluímos o termo, se for igual assumimos que a taxa de variação é nula.

$$\dot{k}_j = 0 \quad (48)$$

E, portanto,

$$\dot{a}_{ij} = \dot{s}_{ij} \quad (49)$$

Isto é, a mudança do coeficiente desenvolvido por Leontief representa integralmente uma mudança tecnológica no caso particular de retornos constantes de escala.

Com efeito, foi possível contornar de alguma forma os problemas em torno da estabilidade dos coeficientes técnicos, unindo tudo o que foi apresentado até aqui, a matriz de coeficientes técnicos nacionais setor por setor pode ser vista do seguinte modo

$$\mathbf{A}_d = (\boldsymbol{\rho}_\mu \odot \boldsymbol{\mu}^v) \mathbf{D} (\boldsymbol{\rho}_S \odot \mathbf{S}^v) (\boldsymbol{\rho}_K \odot \mathbf{K}^v) \quad (50)$$

2.3 Relações entre a variação em A e em L e o campo de influência

Até a presente seção, toda a modelagem foi realizada considerando-se o mesmo período, mas a análise acerca das mudanças tecnológicas prescinde considerar variações ao longo do tempo, no mínimo entre dois períodos.

Neste sentido, a partir desse ponto o presente trabalho passa a discutir variações na matriz de coeficientes técnicos e qual a sua relação com as demais variáveis do modelo de Leontief. Para tanto, parte-se da apresentação de Miller e Blair (2022) sobre as relações entre $\Delta \mathbf{A}$ e $\Delta \mathbf{L}$

$$\Delta \mathbf{L} = \mathbf{L}_* \Delta \mathbf{A} \mathbf{L}_* \quad (51)$$

Dado que 0 e 1 são dois anos sucessivos²³

$$\mathbf{L}_* = 0,5(\mathbf{L}_0 + \mathbf{L}_1) \quad (52)$$

Supondo que houve mudança apenas em um coeficiente técnico, a_{rc} , em que r e c são uma linha e uma coluna arbitrárias, respectivamente, então

²³ Em realidade, Miller e Blair (2022) demonstram que existem duas maneiras de encontrar $\Delta \mathbf{L}$ como função de $\Delta \mathbf{A}$, uma pré-multiplicada por $\Delta \mathbf{L}_0$ e pós-multiplicada por $\Delta \mathbf{L}_1$ e outra ao contrário. Com base no estudo de Dietzenbacher e Los (1998) que conclui que a melhor forma de realizar uma decomposição estrutural é a partir da média das polares, Avelino et al. (2021) concluem que a melhor maneira realizar a decomposição da matriz \mathbf{L} é por meio da média das duas alternativas.

$$\Delta \mathbf{L} = \begin{bmatrix} l_{11} & \dots & l_{1c} & \dots & l_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{r1} & \dots & l_{rc} & \dots & l_{rn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{n1} & \dots & l_{nc} & \dots & l_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \Delta a_{rc} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_{11} & \dots & l_{1c} & \dots & l_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{r1} & \dots & l_{rc} & \dots & l_{rn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{n1} & \dots & l_{nc} & \dots & l_{nn} \end{bmatrix} \quad (53)$$

O resultado desse sistema linear de equações em diferença pode ser visto como

$$\Delta \mathbf{L} = [l_{ic} \Delta a_{rc} l_{rj}] = \begin{bmatrix} l_{1c} \Delta a_{rc} l_{r1} & \dots & l_{1c} \Delta a_{rc} l_{rc} & \dots & l_{1c} \Delta a_{rc} l_{rn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{rc} \Delta a_{rc} l_{r1} & \dots & l_{rc} \Delta a_{rc} l_{rc} & \dots & l_{rc} \Delta a_{rc} l_{rn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{nc} \Delta a_{rc} l_{r1} & \dots & l_{nc} \Delta a_{rc} l_{rc} & \dots & l_{nc} \Delta a_{rc} l_{rn} \end{bmatrix} \quad (54)$$

Ou, simplesmente, como

$$\Delta \mathbf{L} = \Delta a_{rc} \begin{bmatrix} l_{1c} \\ \dots \\ l_{nc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_{r1} & \dots & l_{rn} \end{bmatrix} = \Delta a_{rc} \mathbf{l}_c \mathbf{l}_r = \Delta a_{rc} \mathbf{F}[\mathbf{a}_{rc}] \quad (55)$$

Desta maneira, para todo l_{rj} e l_{ic} diferentes de zero, Δa_{rc} vai impactar o elemento l_{ij} da matriz inversa de Leontief. Isso demonstra o impacto em cadeia de uma mudança em uma relação entre dois setores para o conjunto das relações intersetoriais da economia. Em outras palavras, o papel da mudança tecnológica no contexto da interdependência multissetorial de um dado sistema econômico.

Com base nisso e em contraposição à equação (15), que mantém as relações intersetoriais constantes e varia a demanda, é possível analisar a estática comparativa para o impacto do VBP resultante de variações nas relações técnicas mantendo constante a demanda,

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{L}_* \Delta \mathbf{A}_d \mathbf{L}_* \mathbf{y} \quad (56)$$

É preciso notar que o termo $\mathbf{F}[\mathbf{a}_{rc}]$ é como Sonis e Hewings (1992) designaram o chamado campo de influência, ainda que modificado por ser calculado com base na média das polares. O campo de influência é uma métrica consagrada pela literatura de insumo-produto que permite mensurar quais as interações intersetoriais, medidas por a_{ij} , que se alteradas trariam, através da matriz inversa de Leontief, o maior impacto geral para o sistema econômico. Para tanto, estima-se, separadamente, cada matriz $\mathbf{F}[\mathbf{a}_{rc}]$ para cada a_{ij} . Sob posse dessas n^2 matrizes de ordem n , toma-se a norma euclidiana de cada uma e avalia-se quais as que

possuem o maior resultado, esses seriam os coeficientes mais importantes do ponto de vista do impacto da sua variação sobre a inversa de Leontief. Essa norma euclidiana, para um dado Δa_{rc} , pode ser representada como

$$\|\mathbf{F}[\epsilon_{rc}]\|_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (l_{ic}l_{rj})^2} \quad (57)$$

A norma euclidiana, ou de ordem dois, é útil para sintetizar uma variável bidimensional, como uma matriz, para o plano unidimensional. Por construção, esse resultado é sempre não negativo e pode ser interpretado como a distância entre duas matrizes ou vetor, neste caso, a distância entre a matriz (54) e a matriz nula. Para se ter uma perspectiva mais sintética, também é calculado a norma de quarta ordem da matriz formada por $\mathbf{F}[\mathbf{a}r_{rc}]$, uma vez que esse indicador é quadridimensional. Desta forma, a norma de quarta ordem sintetiza em um valor o campo de influência para cada ano em relação ao ano anterior.

Calculando-se o Campo de Influência, consegue-se isolar o efeito de cada variação de a_{ij} sobre \mathbf{L} . Sob posse desse indicador, tem-se uma matriz $n \times n$, do qual é selecionado cinco setores pelo lado das linhas (oferta) e cinco setores pelo lado das colunas (demanda) com a maior soma vetorial para todos os anos, isto é, seja \mathbf{F}_t a matriz formada por $\mathbf{F}[\epsilon_{rc}]$ para todo r e todo c , então

$$\sum_{t=1}^T \mathbf{F}_t \mathbf{1} \quad (58)$$

Mostra a soma do Campo de Influência para todos os anos selecionados pelo lado da oferta e

$$\sum_{t=1}^T \mathbf{1} \mathbf{F}_t \quad (59)$$

Mostra a soma do Campo de Influência para todos os anos selecionados pelo lado da demanda. Deste modo, é possível identificar aqueles setores que mais contribuíram para as mudanças na matriz inversa de Leontief ao longo dos vinte anos selecionados os quais, portanto, merecem mais atenção na análise da decomposição estrutural.

2.4 Decomposição estrutural

O método mais consagrado e utilizado na literatura de insumo-produto que considera variações ao longo do tempo é a Abordagem da Decomposição Estrutural (SDA em inglês). Como apontam Miller e Blair (2022), o SDA vem sendo desenvolvido e aprimorado desde

a década de 1960, a abordagem pode ser apresentada a partir da equação básica do modelo canônico de Leontief, a equação (13), do qual se adiciona a variável tempo, de forma discreta, para analisar as variações de \mathbf{x} e realizar a decomposição estrutural. Tomando as unidades de tempo em anos t e $t - 1$, de forma que podemos denotar as variações de \mathbf{x} como

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{L}_{(t)} \mathbf{y}_{(t)} - \mathbf{L}_{(t-1)} \mathbf{y}_{(t-1)} \quad (60)$$

Analogamente, tomam-se as variações de \mathbf{y} e de \mathbf{L} como

$$\Delta \mathbf{y} = \mathbf{y}_{(t)} - \mathbf{y}_{(t-1)} \quad (61)$$

$$\Delta \mathbf{L} = \mathbf{L}_{(t)} - \mathbf{L}_{(t-1)} \quad (62)$$

Assim, é possível manejar (61) e (62) de duas formas distintas, chamadas polares. Uma delas, por exemplo, é

$$\mathbf{y}_{(t-1)} = \mathbf{y}_{(t)} - \Delta \mathbf{y} \quad (63)$$

$$\mathbf{L}_{(t)} = \Delta \mathbf{L} + \mathbf{L}_{(t-1)} \quad (64)$$

Substituindo (63) e (64) em (60) e realizando as subtrações possíveis

$$\Delta \mathbf{x} = \Delta \mathbf{L} \mathbf{y}_{(t)} + \mathbf{L}_{(t-1)} \Delta \mathbf{y} \quad (65)$$

Esse é um dos casos, outra combinação de (61) e (62) é possível, invertendo os períodos isolados. Neste caso, a variação de \mathbf{L} é ponderada pela demanda do ano presente e a variação de \mathbf{y} é ponderada pela matriz de coeficientes do ano anterior. Perante essas alternativas, a saída mais razoável e mais utilizada na literatura foi apresentada por Dietzenbacher e Los (1998), que tiram a média aritmética das duas alternativas, de modo que a decomposição pode ser apresentada conforme a equação (66)

$$\Delta \mathbf{x} = 0,5 \Delta \mathbf{L} (\mathbf{y}_{(t)} + \mathbf{y}_{(t-1)}) + 0,5 (\mathbf{L}_{(t)} + \mathbf{L}_{(t-1)}) \Delta \mathbf{y} \quad (66)$$

Designado por t^* a média dos dois períodos, a equação acima pode ser reescrita como

$$\Delta \mathbf{x} = \Delta \mathbf{L} \mathbf{y}_{(t^*)} + \mathbf{L}_{(t^*)} \Delta \mathbf{y} \quad (67)$$

Esse método consiste, basicamente, em uma estática comparativa entre os parâmetros do modelo entre dois períodos, que de forma análoga à aplicação de uma derivada total que resulta da soma das derivadas parciais no caso de uma função contínua, o SDA separa

a variação total de uma dada função entre o impacto dos seus argumentos, mas no caso discreto. Deste modo, a equação (67) pode ser vista como um sistema de equações lineares em diferença.

Todavia, o presente trabalho não irá realizar a tradicional decomposição de \mathbf{x} , mas a decomposição de \mathbf{A}_d . Tal como Passoni-Alvez (2019) essa decomposição é feita em dois estágios, sendo o primeiro entre preços e unidades de volume.

$$\Delta \mathbf{A}_d = \Delta \rho_A \odot \mathbf{A}_d^v + \rho_A \odot \Delta \mathbf{A}_d^v \quad (68)$$

Sob posse da contribuição de preços e unidades de volume se obterá uma noção mais apropriada do aspecto tecnológico dessa mudança. Em primeiro lugar, é feita uma análise agregada, tomando-se a norma euclidiana dessas matrizes e comparando-as no tempo. Em seguida, com base nos setores selecionados pelo campo de influência, é feita uma análise setorial das contribuições de preços e quantidades para a variação total dos coeficientes técnicos, com base na média das colunas (pelo lado da demanda) e das linhas (pelo lado da oferta) dessas atividades.

Já o segundo estágio da decomposição é feita em unidades de volume, com base na equação (50). Entretanto, como se está lidando com mais de duas matrizes, uma decomposição com um baixo nível de erro, conforme demonstram Dietzenbacher e Los (1998), determina que as polares são definidas da seguinte maneira

$$\Delta \mathbf{A}_d^v = \Delta \mu^v \mathbf{D}_0 \mathbf{S}_0^v \mathbf{K}_0^v + \mu_1^v \Delta \mathbf{D} \mathbf{S}_0^v \mathbf{K}_0^v + \mu_1^v \mathbf{D}_1 \Delta \mathbf{S}^v \mathbf{K}_0^v + \mu_1^v \mathbf{D}_1 \mathbf{S}_1^v \Delta \mathbf{K}^v \quad (69)$$

$$\Delta \mathbf{A}_d^v = \Delta \mu^v \mathbf{D}_1 \mathbf{S}_1^v \mathbf{K}_1^v + \mu_0^v \Delta \mathbf{D} \mathbf{S}_1^v \mathbf{K}_1^v + \mu_0^v \mathbf{D}_0 \Delta \mathbf{S}^v \mathbf{K}_1^v + \mu_0^v \mathbf{D}_0 \mathbf{S}_0^v \Delta \mathbf{K}^v \quad (70)$$

Frente a isso, identifica-se o impacto das mudanças da participação nacional, na distribuição setorial, da proporção de insumos e da escala nas mudanças dos coeficientes técnicos em volume. No entanto, como se deseja analisar os aspectos tecnológicos da matriz de coeficientes técnicos, o impacto das variações em \mathbf{D} e μ^v serão analisados de forma agregada, como o impacto das mudanças estritamente comerciais sobre \mathbf{A}_d^v .

Não obstante, ainda que a aplicação da norma euclidiana faça sentido para uma análise agregada das variações em volume, dada a noção de distância de zero que esse indicador possui; devido a não aditividade desse indicador, tirar a média das linhas e colunas não é apropriado. Nesse sentido, outra estatística de tendência central poderia ser aplicada, como a mediana, no entanto, no caso em tela a mediana seleciona a célula menos relevante do vetor em análise. Por isso, as métricas mais apropriadas consistem em selecionar o valor máximo e mínimo de cada vetor da matriz $\Delta \mathbf{A}_d^v$ correspondente aos setores selecionados e verificar

qual é o outro setor envolvido na transação e qual é o impacto de cada argumento para a variação total desse coeficiente técnico. Assim, esse último ponto é o nível mais desagregado possível de uma análise de Decomposição Estrutural.

2.5 Análise da correlação de variáveis selecionadas

O modelo até agora apresentado assume determinadas relações de causalidade nas quais a variação dos coeficientes técnicos são explicadas pela variação da participação nacional, setorial, da tecnologia e dos retornos de escala, discriminados entre preço e unidades de volume setorialmente. Estabelecia essas causalidades, em que, assim como em um modelo econométrico, há uma variável dependente para várias variáveis independentes, cumpre complementar a análise examinando a multicolinearidade das variáveis independentes. As causalidades apresentadas dizem respeito à extensão do modelo de Leontief desenvolvido aqui. A multicolinearidade, ao seu turno, é expressa, por norma, como uma covariância significativamente (com base no P-Valor) diferente de zero entre as variáveis explicativas. Nesse caso, a teoria econômica aponta para algumas relações entre essas variáveis e até mesmo determinadas causalidades.

Nesse sentido, a presente seção pretende apresentar uma análise singela, focada apenas na correlação entre essas variáveis, o que não implica, necessariamente, em uma ou qualquer direção de causalidade. Se a multicolinearidade é vista pelo cálculo das covariâncias entre as variáveis, o índice de correlação mais famoso da literatura deriva da covariância, é o Índice de Correlação de Pearson r . Este índice, como apresentam Johnson e Bhattacharyya (2019), tem uma vantagem em relação à covariância em função de ser capaz não apenas de indicar a direção da correlação, direta ou inversamente proporcional, mas também por indicar a intensidade dessa correlação. Todavia, o r somente capta relações lineares entre as variáveis. Frente a isso, a proposta da presente seção não é adicionar mais um tópico da análise de resultados e sim apresentar algumas correlações em concomitância a decomposição estrutural, com base no r .

No entanto, o presente estudo não irá analisar a correlação entre todas as variáveis explicativas, mas da correlação entre as mudanças em volume e de preços relativos desses coeficientes, uma vez que se espera identificar o quão flexíveis são as escolhas de insumos como função dos preços, caso as funções de produção se aproximem do tipo Cobb-Douglas.

Para o caso geral, com todos os setores em todos os anos, sendo a barra sobre a variável indicando sua média aritmética, o índice de correlação de Pearson é definido na equação (71)²⁴.

²⁴ Para os setores selecionados pelo lado da demanda e oferta serão suprimidos as somas de j e i , respectivamente

$$r = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (a_{ijt} - \bar{a}_{ijt})(p_{ijt} - \bar{p}_{ijt})}{\sqrt{\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (a_{ijt} - \bar{a}_{ijt})^2 \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (p_{ijt} - \bar{p}_{ijt})^2}} \quad (71)$$

Em que, segundo Johnson e Bhattacharyya (2019),

Se $r = 1$: Correlação perfeitamente positiva.

Se $0.8 \leq r < 1$: Correlação forte positiva.

Se $0.6 \leq r < 0.8$: Correlação moderada positiva.

Se $0.4 \leq r < 0.6$: Correlação fraca positiva.

Se $r = 0$: Ausência de correlação linear.

Se $-0.4 \leq r < 0$: Correlação fraca negativa.

Se $-0.6 \leq r < -0.4$: Correlação moderada negativa.

Se $-0.8 \leq r < -0.6$: Correlação forte negativa.

Se $r = -1$: Correlação perfeitamente negativa.

Ademais, além da clássica relação entre preço e quantidade, a teoria do desenvolvimento de Schumpeter indica uma correlação que contribui para a discussão feita aqui: a correlação entre inovações e investimento. Nos termos do que foi apresentado, isso se traduz na correlação entre as mudanças nos coeficientes técnicos a_{ij} e s_{ij} e mudanças nas colunas da MAI, que apresentam os setores demandantes de bens de capital pelas colunas, e os produtos que servem a essa finalidade pelas linhas. Com isso, espera-se que sejam necessárias mudanças na quantidade, a ser calculada com a média da coluna, e na variedade, a ser calculada com o desvio padrão da coluna, de produtos que um setor demanda como bens de capital para viabilizar mudanças mais significativas nos coeficientes técnicos em unidades totais, haja vista que a falta de aditividade impede cálculos como a média e desvio-padrão para unidades de volume. Assim, como são 40 setores em 19 diferenças temporais, são 760 observações.

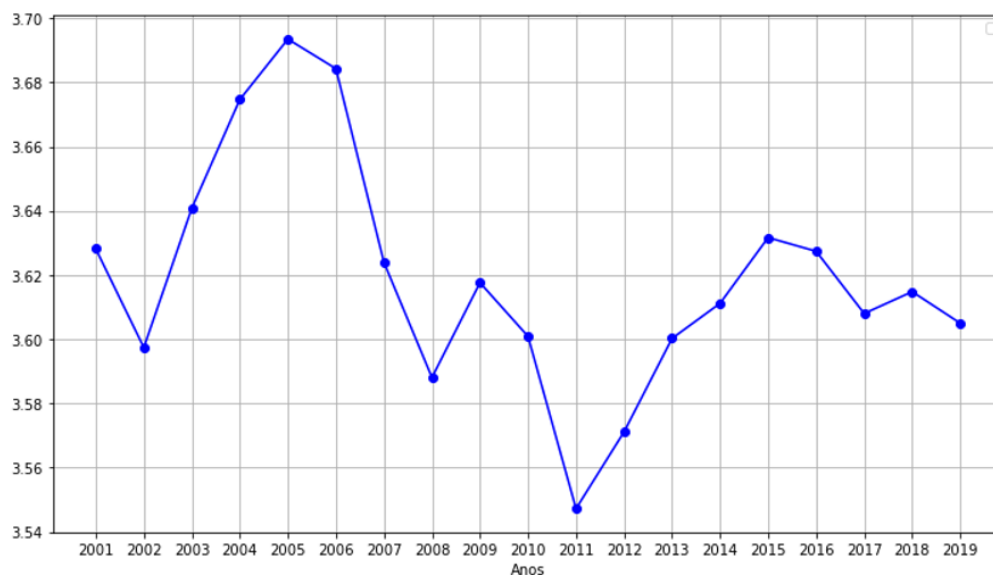
Por fim, cumpre destacar que as correlações são feitas para variáveis contemporâneas, isso é, no mesmo ano. Porém, na análise do investimento, é provável que a correlação apresente defasagens, por isso, também é analisada a correlação entre as variações de a_{ij} no período t contra os investimentos defasados em até dez anos, considerando-se um tempo grande o suficiente para abarcar alguma correlação possível. Em que se deve ter em mente que o aumento das defasagens reduz os graus de liberdade.

3 Resultados

3.1 Análise do Campo de Influência

O primeiro indicador a ser apresentado é uma síntese do Campo de Influência, que calcula a norma de quarta ordem de todas as matrizes resultantes de cada campo de influência setor por setor. Como é possível verificar no Gráfico 1 esse indicador varia entre 3,5 e 3,7 ao longo de todos os anos analisados, o que demonstra relativa estabilidade no padrão de mudanças nos coeficientes técnicos de produção. Com isso, já se apresenta um primeiro indício de estabilidade das relações intersetoriais para a economia brasileira ao longo do período analisado, como sugere Leontief (1966). Em outras palavras, o fluxo circular da renda não sofreu grandes alterações sob a ótica das transações intersetoriais, ainda que se possa notar alguma mudança.

Gráfico 1 – Síntese do Campo de Influência



Fonte: Elaboração Própria

De 2002 até 2005 a síntese do Campo de Influência cresce de 3,6 a 3,69 - o ponto máximo da série - e em seguida decai até 3,55 em 2011 - o ponto mínimo da série -, depois se eleva até atingir o patamar de 3,6 no último ano de análise. Desta maneira, apesar da amplitude da variação ser baixa, é possível identificar um comportamento cíclico da síntese do Campo e Influência, com ascensão, queda e recuperação parcial, de modo que o ano de 2010 apresenta uma inversão de tendência para o movimento dos coeficientes técnicos de forma agregada.

Desagregando os dados, pode-se ver pelo lado dos setores demandantes quais foram aqueles que apresentaram o maior Campo de Influência, a partir da média dos valores das suas

colunas para todos os anos. Esse indicador mostra aqueles setores nos quais a sua mudança na composição de insumos trouxe o maior impacto para a economia. Os cinco setores com maior impacto pelo lado da demanda podem ser vistos na Tabela 1.

Setores	Campo de Influência (média anual)
Refino de petróleo e coquerias	7,2210
Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca	6,7269
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	5,8259
Alimentos e Bebidas	5,2198
Fabricação de aço e derivados	4,4814

Fonte : Elaboração Própria

Com base nessa tabela se identifica quais são os setores nos quais sua mudança tecnológica foi mais impactante para a matriz inversa de Leontief e, portanto, para o conjunto da economia. Tais atividades devem ser acompanhados mais de perto nas próximas seções. O que chama a atenção em uma primeira vista é que exceto um setor, "Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca", os demais setores tecnologicamente mais importantes são setores industriais, com destaque para "Refino de petróleo e coquerias" com um campo e influência médio anual de aproximadamente 7,2.

Pelo lado das linhas do Campo de Influência, pode-se ver quais setores ofertantes que apresentaram maior impacto na matriz inversa de Leontief, como pode ser visto na Tabela 2.

Setores	Campo de Influência (média anual)
Serviços prestados às empresas e às famílias e serviços de manutenção	9,6544
Refino de petróleo e coquerias	9,2342
Comércio	8,4291
Transporte armazenagem e correio	7,8255
Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca	7,5092

Fonte : Elaboração Própria

Nessa tabela, nota-se que os valores do Campo de Influência são maiores que aqueles pelo lado da demanda, o que sugere que as mudanças tecnológicas são mais concentradas em inovações de produto do que em processos produtivos, uma vez que os setores que ofertam trouxeram maior impacto que os que demandam.

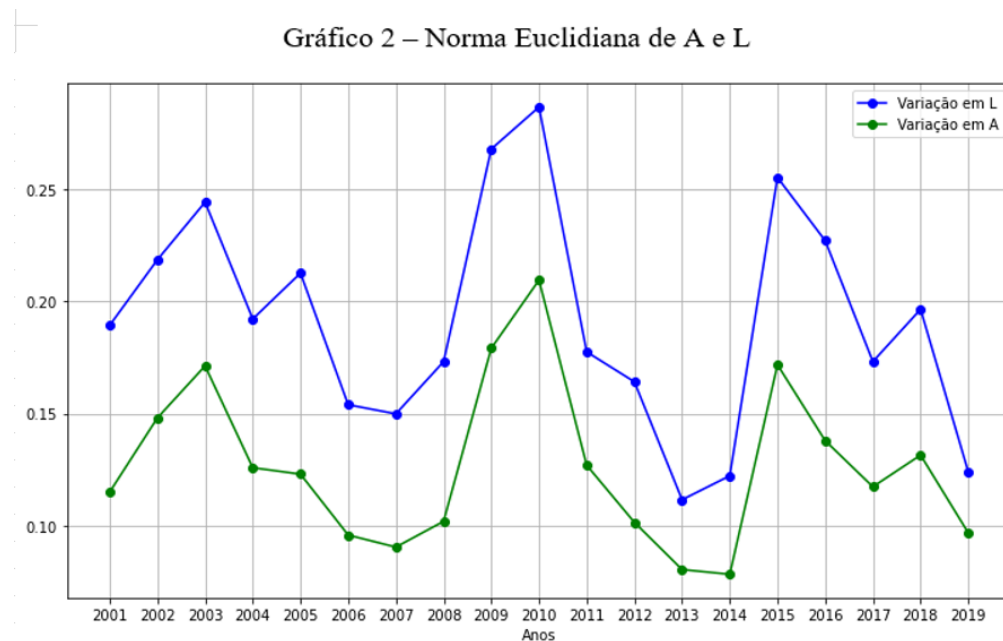
Outro ponto de destaque no que se refere à Tabela 2 é que dois setores que estão na Tabela 1 também aparecem como forte impacto pelo lado das vendas: "Refino de petróleo e coquerias" e "Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca", que são os únicos setores que não compõe a atividades de serviços nesta tabela.

Há três outros setores, os quais também devem ser adicionados no rol de atividades que merecem mais atenção para as próximas seções. Particularmente a atividade de maior impacto, "Serviços prestados às empresas e às famílias e serviços de manutenção", que engloba

serviços imobiliários, intermediação financeira, manutenção de computadores e telefones, máquinas e equipamentos, bem como outros serviços prestados às famílias e empresas.

3.2 Variação nas matrizes de coeficientes técnicos

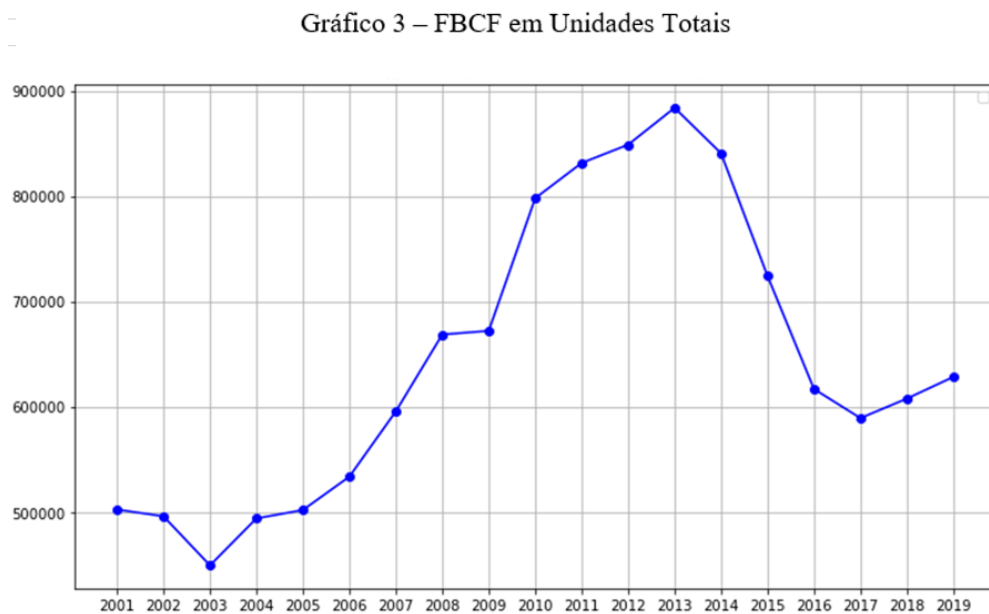
Esta seção se presta a apresentar uma série de decomposições, partindo daquela matriz mais geral até as matrizes mais específicas que compõem a matriz geral. Deste modo, as primeiras matrizes a serem analisadas são a matriz de coeficiente técnicos diretos e a matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos em unidades totais. Para obter uma visão geral, apresenta-se a norma euclidiana de ambas as matrizes no Gráfico 2.



Fonte: Elaboração Própria

Com este gráfico, percebe-se que a matriz inversa de Leontief responde univocamente aos movimentos da matriz de coeficientes técnicos diretos, mas em uma escala maior, como sugere a equação (51). Ambas as normas indicam que a variação de L e A sinteticamente apresentaram um movimento ondulatório, decrescendo de 2003 a 2007, quando passam a se elevar até 2010, retornam a cair até 2014 quando deixam de apresentar uma direção clara. Portanto, o que está claro é que os anos entorno de 2010 fora aqueles que apresentaram uma maior variação tecnológica, este ano é o ponto de inversão, se antes havia uma aceleração da variação dos coeficientes técnicos, após o movimento passa a desacelerar. Isso sugere que pode ter havido uma onda de inovações concentradas no tempo, tal como preconizou Schumpeter (1997).

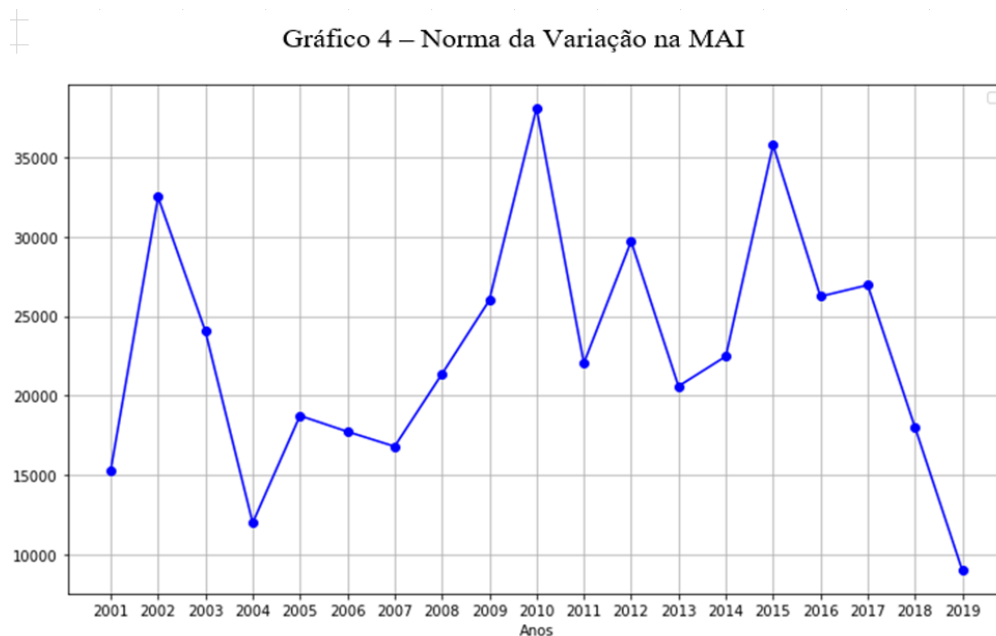
Neste ponto teórico, um dado adicional que acompanha as mudanças tecnológicas seria o investimento, o Gráfico 3 apresenta a Formação Bruta de Capital Fixo em unidades totais de 2001 a 2019. Nesse gráfico, observa-se uma onda de investimentos que se inicia em 2003 e atinge seu pico em 2013 para então decair de forma acentuada. Esse movimento não indica uma associação entre os investimentos e a mudança tecnológica, uma vez que os investimentos, de forma agregada, se elevam até mesmo depois do declínio das variações na matriz de coeficientes técnicos. Para se ter uma noção mais clara, o coeficiente de correlação de Pearson para essas variáveis é de -0,1370 e o seu P-valor de 0,5760, o que não é uma correlação estatisticamente significativa.



Fonte: Elaboração Própria

Por outro lado, é possível buscar uma análise qualitativa dos investimentos ao se atentar para sua variação setorial, haja vista que uma mudança no destino do investimento significa uma mudança na qualidade da formação de capital. Para isso, toma-se a norma euclidiana da variação da MAI, que demonstra o quanto a demanda por bens de capital mudou em cada setor. Este dado também é mais interessante porque está dimensionado da mesma forma que **A**. Isso é feito no Gráfico 4, como pode ser visto.

Neste Gráfico são vistos três picos - em 2002, 2010 e 2015 - ao mesmo tempo que os três picos vistos na norma da variação da matriz de coeficientes técnicos foi de 2003, 2010 e 2015, isso demonstra uma similaridade entre esses indicadores, apesar de uma significativa diferença de escala entre os dois gráficos, visto que um representa proporções de insumos e o outro os valores dos investimentos realizados. Para ter um dado mais preciso, tem-se que o



Fonte: Elaboração Própria

índice de correlação de Pearson entre a norma da variação da matriz \mathbf{A} e da variação da MAI para as 19 observações foi de 0,6312, o que indica uma correlação positiva moderada²⁵ entre esses indicadores e o P-valor foi de aproximadamente 0,0037, o que representa significância estatística elevada.

Com isso, é possível inferir que apesar do volume de investimentos agregados não possuir correlação com as variações tecnológicas, a sua distribuição setorial dos investimentos varia em consonância com as mudanças nos coeficientes técnicos. Isso pode representar uma mudança no funcionamento normal do fluxo circular da renda, que passa a canalizar investimentos para novos setores ou tipos de investimentos diferentes, isto é, com uma composição de produtos diferentes para o mesmo setor.

Frente aos dados agregados, cabe averiguar como os setores selecionados se comportaram. Para esclarecer esse ponto, cumpre apresentar os dados da Tabela 3, que exhibe a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação das colunas no caso dos setores demandantes e das linhas no caso dos setores ofertantes para os setores selecionados, agregado para todos os anos. Nesta tabela é notável que o coeficiente de variação é maior que 100% em todos os casos, isso implica que o desvio-padrão sempre é superior à média, que na maior parte dos casos está próxima de zero, considerando que se está tomando a soma de coeficientes menores que a unidade. Isso sugere que a variação dos coeficientes em tela flutuam em torno de zero, o que expressa uma percepção de relativa estabilidade dos coeficientes técnicos

²⁵ Conforme Johnson e Bhattacharyya (2019).

ao longo dos vinte anos analisados, uma vez que as variações tendem a se compensar, os gráficos apresentados no Apêndice mostram isso com mais clareza, uma vez que cada setor selecionado é visto separadamente ao longo do tempo. Assim, fica clara a importância do problema que foi denominado 1.1, o tempo, para a estabilidade dos coeficientes técnicos, conforme apresentado na seção 1.6.

Tabela 3 - Média, Desvio-Padrão e Coeficiente de Variação dos Coeficientes Técnicos			
Setores Demandantes			
Nome	Desvio Padrao	Media	Coeficiente de Variação
Agro	0,016076109	0,004295035	374%
Alimentos e Bebidas	0,014150294	-0,001839942	-769%
Químicos	0,050433731	-0,000204062	-24715%
Petróleo	0,032269911	-0,002969399	-1087%
Aço	0,041929603	-0,00218327	-1920%
Setores Ofertantes			
Agro	0,073685829	0,005132157	1436%
Petróleo	0,066287171	0,004600242	1441%
Comércio	0,079836178	0,044366149	180%
Transportes	0,050900039	0,012211924	417%
Serv. Emp. & Fam. e Manut.	0,075248182	-0,008314737	-905%
Fonte: Elaboração Própria			

Sob a ótica da demanda, a tabela 3 mostra que todos os valores possuem o módulo da média inferior a um centésimo, o setor de "Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca" foi o que apresentou a maior variação média de coeficientes técnicos, em módulo, cerca de 0,0043 - único valor positivo entre os demandantes, o que significa perda de eficiência no uso dos insumos -, este setor também foi aquele que apresentou o menor coeficiente de variação, em módulo, enquanto o maior desvio-padrão - que aqui pode ser entendido como a variação da variação dos coeficientes - ficou com o setor Químico (0,0504) e o menor com "Alimentos e Bebidas", 0,0142. Ainda sobre a demanda, observa-se que o coeficiente mais estável - aquele com o menor módulo da média - foi o do setor de "Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros" com variação média a cerca de 0,0002, o que contribuiu para colocar esse setor entre com o maior coeficiente de variação, 1920% em módulo. Com isso, infere-se que o setor mais estável foi o de produção química e o menos estável do de produção agrícola e pecuária, enquanto aquele com maior campo de influência - o de produção petrolífera - esteve em posição intermediária. Como quatro dos setores selecionados apresentou variação negativa, houve um ganho de eficiência para esses setores, um processo criativo, que pode ser visto como uma queda de demanda intersetorial, algo que representa um processo destrutivo causado por melhorias tecnológicas.

Sob a ótica da oferta, a média das variações foi maior, fortalecendo o argumento acerca

das inovações de produtos, uma vez que produtos desses setores penetraram a estrutura produtiva dos demais com intensidade, o que já havia sido comentado com a análise do Campo de Influência. Dois setores exibiram médias maiores que um centésimo, "Comércio" e "Transportes", mas vale comentar novamente que essas variações relativamente elevadas podem se dar por fatores alheios a mudança técnica particularmente para esses setores - mesmo desconsiderando o fator preço, como é analisado algumas seções abaixo - que elevam suas margens com maiores distâncias percorridas e maior intermediação comercial. Excluindo esses dois setores, a média pelo lado da oferta não diferiu da média do lado da demanda de modo expressivo. O setor comercial também possui o maior desvio-padrão, enquanto o maior coeficiente de variação pertence ao setor agrícola e pecuário

Além disso, cabe verificar as correlações entre as variações do investimento e as mudanças nos coeficientes técnicos de produção, tanto pelo lado da demanda como pelo lado da oferta. A correlação foi calculada tanto para a média da variação dos investimentos, como para seu desvio-padrão a fim de verificar se o volume, no primeiro caso, e o tipo de produto, no segundo caso, apresentaram variações em consonância com as mudanças tecnológicas. O resultado pode ser visto na tabela 4, que não demonstra nenhuma correlação estatisticamente significativa, ao nível de 99% de confiança, entre as variáveis selecionadas. Ao nível de 95% somente um setor demandante e nenhum setor ofertante exibiu uma correlação significativa entre mudanças nos coeficientes técnicos e a variação do investimento agregado, ou seja, a soma dos produtos demandados como investimento, este setor foi o de produção de aço, apresentando uma correlação negativa de 0,5238, a qual segundo a bibliográfica utilizada é considerada uma correlação fraca. Com isso e assumindo que os dados setoriais são mais acurados que dados agregados por meio de uma norma euclidiana, não foi possível concluir por evidências significativas sobre uma relação entre as mudanças nos coeficientes técnicos e as mudanças nos padrões de investimento, ou seja, não houve uma onde de investimentos aos moldes schumpeterianos que viabilizassem as mudanças nos coeficientes técnicos.

Tabela 4 - Correlação entre a variação dos coeficientes técnicos e a variação do investimento setorial				
Nome	Correlação (Soma)	P-Valor (Soma)	Correlação (Desvio Padrão)	P-Valor (Desvio Padrão)
Setores Demandantes				
Agro	-0,1850	0,4483	-0,0871	0,7228
Alimentos e Bebidas	-0,0517	0,8334	-0,1155	0,6377
Químicos	0,4047	0,0857	0,1475	0,5466
Petróleo	-0,3351	0,1608	-0,0429	0,8616
Aço	-0,5238	0,0213	0,0919	0,7082
Setores Ofertantes				
Agro	-0,1828	0,4539	-0,4168	0,0758
Petróleo	-0,3264	0,1726	0,0241	0,9221
Comércio	-0,1603	0,5122	0,0505	0,8374
Transportes	0,0845	0,7308	0,1761	0,4708
Serv Emp & Fam e Manut	0,1696	0,4875	0,0147	0,9523

Fonte: Elaboração Própria

Uma última tentativa de encontrar uma correlação significativa entre mudanças nos pa-

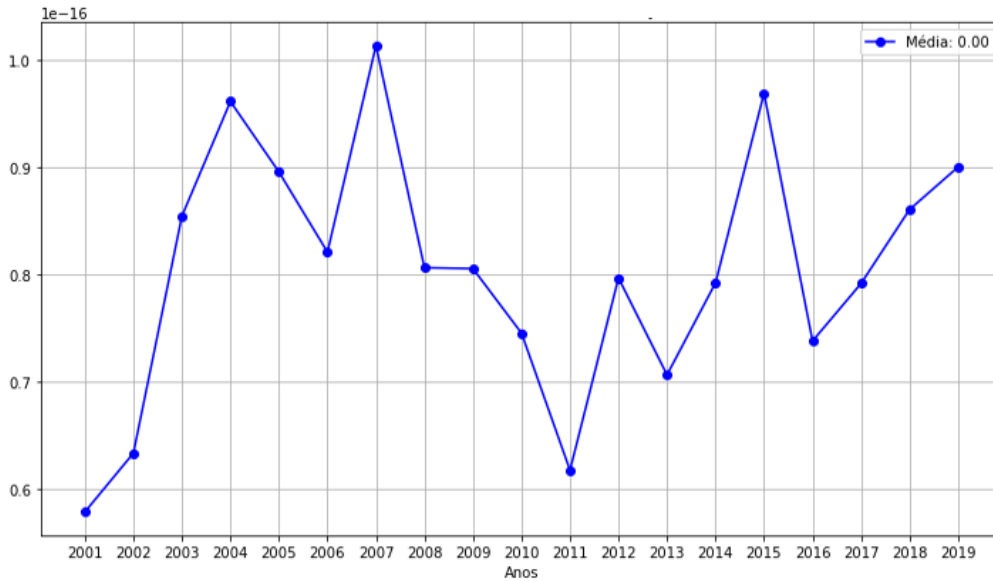
drões de investimento e mudanças nos coeficientes técnicos foi feita setor por setor e ano por ano e é apresentada na Tabela 5. A vantagem de utilizar todos os setores foi o elevando o número de observações, o que tende a reduzir o P-Valor. Foi calculado a média e o desvio padrão das colunas de \mathbf{B}_d e \mathbf{S} e linhas de \mathbf{A}_d com até dez anos de defasagem, a coluna "Estatística" indica se é a média ou o desvio-padrão dos coeficientes técnicos. Contudo, poucos apresentaram P-Valor estatisticamente significativo e os que apresentaram, tiveram correlação abaixo de 0,4, de modo a serem consideradas correlações inexistentes. A correlação mais alta e significativa estatisticamente foi desvio-padrão da variação das linhas de \mathbf{A}_d com o desvio-padrão da variação das colunas da MAI, únicos acima de 0,2 para defasagens de dois a oito anos.

3.3 Decomposição Estrutural da matriz B_d e seus componentes em Unidades de Volume e Preços Relativos

Nesta seção é analisado o primeiro estágio da decomposição estrutural da matriz de coeficientes técnicos de produção (produto x setor) em unidades totais entre unidades de volume e preços relativos, como fez Passoni-Alvez (2019). Analogamente, esta decomposição também é feita para os seus componentes: participação nacional, proporção de insumos e variações de escala. Antes, todavia, cabe apresentar as discrepâncias existentes entre a variação de \mathbf{B}_d e as variações de sua versão calculada, uma vez que o método da decomposição estrutural não possui solução única e, por conseguinte, apresenta erros. No gráfico 5 é exibida para cada ano, em relação ao ano anterior, a norma euclidiana da diferença da variação real e calculada da matriz de coeficientes técnicos, pela escala do gráfico (e^{-16}) é perceptível que os erros são desprezíveis e não crescem ou decrescem com o tempo, dado que o Índice de correlação de Pearson é muito baixo (0.1716) e o seu P-valor (0.4824) indica insignificância estatística.

Feitas essas considerações, o passo seguinte é a análise da variação da matriz \mathbf{B}_d , primeiramente agregada pela norma euclidiana, conforme mostrado no Gráfico 6 com a média e o coeficiente de variação. O que chama a atenção nesse gráfico é a proximidade entre as variações em unidades totais e a variação dos preços relativos, ambas com média de 0,13; ao passo que as variações em unidades de volume são muito menores, 0,08, exceto pelo ano de 2010 que é exatamente o ano base de precificação, o que pode ter gerado uma interferência nos dados desse ano, em função deste ano o coeficiente de variação dos preços relativos e das unidades de volume estão muito maiores que o coeficiente de variação das unidades totais de \mathbf{B}_d e certamente variam em sentidos opostos. Assim, apesar do nível de agregação elevado, esse gráfico parece sugerir que a maioria da volatilidade dos coeficientes técnicos é devido mudanças de preços relativos e não a mudanças de quantidade. Sobre este ponto

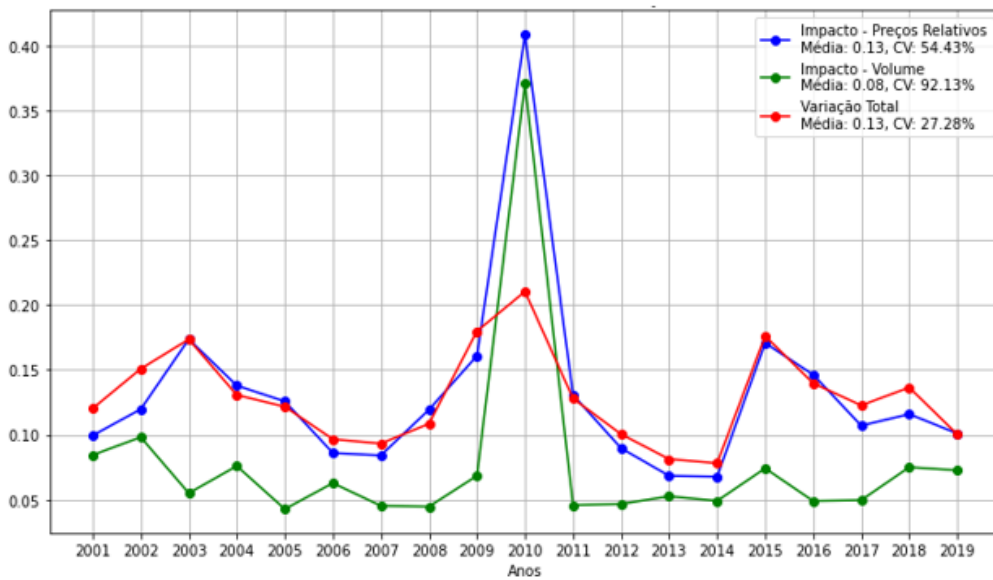
Gráfico 5 – Norma do Erro da Decomposição Estrutural de Bd entre Preços e Volume



Fonte: Elaboração Própria

Assim, a suposição de relações físicas estáveis que permeiam a análise econômica desde os seus primórdios fisiocratas não parecem muito distantes da realidade brasileira dos últimos vinte anos.

Gráfico 6 – Norma da Variação de Bd e do Impacto em Preço e Volume



Fonte: Elaboração Própria

A Tabela - 6 fornece a matriz de correlação entre preço, quantidade e valor, bem como os seus P-Valores, para a norma de B_d . O P-valor indica alta significância estatística para a

correlação de todas as variáveis. Já a matriz de correlação mostra uma correlação forte entre preços relativos e unidades totais, como o Gráfico 6 sugeriu. A correlação entre preços relativos e volume também é forte, como se espera da teoria econômica, ainda que os dados muito agregados não sejam os mais adequados para essa análise, também é preciso destacar que todas as correlações são positivas em razão da norma sempre gerar resultados não negativos. Por outro lado, a correlação entre unidades totais e volume é considerada moderada, o que reforça a perspectiva de que uma análise feita sem considerar os preços relativos, mesmo que a preços de um ano fixo, superestima as variações tecnológicas, como Passoni-Alvez (2019) já argumentava.

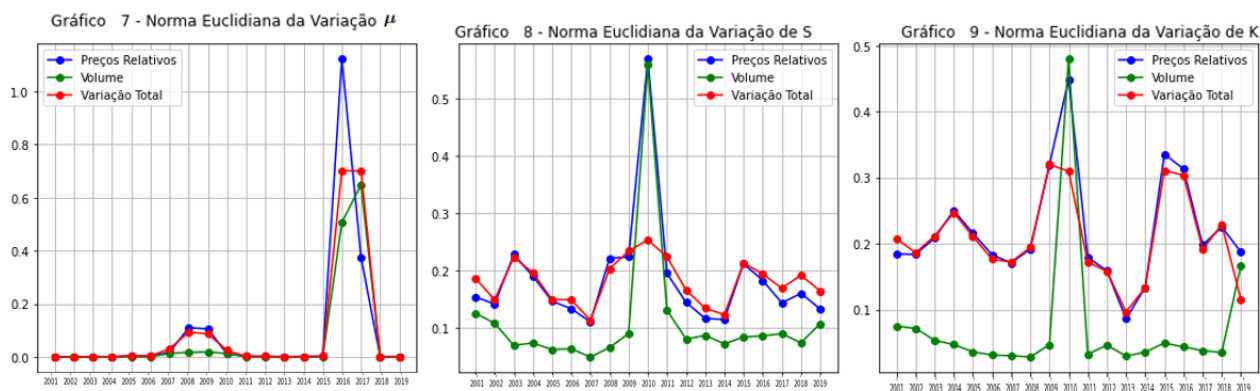
Tabela 6 - Matriz de Correlação e P-Valor para Bn			
Matriz de Corelação Preço, Volume, Valor - Bd			
	Preços Relativos Bd	Volume Bd	Unidades Totais Bd
Preços Relativos Bd	1,0000	0,9008	0,8275
Volume Bd	0,9008	1,0000	0,6064
Unidades Totais Bd	0,8275	0,6064	1,0000
P-Valor			
	Preços Relativos Bd	Volume Bd	Unidades Totais Bd
Preços Relativos Bd	0,0000	1,45E-07	1,23E-01
Volume Bd	1,45E-07	0,0000	0,0059
Unidades Totais Bd	1,23E-01	0,0059	0,0000

Fonte: Elaboração Própria

Resultado análogo ao do Gráfico 6 é apresentado nos gráficos 7, 8 e 9 para as matrizes de participação nacional, proporção de insumos e de escala, respectivamente. O primeiro deles, devido a alguns valores discrepantes, fica com a visualização comprometida, no entanto, o essencial não se perde, a saber, a movimentação similar de preços relativos, unidades de volume e unidades totais. Os gráficos 8 e 9 são muito similares ao gráfico 6, com a discrepância do ano de 2010, o movimento cíclico, a proximidade entre preços relativos e unidades totais que são menos estáveis que as unidades de volume.

A Tabela 7 fornece dados desagregados por componente da matriz de coeficientes técnicos sobre a correlação e o P-Valor dessas variáveis. Segundo esse gráfico, a correlação entre o valor (unidades totais) e o volume dos coeficientes de escala não é estatisticamente significativa e a correlação entre o preço e o volume dos coeficientes de insumos não é significativa ao nível de 99% de confiança. As demais variáveis apresentam significância estatística e, em sua maioria, correlação forte. Porém, vale mencionar a correlação apenas moderada, apesar de significativa estatisticamente, entre preço e valor da norma da proporção de insumos.

Diferente das demais matrizes, também é feita uma análise setorial da matriz B_d pelo lado da demanda, e da matriz A_d pelo lado da oferta, haja vista que a oferta em B_d é por



Fonte: Elaboração Própria

Matriz	Unidade	Correlação	P-valor
μ	Preço x Volume	0,8090	2,74E+11
μ	Preço x Valor	0,8823	5,82E+08
μ	Valor x Volume	0,9871	5,79E+00
S	Preço x Volume	0,9137	4,64E+07
S	Preço x Valor	0,7336	0,0004
S	Valor x Volume	0,4977	0,0301
K	Preço x Volume	0,6401	0,0032
K	Preço x Valor	0,9089	7,21E+07
K	Valor x Volume	0,3010	0,2105

Fonte: Elaboração Própria

produto. Como é de praxe, pelo elevado nível de desagregação setorial, o aspecto temporal foi comprimido para evitar o excesso de informações. Por isso, a Tabela 8 fornece a soma de todos os anos da variação da média das colunas em B_d e da média das linhas em A_d para os setores selecionados.

Nome	Variação	Impacto Preços	Impacto Volume	Participação (%) Preços	Participação (%) Volume
Setores Demandantes (Bd)					
Agro	0,0009	0,0006	0,0003	69,3736	30,6264
Alimentos e Bebidas	-0,0004	-0,0002	-0,0002	58,0705	41,9295
Químicos	0,0000	-0,0006	0,0006	1446,8748	-1346,8748
Petróleo	-0,0006	-0,0005	-0,0001	81,2800	18,7200
Aço	-0,0005	-0,0004	0,0000	94,5000	5,5000
Setores Ofertantes (Ad)					
Agro	0,0020	-0,0034	0,0054	-169,2961	269,2961
Petróleo	0,0012	0,0001	0,0011	10,5050	89,4950
Comércio	0,0198	0,0006	0,0192	2,9542	97,0458
Transportes	0,0056	-0,0006	0,0061	-10,1486	110,1486
Serv_Emp_Fam_& Manut	-0,0052	-0,0041	-0,0012	77,9171	22,0829

Fonte: Elaboração Própria

Frente a isso, o primeiro aspecto a ser mencionado é a baixa variação média dos vetores, mesmo em unidades totais, tendo-se em mente que é considerada a variação total de 20 anos, especialmente a variação dos coeficientes técnicos visto pela ótica dos setores demandantes,

que é generalizadamente inferior ao dos setores ofertantes. Comparando esses dados com aqueles apresentados na tabela 3, é perceptível que a variação média - no Gráfico 3 - e a soma das variações - no Gráfico 8 - de cada ano não apresentam diferença de escala, reiterando a percepção de que as variações tendem a ocorrer em sentidos opostos e assim se compensam em prazos mais longos como os vinte anos analisados.

Decompondo as variações em preço e quantidade, identifica-se que todos os setores demandantes tiveram a maioria da mudança dos coeficientes técnicos oriundos do fator preço, a estabilidade nas unidades volumes, que realmente representa o aspecto tecnológico, é proeminente. Dentre os setores demandantes, o coeficiente mais estável do ponto de vista das unidades totais foi a indústria química, a única em que as variações líquidas de preços e quantidades ocorreram em sentidos opostos, paradoxalmente este foi o setor que apresentou a maior variação em volume e a segunda maior variação em preço, ou seja, a atividade mais estável em valores foi a menos estável em volume, provavelmente a queda dos preços relativos dos seus insumos permitiram o uso mais intensivo de insumos com a manutenção das margens de lucro. Os demais setores apresentaram variações no mesmo sentido, algo que não se espera na teoria microeconômica padrão, mas por se estar examinando valores médios e não a relação entre um insumo e produto específicos esse diagnóstico pode ser pouco preciso. Além disso, o setor de "Alimentos e bebidas", de "Refino de petróleo e coquearias" e de "Fabricação de aço e derivados" obtiveram queda na proporção e nos preços relativos dos seus insumos, de modo que obtiveram ganhos de eficiência pelos dois lados. Particularmente a indústria do aço obteve quase a totalidade da mudança nos seus coeficientes como resultado de mudanças nos preços relativos, em termo de volume a variação foi quase nula. Por outro lado, a atividade de "Alimentos e Bebidas" foi a que demonstrou a maior participação do impacto de variações oriunda de mudanças nas unidades de volume, cerca de 42%, dentre as atividades selecionadas essa é, então, aquela na qual está mais próxima de uma inovação de processo como definiu Schumpeter ([1911] 1997).

Já dentre as atividades selecionadas pelo lado da oferta, o resultado foi distinto, apenas o setor de "Serviços prestados às empresas, famílias e manutenção" teve maior impacto dos preços do que das quantidades, sendo o único dentre esses que terminou com uma variação total negativa, ou seja, obteve uma perda de mercado como proporção do produto bruto de seus demandantes. As demais indústrias obtiveram a maior parte da sua variação oriunda de mudanças em volume, contrariando o que foi apresentado de forma agregada pela norma no Gráfico 6. A agropecuária e os transportes foram as atividades que vivenciaram variações de preços e quantidades em direções opostas, em ambos os casos os volumes vendidos crescem em compasso com a queda dos preços, indicando que houve um deslocamento para baixo e para a direita da curva de oferta, mas como os resultados são médios é possível que movimentos

diretamente proporcionais se compensem, dada as variáveis médias. Nos demais casos, preços e quantidades caminharam no mesmo sentido, o caso da atividade de "Comércio" a variação de preços foi mínima, mais de 97% da variação das unidades totais se deu em função do impacto do volume ofertado, esse também foi o setor com maior variação em unidades totais. Dentre os tipos de inovação apresentada por Schumpeter([1911] 1997), existe "uma nova forma de vender", o qual entra o papel do comércio. Não obstante, refino de petróleo também apresentou alta participação do volume, quase 90% do resultado foi devido a variações de quantidade. Assim, pelo lado da oferta, a variável volume obteve impacto muito maior do que pelo lado da demanda.

Contudo, até agora a análise entre preço real e volume foi realizada com base em médias. Por isso, cumpre complementar essa exposição com uma maior desagregação, ao nível das células das matrizes decompostas. Isso é feito na Tabela 9, a qual apresenta a correlação entre preços relativos e quantidades para os setores selecionados pelo lado da demanda e da oferta. Para analisar a correlação entre a variação dos preços relativos com a variação dos coeficientes técnicos pelo lado da demanda se preferiu calcular a correlação ao nível produto por setor B_d , uma vez que esse é uma relação mais desagregada e não sofre influências da matriz de distribuição, neste caso por haver 19 variações de ano e 91 produtos a correlação contou com 1729 observações. Para fins de comparação, a correlação pelo lado da demanda também foi feita para a matriz S . Pelo lado da oferta se utilizou a matriz de coeficientes técnicos setor por setor A_d , que contou com 798 observações.

Tabela 9 - Correlação entre preço e volume por célula para todos os anos				
Matriz	Nome	Correlação	P-Valor	n Observações
Setores Demandantes				
Bd	Agro	-0,5029	1,69E-95	1729
Bd	Alimentos_e Bebidas	-0,5280	9,74E-111	1729
Bd	Químicos	-0,3257	5,32E-29	1729
Bd	Petróleo	-0,4962	4,12E-93	1729
Bd	Aço	-0,4403	6,91E-68	1729
S	Agro	-0,2091	1,56E-02	1729
S	Alimentos_e Bebidas	-0,4891	1,21E-88	1729
S	Químicos	-0,2309	2,36E-07	1729
S	Petróleo	-0,5013	1,17E-94	1729
S	Aço	-0,5276	1,75E-109	1729
Setores Ofertantes				
Ad	Agro	-0,7990	5,73E-163	798
Ad	Petróleo	-0,5094	6,47E-39	798
Ad	Comércio	-0,7643	7,97E-139	798
Ad	Transportes	-0,4499	5,10E-26	798
Ad	Serv Emp Fam e Manut	-0,3058	9,75E-04	798

Fonte: Elaboração Própria

Em meio a isso, todas as correlações apresentadas nessa tabela são estatisticamente significativas, certamente o número elevado de observações contribui sobremaneira para tanto. Além disso, tanto pelo lado da demanda com b_{ij} e s_{ij} como pelo lado da oferta com a_{ij} a

correlação entre preços e unidades de volume é negativa, o que sugere haver algum grau de substituíbilidade entre os insumos em função do preço. A maioria das correlações é fraca, o que sugere que o mencionado grau é limitado, como sugere as funções de produção tipo Cobb-Douglas. A média aritmética simples das correlações foi de -0,5657 para os coeficientes técnicos dos setores ofertantes, sendo essa a maior entre as calculadas. Para os coeficientes b_{ij} dos setores demandantes, a média foi de -0,4586, enquanto a menor média, de -0,3916, correspondeu aos coeficientes de insumos.

Nenhuma correlação chegou a apresentar uma correlação forte nos termos estipulados por Johnson e Bhattacharyya (2019). Entretanto, duas apresentaram correlação moderada pelo lado da oferta: (-0,799) é a correlação entre a variação de preços relativos e coeficientes técnicos de produção analisados pelo lado das linhas do setor de agropecuária e (-0,7643) para o setor de comércio. Pelo lado da demanda, que demonstra toda a estrutura de insumos de um dado setor, nenhuma correlação foi moderada ou forte.

Cabe notar que não houve nenhuma correlação positiva entre preço e quantidade para nenhum dos setores. Especialmente pelo lado da oferta, em que cada setor vende aproximadamente o mesmo produto para cada um dos demais setores, fica nítido que não se verificou um caso em que a elevação (queda) da quantidade veio primordialmente de um deslocamento da demanda para a direita (esquerda), caso discutido na apresentação da teoria do desenvolvimento de Schumpeter.

Mesmo que estatisticamente significativas, correlação abaixo de 0,4 são tratadas como ausência de correlação, é o caso de a_{ij} para o setor químico e s_{ij} para o setor químico e agropecuária. Pelo lado da oferta a atividades de serviços prestados às empresas, famílias e serviços de manutenção também não foi significativa.

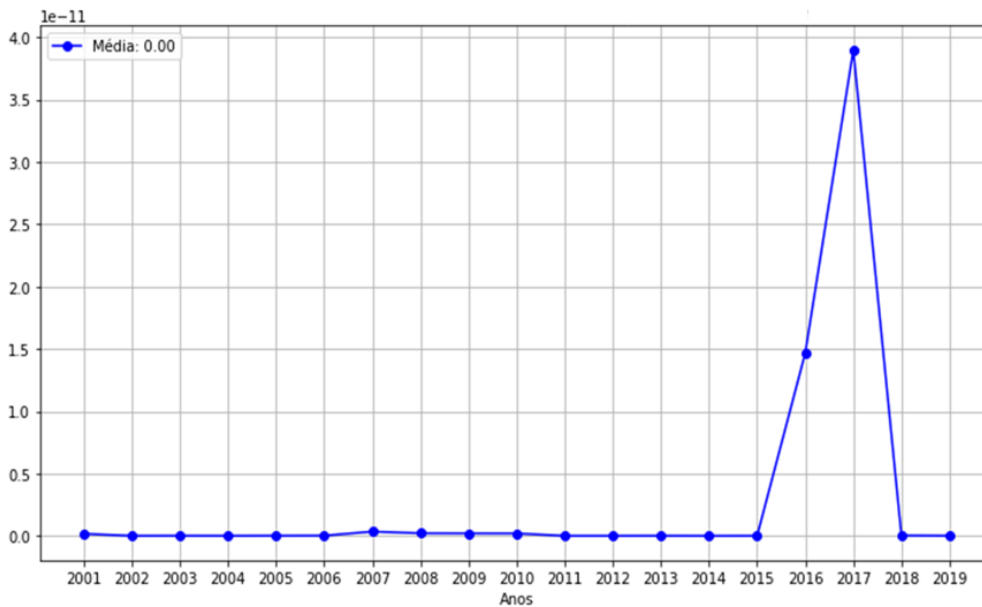
3.4 Decomposição estrutural em unidades de volume

Esta seção visa analisar o segundo estágio da decomposição estrutural da matriz de coeficientes técnicos, agora valorada em unidades de volume, a fim de avaliar o impacto das variações nas matrizes de origem comercial (de participação nacional e distribuição setorial de produtos) de forma agregada, bem com o impacto das variações nas matrizes de origem tecnológica (de coeficientes de insumo e de escala) sobre o resultado.

Como na seção anterior, cabe apresentar a norma dos erros da decomposição, isto é, a diferença entre a variação diretamente calculada e a média das polares. Isso pode ser visto no Gráfico 10, que apesar de apresentar dois outliers em 2016 e 2017, permanece em escala baixa o suficiente para ser aproximada para zero (e^{-11}). Na maior parte dos anos a escala de erro foi de e^{-13} , ainda maior que os e^{-16} da decomposição entre volume e quantidade exibida no Gráfico 5, isso se deve ao fato de que quanto maior a quantidade de matrizes nas quais a

matriz original é decomposta, mais aproximações precisam ser realizadas, no primeiro caso foi apenas duas matrizes, agora são quatro. Ademais, nota-se que apesar dos outliers estarem em anos sucessivos, os anos posteriores retornam à escala inicial, indicando não haver correlação entres os erros e o tempo, o que é confirmado pelo índice de correlação de Pearson, o qual apresentou uma correlação fraca positiva de aproximadamente 0,3774, com um P-Valor de cerca de 0,1112, ou seja, estatisticamente insignificante mesmo ao nível de 10% de confiança.

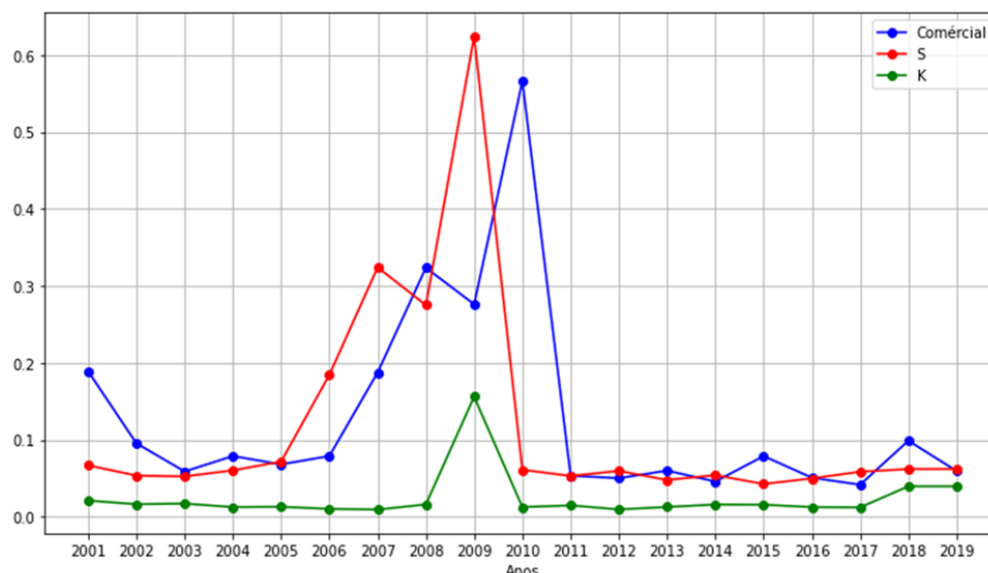
Gráfico 10 – Erro da Norma Euclidiana da Decomposição Estrutural de Ad em Volume



Fonte: Elaboração Própria

Feita tais considerações, pode-se voltar a análise para o Gráfico 11, o qual mostra a norma do resultado comercial, da matriz S e K . Nesse gráfico, observa-se como o impacto de variações de escala esteve muito próximo de zero em todos os anos, exceto 2009 - o mesmo ano de maior impacto da norma das proporções de insumos -, quando atinge 0,1559. Os outros dois fatores de impacto exibem trajetórias muito parecidas, com acentuação do crescimento de 2006 até 2009 no caso de S e 2010 no caso de "Comercial". Em seguida essas duas variáveis declinam e se mantêm estáveis entre 0,00 e 0,1, como estivessem por alguns instantes fora do seu estado de equilíbrio para depois retornarem a rotina do fluxo circular da renda. Apesar disso, nenhuma dos três impactos apresentou correlação estatisticamente significativa. Não obstante, cumpre reparar que a matriz com maiores impacto foi a de proporção de insumos, o que a torna a maior responsável pela instabilidade dos coeficientes técnicos em volume, ao contrário do que se imaginava, ainda que o impacto comercial também seja significativo. Já a relativa estabilidade dos coeficientes de escala indicam que os retornos de escala tendem a ser quase constantes, como preconizava Leontief (1966).

Gráfico 11 – Norma do Impacto dos Componentes da Decomposição de Ad em Volume



Fonte: Elaboração Própria

Sob outro enfoque, uma análise mais focalizada pode elucidar outros pontos. Neste sentido, a Tabela 10 fornece o impacto máximo e mínimo da decomposição estrutural sobre os setores demandantes, acumulado entre 2000 e 2019. Nesta tabela, ao analisar os setores ofertantes mais presentes, isto é, que se relacionam com os maiores impactos nos coeficientes técnicos dos setores demandantes selecionados, a atividade de comércio se destaca com quatro aparições, três no campo positivo -aumentando sua participação na estrutura de consumo da agropecuária, setor alimentício e refino de petróleo - e uma no campo negativo - com perda de participação na estrutura de produção do setor químico. Dentre aqueles que perderam participação na estrutura de consumo dos setores demandantes selecionados também se destaca a agropecuária, setor este que também apresentou um dos maiores impactos do Campo de Influência tanto pelo lado da demanda como da oferta. Assim, tem-se dois setores com grande impacto na mudança dos coeficientes técnicos, o comércio ganhando e a agropecuária perdendo espaço, no primeiro caso isso pode se dar pelo fato de novas formas de comércio estarem ganhando espaço, como e-commerce, e o segundo caso pode se dar em função do uso mais eficiente de recursos naturais, ambos os casos podem ser tratados como parte do processo de destruição criativa proveniente de novas combinações (SCHUMPETER, 1961).

Na maior parte dos casos, no entanto, observa-se que o maior impacto nos coeficientes técnicos advém dos fatores comerciais, reforçando a perspectiva de Leontief (1936;1966) sobre o elevado grau de complementariedade das funções de produção. O único, dentre os setores selecionados, que presenciou maior impacto advindo da estrutura de insumos foi o setor produtor de aço, que tanto o lado do maior impacto positivo como do maior impacto negativo

Tabela 10 - Impacto Máximo e Mínimo da Decomposição Estrutural sobre os Setores Demandantes - Acumulado entre 2000 e 2019

Setores Demandantes	Oferta Max	Delta Ad	Impacto Comercial	Impacto S	Impacto K
Agro	Comércio	0,0166	0,0165	-0,0005	0,0006
Alimentos e Bebidas	Comércio	0,0247	0,0744	-0,0548	0,0051
Químicos	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	0,0444	0,0477	-0,0193	0,0160
Petróleo	Comércio	0,0236	-0,0636	0,0737	0,0134
Aço	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	0,0362	-0,0094	0,0520	-0,0064
	Oferta Min	Delta Ad	Impacto Comercial	Impacto S	Impacto K
Agro	Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca	-0,0084	-0,0067	-0,0028	0,0011
Alimentos e Bebidas	Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca	-0,0430	-0,0255	-0,0086	-0,0088
Químicos	Comércio	-0,0075	-0,0094	0,0020	0,0000
Petróleo	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	-0,0334	-0,0244	-0,0231	0,0141
Aço	Máquinas e equipamentos e móveis e produtos das indústrias diversas	-0,0361	0,0481	-0,0788	-0,0053

Fonte: Elaboração Própria

adveio das mudanças em s_{ij} , no caso positivo uma elevação de 0,0737 da oferta da atividade comercial e no caso negativo uma diminuição de -0,0788 de máquinas e equipamentos industriais.

Deixando-se de lado o impacto comercial, vale ressaltar que em apenas três dos dez casos em tela os coeficientes de insumos e de escala variaram na mesma direção, ambos exibiram impacto positivo na oferta do setor de comércio para refino de petróleo e resultado positivo na oferta da agropecuária para o setor de alimentos e bebidas, como máquinas e equipamentos para o setor de produção de aço. Nos demais casos os dois impactos caminharam em sentido opostos e se compensaram em alguma medida. Observando-se os dez casos em tela, nota-se que a regra foi uma variação negativa nos coeficientes de insumos e positiva nos coeficientes de escala (indicando deseconomias de escala), ainda que esses últimos em menor magnitude. Esse resultado sugere que, dentre os setores de maior impacto pelo lado da demanda segundo o campo de influência, a maior parte vivenciou um período de crescente aumento do consumo intermediário como parcela da sua produção bruta e, conseqüentemente, queda do valor adicionado. O caso mais destacado foi a elevação de quase 1,6 do coeficiente de escala no setor químico, influenciando sobremaneira o coeficiente técnico relativo ao que a atividade de extração de petróleo ofertou para esse setor. Por outro lado, a relação insumo-produto que trouxe maior impacto para os setores se manteve, em regra, em território negativo, indicando maior eficiência no uso dos insumos de maior impacto.

Neste sentido, o maior impacto positivo em um dado s_{ij} foi no que o setor de refino de petróleo demandou da atividade de comércio (0,0737), o que sugere que de fato houve inovações significativas nesse setor. Enquanto isso, o maior impacto negativo foi no que o setor produtor de aço demandou de máquinas e equipamentos industriais, reforçando o resultado agregado de a_{ij} .

Dentre aqueles setores com maior variação positiva nos coeficientes técnicos, aparece em primeiro lugar a oferta do setor de extração de petróleo e gás para a indústria química (0,0444). O impacto da proporção desse insumo, no entanto, foi negativa (-0,0193), de modo que uma simples análise do coeficiente a_{ij} poderia sugerir uma interpretação equivocada desse resultado, uma vez que mudanças comerciais e de escala que elevaram esse coeficiente técnico

e não a maior participação de produtos petrolíferos no conjunto de insumos demandados pela indústria química.

Já o maior impacto negativo sobre os coeficientes técnicos ao longo do período analisado foi na oferta da agropecuária para o setor de alimentos e bebidas (-0,0430). Nesse caso, os três componentes atuaram em favor do resultado negativo, o que pode ser reflexo da maior participação de produtos industrializados neste setor, bem como da ampliação da margem de comércio. Em meio a isso, mais uma vez, o maior impacto veio dos fatores comerciais.

Não obstante, a tabela 11 complementa a análise pelo lado da oferta com o impacto máximo e mínimo da Decomposição Estrutural sobre os setores ofertantes - acumulado entre 2000 e 2019, no qual vale reparar que os impactos de escala são sempre advindos do setor demandante.

Tabela 11 - Impacto Máximo e Mínimo da Decomposição Estrutural sobre os Setores Ofertantes - Acumulado entre 2000 e 2019					
Setores Ofertantes	Demanda Max	Delta Ad	Impacto Comercial	Impacto S	Impacto K
Agro	Fabricação de produtos do fumo	0,0746	0,0436	0,0434	-0,0124
Petróleo	Cimento e outros produtos de minerais não-metálicos	0,0111	0,0093	0,0024	-0,0005
Comércio	Eletrodomésticos e material eletrônico	0,0333	0,0370	-0,0033	-0,0004
Transportes	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	0,0197	-0,0491	0,0523	0,0165
Serv_Emp_Fam_e_Manut	Intermediação financeira seguros e previdência complementar e serviços relacionados	0,0204	0,0178	-0,0005	0,0031
Oferta	Demanda Min	Delta Ad	Impacto Comercial	Impacto S	Impacto K
Agro	Alimentos e Bebidas	-0,0430	-0,0255	-0,0086	-0,0088
Petróleo	Metalurgia de metais não-ferrosos	-0,0117	-0,0184	0,0069	-0,0001
Comércio	Refino de petróleo e coquearias	-0,0075	-0,0094	0,0020	0,0000
Transportes	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	-0,0049	-0,0069	-0,0004	0,0024
Serv_Emp_Fam_e_Manut	Outros da indústria extrativa	-0,0250	-0,0493	0,0080	0,0163

Fonte: Elaboração Própria

Como nos coeficientes examinados na Tabela 10, o maior impacto das variações em a_{ij} veio geralmente de fatores comerciais, enquanto o menor impacto veio das mudanças nos coeficientes de escala. Assim, apesar de uma análise agregada apontar para os coeficientes de insumos como o fator de maior impacto para a variação dos coeficientes técnicos, olhando para os setores de maior impacto em A_d o que se verifica é o componente comercial com maior relevância.

Somado a isso, a magnitude das variações dos coeficientes técnicos dos setores selecionados pelo lado da oferta não divergiu da magnitude dos setores destacados pela demanda, diferente da análise feita em unidades totais. De forma semelhante, os coeficientes de insumo e de escala variaram em sentido oposto na maioria das observações dessa tabela. A diferença importante, no entanto, é que nesse caso a maior parte das variações em s_{ij} foram positivas e em k_{ij} foram negativas. Desta forma, enquanto pelo lado da demanda os maiores impactos em s_{ij} foram negativos, pelo lado da oferta foram positivos. Para os demandantes, variações negativas são um resultado positivo, devido a ganhos eficiência no uso de um insumo; para os ofertantes o resultado positivo representa ganho de mercado devido a fatores tecnológicos, seja um produto de maior qualidade, seja um preço mais competitivo.

O maior impacto positivo nos coeficientes técnicos (0,0746), bem como nos coeficientes de insumos (0,0434), foi o que o setor de agropecuário ofertou para fabricação e produtos

de fumo, que já se espera ser um resultado alto em nível devido à natureza do produto. Já o maior impacto negativo em a_{ij} e s_{ij} já foi apresentado na Tabela 10 acerca da oferta da agropecuária para o setor de alimentos e bebidas, que obteve o maior impacto tanto do ponto de vista da demanda de alimentos e bebidas como da oferta do setor agropecuário.

Desta maneira, é notável que o comportamento dos coeficientes técnicos de produção em unidades totais não está perto de ser suficiente para uma análise da tecnologia de produção, tanto aos moldes de Leontief como de Schumpeter. Uma análise dos coeficientes em unidades de volume, segmentada por efeitos comerciais, de insumo e de escala, trazem um complemento significativo para entender as mudanças nos padrões de interdependência geral de uma dada economia, particularmente a brasileira.

4 Considerações Finais

Este trabalho pretendeu realizar uma discussão sobre a mensuração e o impacto das inovações e mudanças tecnológicas para o conjunto da economia. Para isso resgatou a perspectiva da economia clássica acerca da interdependência geral e multissetorial da economia.

De forma mais específica, foi mostrada a possibilidade de articular as contribuições teóricas e metodológicas de Schumpeter e Leontief sobre esse tema, apontando complementariedades entre a teoria do desenvolvimento econômico do primeiro, que coloca a inovação como o motor da economia, e o modelo de insumo-produto do segundo, que possui forte embasamento empírico e matemático para relacionar todos os setores de uma dada economia.

Tal complementariedade foi identificada, em primeiro lugar, com base na influência em comum que esses autores receberam de economistas clássicos ligados a perspectiva da interdependência geral, mas também pelas abordagens alternativas que Schumpeter e Leontief utilizaram para tratar da mudança tecnológica.

Com isso, as novas combinações do primeiro e as mudanças dos coeficientes técnicos do segundo são conceitos que guardam apreciável proximidade. Tais conceitos possuem para esses pensadores um papel de grande relevância em suas contribuições para a ciência econômica. Além disso, cada um desses pensadores delineou impactos para o resto da economia provenientes das mudanças desses parâmetros.

Com base nisso, foi desenvolvida uma metodologia que buscou, a partir das derivações matemáticas de Leontief, aproximar a mensuração dos coeficientes técnicos do que Schumpeter chamou de novas combinações. Não obstante, foram apresentadas uma série de métodos do modelo insumo-produto para se fazer uma análise do progresso tecnológico com a teoria sobre inovação preconizada por Schumpeter para a economia brasileira entre 2000 e 2019.

Em suma, os resultados mais relevantes não confirmaram determinadas correlações delineadas na teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter. Ainda que as mudanças nos coeficientes técnicos apresente um padrão cíclico ao longo do período selecionado, com um auge em torno dos anos 2009/2010, alguns aspectos relevantes para a sua teoria dos ciclos não foram visualizados.

No caso mais importante, no qual a teoria em destaque apontava o investimento como necessário para viabilizar as novas combinações, os resultados foram pouco conclusivos. Apenas a norma da correlação da Matriz de Absorção de Investimentos apresentou correlação estatisticamente significativa com a mudança dos coeficientes técnicos, as demais estratégias mais desagregadas e utilizando defasagens temporais não indicaram essa correlação. Todavia, a baixa mudança tecnológica vivência no período, nos termos do presente trabalho, pode ter muita influência no baixo resultado dessa correlação.

Contudo, a ampla perspectiva sobre inovações desenvolvida por esse autor contribuiu sobremaneira para a análise dos coeficientes técnicos. Sua distinção entre tipos de inovação elucidaram a interpretação dos coeficientes técnicos pelo lado das linhas e colunas, associadas a inovações de produto e processo, respectivamente. Além disso, considerando-se uma nova forma de vender um produto como uma forma de inovação, foi possível atribuir sentido econômico para o impacto da atividade de comércio para a matriz de coeficientes técnicos, um dos mais relevantes ao longo do período analisado.

Por outro lado, a análise empírica reforçou as contribuições teóricas de Leontief acerca da rigidez das funções de produção. Em primeiro lugar, foi identificado que os coeficientes técnicos, mesmo analisados em unidades totais, apresentaram maior estabilidade em prazos maiores do que em prazos menores, uma vez que suas variações não eram, em geral, cumulativas no tempo, ao contrário, a elevação em determinados anos era compensada com a redução em outros, de modo que em média as variações se aproximavam de zero.

Outro aspecto que reforça a perspectiva de alta complementariedade entre insumos produtivos para um dado setor é que, apesar de negativa e significativa, a correlação entre as variações na proporção do insumo em relação às variações nos preços relativos foi baixa para a maioria dos setores analisados. Dado que, quanto maior a correlação, maior a substitutibilidade.

Não obstante, a maioria das mudanças dos coeficientes técnicos não se deu devido a mudanças em volume, mas sim às mudanças de preços relativos. Desagregando-se as mudanças dos coeficientes técnicos em volume, foi verificado que boa parte proveio das mudanças de participação de mercado entre setores e entre importação e consumo doméstico, de modo que o impacto tecnológico entre insumo e produto foi responsável apenas por uma pequena parcela da variação total. Por fim, dentre as mudanças que realmente podem ser atribuídas a relação insumo-produto, ainda cabe mencionar que as mudanças devidas as variações de escala foram as menores dentre os setores selecionados, razão pela qual a suposição de retornos de escala constantes, tal como feita por Leontief, é uma aproximação razoável da realidade.

Entretanto, o impacto das mudanças de escala existem e em alguns casos atuam no sentido oposto a proporção de um dado insumo, de modo que a aparente estabilidade tecnológica devido à estabilidade do coeficiente técnico pode esconder mudanças qualitativas na produção, como se verificou no caso da atividade de "Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros".

De todo modo, reconhecem-se algumas limitações deste estudo. Por exemplo, que, apesar de útil, o coeficiente de correlação de Pearson possui limites para estudar a correlação de variáveis econômicas, seja devido à assunção de linearidade da correlação, seja por ser uma correlação entre duas variáveis, ignorando o efeito que outras variáveis podem exercer sobre

essas duas. Nesse sentido, técnicas estatísticas mais complexas podem explorar as temáticas debatidas com mais riqueza e informações. Além disso, a base de dados se limita a um país específico em um período específico, o que não pode ser generalizado para outros lugares ou outros períodos. De modo que estudos como esse também podem ser aplicados em outros recortes de espaço e tempo para realizar comparações, com a ressalva das distintas fontes de dados não serem perfeitamente compatíveis, e deduções mais gerais.

Com base nessas considerações teóricas, pode-se inferir do resultado empírico que o impacto realmente tecnológico teve um papel muito reduzido para o desenvolvimento econômico da economia brasileira nos vinte anos em destaque e o padrão de interdependência multisectorial se manteve relativamente estável.

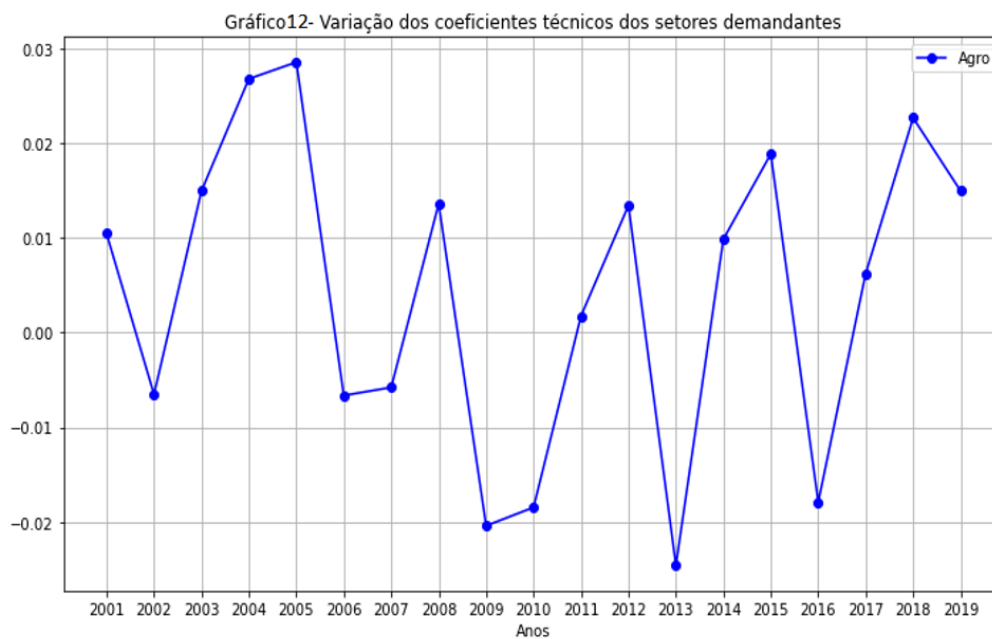
5 Apêndice

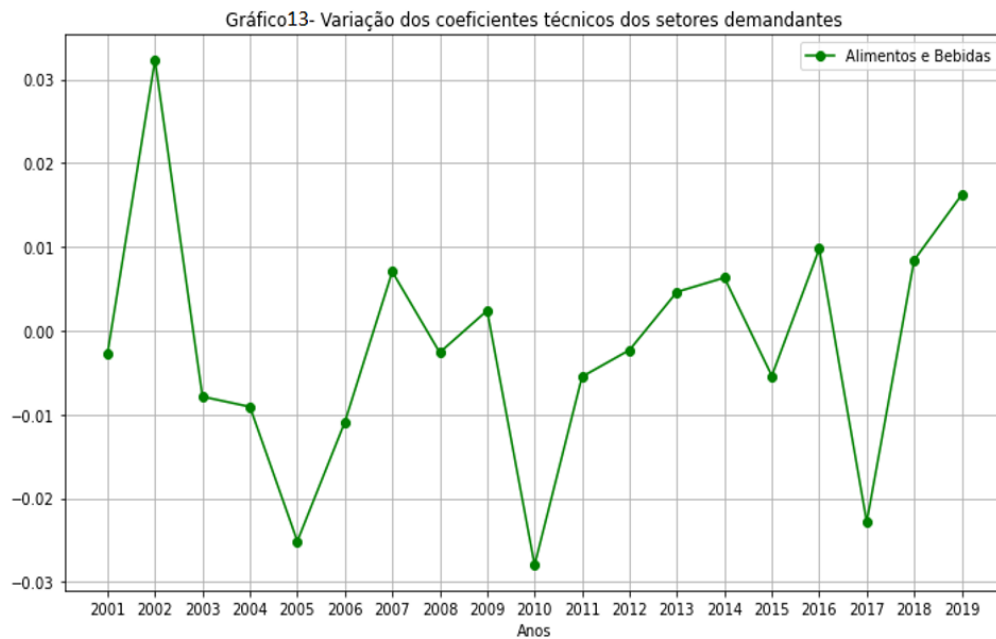
Tabela com os setores agregados.

Tabela 12 - Setores da MAI Antes e Após a Agregação	
Antes	Após
Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal	Agropecuária
Pecuária e Pesca	
Produtos Químicos	Químico
Fabricação de Resina e Elastômeros	
tintas, Vernizes, Esmaltes e Lacas	
Produtos e Preparados Químicos Diversos	
Máquinas e Equipamentos, Inclusive Manutenção e Reparos	Máquinas e equipamentos e móveis e produtos das indústrias diversas
Móveis e Produtos das Indústrias Diversas	
Máquinas para Escritório, Aparelhos e Material Eletrônico	Serviços prestados às empresas e às famílias e serviços de manutenção
Serviços Prestados às Empresas	
Serviços de Manutenção e Reparação	
Serviços Prestados às Famílias e Associativas	

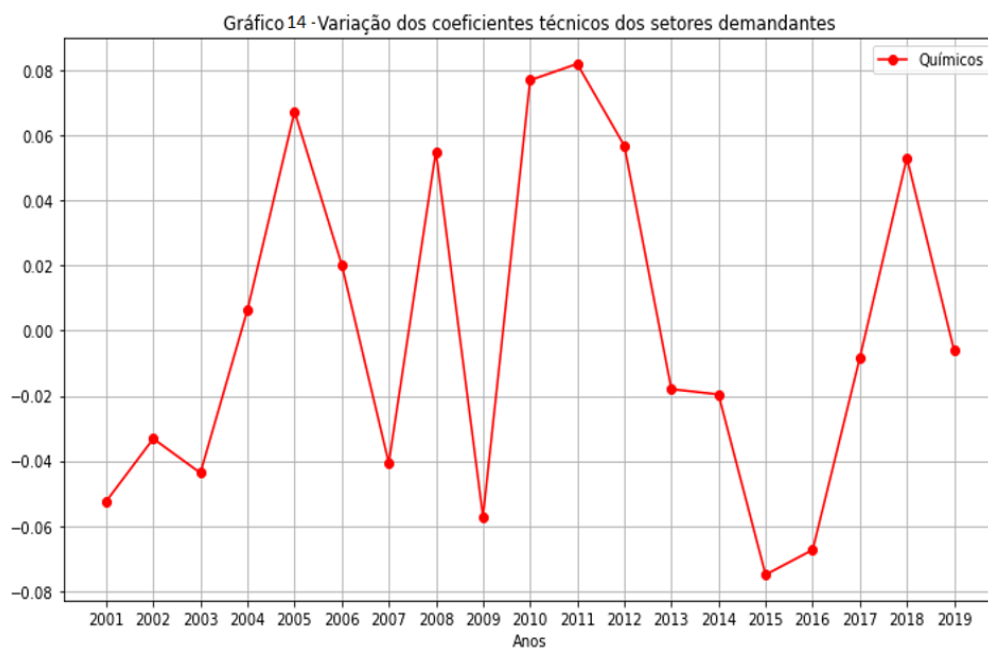
Fonte: Elaboração Própria

Gráficos com a variação das colunas (no caso da demanda) e a variação das linhas (no caso da oferta) da matriz de coeficientes técnicos diretos ao longo do tempo para os setores selecionados.

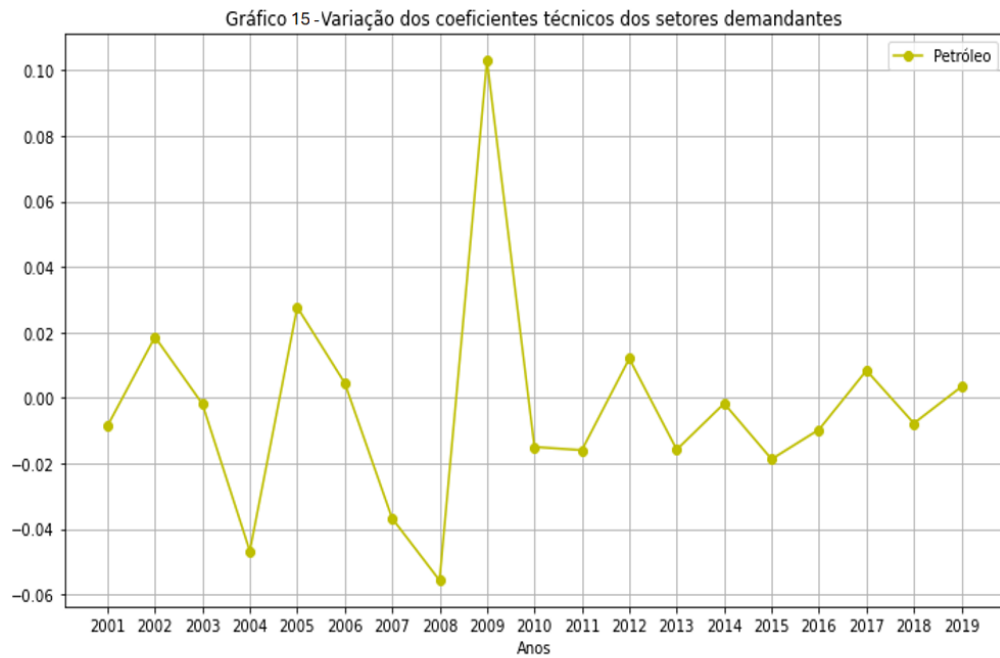




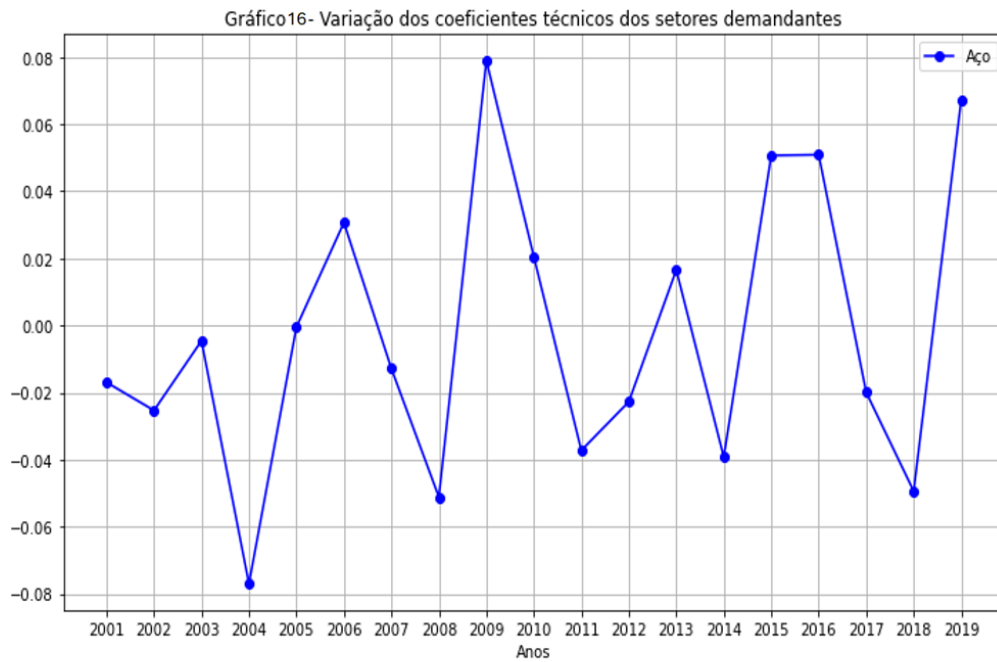
Fonte: Elaboração Própria



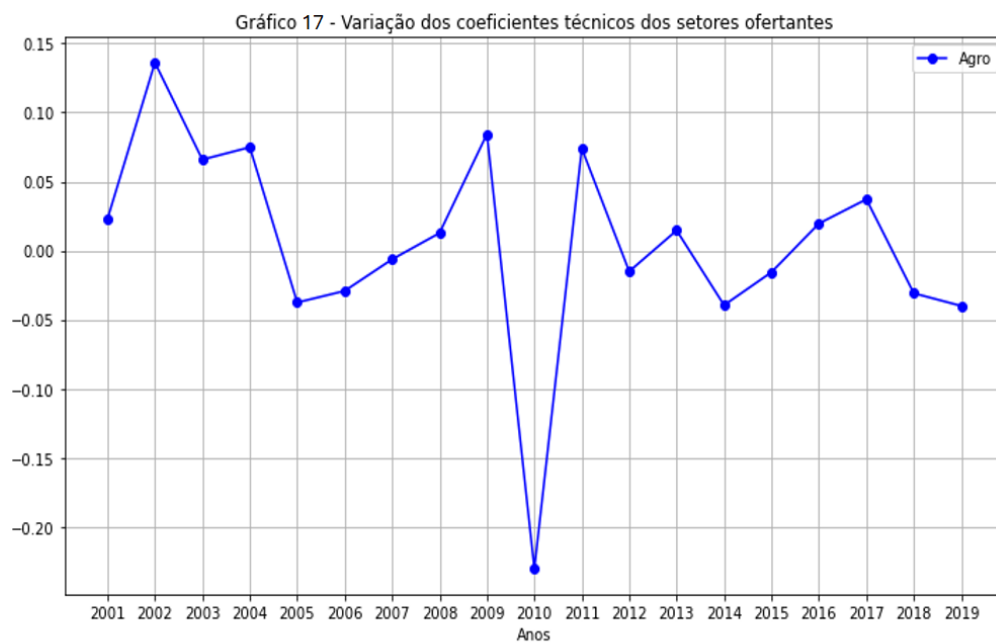
Fonte: Elaboração Própria



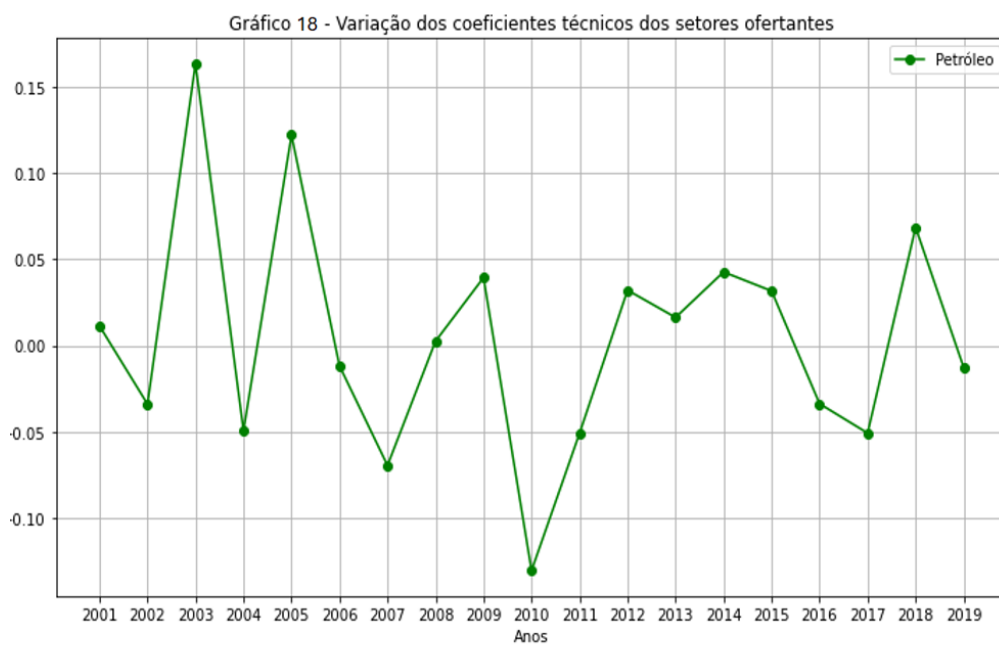
Fonte: Elaboração Própria



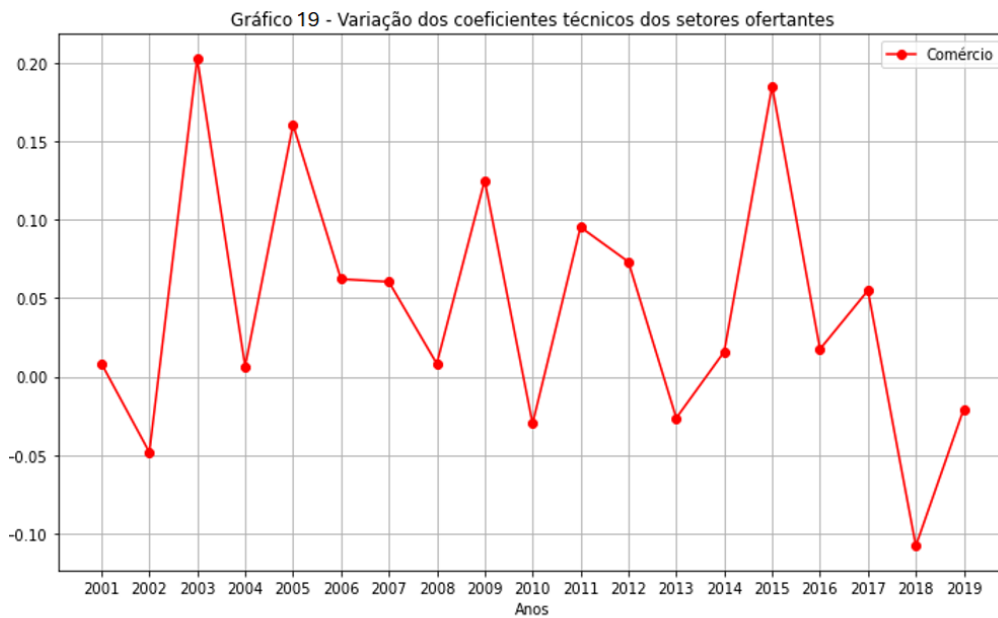
Fonte: Elaboração Própria



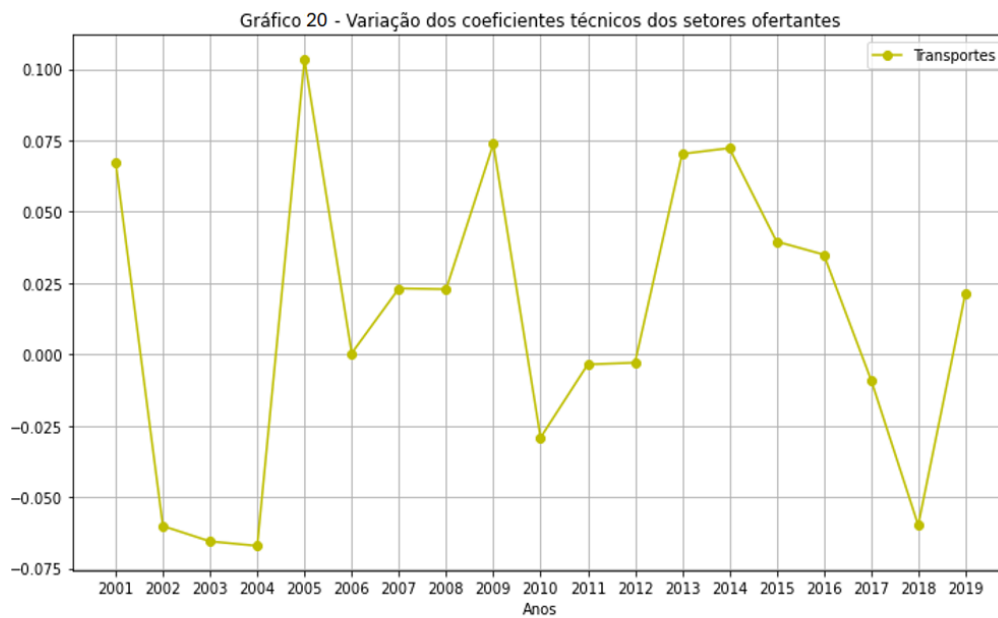
Fonte: Elaboração Própria



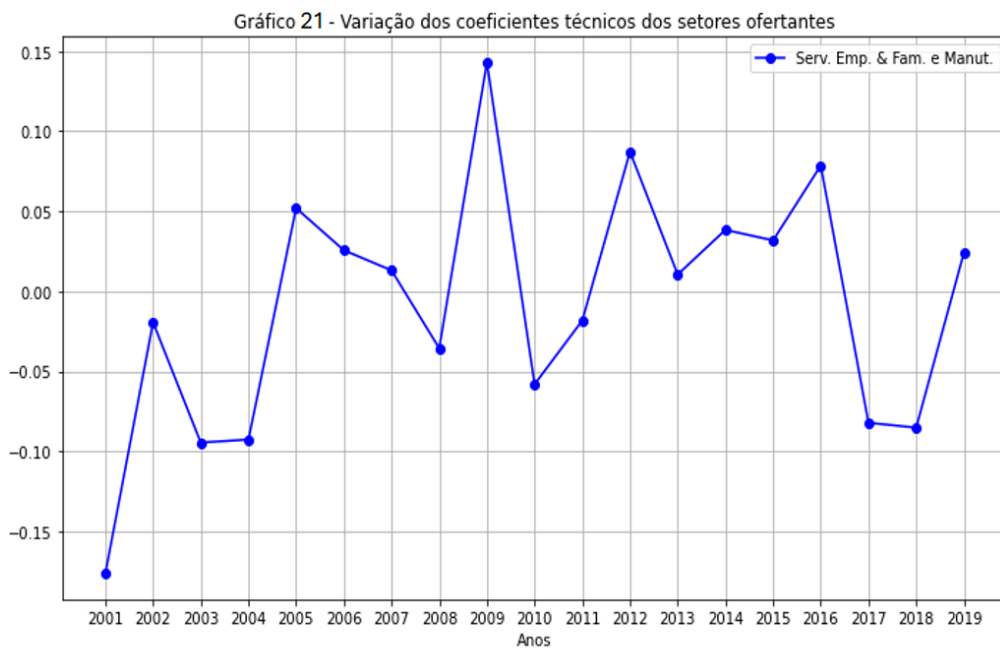
Fonte: Elaboração Própria



Fonte: Elaboração Própria



Fonte: Elaboração Própria



Fonte: Elaboração Própria

Referências

- AKHABBAR, Amanar; LALLEMENT, Jérôme. Wassily Leontief and Léon Walras: the Production as a Circular Flow. MPRA Paper: Centre Walras-Pareto - UNIL No. 30207, 2011.
- ALVEZ-PASSONI, P.; FREITAS, F. Como deflacionar matrizes insumo-produto? Uma proposta de uma série deflacionada para o Brasil no SCN 2010. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 2022. (Texto para Discussão 30/2022)
- ALVEZ-PASSONI, P.; FREITAS, F. Estimação de matrizes insumo-produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 2020. (Texto para Discussão 25/2022).
- ALVEZ-PASSONI, P. Desindustrialização e especialização regressiva na economia brasileira entre 2000 e 2014: uma avaliação crítica a partir da análise insumo-produto. 2019. Tese (Doutorado em Economia da Indústria e Tecnologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e Tecnologia, 2019.
- ARROW, Kenneth Joseph. Economic welfare and the allocation of resources for invention. Macmillan Education UK, 1972.
- AVELINO, André FT; FRANCO-SOLÍS, Alberto; CARRASCAL-INCERA, André. Revisiting the temporal Leontief inverse: new insights on the analysis of regional technological economic change. Structural Change and Economic Dynamics, v. 59, p. 79-89, 2021.
- BLAUG, Mark. Economic theory in retrospect. Cambridge University Press, 5 ed. 1996.
- CARNEIRO NETO, Dionísio Dias. Prefácio. In: WALRAS, Léon Marie-Espirit. Compêndio dos elementos de economia política pura. São Paulo: Nova Cultural (Os economistas), [1900] 1996.
- CORNELIO, F. M.; FREITAS, F. N. P.; BUSATO, M. I. Mudança Estrutural e Crescimento Econômico no Supermultiplicador Sraffiano: uma análise de insumo-produto da economia brasileira. In: XXIII Encontro Nacional de Economia Política, 2018, Niterói. Anais do XXIII Encontro Nacional de Economia Política, 2018.

DIETZENBACHER, Erik; LOS, Bart. Structural decomposition techniques: sense and sensitivity. *Economic Systems Research*, v. 10, n. 4, p. 307-324, 1998.

FEIJÓ, C. A.; RAMOS, Roberto L. Olinto. *Contabilidade Social-a nova referência das Contas Nacionais do Brasil*. Rio de Janeiro: Campus. 2017.

FREEMAN, Christopher. Inovação e ciclos longos de desenvolvimento econômico. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 5(1), p. 5-20, 1984.

FRIEDMAN, Milton. Leon Walras and His Economic System. *The American Economic Review*, Vol. 45, no. 5, 1955, p. 900-909.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. *Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos*. 2011.

JONES, Charles; VOLLRATH, Dietrich. *Introdução à teoria do crescimento econômico*. Elsevier Brasil, 2016.

JOHNSON, Richard A.; BHATTACHARYYA, Gouri K. *Statistics: principles and methods*. John Wiley e Sons, 2019.

KUNTZ, Rolf. Prefácio. In: QUESNAY, François. *Francois Quesnay: Economia*. São Paulo, SP: Ática (Coleção grandes cientistas sociais), 1984.

LANGE, O. Algumas Observações Sobre a Análise Insumo-Produto. In: Lange, O. *Ensaio Sobre Planificação Econômica*. São Paulo: Nova Cultural. Original: Some Observations on Input-Output Analysis. *Sankhya, The Indian Journal of Statistics*, vol. 17, no. 4, February [1957], 1986.

LEONTIEF, Wassily W. A economia como processo circular. *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, 2007 [1927], p. 119-176.

LEONTIEF, Wassily W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. MIT Press: *The Review of Economics and Statistics*, vol. 18, no. 3, 1936, p. 105-125.

LEONTIEF, Wassily W. The Significance of Marxian Economics for Present-Day Economic Theory. *The American Economic Review*, vol. 28, no. 1, Supplement, Papers and Proceedings of the Fiftieth Annual Meeting of the American Economic Association, 1938, p. 1-9.

LEONTIEF, Wassily W. Recent Developments in the Study of Interindustrial Relationships. *The American Economic Review*, vol. 39, no. 3, Papers and Proceedings of the Sixty-first Annual Meeting of the American Economic Association, 1949, p. 211-225.

LEONTIEF, Wassily W. A análise insumo-produto In: *A economia do insumo-produto*. São Paulo: Nova Cultural (Os economistas), 3 ed., [1965]. 1998.

LEONTIEF, Wassily W. *The structure of American economy, 1919-1939: as empirical application of equilibrium analysis*. New York: Oxford University Press. 2 ed., 1966.

MARX, Karl. *O Capital: Crítica da economia política. O processo de circulação do capital. Livro II*. São Paulo: Boitempo Editorial. Edição Friederich Engels, 1885 [2014].

MEEK, Ronald L. The Interpretation of the "Tableau Economique". *Economica*, New Series, vol. 27, no. 108, 1960, p. 322-347.

MIGUEZ, Thiago; FREITAS, Fabio. Matrizes de Absorção de Investimento (MAIs): Metodologia de Estimção para o Sistema de Contas Nacionais Referência 2010. Rio de Janeiro: Instituto de Economia/UFRJ (Texto para Discussão, n. 24/2021).

MORICOCCHI, Luiz; GONÇALVES, José Sidnei. Teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter: uma revisão crítica. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 24, n. 8, p. 27-35, 1994.

PASINETTI, Luigi L. *Lecture on the theory of production*. New York: Columbia University Press, 1977.

POSSAS, Mario Luiz. Concorrência Schumpeteriana. In: HASENCLAVER, Lia; KUPFER, David (Orgs.). *Economia Industrial: Fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013, pp.245-252.

QUESNAY, François. Carta a Mirabeau sobre o Quadro econômico. In: QUESNAY, François. *François Quesnay: Economia*. São Paulo, SP: Ática (Coleção grandes cientistas sociais), [1758] 1984.

QUESNAY, François. Extrato das economias reais do Sr. Sully. In: QUESNAY, François; KUNTZ, Rolf. *François Quesnay: Economia*. São Paulo, SP: Ática (Coleção grandes cientistas sociais), [1759] 1984.

QUESNAY, François.; MIRABEAU, Victor Riqueti. *Filosofia Rural: Capítulo VII*. In: QUESNAY, François. *Quadro econômico: análise das variações do rendimento de uma nação*. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, [1763] 1985.

SAMUELSON, Paul A. Leontief's 'the economy as a circular flow': an introduction. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 2, no. 1, 1991.

SCHUMPETER, J. A. Ciclos Econômicos: Uma análise teórica, histórica e estatística do processo capitalista. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, [1939] 2002.

SCHUMPETER, J. Capitalismo, Socialismo e Democracia. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, [1942] 1961.

SCHUMPETER, J. Teoria Do Desenvolvimento Econômico: Uma Investigação Sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro E O Ciclo Econômico. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda, [1911] 1997.

SONIS, Michael; HEWINGS, Geoffrey JD. Coefficient change in input-output models: theory and applications. *Economic Systems Research*, v. 4, n. 2, p. 143-158, 1992.

VARIAN, Hal R. Microeconomia: uma abordagem moderna. Rio de Janeiro: Elsevier, 9. ed., 2015.

WALRAS, Léon Marie-Espirit. Compêndio dos elementos de economia política pura. São Paulo: Nova Cultural (Os economistas), [1900] 1996.