



Universidade de Brasília

**Programa de Pós-Graduação em Economia
Departamento de Economia
Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia
Universidade de Brasília - UnB**

**Automação, desemprego tecnológico e produtividade do trabalho no
Brasil de 2000 a 2018**

Rafael de Acypreste

Brasília-DF, Brasil.

2022

Rafael de Acypreste

**Automação, desemprego tecnológico e produtividade do trabalho no
Brasil de 2000 a 2018**

Texto para defesa de Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Econômicas.

Maria de Lourdes R. Mollo
Universidade de Brasília
Professora orientadora

Adalmir Antonio Marquetti
Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul
Professor Doutor

Esther Dweck
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Professora Doutora

Ricardo Azevedo Araujo
Universidade de Brasília
Professor Doutor

Nelson Barbosa
Universidade de Brasília
Professor Doutor

Brasília-DF, Brasil

27/01/2022

Agradecimentos

O processo de escrita acadêmica envolve momentos de profunda interação intelectual e pessoal e, para esses, alguns agradecimentos. Portanto, agradeço:

À minha orientadora, que desempenha as orientações com brilhante maestria e entusiasmo intelectual. Sua dedicação e compromisso com o meu trabalho foram fundamentais, sem os quais esta tese não seria possível.

Aos meus familiares com quem divido angústias e alegrias e que foram um importante incentivo ao longo da tese.

Às companhias que me incentivaram antes e durante a pós-graduação. Estas me foram fundamentais para aceitar a mudança de trajetória acadêmica e o conseguinte domínio das ferramentas matemáticas e econômicas que ainda me eram estranhas.

Ao Núcleo de Estudos em Economia, Tecnologia e Sociedade (NETS – UFC), pelo espaço profundo de debates sobre as questões que fundamentam esta tese.

Aos professores que participaram da qualificação de tese e que contribuíram para que esta versão ficasse mais adequada aos objetivos propostos inicialmente.

Agradeço, por fim, à CAPES pelo período de 40 meses de bolsa de pesquisa e ao Departamento de Economia pelo apoio financeiro à participação de seminários, congressos e revisão de textos para publicação em idioma estrangeiro.

ANEXO I

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO OU TESE DE DOUTORADO

Declaro que a presente dissertação/tese é original, elaborada especialmente para este fim, não tendo sido apresentada para obtenção de qualquer título e que identifique e cito devidamente todas as autoras e todos os autores que contribuíram para o trabalho, bem como as contribuições oriundas de outras publicações de minha autoria.

Declaro estar ciente de que a cópia ou o plágio podem gerar responsabilidade civil, criminal e disciplinar, consistindo em grave violação à ética acadêmica.

27 de janeiro de 2022
Brasília, (dia) de (mês) de (ano).

Assinatura do/a discente: Zakal de Aguiar Monteiro Rocha

Programa: CCOPOMAT

Nome completo:

ZAKAL DO ACPRESSE MONTEIRO ROCHA

Título do Trabalho:

AVALIAÇÃO, DESEMPENHO TECNOLÓGICO E PRODUTIVIDADES
DO TRABALHO DO BRASILEIRO DE 2000 A 2018.

Nível: () Mestrado (X) Doutorado

Orientador/a:

[Assinatura]

Lista de símbolos

Artigo 1

Variável	Descrição
L_t	Oferta de trabalho no período t
a	Constante positiva da velocidade do ajuste do emprego
w_t	Salário nominal

Artigo 3

Variável	Descrição
x_i	Produção total do setor i
\mathbf{x}	Vetor da produção total por setor ($n \times 1$)
z_{ij}	Produção do setor i vendida ao setor j para consumo intermediário
\mathbf{Z}	Matriz de consumo inter-setorial ($n \times n$)
f_i	Demanda final pela produção do setor i
\mathbf{f}	Vetor da produção por setor para atender à demanda final ($n \times 1$)
\mathbf{i}	Vetor de soma de linhas ($n \times 1$)
\mathbf{A}	Matriz de coeficientes técnicos de produção ($n \times n$)
\mathbf{I}	Matriz identidade ($n \times n$)
\mathbf{L}	Matriz inversa de Leontief ($n \times n$)
e_i	Total de ocupações do setor i
$e_{c,i}$	Coefficiente de trabalho do setor i
\mathbf{e}	Vetor do total de ocupações do setor i ($n \times 1$)
v	Oferta total a preço básico
p	Preços de uma unidade do setor
q	Quantidade de unidades produzidas por um setor
$\varepsilon_{i,t}$	Razão emprego no setor i e total de ocupações no período t

Artigo 4

Variável	Descrição
p_i	Preços de uma unidade do setor i
q_i	Quantidade de unidades produzidas por um setor i
y_i	Produção destinada à demanda final
a_{ij}	Coefficiente técnico do j -ésimo setor
\mathbf{q}	Vetor de produção total ($m \times 1$)
\mathbf{y}	Vetor de demanda final de cada setor ($m \times 1$)
\mathbf{A}	Matriz de coeficientes técnicos de produção ($m \times m$)
a_{ni}	Coefficiente de trabalho do i -ésimo setor,
L_i	Quantidade de ocupações do setor i
\mathbf{a}_n	Vetor de coeficientes de trabalho ($m \times 1$)
\mathbf{a}_n^{VIS}	Vetor de coeficientes de trabalho diretos e indiretos ($m \times 1$)
\mathbf{l}^{VIS}	Quantidade de trabalho direta e indiretamente utilizada nos VIS ($m \times 1$)
\mathbf{L}^{VIS}	Matriz de distribuição do trabalho entre os setores ($m \times m$)

ρ_j	Produtividade total do trabalho de cada VIS
q^v	Produção total das atividades em unidades de volume ($m \times I$)
$[I - \tilde{A}]^{-1}$	Matriz inversa de Leontief ponderada pelos preços relativos da produção total setorial ($m \times m$)
\tilde{y}	Vetor de demanda final total ponderado pelos preços relativos da produção setorial ($m \times I$)
A_d	Matriz de coeficientes técnicos domésticos ($m \times m$)
A_m	Matriz de coeficientes técnicos importados ($m \times m$)
y_d	Vetor de demanda final por produtos nacionais ($m \times I$)
m	Vetor de insumos importados ($m \times I$)
\tilde{y}_d	Vetor de demanda final por produtos nacionais ponderado pelos preços relativos da produção setorial ($m \times I$)
\tilde{m}	Vetor de insumos importados ponderado pelos preços relativos da produção setorial ($m \times I$)
$\widehat{a}_{n,t}^{VIS*}$	Matriz diagonal com o trabalho total direto e indireto aplicado no período t , considerando os insumos nacionais e importados ($m \times m$)
$\hat{\mu}$	Matriz diagonal que indica a participação da produção doméstica na demanda final total ($m \times m$)

Resumo

Este trabalho analisou a dinâmica do emprego diante do progresso tecnológico e seu impacto sobre os trabalhadores. Como análise empírica, identificaram-se as transformações setoriais dos empregos no Brasil entre 2000 e 2018. Ademais, questionou-se a tese de que se caminha para uma automação generalizada dos trabalhos e fim dos empregos. Para isso, realizou-se uma análise do pensamento econômico sobre a questão da maquinaria, que busca entender a relação entre desenvolvimento tecnológico e emprego, especialmente com as teses de David Ricardo, Karl Marx e Knut Wicksell. Também foram feitas duas decomposições estruturais para o emprego no Brasil a partir de 2000, com o objetivo de identificar as fontes da mudança de emprego entre os setores. A primeira decomposição avaliou o comportamento do trabalho nos setores a partir da demanda final, mudança tecnológica e produtividade do trabalho a partir dos valores totais de produção dos setores, usando as matrizes insumo-produto oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). A segunda decomposição considerou os setores do ponto de vista verticalmente integrado, que considera tanto o trabalho direto quanto o indireto para a produção do bem ou serviço final. Nesse caso, as fontes de variação dos empregos avaliadas foram a demanda final, o padrão de comércio internacional e a produtividade direta e indireta do trabalho. Foram usadas as matrizes insumo estimadas por Passoni (2019). Nesta tese, percebeu-se que o debate teórico acerca dos efeitos do desenvolvimento tecnológico sobre os empregos apresenta controvérsias teóricas anteriores. Ainda assim, não há muitas divergências de que as inovações podem ter efeitos deletérios sobre a força de trabalho no curto prazo. Também se notou que os empregos variaram nos setores em linha com as variações da demanda final, nas duas decomposições. Além disso, os aumentos de produtividade não configuraram a principal causa de desemprego ao menos a partir de 2000 no Brasil. Diante disso, a tese de que o fim dos empregos é uma ameaça iminente diante do progresso tecnológico para o caso brasileiro não teve fundamentos empíricos. Algumas explicações são apresentadas. Por um lado, os incentivos para inovações poupadoras de mão de obra são reduzidos com altas taxas de desemprego e estagnação de salários reais dos trabalhadores. Por outro lado, as políticas de austeridade fiscal e crises econômicas que achatam a demanda agregada configuram-se como dinâmicas mais danosas ao nível e à qualidade dos empregos no país.

Palavras-chave: automação, desemprego tecnológico, produtividade do trabalho.

Abstract

This doctoral thesis analyzed how employment dynamics occurs in the face of technological progress and its impact on workers. As an empirical analysis, we identified the sectorial transformations of jobs in Brazil from 2000 to 2018. The thesis that we are moving towards generalized automation of work and “end of jobs” was concretely evaluated. For this, an analysis of economic thought on the issue of machinery was carried out, which seeks to understand the relationship between technological development and employment, especially under the theses of David Ricardo, Karl Marx and Knut Wicksell. Two structural decomposition analyses for employment in Brazil from 2000 onwards were also carried out to identify the sources of change between sectors. The first decomposition sought to evaluate the behaviour of jobs in the sectors from the final demand, technological change and labour productivity computed as the total production values of the sectors. There, we used the official input-output matrices of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2016). The second decomposition analysis considered the sectors from a vertically integrated framework, which considers both direct and indirect work to produce the final commodity or service. In this case, the sources of variation in jobs evaluated were final demand, the pattern of international trade, and direct and indirect labour productivity. Input matrices estimated by Passoni (2019) were used. In this thesis, it was noticed that the theoretical debate about the effects of technological development on jobs presents previous theoretical controversies. There is not much disagreement that innovations can have deleterious effects on the workforce at least in the short term. It was also noted that jobs varied in the sectors fundamentally in line with changes in final demand, in the two decomposition analyses. Furthermore, productivity increases have not been the main cause of unemployment, at least from 2000 onwards in Brazil. Therefore, the hypothesis that the end of jobs is an imminent threat in the face of technological progress for the Brazilian case does not have empirical foundations yet. Some explanations are presented. On the one hand, incentives for labour-saving innovations are reduced with high unemployment rates and stagnation of workers' real wages. On the other hand, fiscal austerity policies and economic crises that flatten aggregate demand are configured as more damaging dynamics to the level and quality of jobs in the country.

Keywords: automation, technological unemployment, labor productivity.

Sumário

Introdução	8
Artigo 1: A questão da maquinaria em Ricardo, Marx e Wicksell	12
1 <i>Introdução</i>	13
2 <i>Ricardo: trabalhadores prejudicados, mas imperativo econômico natural</i>	15
3 <i>Marx: a maquinaria como questão central do capitalismo</i>	19
4 <i>Wicksell: de uma interpretação marginalista para os processos mais longos e mais capitalistas de produção</i>	23
5 <i>Debate atual: dúvidas persistentes</i>	28
6 <i>Considerações Finais</i>	32
<i>Referências</i>	33
Artigo 2: O debate recorrente sobre o fim do trabalho com o desemprego tecnológico	41
<i>Introdução</i>	42
1. <i>O trabalho e o modo de produção capitalista</i>	43
1.1 <i>O caráter mercantil do capitalismo</i>	43
1.2. <i>O caráter produtor de mais-valor do capitalismo</i>	46
1.3. <i>As inovações poupadoras de trabalho</i>	50
2. <i>Evidências Empíricas</i>	53
<i>Considerações Finais</i>	58
<i>Referências</i>	60
Artigo 3: Emprego, inovação tecnológica e crescimento no Brasil: um resultado a partir da Matriz de Insumo-Produto	62
<i>Introdução</i>	62
<i>Decomposição estrutural e tratamento da Matriz de Insumo-Produto para o emprego</i>	64
<i>Formas de decomposição da variação do emprego</i>	68
<i>Resultados da Decomposição Estrutural</i>	73
<i>Considerações Finais</i>	83
<i>Referências</i>	84
Artigo 4: Decomposição Estrutural do Emprego Setorial no Brasil: Uma Análise dos Determinantes de Geração de Emprego em Setores Verticalmente Integrados de 2000 a 2018	92
1. <i>Introdução</i>	92
2. <i>Setores Verticalmente Integrados e Produtividade Total do Trabalho</i>	94

3. <i>Metodologia de Decomposição Estrutural</i>	98
3.1 Incorporação das estruturas de comércio internacional	100
3.1.1 Insumos intermediários importados	100
3.1.2 Trabalho no VIS considerando importações intermediárias	100
3.2 Formas de decomposição da variação do emprego nos VIS	101
3.3 Demanda final doméstica e externa	103
3.4 Decomposição final considerando comércio exterior	103
4. <i>Resultados</i>	104
4.1 Estrutura dos setores verticalmente integrados no Brasil.....	106
4.2 Evolução da produtividade nos VIS.....	110
4.3 Decomposição estrutural para o emprego	112
4.4 Decomposição estrutural mais desagregada.....	116
5. <i>Considerações Finais</i>	123
6. <i>Referências</i>	124
<i>Apêndice A: método de deflação</i>	131
<i>Apêndice B: Agregação setorial</i>	133
Considerações finais	135

Introdução

O fim do trabalho assalariado e o alcance do reino da abundância material em que as máquinas produzem todo o necessário para a sobrevivência humana habitam o imaginário social desde que ferramentas mais ou menos autônomas foram desenvolvidas para a produção de bens e serviços. Para uns, trata-se de uma utopia otimista alcançável apenas com o pleno desenvolvimento das forças inovadoras do capitalismo. Para outros, isso será possível apenas no comunismo, com a superação da exploração de classes. Há também quem entenda que fim dos empregos representa o fim da exploração e quem enxergue a condenação da maioria da população à miséria.

Porém, como eu e a professora Maria de Lourdes R. Mollo procuramos apresentar no primeiro artigo apresentado neste trabalho, “*A questão da maquinaria em Ricardo, Marx e Wicksell*”, há inúmeras teses, prazos e condições para que isso ocorra. Para alguns autores, todos os empregos poderão ser extintos no longo prazo. Para outros, é de se esperar que novos empregos sejam criados e colocados no lugar dos perdidos pela automatização. Surge, então, uma segunda linha de questionamentos: como se dá o desenrolar desse processo? O que determina o desenvolvimento tecnológico e como isso afeta os trabalhos existentes? As máquinas criam ou destroem empregos? O que fazer com a mão de obra substituída por robôs? Essas e outras questões preocupam economistas há muito. David Ricardo, Karl Marx e Knut Wicksell são autores que buscaram respostas teóricas para tais questões e são analisados no primeiro artigo. Este artigo foi publicado pela Nova Economia (Acypreste e Mollo, 2021).

Porém, não é só a tecnologia que entra em cena quando se debate emprego. As recentes e sucessivas crises econômicas internacionais extinguiram os “anos dourados” do capitalismo central, interpretado por alguns autores como um período de pleno emprego. Redução do poder de barganha dos trabalhadores, taxas mais altas de desemprego, estagnação de salários e precarização das relações de trabalho se tornaram a tônica para o mercado de trabalho nas últimas quatro décadas. Ademais, empregos estão sujeitos a serem automatizados ou descartados como consequência de crises econômicas.

Esse cenário fez com que os temas da automação e do emprego recuperassem eminência nos âmbitos do debate público e acadêmico.

Enquanto a literatura tradicional trata a robotização e a automação como causas de boa parte dos problemas no mercado de trabalho, para a teoria pós-keynesiana em geral, as crises de demanda agregada condensam limitações econômicas mais diretas ao desenvolvimento do pleno emprego. Já para a teoria marxista, a robotização é uma resposta à força e organização dos trabalhadores bem como ao achatamento dos lucros mediante aumentos de salários.

As inovações tecnológicas, por um lado, aumentam a mais valia e o lucro ao aumentar a produtividade dos trabalhadores. Por outro lado, são poupadoras de mão de obra e produzem desemprego tecnológico. Não é possível, porém, acabar com o emprego sem acabar com o capitalismo, já que o lucro sai da exploração do trabalhador. Tampouco se pode chegar ao pleno emprego, porque isso elevaria os salários inviabilizando o lucro. Com isso, no debate entre os economistas, destaca-se a questão de se a automação é liderada pelo desenvolvimento tecnológico ou se ele é fruto de forças produtivas e relações sociais de produção que definem o capitalismo. Essas questões são trabalhadas com mais detalhes no segundo artigo, elaborado pela professora Maria de Lourdes e por mim, cujo título é “*O debate recorrente sobre o fim do trabalho com o desemprego tecnológico*”, aceito pela Revista de Economia Política, ainda sem a data para a publicação.

Como parte final do segundo artigo, apresentam-se algumas evidências empíricas para o caso brasileiro, detalhando algumas estruturas da econômica nacional. Essas evidências são um desdobramento do terceiro artigo, só que, desta vez, utilizando uma nova base de matrizes insumo-produto (Alves-Passoni, 2019). Vale ressaltar que, a despeito do segundo artigo ter sido escrito após a elaboração do terceiro artigo (com enfoque mais empírico), esta ordem de exposição das ideias parece mais adequada.

Assim, após esses caminhos teóricos, surgiu o interesse em melhor apreender como esses fenômenos se reproduzem e suas consequências empíricas para o Brasil. As recentes crises políticas e econômicas afetaram mais os empregos pelas insuficiências recorrentes de demanda agregada do que o progresso tecnológico ou o contrário é verdadeiro? O país carece de inovações e aumento de produtividade ou de medidas anticíclicas diante de problemas econômicos que se acumulam e aumentam a miséria e

desigualdade? Quais as saídas para tais problemas? Tendo essas questões como pano de fundo, esta tese teve como objetivo refletir e avaliar as relações entre automação, novas tecnologias e emprego no Brasil, com especial atenção a partir dos anos 2000.

Com esse fim, é preciso que se evitem argumentos determinísticos acerca dos efeitos do desenvolvimento tecnológico sobre o emprego. O impacto de uma inovação sobre o mercado de trabalho de forma agregada depende de uma série de fatores, tais como amplitude de aplicação, aumento de produção proporcionado, estrutura do mercado, adaptabilidade da mão de obra e outros. O caso do Brasil fornece elementos para que os efeitos do desenvolvimento tecnológico sobre o mercado de trabalho sejam avaliados à luz das teorias econômicas que ajudam a entender os cenários atuais e as tendências futuras.

A primeira parte desta investigação foi feita no terceiro artigo, “*Emprego, inovação tecnológica e crescimento do Brasil: um resultado a partir da Matriz de Insumo-Produto*”, aceito pela Revista de Economia Política, ainda sem a data para a publicação. Nele, faço uma análise da situação do emprego no Brasil à luz da estrutura industrial e do mercado de trabalho. A partir da decomposição estrutural da Matriz Insumo-Produto brasileira, busco uma análise multissetorial do emprego de acordo com as mudanças de demanda e de estrutura tecnológica desde 2000 no país. No artigo, é possível perceber alguns indícios de que aumentos de produtividade não configuram a principal razão para o desemprego no Brasil. Neste artigo, apenas os períodos 2000-2005 e 2010-2015 foram analisados, porque no período intermediário as matrizes calculadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) tinham estrutura diferente.

Esta dificuldade de compatibilidade entre matrizes insumo-produto oficiais foi contornada no segundo e no quarto artigos, este de minha autoria com Theo Antunes. Intitulado “*Decomposição Estrutural do Emprego Setorial no Brasil: uma análise dos determinantes de geração de emprego em setores verticalmente integrados de 2000 a 2018*”, trabalhamos com a série completa de 2000 a 2018 de matrizes insumo-produto, estimada por Alves-Passoni (2019). Ademais, usamos o arcabouço teórico de setores verticalmente integrados (Pasinetti, 1973), para avaliar melhor os aumentos de produtividade do trabalho ao considerar o emprego direto e indireto de maneira desagregada.

Com tal metodologia, percebe-se que o fim dos empregos não está próximo e a principal ameaça à estrutura de empregos não parece ser o desenvolvimento acelerado de novas tecnologias ou inteligência artificial. A demanda agregada reduzida devido à austeridade fiscal, crises econômicas constantes e pressões sobre as condições de trabalho deterioraram em maior escala o nível e a qualidade dos empregos atuais. A estrutura de comércio internacional também contribuiu para a redução dos empregos em quase todos os setores avaliados. As inovações poupadoras de mão de obra, se vistas como uma resposta às pressões salariais, têm menos incentivos nos períodos atuais, caracterizados por contração salarial.

No caso brasileiro, essa situação também se apresenta. A perda recente de empregos e a piora na qualidade das ocupações parece mais ligada à austeridade fiscal, às crises econômica e política que o país atravessa desde 2015-2016 e menos à incorporação, nos diversos setores, de máquinas e tecnologias poupadoras de mão de obra. Novamente, taxas recordes de desemprego podem ser geradas por políticas econômicas mal desenhadas para responder a choques econômicos como à pandemia de COVID-19, mas configura-se pouco provável que sejam alcançadas por programas de implementação de inteligência artificial em larga escala nas esferas produtivas nacionais.

Portanto, o objetivo central desta tese foi avaliar os impactos da automação sobre os empregos no Brasil desde 2000. As reflexões feitas sobre o tema deram origem aos quatro artigos a seguir.

Artigo 1: A questão da maquinaria em Ricardo, Marx e Wicksell¹

Rafael de Acypreste⁽¹⁾
Maria de Lourdes R. Mollo⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade de Brasília

Resumo

Este artigo busca refletir sobre os impactos das inovações tecnológicas sobre o emprego, a partir de três autores de concepções teóricas distintas, quais sejam Ricardo, Marx e Wicksell. Em particular, procura-se recuperar os argumentos utilizados em três importantes abordagens do problema: a da compensação; a da tendência intrínseca de geração de desemprego tecnológico, sujeito a contratendências; e a de equilíbrio ótimo, com maximização do produto e aumento de salários. Após a análise dos debates, o artigo mostra como várias das questões neles presentes permanecem ainda nas discussões atuais, destacando seu caráter inconcluso.

Palavras-chave: questão da maquinaria; inovação, desemprego.

Códigos JEL: B30, J30, J60, J64.

Abstract

This paper reflects on the impacts of technological innovations on employment, from three authors of different theoretical conceptions, namely Ricardo, Marx and Wicksell. In particular, it pursues to recover the arguments used in three important approaches to the problem: the compensation view; the intrinsic tendency to generate technological unemployment, subject to counter-trends; and the optimal balance, with product maximization and wage increases. After analyzing the debates, the paper shows how several of the issues present in them still remain in current discussions, highlighting their inconclusive character.

Keywords: machinery question, innovation, unemployment.

JEL Codes: B30, J30, J60, J64.

¹ O artigo foi publicado em *Nova Economia*, v. 31, n. 2, p. 587–611, 18 ago. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-6351/6036>>.

1 Introdução

A questão da maquinaria tratada neste artigo refere-se aos efeitos das inovações tecnológicas sobre as atividades produtivas e suas consequências sociais e individuais. Há um senso comum teórico de que inovação e progresso técnico beneficiam a atividade manufatureira com novas técnicas que permitem aumentar o volume ou a qualidade da produção para dada quantidade de insumos (Rosenberg, 1982, p. 3). Mas, não há consenso sobre os efeitos sociais, especialmente o impacto sobre o emprego. Com a atual rodada de tecnologias da chamada quarta revolução industrial, tais como internet das coisas, Inteligência Artificial, *Machine Learning* e outros, o receio do desemprego massivo devido ao alto potencial de automação voltou a chamar a atenção da literatura econômica.

A possibilidade de um processo acelerado de inovação gerar o chamado “desemprego estrutural” também está presente na questão da maquinaria. Esse tipo de desemprego está relacionado a qualquer situação que induz desbalanços no mercado de trabalho com características persistentes (Freeman, 2017). Trata-se de um problema frequente para os economistas, que negam a tese de que os mercados sempre responderão de maneira ótima para equilibrar o mercado de trabalho (Freeman, 2017, p. 3), isto é, de que os empregos perdidos serão sempre compensados em outros setores.

Portanto, a questão da maquinaria permanece tema de antigos debates. A primeira discussão explícita está num panfleto escrito por John Cary em 1695, sobre competitividade da indústria inglesa² (Rashid, 2017). Porém, os debates do século XIX são fundamentados no intenso desenvolvimento tecnológico do final do século XVIII. A “visão da compensação” influenciou economistas clássicos e significava que as invenções tornariam as mercadorias mais baratas, levando a um aumento de demanda. Essa demanda poderia, pelo menos no longo prazo, garantir a ausência de desemprego³. Associada a esse processo, a teoria dos “fundos de salário” (ou capital circulante) desempenhou papel significativo na questão da maquinaria.

² Para Cary (1745, p. 99–100 [1695]): “*Tobacco is cut by Engines: Books are printed; Deal Boards are sawn with Mills; Lead is smelted by Wind-Furnaces; all which save the Labour of many Hands, so the Wages of those employed need not be fallen. [...] Cheapness creates Expense, and gives fresh Employments, whereby the Poor will be still kept at Work*”.

³ Não se trata somente da ideia de que trabalhadores desempregados por inovações poupadoras de trabalho serão realocados na produção das máquinas em si. Conforme Blaug (1997, p. 182), “*the argument rested on the idea that innovations must under perfect competition result in price reductions and the expansion of output*”.

Tais debates não resolvidos são reproduzidos, atualmente, sem um arcabouço teórico sólido⁴ sobre os desequilíbrios que inovações tecnológicas criam⁵, bem como a dinâmica de sua absorção pela estrutura econômica. Por outro lado, as ferramentas comuns utilizadas em análises de equilíbrio de longo prazo não se adequam aos desequilíbrios causados pelas mudanças técnicas. Uma das razões é que tais processos se realizam em períodos e velocidade distintos, além de complexa rede de interações e efeitos recíprocos (Metcalf, 2016, p. 3).

Portanto, trata-se de avaliar se as máquinas podem desempregar permanentemente, beneficiando os capitalistas, ou se há sempre mecanismos de compensação para o desemprego provocado pela inovação tecnológica. Para os mercantilistas, inovações poupadoras de mão de obra “*took the bread out of the mouths of the workers*” (Wicksell, 1958, p. 101 [1900]). Já os fisiocratas defendiam o oposto: como a troca produz riquezas, bens sempre podem ser trocados, aumentando a demanda de outros ramos da atividade econômica.

Entretanto, a principal resposta dos economistas se desenvolve sobre o seguinte raciocínio: a introdução da maquinaria causa desemprego no curto prazo. Mas, ela torna as mercadorias mais baratas⁶, aumentando o salário real e os lucros no longo prazo. Com a extensão do mercado, há estímulos à demanda e os capitalistas são induzidos a ampliar a produção para satisfazê-la. Portanto, os trabalhadores inicialmente deslocados são reabsorvidos (Humphrey, 2004, p. 9).

Como se verá, esse quebra-cabeça não foi resolvido. O objetivo deste trabalho é demonstrar que o debate econômico ainda encontra suas linhas centrais nas formulações que inicialmente fundamentaram os debates sobre os impactos do desenvolvimento tecnológico sobre a taxa de desemprego e os salários, representadas pelas teorias de David Ricardo, Karl Marx e Knut Wicksell. São autores de visões teóricas bem distintas. Portanto, retomar tais bases teóricas contribui para o entendimento do cenário atual dos

⁴ Para Rashid (2017), as ferramentas analíticas dos economistas clássicos eram limitadas e, “*perhaps the classical economists would have done best to accept the general benefits of machinery, subject to transitional difficulties, [...] and wait until the proper analytical tools to discuss the issue satisfactorily had been developed*”.

⁵ Esses desequilíbrios afetam distribuição de renda, preços relativos, coeficientes técnicos e estruturas físicas de insumos utilizados na produção de mercadorias.

⁶ Esse ponto de vista é fundamentado na Lei de Say, em que a oferta gera sua própria demanda (MILL, 1909 [1848]).

impactos das inovações sobre o mercado de trabalho, uma prática que vem sendo deixada de lado pelos trabalhos mais recentes⁷.

Para Ricardo, as inovações causam redução do produto bruto da economia, que é a fonte do pagamento dos salários. Com essa redução, parte dos trabalhadores se torna supérflua e o desemprego aumenta. Marx avalia as inovações como necessárias para evitar aumentos salariais que possam reduzir os lucros do capital. Portanto, novas tecnologias configuram elemento para tentar estabilizar a dinâmica capitalista de exploração e são inerentes ao seu funcionamento. Já para Wicksell, as conclusões de Ricardo e Marx estão incorretas, porque as inovações geram maximização do produto da economia e, frequentemente, melhoria dos salários dos trabalhadores⁸. Essas são as principais teses e dinâmicas usadas atualmente para explicar a relação entre desenvolvimento tecnológico e emprego, mesmo que os autores não sejam citados explicitamente. Ao final, o presente trabalho fará um apanhado do debate atual, objetivando determinar as dúvidas que permanecem sobre esse tema que atrai amplo espectro de economistas.

Nas seções 2, 3 e 4, as principais ideias de Ricardo, Marx e Wicksell são apresentadas. Busca-se identificar as singularidades e formas de enquadrar o tema. A quinta seção descreve alguns trabalhos contemporâneos sobre a questão da maquinaria. Isso demonstrará que os mecanismos de ação da mudança técnica sobre o trabalhador não estão completamente elucidados. Por fim, as considerações finais buscam identificar as questões não resolvidas e os paradigmas teóricos que resistem ao tempo.

2 Ricardo: trabalhadores prejudicados, mas imperativo econômico natural

Para Ricardo, o desenvolvimento da maquinaria não é uma questão pacífica. Antes da elaboração do capítulo 31 na terceira edição de seus “Princípios de Economia Política e Tributação”, o autor avaliava que a inovação beneficiava todas as classes sociais. Para ele, haveria a mesma demanda por trabalho e manutenção dos salários após a introdução

⁷ Goodwin (2008) relata a trajetória do uso da História do Pensamento Econômico no entendimento de questões que estão na fronteira da produção científica no campo econômico.

⁸ Esses autores não exaurem o tema, mas indicam as primeiras formulações teóricas sólidas para analisar a questão da maquinaria. Autores relevantes tratando de maneira direta ou reflexa o tema, não tratados no presente artigo, são Schumpeter (1939), Beveridge (2014 [1944]), Keynes (1930) e Lewis (1954).

de nova maquinaria (Ricardo, 1996, p. 288 [1821]). Ademais, a mecanização da produção economizaria recursos e baratearia as mercadorias, aumentando a produção e as rendas de trabalhadores, proprietários de terras e capitalistas.

Porém, os episódios de descontentamento dos trabalhadores — como greves e quebra de máquinas de 1811-21 (Ludismo) — e altas taxas de desemprego depois das Guerras Napoleônicas de 1815-30 transformaram seu modo de ver o problema (Humphrey, 2004, p. 10). Revertendo sua posição inicial, Ricardo desenvolveu um modelo teórico-analítico em que buscava entender o que acontecia com os empregos em resposta à mudança de tecnologia, passando a considerá-la frequentemente prejudicial aos interesses dos trabalhadores (Ricardo, 1996, p. 288 [1821]). Começa então a entender que máquinas e trabalhadores estão em constante competição e aquelas normalmente são criadas e utilizadas quando o preço do trabalho se eleva (Ricardo, 1996, p. 293 [1821]) diante de uma acumulação de capital e conseqüente redução dos lucros.

Em seu modelo, Ricardo indica que a construção de máquinas desvia trabalhadores da produção de alimentos e produtos de primeira necessidade, reduzindo o fundo de salários para contratar trabalhadores. Após a construção, há aumento do capital fixo e uma redução do capital circulante, fonte do pagamento dos salários. Como as novas máquinas tornam o processo mais produtivo, o capitalista ou o proprietário de terras pode aumentar ou manter a renda e o lucro (produto líquido em termos ricardianos) com uma produção bruta (produto líquido mais salários) menor. A capacidade de manter a população e empregar trabalhadores depende do produto bruto, parte dos trabalhadores será desempregada e suas condições de vida, deterioradas (Ricardo, 1996, p. 288–90 [1821]). Nos termos do próprio Ricardo:

[...] a descoberta e o uso da maquinaria podem ser acompanhados por uma redução da produção bruta e, sempre que isso acontecer, será prejudicial para a classe trabalhadora, pois uma parte ficará desempregada e a população tornar-se-á excessiva em comparação com os fundos disponíveis para empregá-la (Ricardo, 1996, p. 290 [1821]).

A conseqüência dinâmica é então que, antes da introdução da nova máquina, a taxa de salário está em equilíbrio no nível malthusiano de subsistência. Como efeito da transição, há uma redução no número de trabalhadores contratados e o desemprego gera redução dos salários abaixo daquele nível. Portanto, nem todos os trabalhadores sobrevivem. Em termos da formalização feita por Samuelson (1988, p. 275), a variação da população pode ser descrita como

$$L_{t+1} - L_t = a(w_t - 1) \quad (1)$$

onde L_t é a oferta de trabalho no período t , a é uma constante positiva que indica a velocidade do ajuste, w é o salário nominal e o nível de subsistência igual a 1. Se o salário está abaixo (acima) do nível de subsistência, a população decrescerá (aumentará). No equilíbrio, a taxa de salários é idêntica ao nível de subsistência.

O ajuste populacional leva os salários de volta à posição de equilíbrio⁹. A queda da produção causada pela redução do número de trabalhadores não é compensada pelo aumento do produto observado pela introdução das inovações. Portanto, os resultados são, num primeiro momento, o aumento dos lucros (produto líquido) e redução do produto bruto e dos empregos, o que leva a uma redução dos salários abaixo do nível de subsistência e, no longo prazo, a um consequente ajuste populacional (HUMPHREY, 2004, p. 11). Assim, Ricardo aceitava que os trabalhadores agiam honestamente quando consideravam a inovação prejudicial. Isso porque tal opinião “está de acordo com os princípios corretos da Economia Política” (Ricardo, 1996, p. 291 [1821]), uma vez que nenhum mecanismo de compensação seria suficiente para recuperar a totalidade dos empregos.

Conforme Samuelson (1988, p. 272), o raciocínio ricardiano não depende de choques de curto prazo ou desemprego tecnológico temporário, além de apresentar uma dinâmica cumulativa. Após a introdução da maquinaria, as terras seriam cultivadas de maneira mais intensiva. O produto líquido ampliado poderia ser usado para desenvolvimentos tecnológicos e aumento do estoque de capital para substituir ainda mais trabalhadores numa velocidade que poderia ser capaz de manter os salários por um bom período abaixo do nível de subsistência, levando a constante declínio populacional. Dada a análise da renda da terra de Ricardo, que o preocupava por ameaçar a taxa de lucro, esta conclusão parecia-lhe algo necessário para o andamento da acumulação.

O modelo representado por um exemplo numérico constitui o núcleo argumentativo de Ricardo sobre porque o produto bruto pode cair. Para evitar tal redução, seria necessário que a evolução dos meios de produção gerasse aumentos suficientes do produto líquido de maneira a não reduzir o produto bruto (pelo menos em quantidades), mais que compensando a queda dos salários. Só assim, a situação de todas as classes

⁹ Para Samuelson (1988, p. 280), Marx criticou a visão pacífica de ajuste Malthusiano da população do modelo de Ricardo, porém Samuelson argumenta que “*it is Ricardo's story, and we must let him tell it his own way*”.

poderia melhorar. Nesse caso, proprietários recebedores de lucro e renda ganhariam ao utilizar o produto líquido na compra de maior quantidade de mercadorias cujo preço fora reduzido. Por fim, os trabalhadores ganhariam com o aumento da demanda de empregados domésticos pelos primeiros (Ricardo, 1996 [1821]). Com esse raciocínio, Ricardo demonstra que não é possível separar sua teoria de distribuição da forma que os consumidores gastam sua própria renda (Samuelson, 1988, p. 281).

Entretanto, de acordo com Samuelson (1988), não havia razões para Ricardo demandar restrições às inovações devido a sua defesa do *laissez-faire*. Ao final do capítulo 31, Ricardo expressa dúvida quando estabelece que, apesar de tecnicamente possível, o que poderia ser empiricamente esperado é que um aumento no estoque de capital levaria a um aumento na demanda por trabalhadores — ainda que não na mesma proporção, apresentando efeitos positivos no longo prazo sobre a economia nacional. Ademais, o aumento do produto líquido levaria a novas poupanças e acumulações. Se estes aumentos fossem maiores do que a redução do produto bruto, a demanda por trabalho poderia ser expandida a um nível superior (Ricardo, 1996 [1821])¹⁰¹¹.

O mesmo efeito poderia ser alcançado se as novas máquinas fossem financiadas por lucros retidos sem uma redução do produto (Blaug, 1997). Seria uma introdução gradual das melhorias, tipicamente feitas pelo uso da renda anual ampliada em vez do capital circulante (Mill, 1909 [1848]). Por outro lado, se o desenvolvimento da maquinaria fosse proibido, o capital poderia sair do país, reduzindo mais a demanda por trabalho. Por fim, o emprego de novas tecnologias reduz os custos de produção, que permite exportá-las em melhores condições (Ricardo, 1996 [1821]). Ricardo percebe que restringir a inovação teria efeito ainda pior, dado que menores taxas de crescimento da produtividade e do produto tendem a gerar ainda mais desemprego, especialmente com o livre comércio internacional.

De acordo com Blaug (1997), há uma contradição na teoria de Ricardo. Por um lado, ele desenvolveu uma relação de capital-trabalho para explicar a economia em seus “Princípios”. A principal hipótese é de que capital e trabalho crescem a taxas iguais. Por

¹⁰ Mecanismo similar de ajuste aparece em J. S. Mill (1909 [1848]), que chama à responsabilidade o Estado, para proteger os trabalhadores que foram sacrificados em benefício de todos os cidadãos e da prosperidade.

¹¹ Para Samuelson (1988), esse raciocínio não está correto, porque não há uma associação direta entre poupança e ampliação da demanda por trabalho. Um efeito possível é que o rápido aumento de poupança, por outro lado, desencadeie “*the euthanasia and genocide of human labo[u]r and accelerate the rise in land rent*” (SAMUELSON, 1988, p. 280).

outro lado, com a introdução da maquinaria, tanto o aumento nos salários nominais quanto a redução da taxa de lucro implicam num constante aumento da razão capital por trabalhador. Por fim, as hipóteses de curva de oferta de trabalho horizontal, um nível salarial de subsistência e a tese do fundo de salários como responsável pela demanda por trabalho já se mostravam insuficientes para a análise do mercado de trabalho inglês de sua época e ainda mais insuficientes hoje (Humphrey, 2004, p. 22).

Em síntese, a visão ricardiana sobre a maquinaria não se mostrou adequada. Sua previsão de que os empregos seriam reduzidos com a introdução de tecnologias poupadoras de trabalho não se confirmou. Outro problema é que Ricardo não apresentou garantia de que proibir inovações seria pior para os trabalhadores do que permiti-las (Samuelson, 1988, p. 281). Entretanto, parte de suas ideias ainda permeiam os trabalhos sobre inovação e emprego, como se verá na seção 5.

3 Marx: a maquinaria como questão central do capitalismo

Rosenberg (1982, p. 34) avalia positivamente a análise marxiana sobre os processos de mudança social, especialmente porque Marx era “cuidadoso estudante de tecnologia”. Marx considerava a questão da maquinaria sob um ponto de vista crítico, relacionando-a ao disciplinamento e controle da força de trabalho e ao funcionamento do modo de produção capitalista. Diferentemente de Ricardo, Marx avaliava a introdução da maquinaria em estrita relação com a divisão do trabalho (Pasquinelli, 2019, p. 47), bem como a partir das variadas forças sociais atuantes e sobre as quais os indivíduos têm um papel reduzido. Seu foco era a forma com que essas forças sociais conduzem a tais problemas e demandam soluções para o desenvolvimento tecnológico (Rosenberg, 1982). Portanto, para Marx, o estudo da maquinaria é estudo sobre as relações sociais e a lógica de funcionamento do modo de produção capitalista, que conduzem à introdução e ao formato das inovações, e não sobre as inovações em si.

Segundo Marx, a maquinaria e a inovação tecnológica em geral relacionam-se com o objetivo de maximização de lucro, inerente ao capitalismo. É a maquinaria que, aumentando a produtividade do trabalhador, permite o aumento da quantidade produzida e a redução do tempo de trabalho socialmente necessário para fabricar mercadorias. Com isso, reduz-se o valor destas e, quando as inovações se generalizam, cai o custo de reprodução da força de trabalho, que determina os salários em termos médios sociais.

Na ausência de inovação, a busca de lucros leva ao aumento da produção por meio da contratação de maior número de trabalhadores, aumentando os salários de mercado e reduzindo os lucros. Isso leva Marx a afirmar que sempre haverá pressão, dentro do funcionamento normal do sistema, para inovar tecnologicamente, desempregando trabalhadores. Por isso, as inovações consolidadas em capital físico apenas substituem a força de trabalho onde esta é abundante. De acordo com Marx, o emprego da maquinaria *“enters not in order to replace labour power where this is lacking, but rather in order to reduce massively available labour power to its necessary measure”* (Marx, 1993, p. 702 [1857-8]).

A inovação não vem, portanto, para folgar os trabalhadores, mas para aumentar a produtividade do trabalho, a mais-valia¹² e os lucros. Além disso, há sempre uma massa de desempregados, formando o chamado exército industrial de reserva. Quando esse exército se reduz em momentos de acumulação do capital mais vigorosa, há estímulos para novas ondas de inovação e ampliação do número de desempregados. Daí porque Marx diz que

se uma população trabalhadora excedente é um produto necessário da acumulação ou do desenvolvimento da riqueza com base capitalista, essa superpopulação se converte, em contrapartida, em alavanca da acumulação capitalista, e até mesmo numa condição de existência do modo de produção capitalista” (Marx, 2013 [1867]).

Nesse sentido, nota-se uma relação dos efeitos da inovação sobre a distribuição, para além daqueles sobre o crescimento econômico. Marx (2013 [1867]) entende que, “grosso modo, os movimentos gerais do salário são regulados exclusivamente pela expansão e contração do exército industrial de reserva, que se regem, por sua vez, pela alternância periódica do ciclo industrial”.

Portanto, estão estabelecidos, para Marx (2013 [1867]), a produção capitalista enquanto relação social de produção que transforma o trabalhador em meio de valorização, a partir do momento em que este é obrigado a trabalhar por tempo superior ao necessário para o pagamento do valor da sua força de trabalho: configura-se a mais-valia absoluta. A outra forma de ampliação de mais-valia é a relativa e surge com a redução do tempo de trabalho necessário para produzir as mercadorias que entram no custo de reprodução da força de trabalho e, então, os salários, isto é, surge com o aumento da produtividade do trabalhador. Assim, a mais-valia absoluta se refere à duração da

¹² Com a redução do tempo necessário para a reprodução da força de trabalho, aumenta-se a parte do trabalho destinada, gratuitamente, ao capitalista.

jornada de trabalho e a relativa, ao constante aperfeiçoamento dos processos técnicos de trabalho.

Os modos absolutos de aumentar a mais-valia têm limites físicos e institucionais, o que torna a maquinaria e a inovação tecnológica o mecanismo mais eficiente para maximizar os lucros. Nessa linha, o estudo da questão de maquinaria foi central para que Marx desenvolvesse seu conceito de mais-valia por meio da inovação como elemento capaz de manter em andamento o sistema de exploração do trabalho (Pasquinelli, 2019, p. 53).

Consequentemente, a automação exerce a tarefa de transformar parte da classe trabalhadora em supérflua e permite que os salários sejam reduzidos a um patamar mais baixo (Marx, 2013 [1867]). Esse conflito de classes entre capital e trabalho marcou o início da luta da força de trabalho contra o instrumento de trabalho em si, que constitui a incorporação material do capital (Marx, 2013 [1867]). Foi necessário tempo até que os operários compreendessem as diferenças entre a maquinaria e seu uso capitalista. Para Marx, a consequência direta da nova tecnologia é “criar um excesso” de trabalhadores de modo que a expansão do capital é dependente do número de empregados descartados. O núcleo dessa crítica é associado ao fato de que

considerada em si mesma, a maquinaria encurta o tempo de trabalho, ao passo que, utilizada de modo capitalista, ela aumenta a jornada de trabalho; [...] por si mesma, ela facilita o trabalho, ao passo que, utilizada de modo capitalista, ela aumenta sua intensidade; [...], por si mesma, ela é uma vitória do homem sobre as forças da natureza, ao passo que, utilizada de modo capitalista, ela subjuga o homem por intermédio das forças da natureza; [...] por si mesma, ela aumenta a riqueza do produtor, ao passo que, utilizada de modo capitalista, ela o empobrece etc.” [...] (Marx, 2013 [1867]).

Os novos arranjos produtivos promovem a indústria de bens de capital que se torna uma fonte de dinamismo produtivo e de redesenho da divisão do trabalho numa economia capitalista (Pasquinelli, 2019, p. 53). Essa transformação mostra o conteúdo histórico assente na questão da maquinaria em Marx. Para Rosenberg (1982, p. 42), Marx identifica um passo decisivo: o desenvolvimento das máquinas faz com que as atividades produtivas não dependam mais das habilidades ou vontades humanas, pois as etapas de produção estão incorporadas na máquina. Isso implica que o trabalho vivo é apropriado pelo trabalho objetificado, estabelecido como o processo de produção em si. É assim que se constituem as forças produtivas no capitalismo.

O desenvolvimento da maquinaria constitui-se, então, uma parte intrínseca da Indústria Moderna. O capitalismo permite considerável aumento da produtividade por

conta de seus incentivos e instituições tanto para o desenvolvimento tecnológico quanto para a acumulação de capital (Rosenberg, 1982). De uma vez por todas, essa capacidade ampliada de desenvolver meios de produção formatou o capitalismo em contraposição aos estágios anteriores da reprodução da vida social.

Quanto mais rápida a transição para a produção mecanizada, mais os efeitos serão massivos e agudos. Marx critica a noção de “inconveniência temporária” para os trabalhadores, pois tal efeito é permanente e base de funcionamento do capitalismo. Diz a este respeito que “a superpopulação relativa é, assim, o pano de fundo sobre o qual se move a lei da oferta e da demanda de trabalho” (Marx, 2013 [1867]). A força de expansão do capital com o aumento da riqueza absoluta e do crédito e com a modernização das condições técnicas de produção aumenta a transformação do produto excedente em meios de produção. Porém, se, por um lado, a inovação desemprega, por outro, a força de expansão do capital precisa que grandes massas humanas estejam disponíveis. O movimento de aumento da acumulação demanda mais trabalhadores, absorvendo parte da força de trabalho desempregada, até que a pressão sobre os salários estimule mais inovações e o consequente desemprego. Neste processo, o progresso tecnológico serve ao capital ao internalizar a divisão social do trabalho (Pasquinelli, 2019, p. 53) e consolidar a subsunção real do trabalho ao capital.

Marx (2013 [1867]) também discorda da visão compartilhada por James Mill, MacCulloch, e, em menor medida, J. S. Mill e Ricardo de que a maquinaria desemprega, mas também libera capital para reempregar as pessoas automaticamente. Marx contradiz os autores por meio de um exemplo a respeito da manufatura de papel de parede:

[m]as mesmo supondo que a construção da nova maquinaria ocupe um número maior de mecânicos, isso é alguma compensação para os produtores de papel de parede postos na rua? Na melhor das hipóteses, sua fabricação ocupa menos trabalhadores do que o número daqueles deslocados por sua utilização (Marx, 2013).

Além disso, eventual recontração se dá por um novo capital, fruto da maior exploração proporcionada pela inovação tecnológica quando aumenta a produtividade do trabalhador e a mais-valia relativa. Dessa maneira, é possível a expansão de campos antigos da atividade econômica ou a criação de áreas novas de produção, mas de pequena importância. O resultado provável é um emprego cada vez maior da força de trabalho em empregos improdutivos, chamados de “classe de servos” por Ricardo e classificados por Marx (2013, p. 632 [1867]) como “os antigos escravos domésticos, agora rebatizados de ‘classe serviçal’”.

Marx, porém, não vê a tecnologia apenas em seus efeitos negativos. O autor avalia ser possível que tal tecnologia seja responsável por transformar a riqueza social em tempo livre em vez de benefício para poucos. Para que isso ocorresse, seria necessária uma mudança qualitativa do processo econômico: os trabalhadores deveriam dirigir o processo produtivo numa sociedade democrática, que definiria o tempo exato dedicado à produção. Há uma contradição em processo e o desenvolvimento tecnológico deveria permitir “*the free development of individualities, and hence not the reduction of necessary labour time so as to posit surplus labour, but rather the general reduction of the necessary labour of society to a minimum*” (Marx, 1993, p. 706 [1857-8]).

Do dito sobre Marx, nota-se a referência ao desemprego tecnológico como produto da lógica de funcionamento do capitalismo, devendo ser esperado enquanto esta dinâmica persistir. Isso, porém, não reduziu o interesse de Marx pelos avanços da ciência e da tecnologia para entender suas aplicações na economia e as mudanças daí decorrentes. Conforme Paula *et al.* (2020), exemplos disso são as análises de Marx sobre os impactos da Revolução Industrial sobre a periferia e das ferrovias sobre a economia global. Como destacado pelos autores, esse interesse de Marx vai até o final da vida, quando resenha o livro de Hospitalier, “*La Phisique Moderne*”, de 1882, buscando “novos pontos de partida” para o capital e seu próprio trabalho de pesquisa.

4 Wicksell: de uma interpretação marginalista para os processos mais longos e mais capitalistas de produção

As visões de Wicksell sobre as consequências da maquinaria variaram em sua trajetória. Num primeiro momento, em artigo não publicado de 1890 (Boianovsky, 2014; Boianovsky e Hagemann, 2005) em que aplica a visão compensatória do progresso técnico, Wicksell procura contestar Marx sobre o desemprego e as quedas de salários provocados pela maquinaria, além da dinâmica de superprodução. Para o economista sueco, há várias formas para a dinâmica da compensação ocorrer. A produção adicional com a introdução da maquinaria torna supérfluos os trabalhadores e reduz custo para os capitalistas, aumentando o lucro e/ou reduzindo os preços. Em ambos os casos, isso aumenta o consumo dos capitalistas e a demanda por produtos cuja produção reabsorve o desemprego. O mesmo ocorre se os capitalistas reinvestem os lucros na produção. Finalmente, os trabalhadores podem se conformar com salários menores, trabalhando

menos e reduzindo a oferta de trabalho. Neste caso, poderia haver ocupação de tarefas parcialmente desocupadas (Boianovsky e Hagemann, 2005).

Ao mudar sua forma de análise, Wicksell indicou que havia inconsistências na teoria marginalista produzida até então — especialmente sobre o problema da distribuição¹³. A consideração dos três fatores comuns (terra, capital e trabalho) era, para Wicksell (1958, p. 93–4 [1900]), pobremente definida, incentivando-o a tecer considerações sobre a questão da maquinaria. Essa foi considerada por Samuelson (1965, p. 354) como a primeira discussão moderna sobre mudança técnica e distribuição. Ademais, a teoria da produtividade marginal seria, na visão de Wicksell (1977, p. 135 [1901]), uma teoria sólida para substituir as análises anteriores que ele considerava vagas — em especial, a ricardiana.

Wicksell (1977, p. 134 [1901]) reconhece que a característica principal da maquinaria é a substituição de trabalho humano, ou seja, permite que se produza a mesma quantidade de mercadorias com menos trabalho ou que se produza mais mantendo-se a mesma força de trabalho. Tal constatação apresenta dois efeitos contraditórios que costumam ser relacionados pela literatura atual. Por um lado, aumentando a produtividade do trabalho, abre-se espaço para aumento de salários. Por outro, menos trabalhadores são necessários, tornando-os supérfluos e acirrando a competição entre trabalhadores via redução salários. Para o autor, o resultado dessa atuação contraditória indica se uma inovação pode ser benéfica ou prejudicial aos trabalhadores.

Assim, de acordo com Wicksell, há um “paradoxo social”: aumentos na eficiência do trabalho combinados com decréscimos na produtividade marginal. Essa situação pode levar os salários abaixo do nível de subsistência (Wicksell, 1977, p. 141 [1901]), apesar de uma renda *per capita* ampliada (Boianovsky e Hagemann, 2005, p. 86). Porém, para Wicksell (1977 [1901]), a solução não é a determinação de um salário mínimo — o que poderia causar desemprego permanente —, mas de um subsídio para os trabalhadores ao mesmo tempo que se mantém a livre competição, pois a flexibilidade de redução de salários é condição para a maximização da produção. Com a riqueza aumentada posteriormente, os salários poderiam ser restabelecidos ou até mesmo aumentados sem

¹³ Wicksell foi, segundo Boianovsky e Hagemann (2005) e Boianovsky (2014), o primeiro economista a aplicar a nova teoria marginal da distribuição para os efeitos do progresso técnico na distribuição funcional da renda.

perdas para os empregadores¹⁴ (Jonung, 1981, p. 204). Ademais, o autor não via sentido na existência de desemprego permanente uma vez que poderia conduzir os salários e a produtividade marginal a zero, o que refutaria a tese de “exército industrial de reserva”.

Wicksell (1958, p. 103 [1900]) argumentava que a objeção de Ricardo sobre a redução da produção devida ao progresso técnico era teoricamente insustentável. A redução da produtividade marginal do trabalho em consequência de uma inovação reduziria os salários. Com isso, os setores que ainda utilizavam a tecnologia antiga teriam interesse em contratar mais trabalhadores. Haveria, então, um reequilíbrio entre as taxas de lucro dos setores que utilizam os métodos antigos e novos, maximizando a produção (Wicksell, 1977)¹⁵ e não reduzindo-a. Nesse novo equilíbrio, o produto total ou seu valor nominal atingiriam o valor máximo, representando um aumento em relação ao patamar anterior. Por fim, vale notar que essa reabsorção de trabalhadores no setor antigo não pode exceder a oferta de trabalho, gerando um aumento nos salários em relação ao padrão prévio, pois tornaria a técnica antiga inviável economicamente (Boianovsky e Hagemann, 2005, p. 81; Wicksell, 1977).

Já nas *Lectures*, Wicksell (1977, p. 150 [1901]) fornece pela primeira vez, na literatura neoclássica, a conclusão de queda dos salários reais com o progresso técnico¹⁶ (Boianovsky e Hagemann, 2005). A produtividade marginal de cada fator determina sua remuneração que tende a cair, pelos rendimentos decrescentes, à medida que quantidades adicionais são utilizadas. O aumento da produção não depende apenas da produtividade do trabalho, mas dos resultados combinados de trabalho e terra. Ademais, ambas as produtividades são aumentadas pelo uso da maquinaria (WICKSELL, 1977, p. 135 [1901]). Portanto, aumentos de produtividade devidos à introdução da maquinaria poderiam tornar trabalhadores, num primeiro momento, supérfluos, reduzindo sua produtividade e salários reais.

Até aqui, porém, suas análises consideravam apenas trabalho e terra como fatores de produção. Ainda nas *Lectures*, Wicksell (1977, p. 150 [1901]) desenvolve, em suas palavras, uma teoria do capital mais clara, baseando-se na teoria de Böhm-Bawerk (1930

¹⁴ Para situações limite, Wicksell sugere que emigração pode aliviar problemas de curto e médio prazo. Se as reduções de emprego devido às inovações se mostrarem permanentes, sugere medidas de controle de natalidade (Jonung, 1981, p. 205).

¹⁵ A demonstração algébrica pode ser encontrada em Wicksell (1977, p. 140).

¹⁶ Até então, com o progresso técnico aumentando a produtividade média do capital e o produto agregado, os salários deveriam ser elevados.

[1889]). Para explicar a função do capital, Wicksell (1977 [1901]) diverge da visão neoclássica tradicional. Para o autor, a maquinaria é vista como “representando capital”, constituído por trabalho e terra que lhe deram origem e que são considerados por isso os únicos “fatores originais”. Destaca, a esse respeito, que capital inclui tudo utilizado na produção que não é trabalho ou terra. Wicksell constata que, na atividade produtiva, tanto os insumos quanto os produtos são representados e medidos pelo valor de troca, de onde conclui que o capital é um “produto”. Assim, tanto seu valor como produto quanto o resultado de sua aplicação no processo produtivo – o juro (“*interest*”) – são medidos nos mesmos termos de valor. Portanto, como o capital entrega um acréscimo de produtividade e pode ser medido monetariamente, o autor justifica o juro como “*the last increment of capital*” ou a contribuição marginal do capital (WICKSELL, 1977, p. 147 [1901]).

Em cada período, a produção emprega capital, entendido como estoque de terra e trabalho do período anterior que foram usados para produzir maquinaria e outros itens que constituem o capital, além de terra e trabalho diretamente usados no mencionado período de produção. Quanto maior o número de períodos, mais capitalista ele é, pois maior é a quantidade de capital empregada e maior a sua produtividade. O economista sueco destaca que

the replacement of a certain quantity of current labour and land by an equal quantity of stored-up resources of similar kind tends in many cases to increase productivity. [...] it follows that the marginal productivity of saved resources of labour and land is greater than a certain point not yet actually reached [...]
(WICKSELL, 1977, p. 153 [1901]).

Wicksell (1977, p. 154 [1901]) conclui que “*capital is saved-up labour and saved-up land. Interest is the difference between the marginal productivity of saved up labor and land and current labour and land*”.

A acumulação de capital coincide, geralmente, com o progresso técnico. Portanto, apesar do aumento do estoque de capital e da produção demandarem *per se* mais trabalho, a produtividade e a fração da renda apropriada pelo trabalho e terra tenderiam a ser menores. Somente quando, dada uma técnica de produção, o estoque de capital se encontrasse saturado, é que salário e renda da terra aumentariam, enquanto o juro do capital cairia (WICKSELL, 1977, p. 157 [1901]). Assim, o maior emprego de capital não reduz sua remuneração quando seu aumento de produtividade devido à inovação mais do que compensa a redução da mesma produtividade marginal causada por um aumento do estoque de capital.

Tornando a análise mais complexa, Wicksell (1977, p. 150 [1900]) chama atenção para, conforme a definição de Böhm-Bawerk, a importância do tempo na produção. Quanto maior o lapso temporal, mais o capital torna o trabalho e a terra produtivos. Essa produtividade aumentada amplia demanda por trabalho. Já o comportamento de uma inovação técnica é um pouco distinto. Uma nova tecnologia torna o investimento a longo prazo mais produtivo que o de curto prazo, mesmo que o uso do capital seja o mesmo. Daí porque afirma que, por um lado, isso diminui a “*horizontal dimension*”, ou seja, o capital usado durante um único período aumentando a quantidade de trabalho e terra correntes para a produção direta. Por outro lado, o investimento a longo prazo aumenta o número dos períodos de produção e, assim, o capital na sua direção vertical, reduzindo demanda por trabalho. É neste sentido que Wicksell (1977, p. 164 [1901]) conclui que o capitalista, ao investir, favorece a contratação de trabalhadores, mas o progresso técnico reduz essa mesma demanda por trabalho.

Portanto, conclusões semelhantes ao modelo teórico com apenas capital e trabalho ressurgem para Wicksell. Considerando o capital como um todo e referindo-se a todos os períodos de produção, afirma que as inovações aumentam a lucratividade do capital, mas que o processo de acumulação também poderá ser benéfico ao trabalho no longo prazo uma vez que

The great inventions by which industry has from time to time been revolutionized, at first reduced a number of workers to beggary, as experience shows, whilst causing the profits of the capitalists to soar. [...] But it is really not capital which should bear the blame; in proportion as accumulation continues, these evils must disappear, interest on capital will fall and wages will rise—unless the labourers on their part simultaneously counteract this result by a large increase in their numbers (Wicksell, 1977, p. 164 [1901]).

Assim, Wicksell busca estabelecer um arcabouço teórico em resposta a Marx e, principalmente, a Ricardo. Para o economista sueco, aumenta-se a produtividade do capital com a inovação e a produtividade do trabalho e da terra com a acumulação de capital. Ainda, Wicksell reconhece a inovação como potencialmente prejudicial aos trabalhadores, mas considera que o modelo do Ricardo trata apenas do curtíssimo prazo (Jonung, 1981, p. 196–7). Essa visão restrita não considera que o aumento de produção pode melhorar as condições econômicas gerais tanto para empregados quanto para empregadores (Jonung, 1981, p. 201). O resultado depende do balanço de todos esses elementos e do grau de liberdade de mercado para a maximização da produção. Entretanto, a análise de Wicksell encontra-se limitada também pela hipótese de livre trânsito de trabalhadores de um setor a outro (Jonung, 1981, p. 203), o que é mais

defensável em economias menos especializadas como as economias no século XIX e início do XX, mas delicada para ser sustentada atualmente com o elevado grau de especialização.

5 Debate atual: dúvidas persistentes

Inteligência artificial, internet das coisas e outras inovações técnicas recentes são tratadas como paradigma capaz de alterar substancialmente o mercado de trabalho. Nesse cenário, pesquisas vêm sendo realizadas para investigar os impactos sobre os empregos. Alguns relatórios medem as interferências em diversos países¹⁷. O debate atual concentra-se em duas vertentes. A primeira consiste em analisar os impactos das novas tecnologias nos aumentos da desigualdade (Acemoglu, 2003), especialmente entre salários a depender do nível de qualificação (Acemoglu e Restrepo, 2018), como é o caso das teses sobre a polarização dos empregos (Autor, 2015). A segunda é a que se concentra na substituição de trabalhadores (Nübler, 2016) e aumento do nível de desemprego em geral (Korinek e Stiglitz, 2017), especialmente com a nova linha de tecnologias. A hipótese de livre trânsito de trabalhadores de Wicksell (1977) precisará ser modificada ao refletir sobre a primeira, enquanto a ideia de subsídio aos trabalhadores sustenta propostas de renda básica. Para a segunda, o debate ricardiano e marxista pode oferecer instrumentos teóricos de análise.

Por exemplo, de acordo com Acemoglu e Restrepo (2018), há uma falsa dicotomia entre duas visões opostas sobre o tema e, especialmente, sobre os impactos da inteligência artificial nos empregos. Por um lado, indicam que há os que sustentam que essa nova onda de inovações será amplamente prejudicial aos interesses dos trabalhadores. Tal visão é baseada na premissa de que a inteligência artificial substituirá o trabalho humano e parte dos autores defendem políticas como a renda básica universal. Por outro lado, há os economistas que recorrem à história para estabelecer que, como no passado, as inovações técnicas mais do que compensarão os empregos perdidos, aumentando a demanda por trabalho. Finalmente, os autores chamam atenção para resultados históricos quando inovações tecnológicas não impediram os salários e a demanda de trabalhadores de crescer.

¹⁷Ver Muro; Whiton e Maxim, (2019); Zipreuite (2019) para os países desenvolvidos; Aguilera e Ramos-Barrera, (2016) e International Labour Organization (2017) para os países em desenvolvimento, e para o Brasil, Albuquerque *et al.* (2019) e Lima, *et al.* (2019).

Para os autores, há outras questões que são desconsideradas. Em primeiro lugar, a substituição de seres humanos por máquinas representa uma tendência sem volta, com elevado potencial de desemprego¹⁸ (Acemoglu e Restrepo, 2018). Eles negam a conclusão macroeconômica *mainstream* de que tecnologias que aumentam a produtividade do trabalho, reduzindo os salários, sempre aumentarão a demanda deste fator. A consequência é uma redução da participação dos salários na renda. Estes são efeitos descritos pela teoria marxista e tida como improvável pela teoria marginalista de Wicksell¹⁹ no longo prazo.

Para Acemoglu e Restrepo (2018), as vantagens para a inovação são representadas centralmente pela redução de custos, mas sem informações concretas para avaliar os efeitos sobre a demanda de trabalho. Os autores buscam levantar “forças de compensação” (*countervailing forces*) a essa tendência de desemprego. São questões que envolvem uma visão compensatória incompleta, a exemplo das forças contrabalanceadoras que não levam a equilíbrio de mercado de trabalho como propõe a teoria marxista.

A primeira força de compensação é o efeito produtividade que a substituição do trabalho humano por máquinas mais baratas gera e que funciona com uma dinâmica particular. Em primeiro lugar, com a redução do custo das atividades automatizadas, haveria expansão da economia e demanda de trabalho em atividades não automatizadas. Em segundo lugar, há o efeito de acumulação de capital devido à crescente automação, que aumenta a demanda por novas máquinas e por trabalho no setor de bens de capital. Em terceiro lugar, nem toda inovação serve para substituir trabalhadores. Novas tecnologias podem ser utilizadas para intensificar a produtividade de atividades já automatizadas, criando um efeito de aumento de produtividade, e não de desemprego (Acemoglu e Restrepo, 2018, p. 1–2).

Entretanto, essas forças de compensação não evitam a redução da participação dos salários na renda. O processo também tende a ser demorado e custoso para os trabalhadores. Nesse cenário, para Acemoglu e Restrepo (2018, p. 2), seria necessária a

¹⁸ Esse efeito poderia ocorrer tanto em atividades manuais, como serviços domésticos, quanto em atividades mais sofisticadas, como engenheiros e médicos, uma vez que robôs e estruturas científicas estão sendo desenvolvidas para executar essas tarefas tão bem (ou melhores) quanto seres humanos.

¹⁹ Em Acemoglu e Restrepo (2018, p. 16), inovações que aumentem a demanda por trabalho constituem caso especial.

invenção de atividades e funções alternativas²⁰ que apresentem vantagens em relação às máquinas, o que configura a força de compensação mais eficiente para aumentar a demanda por trabalho e impedir a redução da participação dos salários na renda. Os autores não deixam claro se isso ocorreria automaticamente pelas forças de mercado. Ademais, por conta de conflitos distributivos, eles consideram que os efeitos da inteligência artificial sobre a participação dos salários na renda podem ser consideráveis. Há, portanto, uma mistura dos arcabouços teóricos para explicar complexidade de fenômenos envolvidos com a automação.

Segundo Autor (2015), explicar que a nova geração de automação não afetará o mercado de trabalho baseando-se no passado constitui um erro. Ele indica que, ao lado da substituição de trabalhadores por máquinas, houve uma compensação dos empregos perdidos, seja mediante demandas complementares por trabalho, seja pelos aumentos de renda que levam a uma maior demanda por trabalho em outras áreas — um raciocínio empírico ligado diretamente à visão da compensação. Ademais, as flutuações no emprego foram cíclicas, sem sinal de situação catastrófica para o trabalho. Entretanto, isso não é suficiente para analisar a situação atual particularmente porque “*the emergence of greatly improved computing power, artificial intelligence, and robotics raises the possibility of replacing labour on a scale not previously observed*” (Autor, 2015, p. 4).

Autor argumenta ainda que tratar a automação como indubitavelmente prejudicial ao trabalho superestima a capacidade de substituição das máquinas e negligencia fatos suplementares, como a demanda aumentada por trabalho. Entretanto, isso não indica uma imutabilidade da estrutura dos empregos. Para ele, há uma recente “polarização” no mercado de trabalho estadunidense, com os ganhos fluindo para o topo e para a base da distribuição de rendas em detrimento das rendas médias. Apesar da polarização, para Autor (2015, p. 27), é improvável que esse processo continue indefinidamente, porque há atividades que tendem a ser mantidas no futuro, pois combinam “*routine technical tasks with the set of nonroutine tasks in which workers hold comparative advantage: interpersonal interaction, flexibility, adaptability, and problem solving*”.

Como pode ser visto, os padrões teóricos de análise dos impactos de automação continuam ambíguos. As causas dos ajustes e do comportamento da economia para um novo equilíbrio não se configuram como um paradigma comum. Há, ainda, economistas que consideram a mudança técnica como “*a complex, non-linear and non-deterministic*

²⁰ Semelhantes às novas profissões criadas nas ondas de inovação anteriores, como é o caso de trabalhos novos nas fábricas a partir das inovações informáticas e outros (Acemoglu e Restrepo, 2018, p. 2).

process which comes in waves and distinct phases, and thereby destroys and creates jobs” (Nübler, 2016, p. 23). Nessa linha, avalia-se que, ao lado da destruição de empregos em algumas áreas, tem-se criação de novas atividades em outras (Nübler, 2016, p. 6), assemelhando-se à visão da compensação. Mas também pode ser interpretado como fases de absorção do exército industrial de reserva nos termos de Marx.

No primeiro caso, a criação de empregos por uma expansão da demanda agregada seria responsável pelo reequilíbrio do mercado de trabalho, podendo variar entre os países. Porém, *“the generation of new jobs at a massive scale requires transformative changes, the emergence of new growth sectors and a process of creative destruction”* (Nübler, 2016, p. 23). Nesse caso, para que haja tal compensação, seriam necessárias uma intervenção política²¹, uma vez que o mercado não é capaz de fazer por si só.

Há também autores que indicam que a inteligência artificial tem potencial para alterar substancialmente os mercados de trabalho, afetando trabalhadores de diferentes níveis de formação (Korinek e Stiglitz, 2017, p. 38). O impacto depende de velocidade e viés do progresso da inteligência artificial. Com respeito ao primeiro fator, indicam que as taxas de crescimento nos países estão mais baixas atualmente, o que sugere que a velocidade não será alta. Com respeito ao segundo fator, resta saber se as inovações serão poupadoras ou demandantes de trabalho. Korinek e Stiglitz (2017) indicam maior viabilidade em substituir o trabalho do que aumentar sua demanda, em linha com as análises de Marx de inovação buscando aumentar a produtividade do trabalhador.

Ademais, usando um arcabouço neoclássico, identificam uma possibilidade semelhante à de Wicksell — aumento concomitante do produto médio e da produtividade marginal do trabalho — diante de uma melhoria de toda a população caso exista uma garantia a todos os indivíduos de proteção dos efeitos adversos das inovações (Korinek e Stiglitz, 2017, p. 38), em que *“redistribution is generally needed to ensure that technological progress generates Pareto improvements”* (Korinek e Stiglitz, 2017, p. 38). Sem intervenções diretas na distribuição de renda, a demissão de trabalhadores piorará a situação do trabalho, tanto em termos relativos quanto absolutos — em termos wicksellianos, redução da produtividade marginal do trabalho e da participação dos

²¹ Opinião compartilhada por Korinek e Stiglitz para quem: *“The more willing society is to support the necessary transition and to provide support to those who are ‘left behind’, the faster the pace of innovation that society can accommodate, and still ensure that the outcomes are Pareto improvements. A society that is not willing to engage in such actions should expect resistance to innovation, with uncertain political and economic consequences”* (KORINEK; STIGLITZ, 2017, p. 38).

salários na renda. Nota-se, mais uma vez, a conclusão de que o mercado é ineficiente para promover os ajustes necessários.

6 Considerações Finais

O debate econômico permanece não resolvido: afinal, a introdução de uma inovação é positiva para trabalhadores? Há uma conjunção de condições econômicas históricas e tentativas de entendimento abstrato que podem ser sistematizadas em três noções: uma visão de compensação imediata, uma de prejuízo concreto aos trabalhadores e uma análise de maximização da produção que amplia a renda de todas as classes ainda que não seja distributivamente neutra.

A primeira noção é a visão da compensação e está no horizonte dos três autores comentados e implícita nos estudos recentes, embora haja divergências sobre o prazo, a amplitude e a natureza dos ajustes antevistos. Baseando-se em processos históricos, aduz-se que as inovações ou o processo de acumulação do capital seriam capazes de criar trabalhos para reempregar a mão de obra até que novo surto de inovações volte a desempregar.

A segunda é de uma tendência intrínseca a reduzir a demanda trabalho, tanto em termos ricardianos quanto marxistas. Para o primeiro, a inovação reduz o produto bruto e, conseqüentemente a demanda por trabalho, o que leva os salários abaixo do nível de subsistência, iniciando um ajuste populacional. Para Ricardo, apesar das conseqüências prejudiciais à força de trabalho, a inovação deveria ser incentivada, sob pena de prejuízos ainda maiores para a economia nacional. Segundo Marx, a tendência inerente à redução do emprego é conseqüência direta da necessidade de maximização de lucro mediante a exploração da força de trabalho, aliados a constantes redesenhos da divisão social do trabalho. Nesse sentido, não é benéfica para os trabalhadores, porque a inovação vem com o objetivo de reduzir o custo de reprodução da sua força de trabalho, controlar os trabalhadores e subsumi-los ao capital.

A terceira entende que a maximização dos lucros encoraja a inovação. Os efeitos da maquinaria sobre as produtividades dos fatores são ambíguos. Wicksell introduz produções mais capitalistas na análise, com o capital sendo definido como mais amplo quanto maior for seu volume e o número de períodos de produção. Isso leva-o a concluir dois movimentos conflitantes. Por um lado, a inovação é geralmente poupadora de mão

de obra, reduzindo a necessidade de trabalhadores para o período atual e aumentando o desemprego. Como o salário é menor, isso reduz a participação do trabalho no produto. Por outro lado, quanto maior o capital aplicado, maior a demanda por trabalho e menor o desemprego. Ou seja, o resultado líquido depende do desemprego provocado pela inovação poder ser compensado por novos empregos com o investimento de capital.

Portanto, uma piora nas condições de vida dos trabalhadores não parece ser motivo de dúvida entre economistas de variadas orientações. O centro do debate está em identificar o que acontece após a introdução de uma inovação e quanto tempo o reajuste durará. Rever experiências históricas pode implicar que o modo capitalista de produção é plástico o suficiente para se reorganizar e acomodar transformações no mundo trabalho.

Tendências e contratendências também permeiam as discussões. Por um lado, a força de trabalho tornada supérflua é resultado da introdução de uma maquinaria poupadora de mão de obra. Por outro lado, ela contribui para reduzir preços, aumentando salário real ou lucros. O excesso de trabalhadores reduzirá os salários nominais. Isso é suficiente para recuperar a demanda por trabalho? Afinal, as tecnologias modernas comandarão uma situação inédita no mercado de trabalho?

Trabalhos empíricos, por sua vez, são dificultados por impossibilidade de definir adequadamente prazos de análise em que os ajustes se fazem. No caso da teoria neoclássica, é a própria definição de longo prazo em que estes ajustes se dariam que fica privada de sentido, dada a definição de tempo lógico. No caso da visão de Marx, é a noção de tendência e contratendência que importa, mas isso ocorre enquanto o capitalismo perdurar. Neste caso, cabe questionar empiricamente se o desemprego atual e esperado é significativamente superior aos surtos de inovações surgidos com as chamadas primeira, segunda e terceira revoluções industriais. Caso contrário, haveria uma situação de tendência inerente ao capitalismo, anunciada por Marx e ocorrida ao longo de todo o seu desenvolvimento.

Referências

ACEMOGLU, D. Technology and Inequality. **NBER Reporter**, 2003.

ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. Artificial Intelligence, Automation and Work. **National Bureau of Economic Research**, 24196. 2018.

- ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 13, n. 1, p. 25–35, 2020.
- ACYPRESTE, R. DE; MOLLO, M. DE L. R. A Questão da Maquinaria em Ricardo, Marx e Wicksell. **Nova Economia**, v. 31, n. 2, p. 587–611, 18 ago. 2021.
- AGUILERA, A.; RAMOS BARRERA, M. G. Desempleo tecnologico: una aproximacion al caso latinoamericano. **AD-minister**, n. 29, p. 59–78, 2016.
- ALBUQUERQUE, P. H. M. *et al.* Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimacão da probabilidade de automacão de ocupacões no brasil. **IPEA**, Texto para Discussão 2457. 2019.
- ALVES-PASSONI, P. **Deindustrialization and regressive specialization in the Brazilian economy between 2000 and 2014: a critical assessment based on the input-output analysis**. Rio de Janeiro - BRA: UFRJ, 2019.
- ALVES-PASSONI, P.; FREITAS, F. N. P. **Texto para Discussão 025 | 2020 Estimacão de Matrizes Insumo-Produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010**. Rio de Janeiro - RJ, BRA: [s.n.].
- ANTUNES, R. A nova morfologia do trabalho e as formas diferenciadas da reestruturacão produtiva no Brasil dos anos 1990. **Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, v. XXVII, p. 11–25, 2014.
- ARAUJO, R. A. Optimal Investment Specific Technological Progress Allocation in a Two Sector Model. **Revista EconomiA**, v. 10, n. 3, p. 457–464, 2009.
- ARAUJO, R. S. A.; TEIXEIRA, J. R. Investment specific technological progress and structural change. **Estudos Economicos**, v. 40, n. 4, p. 819–829, 2010.
- AUTOR, D. H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. **Journal of Economic Perspectives**, v. 29, n. 3, p. 3–30, 2015.
- BALK, B. M.; REICH, U. P. Additivity of national accounts reconsidered. **Journal of Economic and Social Measurement**, v. 33, n. 2–3, p. 165–178, 2008.
- BALTAR, P. E. DE A.; SOUEN, J. A.; CAMPOS, G. C. DE S. Emprego e distribuicão da renda. *In*: CARNEIRO, R.; BALTAR, P.; SARTI, F. (Eds.). **Navegando a contravento: Uma reflexão sobre o experimento desenvolvimentista do governo Dilma Rouseff**. [s.l.] Unesp DIGITAL, 2018. p. 171–206.
- BARBOSA-FILHO, N. H. Dez anos de política econômica. *In*: SADER, E. (Ed.). **10 anos de governos pós-neoliberais no Brasil: Lula e Dilma**. Rio de Janeiro, RJ - BRA: Boitempo, 2013. p. 69–102.
- BASTANI, A. **Fully automated luxury communism**. [s.l.] Verso Books, 2019.
- BAUMOL, W. J. Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis. **The American Economic Review**, v. 57, n. 3, p. 415–426, 1967.
- BELEGRI-ROBOLI, A.; MARKAKI, M. Employment determinants in an input-output framework: structural decomposition analysis and production technology Article. **Bulletin of Political Economy**, v. 4, n. 2, 2010.
- BENANAV, A. Automation and the Future of Work. **New Left Review**, v. 119, p. 5–38, 2019.
- BEVERIDGE, W. H. **Full Employment in a Free Society: A Report**. New York - USA:

Routledge, 2014.

BLAUG, M. **Economic theory in retrospect**. Fifth ed. Cambridge - UK: Cambridge university press, 1997.

BOHM-BAWERK, E. VON. **Capital and Interest: Positive Theory of Capital**. Tradução M. A. William Smart. New York - USA: G.E. Stecher & Co., 1930.

BOIANOVSKY, M. Why Did Wicksell Change His Mind About The Machinery Question? **EconomiA**, v. 15, n. 1, p. 1–19, 2014.

BOIANOVSKY, M.; HAGEMANN, H. Wicksell on technical change, real wages and employment. *In*: BELLET, M.; GLORIA-PALERMO, S.; ZOUACHE, A. (Eds.). **Evolution of the Market Process: Austrian and Swedish economics**. London - UK: Routledge, 2005. p. 69–93.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Taxa de câmbio, doença holandesa, e industrialização. **Cadernos FGV Projetos**, v. 5, n. 14, p. 68–73, 2010.

CARNEIRO, R. Navegando a contravento: Uma reflexão sobre o experimento desenvolvimentista do governo Dilma Rousseff. *In*: **PARA ALÉM DA POLÍTICA ECONÔMICA**. São Paulo - SP, BRA: Unesp DIGITAL, 2018. p. 245–82.

CARY, J. **A Discourse on Trade: And Other Matters Relative to it**. London - UK: T. Osborne, 1745.

CAS, A.; RYMES, T. **On Concepts and Measures of Multifactor Productivity in Canada, 1961-1980**. [s.l.] Cambridge University Press, 1991.

CESARATTO, S.; SERRANO, F.; STIRATI, A. Technical Change, Effective Demand and Employment. **Review of Political Economy**, v. 15, n. 1, p. 33–52, 2003.

CORRÊA, V. P.; XAVIER, C. L. Modelo de crescimento brasileiro e mudança estrutural – avanços e limites. *In*: **Padrão de acumulação e desenvolvimento brasileiro**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2013. .

DE-JUAN, O.; FEBRERO, E. Measuring productivity from vertically integrated sectors. **Economic Systems Research**, v. 12, n. 1, p. 65–82, 2000.

DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Structural decomposition techniques: Sense and sensitivity. **Economic Systems Research**, v. 10, n. 4, p. 307–324, 1998.

DOAN, H. T. T.; LONG, T. Q. Technical change, exports, and employment growth in china: A structural decomposition analysis. **Asian Economic Papers**, v. 18, n. 2, p. 29–46, 2019.

FELIPE, J.; MCCOMBIE, J. S. L. **The Aggregate Production Function and the Measurement of Technical Change**. Cheltenham - UK: Edward Elgar Publishing., 2015.

FEVEREIRO, J. B.; PINKUSFELD BASTOS, C.; FREITAS, F. Labour productivity in Vertically Integrated Sectors: An empirical study for the case of Brazil. **Paper presented at the International Input-Output Annual Conference, Atlantic City**, n. June, 2015.

FIGUEIREDO, H. L. DE; OLIVEIRA, M. A. S. Análise De Decomposição Estrutural Para a Economia Brasileira Entre 1995 E 2009. **Revista de Economia**, v. 41, n. 2, p. 31–56, 2015.

FIUZA-MOURA, F. K. *et al.* Tecnologia e emprego nos setores comércio e de serviços

no Brasil entre 2000 e 2009. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 15, n. 1, p. 87–112, 2016.

FIUZA-MOURA, F. K. *et al.* Criação e destruição de empregos no setor primário no Brasil entre 2000 e 2009. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 137–156, 2017.

FREEMAN, C. Structural Unemployment. *In: The New Palgrave Dictionary of Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, 2017. p. 1–5.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? **Technological Forecasting & Social Change**, v. 114, p. 254–280, 2017.

GARBELLINI, N.; WIRKIERMAN, A. L. Productivity accounting in vertically (Hyper-)integrated terms: Bridging the gap between theory and empirics. **Metroeconomica**, v. 65, n. 1, p. 154–190, 2014.

GENTILI, A. *et al.* Are machines stealing our jobs? **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 13, n. 1, p. 153–173, 2020.

GOBETTI, S. W.; ORAIR, R. O. Flexibilização fiscal: novas evidências e desafios. **Texto para Discussão 2132**, 2015.

GOODWIN, C. D. History of Economic Thought. *In: PALGRAVE MACMILLAN (Ed.). The New Palgrave Dictionary of Economics*. London - UK: Palgrave Macmillan, 2008. .

GORDON, R. J. Okun’s law and productivity innovations. **American Economic Review**, v. 100, n. 2, p. 11–15, 2010.

GRIJÓ, B.; BÊRNI, D. A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. **Teoria e Evidência Econômia**, v. 14, n. 26, p. 9–42, 2006.

HAGEMANN, H. Luigi pasinetti’s structural economic dynamics and the employment consequences of new technologies. *In: Structural Dynamics and Economic Growth*. Cambridge - UK: Cambridge University Press, 2012. p. 204–217.

HARVEY, D. Universal alienation. **TripleC**, v. 16, n. 2, p. 424–439, 4 maio 2018.

HUMPHREY, T. M. Ricardo versus Wicksell on Job Losses and Technological Change. **Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly**, v. 90, n. 4, p. 5–24, 2004.

IBGE. **Nota Metodológica nº 12 Governo e Administração Pública** Brasília - BRADIRETORIA DE PESQUISAS – DPE COORDENAÇÃO DE CONTAS NACIONAIS – CONAC, , 2014.

_____. **Sistema de Contas Nacionais Brasil - Ano de Referência 2010**. 3a. ed. Rio de Janeiro - DF: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2016. v. 24

_____. **Sistema de Contas Nacionais**. Rio de Janeiro - RJ, BRA: [s.n.].

_____. **Matriz de insumo-produto : Brasil : 2015**. Rio de Janeiro - BRA: [s.n.].

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Inception Report for the Global Commission on the Future of Work**. Geneva: [s.n.]. Disponível em: <www.ilo.org/publns>. Acesso em: 19 set. 2018.

JONUNG, L. Ricardo on Machinery and the Present Unemployment: An Unpublished Manuscript by Knut Wicksell. **The Economic Journal**, v. 91, n. 361, p. 195–198, 1 mar.

1981.

KEYNES, J. M. **Economic Possibilities for our Grandchildren**, 1930. Disponível em: <<http://www.econ.yale.edu/smith/econ116a/keynes1.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2018

KORINEK, A.; STIGLITZ, J. Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment. **The Economics of Artificial Intelligence**, n. December, p. 1–45, 2017.

KUPFER, D.; FREITAS, F.; YOUNG, C. E. **DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DA VARIÇÃO DO PRODUTO E DO EMPREGO ENTRE 1990 E 2001 – UMA ANÁLISE A PARTIR DAS MATRIZES INSUMO-PRODUTO**. Rio de Janeiro, RJ - BRA: [s.n.].

LEWIS, W. A. Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. **The Manchester School**, v. 22, n. 2, p. 139–191, 1954.

LIMA, Y., STRAUCH, J.M., ESTEVES, M.G.P., SOUZA, J.M. DE, CHAVES, M.B., GOMES, D. . **O Futuro do Emprego no Brasil: Estimando o impacto da automação**. Rio de Janeiro - BRA: Laboratório do Futuro - UFRJ, 2019.

LIND, D. A Vertically Integrated Perspective on Nordic Manufacturing Productivity. **International Productivity Monitor**, v. 39, n. 39, p. 53–73, 22 set. 2020.

LUQUINI, R. H. V. *et al.* Relação entre emprego e tecnologia: Em estudo para quarenta países (1995-2009). **Espacios**, v. 38, n. 42, 2017.

MARQUETTI, A. Do rising real wages increase the rate of labor-saving technical change? some econometric evidence. **Metroeconomica**, v. 55, n. 4, p. 432–441, 2004.

MARQUETTI, A. A. Analyzing historical and regional patterns of technical change from a classical-Marxian perspective. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 52, n. 2, p. 191–200, 2003.

MARQUETTI, A.; SOARES-PORSSE, M. DE C. Patrones de progreso técnico en la economía Brasileña, 1952-2008. **Cepal Review**, n. 113, p. 61–78, 2014.

MARX, K. **Grundrisse. Foundations of the Critique of Political Economy**. Tradução Martin Nicolaus. London - UK: Penguin Books, 1993.

_____. **O capital: crítica da economia política: Livro I: o processo de produção do capital**. Tradução Rubens Enderle. São Paulo - SP: Boitempo (e-book), 2013.

MASON, P. **Clear bright future: A radical defence of the human being**. [s.l.] Penguin UK, 2019.

MAZZUCATO, M. Financing innovation: Creative destruction vs. destructive creation. **Industrial and Corporate Change**, v. 22, n. 4, p. 851–867, 2013.

MEDEIROS, C. A. DE. A economia brasileira no novo milênio: Continuidade e mudanças nas estratégias de desenvolvimento. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 21, n. 2, p. 1–16, 2017.

MELLO, G.; ROSSI, P. Do industrialismo à austeridade: a política macro dos governos Dilma. *In*: CARNEIRO, R.; BALTAR, P.; SARTI, F. (Eds.). . **PARA ALÉM DA POLÍTICA ECONÔMICA 2018**. São Paulo - SP, BRA: Unesp DIGITAL, 2018. .

METCALFE, S. Technical Change. *In*: **The New Palgrave Dictionary of Economics**. London: Palgrave Macmillan UK, 2016. p. 1–7.

- MILL, J. S. **Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy**. 7th. ed. London: Longmans, Green and Co., 1909.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis**. New York, NY, US: Cambridge University Press, 2009.
- MOLLO, M. DE L. R.; TAKASAGO, M. O debate desenvolvimentista no Brasil e o papel da indústria: novos resultados de antigas lições. **Economia e Sociedade**, v. 28, n. 3, p. 885–904, 2019.
- MONTRESOR, S.; MARZETTI, G. V. The deindustrialisation/tertiarisation hypothesis reconsidered: A subsystem application to the OECD7. **Cambridge Journal of Economics**, v. 35, n. 2, p. 401–421, 2011.
- MURADOV, K. Structural decomposition analysis with disaggregate factors within the Leontief inverse. **Journal of Economic Structures**, v. 10, n. 1, p. 16, 2021.
- MURO, M.; MAXIM, R.; WHITON, J. **Automation and AI: How machines are affecting people and places**. Washington, DC - USA: Brookings Institution Press, 2019.
- NAKATANI-MACEDO, C. D. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego nos setores industriais no Brasil entre os anos de 2000 e 2009. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 19, n. 2, p. 235–260, ago. 2015.
- NASSIF, A. *et al.* Structural change and productivity growth in Brazil: where do we stand? **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 40, n. 2, p. 243–263, 17 abr. 2020.
- NÜBLER, I. **New Technologies: A Jobless Future or Golden Age of Job Creation?** Geneva - SWI: ILO Research Department Working Paper, 2016.
- OREIRO, J. L. *et al.* Revisiting the growth of the Brazilian economy (1980-2012). **PSL Quarterly Review**, v. 71, n. 285, p. 203–229, 2018.
- OREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. A. De-Industrialization: concept, causes, effects and the Brazilian case. **Revista de Economia Política**, v. 30, n. 2, p. 219–232, 2010.
- PASINETTI, L. the Notion of Vertical Integration in Economic Analysis. **Metroeconomica**, v. 25, n. 1, p. 1–29, 1973.
- PASINETTI, L. L. **Lectures on the Theory of Production-Columbia**. New York - USA: Columbia University Press, 1977.
- PASQUINELLI, M. On the origins of Marx’s general intellect. **Radical Philosophy**, v. 2, n. 06, 2019.
- PAULANI, L. M. A inserção da economia brasileira no cenário mundial: uma reflexão sobre a situação atual à luz da história. **Boletim de Economia e Política Internacional - IPEA**, v. 10, n. 2005, p. 89–102, 2012.
- PELLEGRINO, G.; PIVA, M.; VIVARELLI, M. Beyond R&D: the role of embodied technological change in affecting employment. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 29, n. 4, p. 1151–1171, 2019.
- PRODUCTIVITY COMMISSION. **Aspects of Structural Change in Australia**. Canberra - AUS: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.pc.gov.au>>. Acesso em: 26 out. 2020.
- RASHID, S. Machinery Question. *In: The New Palgrave Dictionary of Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, 2017. p. 1–5.

REICH, U. P. Additivity of deflated input-output tables in national accounts. **Economic Systems Research**, v. 20, n. 4, p. 415–428, 2008.

RICARDO-SCHUSCHNY, A. **Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones**: Estudios estadísticos y prospectivos. Santiago - CHI: [s.n.].

RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e Tributação**. São Paulo: Nova Cultural Ltda., 1996.

_____. **The Principles of Political Economy and Taxation**. Ontario - CAN: Batoche Books, 2001.

RØRMOSE, P. **Structural Decomposition Analysis Sense and Sensitivity** 19th International Conference on Input-output Techniques. **Anais...Alexandria - USA**: Statistics Denmark, 2011

ROSE, A.; CASLER, S. Input – Output Structural Decomposition Analysis : A Critical Appraisal A Critical Appraisal. **Economic Systems Research**, v. 8, n. 1, 1996.

ROSENBERG, N. **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge - UK: Cambridge University Press, 1982.

ROSSI, P.; MELLO, G. Choque recessivo e a maior crise da história: A economia brasileira em marcha à ré. **Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica - IE/Unicamp**, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2017.

SAMUELSON, P. A. A Theory of Induced Innovation along Kennedy-Weisacker Lines. **The Review of Economics and Statistics**, v. 47, n. 4, p. 343, 1 nov. 1965.

_____. Mathematical Vindication of Ricardo on Machinery. **Journal of Political Economy**, v. 96, n. 2, p. 274–288, 1988.

SANTETTI, M.; MARQUETTI, A. A.; MORRONE, H. Progreso técnico y productos deseados y no deseados en el Brasil: 1970-2012. **Revista de la CEPAL**, v. 125, p. 127–141, 2018.

SCHUMPETER, J. A. **Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process**. New York - USA: McGraw-Hill, 1939. v. 1

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. First ed. New York, NY, US: Currency, 2017.

SESSO-FILHO, U. A. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 99–123, 2010.

SILVA, F. Q. DA. **Fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ - BRA: Universidade de Brasília, 2018.

TAKASAGO, M.; MOLLO, M. DE L. R.; GUILHOTO, J. J. M. O DEBATE DESENVOLVIMENTISTA NO BRASIL: discutindo resultados da matriz de insumo-produto. **planejamento e políticas públicas**, v. 48, 2017.

TAYLOR, L. **Macroeconomic inequality from Reagan to Trump: Market power, wage repression, asset price inflation, and industrial decline**. [s.l.] Cambridge University Press, 2020.

TEMURSHOEV, U.; MILLER, R. E.; BOUWMEESTER, M. C. A Note on the GRAS Method. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 3, p. 361–367, 2013.

TREGENNA, F. Sectoral Structure and Change: Insights from Marx. **Review of Political**

Economy, v. 30, n. 3, p. 443–460, 3 jul. 2018.

VILLANI, D.; FANA, M. Productive integration, economic recession and employment in Europe: an assessment based on vertically integrated sectors. **Journal of Industrial and Business Economics**, v. 48, n. 0123456789, p. 137–157, 2020.

WICKSELL, K. Marginal productivity as the basis of distribution in economics (1900). In: LINDAHL, E. (Ed.). . **Knut Wicksell Selected Papers on Economic Theory**. London - UK: Allen & Unwin, 1958. p. 93–120.

_____. **Lectures on Political Economy - Vol I - General Theory**. New Jersey - USA: A. M. Kelley, 1977. v. II

ZIPRECRUITE. **The Future of Work Report** California - USA, 2019.

Sobre os autores

Rafael de Acypreste – rafaeldeacyprestemr@gmail.com
Departamento de Economia (FACE), Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8607-2184>

Maria de Lourdes R. Mollo – mlmollo@unb.br
Departamento de Economia (FACE), Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4303-6914>

Agradecimentos

Os autores agradecem as sugestões dos pareceristas, que melhoraram versão inicial deste artigo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 ao primeiro autor.

Artigo 2: O debate recorrente sobre o fim do trabalho com o desemprego tecnológico

Maria de Lourdes Rollemberg Mollo¹

Rafael Acypreste¹

Resumo: O artigo analisa uma questão recorrente sobre a perda de centralidade do trabalho com as inovações tecnológicas e o trabalho imaterial, tanto do ponto de vista teórico quanto empírico. Teoricamente discute a centralidade do trabalho tanto com relação à teoria do valor-trabalho como forma de dominação social no capitalismo, quanto no que se refere aos limites do desemprego tecnológico neste modo de produção. Empiricamente o artigo apresenta dados mundiais e da economia brasileira sobre as principais causas do desemprego, comparando-as com o desemprego tecnológico.

Palavras-Chaves: Centralidade do trabalho; Trabalho imaterial; Desemprego Tecnológico.

JEL: B51; J23; Z13

¹ Professora do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (mlmollo@unb.br).

¹ Doutorando de Economia Política do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (rafaeldeacyprestemr@gmail.com).

Introdução

Não é novo o debate sobre o desemprego provocado pelas inovações tecnológicas. Ricardo já discutia o problema ao tratar da maquinaria e da tese da compensação, que foi objeto de menção do próprio Marx (Ricardo, 1977; Marx, 2011). Ricardo e Marx, por sua vez, foram objeto de críticas de autores neoclássicos, como Wicksell (1977), que introduziu novas questões, ao separar a acumulação de capital do progresso tecnológico, com o intuito de atribuir a este último, e não à acumulação de capital, o desemprego, como foi discutido no primeiro artigo desta tese (Acypreste e Mollo, 2021).

O objetivo deste artigo, ao entrar neste debate, é discutir o assunto em três níveis, dois teóricos e um empírico. Teoricamente, do ponto de vista marxista, é possível discutir o assunto no que se refere à teoria do valor-trabalho e quanto ao desemprego tecnológico.

A ideia de fim do trabalho vem sendo sustentada por argumentações relacionadas de que o trabalho é basicamente imaterial e deixa, por isso, de ser considerado produtivo. Há também teses acerca do fim da centralidade do trabalho no capitalismo. A tese de que o trabalho é basicamente imaterial e deixa de ser considerado trabalho produtivo ou criador de valor é justificada, por Gorz (1982), com o aumento proporcional da produção de serviços e com a informatização, que faria com que o trabalho perdesse sua preponderância material. Como resumem Carcanholo e Medeiros (2012), há autores que defendem a tese da eliminação da centralidade do trabalho no capitalismo, em que a revolução microeletrônica teria deslocado o trabalho como principal produtor de riquezas e a ciência passou a ser considerada a principal força produtiva. Teses semelhantes consideram que o trabalho imaterial envolve mais do que trabalho, mas comunicação, cooperação e produção e reprodução de afetos.

A segunda argumentação, relacionada ao valor-trabalho, refere-se à impossibilidade de mensuração do valor pelo tempo de trabalho. Isso se dá uma vez que não é possível separar as atividades em tempos do relógio quando ele é imaterial, envolvendo cooperação, subjetividades e realização de tarefas fora do controle do capital, etc. (Prado e Pinto, 2014). Do ponto de vista marxista, cumpre analisar e mostrar como estas alegações não têm fundamento teórico, a persistir o modo de produção capitalista.

O desemprego tecnológico foi tratado pelo próprio Marx, investigando os processos de trabalho da sua época e mostrando como o processo, por um lado, era inerente ao funcionamento do capitalismo e à reprodução do capital e, ao mesmo tempo,

encontrava limites na própria necessidade desta reprodução, o que dá origem a forças contrabalançadoras. Este é o objeto da sessão 2, para mostrar que mudam as formas de trabalho, todas em benefício do capital, mas a valorização do capital, seu objetivo primordial, não pode ocorrer sem a venda da força de trabalho.

Do ponto de vista empírico, e constatando desta forma a pertinência das conclusões tiradas na primeira parte, traremos à discussão uma literatura recente, mostrando que, se o desemprego cresce e reforça as discussões de fim de trabalho, o desenvolvimento tecnológico não vem se apresentando como o principal motivo do desemprego, nem nos países desenvolvidos nem no Brasil. Quaisquer que sejam os progressos, reconhecidamente significativos, das inovações tecnológicas poupadoras de mão de obra, nega-se a ideia de fim do trabalho substituído por inovações ou perda de sua centralidade no capitalismo. Isso dá razão a Marx quando analisa a inerência desse processo, bem como das suas contratendências.

Ao final do artigo, por meio de considerações finais, retornaremos à questão do que define e do que mantém o modo de produção capitalista vivo, requerendo muito mais para sua superação.

1. O trabalho e o modo de produção capitalista

A análise feita por Marx do capitalismo começa com a mercadoria, e ele destaca como fundamental a característica mercantil deste modo de produção. A segunda característica é a de ser produtor de mais valia ou mais valor, por meio da exploração do trabalho alheio. Diz ele a este respeito:

O processo de produção como unidade dos processos de trabalho e de formação de valor, é processo de produção de mercadorias; como unidade dos processos de trabalho e de valorização, ele é processo de produção capitalista, forma capitalista da produção de mercadorias. (Marx, 2013, p. 201)².

1.1 O caráter mercantil do capitalismo

A análise de qualquer modo de produção, entendido como modo de organização da sociedade para garantir a existência humana, precisa partir da análise do processo de

² Observe-se, aqui, a ideia de que a produção de mercadorias é um traço característico do capitalismo, e não um modo de produção anterior. Não por acaso, a primeira frase do *Capital* é “a riqueza das sociedades onde reina o modo de produção capitalista aparece como uma ‘enorme coleção de mercadorias’” (Marx, 2013, p. 97).

trabalho concreto, produtor de valores de uso. Este processo de trabalho é “apropriação do elemento natural para a satisfação das necessidades humanas [...], perpétua condição natural da vida humana” (Marx, 2013, p. 192). Mas este tipo de trabalho concreto, que produz valor de uso, não define um modo de produção específico. É preciso ir mais a fundo, de forma a entender a organização social dos seres humanos ao produzir sua existência.

O processo de trabalho analisado por Marx no capitalismo é o que produz mercadorias, porque a mercadoria é a “forma elementar” (Marx, 2013, p. 97) da riqueza no capitalismo. Na produção de mercadorias, porém, como destaca Bonefeld (2010, p. 263), o trabalhador ou trabalhadora “tem que produzir valor de uso para outros – ‘valores de uso sociais’”. Assim, trata-se de uma especificidade do capitalismo que precisa ser entendida como historicamente diferente, específica e determinada.

Ao buscar entender o processo de organização da produção de mercadorias, Marx (2013) constata que os processos de trabalho são privados, aparentemente independentes uns dos outros e, no entanto, eles são regidos por uma divisão do trabalho que é social, já que as mercadorias são produzidas para os outros. A solução desta contradição ligada ao trabalho, chamada “privado-social”, se faz pela venda dos produtos do trabalho contra dinheiro que se torna o validador social dos trabalhos privados.

A venda contra dinheiro, por um determinado valor, transforma o trabalho concreto em trabalho abstrato, aquele que “gera o valor das mercadorias” (Marx, 2013, p. 104). Este é o trabalho decisivo na produção de mercadorias, porque é a substância do valor, princípio de organização da sociedade, no sentido de que lhe impõe sua finalidade e suas restrições e exigências.

Sobre o trabalho abstrato, Marx (2013, p. 123) diz que “somente no interior de sua troca os produtos adquirem uma objetividade de valor socialmente igual, separada de sua objetividade de uso, sensivelmente distinta.” E o valor é, então, uma forma social historicamente específica de riqueza e relação social (Postone, 2003, p. 124).

As vendas e compras são a forma pela qual a divisão do trabalho vai se fazendo de forma complexa por meio do dinheiro e isso permite que a sociedade funcione apesar da mencionada contradição, ao invés de ser o caos. É neste sentido que o valor, e o dinheiro como seu representante, funciona como princípio de organização do

funcionamento da sociedade, que não elimina os conflitos nem a própria contradição, mas permite movimentá-la de forma a garantir tal funcionamento.

O valor tem um conteúdo qualitativo, uma substância: o trabalho abstrato. Mas tem também um conteúdo quantitativo: o trabalho socialmente necessário. Este define-se como aquele produzido nas condições sociais de produção, que só aparecem quando as mercadorias se confrontam umas com as outras nas compras e vendas. Assim, o valor se explicita “*post festum*”, por meio do dinheiro, um “terceiro” relativamente às mercadorias, que cumpre o papel de equivalente geral (Marx, 2011, p. 119).

Tal como no caso do trabalho abstrato e do trabalho socialmente necessário, para Marx (2013, p.103), “[...] as diferentes proporções em que os diferentes tipos de trabalhos são reduzidos a trabalho simples, como sua unidade de medida, são determinadas por meio de um processo social que ocorre pelas costas dos produtores e lhes parecem, assim, ter sido legadas pela tradição”. Ou seja, no processo de compras e vendas se explicita o caráter social do valor e do dinheiro como equivalente geral. A este respeito, Marx (2013, p. 105) diz que as mercadorias “[...] possuem objetividade de valor apenas na medida em que são expressões da mesma unidade social, do trabalho humano, pois sua objetividade de valor é puramente social e, por isso, é evidente que ela só pode se manifestar numa relação social entre mercadorias”.

Neste processo de compra e venda contra dinheiro, trabalho concreto é transformado em trabalho abstrato, trabalho individual é transformado em trabalho socialmente necessário, trabalho complexo é transformado em múltiplo de trabalhos simples e trabalho privado é transformado em trabalho validado socialmente. Assim, funciona a lei do valor, no capitalismo, que define sua organização social, princípio de dominação dos indivíduos em sociedade.

O papel social do trabalho no capitalismo é determinante e específico. É isso que leva Postone a dizer que

[...] laboring activities are social by virtue of the matrix of overt social relations in which they are embedded [...] various labor gain their social character through these social relations [...] Relations in precapitalist formations can be described as personal, overtly social and qualitatively particular [...]. In capitalism, labor itself constitutes a social mediation in lieu of a matrix of relations (Postone, 2003, p. 150-151 – grifo nosso).

Sem trabalho abstrato, portanto, não é possível conceber o capitalismo, em vista do seu caráter produtor de mercadorias. Mais que isso, os trabalhos concretos perdem validade social se não forem transformados em trabalho abstrato pela venda. Segundo Postone (2003, p. 21), que por sua vez se refere a Marx nos Grundrisse, os indivíduos são regulados por abstrações, ao invés de dependerem uns dos outros de forma direta devido ao seu caráter produtor de mercadorias no capitalismo. Trata-se de uma forma objetiva de dominação, relações sociais que dominam os indivíduos.

O trabalho imaterial, tanto quanto o material, é trabalho concreto, produtor de valor de uso e, uma vez vendido, é trabalho abstrato criador de valor. Como chamam atenção Carcanholo e Menezes (2012, p. 187), trata-se de trabalho “[...] que produz coisas intangíveis, mas ‘concretas’”, ou de trabalho concreto produzindo coisas intangíveis. Enquanto a venda for a regra, como é no capitalismo, seja na produção imaterial ou material, o valor e o trabalho abstrato criador de valor não desaparecem como modo de dominação social.

1.2. O caráter produtor de mais-valor do capitalismo

Para Marx, a generalização da produção de mercadorias se completa com a transformação da força de trabalho, a capacidade humana de trabalho, em mercadoria. Numa sociedade mercantil onde todos são compradores para garantir sua existência, é preciso vender para conseguir comprar. O trabalhador é despossuído dos meios de produção, que são de propriedade privada do capitalista. Não tem, por isso, como produzir para então vender e poder comprar o necessário à sua existência. A ausência de posse dos meios de produção e a impossibilidade de acesso a eles dada sua propriedade privada pelo capitalista impõem a necessidade de o trabalhador vender sua força de trabalho, transformando-a em mercadoria. Assim, não é possível pensar a venda da força de trabalho sem pensar o valor como norma social de dominação.

Esta transformação da força de trabalho em mercadoria permite o aparecimento do mais-valor, de onde saem o lucro, a renda e os juros. Como qualquer mercadoria, a força de trabalho tem um valor de uso, uma utilidade, aquilo que a torna desejável para compra pelo capitalista. Seu valor de uso é gerar um valor maior do que o seu próprio, a mais-valia. Seu valor de troca é o custo de (re)produção do trabalhador e sua família, porque este é o tempo de trabalho socialmente necessário para a produção da força de trabalho enquanto mercadoria. Sem mercadoria, não faz sentido o valor. Sem mercadoria força de trabalho, não há como explicar a mais-valia. Assim, sem a venda da força de

trabalho não há geração de valor excedente ou valor produzido pelo trabalhador e apropriado pelo capitalista, não havendo, portanto, valorização do capital.

Dito de outra maneira, o valor da força de trabalho é dado pelo tempo de trabalho socialmente necessário à sua produção ou à reprodução do trabalhador e sua família. Sem venda da força de trabalho livre, não há como garantir a vida dos trabalhadores no capitalismo. A mercadoria força de trabalho é especial porque gera um valor maior do que o seu próprio valor.

A diferença entre o valor da força de trabalho como mercadoria e o valor das mercadorias produzidas por ela dá o mais-valor. Daí porque, para Marx, “[...] o mais-valor resulta apenas de um excedente quantitativo de trabalho, da duração prolongada do mesmo processo de trabalho” (Marx, 2013, p. 201). Isso porque, se o processo de produzir valor “[...] não ultrapassa o ponto em que o valor da força de trabalho pago pelo capital é substituído por um novo equivalente, ele é simplesmente um processo de formação de valor. Se ultrapassa esse ponto, ele se torna processo de valorização” (Marx, 2013, p. 200).

Chama-se atenção para a dificuldade de medir estes trabalhos – separando tempo de trabalho necessário de tempo de trabalho excedente, quando se trata de produção imaterial. Afirma-se que o “[...] trabalho que transmite e produz simbolizações de várias espécies como parte do trabalho social gerado na esfera econômica da sociedade, resiste a ser medido e avaliado pelo tempo mecânico, pelo tempo do relógio, de um modo significativo para a própria produção capitalista” (Prado e Pinto, 2012, p. 62-63). São estas dificuldades, tal como percebidas por alguns autores, que os leva a discutir a centralidade do trabalho nos tempos atuais e concluir pelo fim do trabalho como modo de dominação social. Mas é exatamente no *Capital*, e nos *Grundrisse*, que Marx diz que a constituição do valor das mercadorias só se completa na venda, porque só na venda é que se explicitam as condições médias sociais de produção. Diz, também nos *Grundrisse*, que

[...] a transformação da mercadoria em valor de troca [...] expressa sua relação de permutabilidade com todas as outras mercadorias. Essa comparação, que é efetuada na cabeça de um só golpe, é realizada, na efetividade, somente em um determinado âmbito, determinado pela necessidade e somente gradualmente. [...] Portanto, para realizar a mercadoria de um golpe em valor de troca e lhe conferir eficiência universal de valor de troca, não é suficiente a troca por uma mercadoria particular. A mercadoria deve ser trocada por uma terceira coisa que, por sua vez, não seja ela mesma uma mercadoria particular, mas o símbolo da mercadoria como mercadoria, o próprio valor de troca da

mercadoria; *portanto, que então represente, digamos, o tempo de trabalho como tal, digamos um pedaço de papel ou de couro que represente uma parte alíquota do tempo de trabalho*” (Marx, 2011. p. 93-94).

Marx diz ainda que

Por conseguinte, não obstante o dinheiro [seja] apenas o valor de troca destacado da substância das mercadorias e deva sua origem apenas à tendência desse valor de troca de se pôr de modo puro, a mercadoria não pode ser imediatamente transformada em dinheiro; i. e. o certificado autêntico do *quantum* de tempo de trabalho nela realizado não pode ser utilizado como o seu preço no mundo dos valores de troca (Marx, 2011, pp. 107-108).

E completa adiante, dizendo mais claramente que “[...] o caráter social da produção só é posto *post festum*, pela ascensão dos produtos a valores de troca e pela troca desses valores de troca” (Marx, 2011, p.119). Assim, não é preciso calcular *a priori*, no processo de trabalho imaterial, como se determinam as horas de trabalho necessário, excedente ou total que formarão o valor das mercadorias.

Fica claro aqui que, se o cômputo de horas de trabalho necessário e de trabalho excedente para determinação de valores individuais, permite-nos entender de onde sai a mais-valia, ele não se faz no processo de trabalho imediato, seja trabalho material ou imaterial, mas só se explicita no confronto das mercadorias umas com as outras, no momento da venda.

A este respeito, Marx insiste tanto nos *Grundrisse*, quanto no *Capital*. Observe-se, quanto ao segundo, as frases abaixo:

Os objetos de uso só se tornam mercadorias porque são produtos de trabalhos privados realizados independentemente uns dos outros. O conjunto desses trabalhos privados constitui o trabalho social total. Como os produtores só travam contato social mediante a troca de seus produtos do trabalho, os caracteres especificamente sociais de seus trabalhos privados aparecem apenas no âmbito dessa troca (Marx, 2013, vol. 1, 122).

[...] os trabalhos privados, são constantemente reduzidos à sua medida socialmente proporcional, porque, nas relações de troca contingentes e sempre oscilantes de seus produtos, o tempo de trabalho socialmente necessário à sua produção se impõe com a força de uma lei natural reguladora [...] (Marx, 2013, vol. 1, p. 124).

Assim, quaisquer que sejam os tipos de trabalho, materiais ou imateriais, enquanto vigorar o valor como forma de dominação social, os valores-trabalho das mercadorias serão determinados de forma final enquanto médias estabelecidas “nas relações sempre oscilantes” que vigoram a circulação. Para estes, contribuem os valores individuais

gerados nos vários processos de produção. Enquanto mercadoria, o valor da força de trabalho só se determinará de forma final na venda, onde se explicitarão as condições sociais médias, embora para esta média tenham contribuído os processos individuais de produção.

Estas observações mostram, portanto, que não há problema se o trabalho imaterial não mostra claramente, ao ser realizado, quanto é tempo de trabalho necessário e tempo de trabalho excedente. Também o executor individual de trabalho material não conhece quanto realizará em valor com seu trabalho ou quanto trabalho concreto conseguirá tornar-se abstrato pela venda. Basta saber que a venda da força de trabalho por quem o executa, quaisquer que sejam as condições concretas do processo de trabalho, implicam a entrega de produto de valor excedente, apropriado pelo capitalista comprador.

Como afirma Pasquinelli (2019, 45), “[...] *any technology influences the metrics of abstract labour*”. Mas isso não impede que, de forma generalizada, o trabalho abstrato se objetive na relação de valor uma vez confrontadas as mercadorias e que continue como princípio objetivo segundo o qual as abstrações regulam os indivíduos no capitalismo.

Este tipo de argumentação explica por que, para Marx, o salário não precisa ser medido em horas de trabalho, mas pode ser medido por peça produzida. Trata-se também de uma mudança de forma a situação em que o valor da força de trabalho passa para o trabalhador quando ele não é empregado ou quando não assina um contrato de trabalho com o capitalista. O emprego foi eliminado, mas não o trabalho (Fontes, 2017). Por outro lado, continuou sendo necessário que o trabalhador vendesse a sua capacidade de trabalho para ter acesso a meios de produção e para valorizar o valor (Fontes, 2017), ou para valorizar o capital, objetivo fundamental quando o modo de produção é o capitalista (Saad-Filho, 2001). No caso de uma plataforma digital, por exemplo, que nada mais é do que um meio de produção de propriedade privada do capitalista, acessá-la requer pagar uma taxa: o mais-valor gerado pelo trabalhador e apropriado pelo capitalista.

O lucro é o objetivo do modo de produção capitalista, o que permite a reprodução do capitalista como classe e que, aplicado no processo de acumulação do capital, permite a sua reprodução ampliada. Assim, sem mais-valia, de onde sai o lucro, não é possível pensar em capitalismo. Sem trabalho socialmente necessário para produzir o valor e sem trabalho excedente para produzir mais-valia, também não temos capitalismo. Sem valor como forma de dominação social, não há por que a força de trabalho se transformar em

mercadoria cujo valor, o salário, é o tempo de trabalho socialmente necessário à (re)produção do trabalhador e sua família e cujo valor de uso é gerar valor excedente.

Assim, o fim do trabalho ou sua perda de centralidade só se explicaria num modo de produção alternativo. Este, porém não parece ser o caso, a julgar pela tendência cada vez maior de mercantilização da vida no capitalismo, com parcela cada vez maior da população precisando vender sua capacidade de trabalho contra um salário e/ou vender sua força de trabalho pagando para acessar plataformas ou meios de produção alheios para viver.

1.3. As inovações poupadoras de trabalho

Para Marx, como o objetivo do capitalismo é o lucro, há uma pressão inerente ao sistema para ampliar a acumulação de capital, empregando mais trabalhadores. Essa pressão na inexistência de inovações tecnológicas, leva a aumento de salários que ameaçam o próprio lucro. Isso o conduz a afirmar que “[...] o mecanismo da produção capitalista vela para que o aumento absoluto de capital não seja acompanhado de um aumento correspondente da demanda geral de trabalho” (Marx, 2013, p. 467). Daí a razão inerente no capitalismo para desenvolver inovações tecnológicas que não buscam folgar o trabalhador, mas ampliar sua produtividade e, assim fazendo, produzem inovações poupadoras de mão de obra.

O próprio Marx, no Fragmento das Máquinas, estimula as discussões anteriores, ao afirmar que “[...] o valor objetivado na maquinaria aparece [...] como uma pressuposição em vista da qual a força valorizadora da potência do trabalho individual desaparece como infinitamente pequena” (Marx, 1980, p. 186). Vai ainda mais longe ao afirmar que “[...] o saber aparece na maquinaria como qualquer coisa estrangeira, externa ao trabalhador e o trabalho vivo aparece subsumido, como trabalho objetivado agindo forma autônoma. [...] o operário aparece como supérfluo” (Marx, 1980, p. 187). E ainda: “[...] à medida que se desenvolve a grande indústria, a criação de riqueza real depende menos do tempo de trabalho e do quantum de trabalho empregado” (Marx, 1980, p. 192-193) e mais da aplicação da ciência à produção. Conclui dizendo que “[...] o roubo do tempo de trabalho alheio, sobre o qual repousa a riqueza atual, aparece como uma base miserável comparada àquela desenvolvida de forma nova, criada pela própria grande indústria” (Marx, 1980, p. 193). Teríamos então, a prolongar-se esta tendência “[...] o colapso da produção repousando sobre o valor de troca”. Ou seja, ainda que este processo

se desenvolva, enquanto durar o capitalismo, o processo de eliminação do trabalho não pode se completar.

É esse desenvolvimento de inovações que produz o chamado exército industrial de reserva, uma massa permanente, embora flutuante, de trabalhadores desempregados, que serve ao capital ao impedir crescimento explosivo dos salários e disciplinar os trabalhadores no processo de exploração. Mas esta tendência a expulsar trabalhadores tem limites dentro do modo de produção capitalista. Não é possível gerar lucro sem a compra da força de trabalho que produz um valor maior, do qual sai o lucro, necessário à valorização do capital. O movimento do capital é contraditório, expulsando trabalhadores, mas deles necessitando para sua existência e reprodução.

Os processos de trabalho se modificam ao longo da história do capitalismo para maximizar lucro, buscando controlar os trabalhadores, discipliná-los, reduzindo a parte que paga a força de trabalho e aumentando a mais-valia. O processo de controle, expulsão e de utilização e reutilização da força de trabalho evolui. O tempo do cronômetro é substituído por outros tipos de controles do processo de trabalho. Assim é que, após o fordismo e o taylorismo, tivemos a especialização flexível e, hoje, o trabalho em casa por meios digitais. Se o cronômetro intensificava o trabalho nos primeiros, o trabalhador polivalente também vê seu tempo morto de trabalho reduzido nos segundos e o pagamento por resultado nos últimos.

A coerção econômica é a mesma quando o trabalhador precisa assinar um contrato de trabalho ou empregar-se ou quando precisa pagar uma plataforma digital para prestar um serviço de transporte ou de entrega ou de qualquer serviço. Mais que isso, como observam Dardot e Laval (2016), a tônica neoliberal faz os trabalhadores funcionarem como empresários de si mesmos. Buscam formar-se, especializar-se e preparar-se com afincos para serem contratados. A isso Dardot e Laval chamam “subsunção subjetiva do trabalho ao capital”.

A “uberização” do trabalho, por sua vez, ao exigir que o trabalhador trabalhe 12 horas ao invés de 8, parece fazê-lo porque o condutor é empresário de si mesmo. Mas, na verdade, ele precisa destas 12 horas porque o pagamento de uma taxa de elevada sobre o obtido, não permite a manutenção de si e da família e, por isso, não completa o custo de (re)produção da força de trabalho. A plataforma digital – meio de produção típico do capitalismo atual – não pode ser acessada pelo trabalhador a não ser pagando a taxa da plataforma, medida do mais-valor que é extraído pelo proprietário. Se o dono da plataforma não é o único proprietário porque foi financiada por investidores, estes são os

proprietários do meio de produção que, ao submeter os trabalhadores ao seu jugo, transformaram-na em capital, valor que se valoriza pela exploração da força de trabalho alheia.

Os trabalhadores que sobram com inovações tecnológicas vão ser reempregados, embora precariamente, em setores como o de serviços. A terciarização e o desenvolvimento do trabalho em casa garantem o aumento da exploração não apenas nos países menos desenvolvidos, mas também nos mais desenvolvidos (Harvey, 1992). Reagindo a Gorz, Antunes (2015) chama atenção para a intensificação da subproletarização, fragmentação e complexificação da “classe-que-vive-do-trabalho”, com suas consequências nefastas em termos de precarização e intensificação do trabalho e para a perda de organização e poder dos sindicatos, outra forma de aumento do controle do capital sobre o trabalho.

Como menciona Fontes (2017, p. 52), tanto a terceirização de forma genérica, quanto o trabalho por peças e o trabalho em domicílio são formas de submissão do trabalho ao capital, “para além do emprego”. Trata-se de uma forma diferente de exploração do trabalho, mantendo a força de trabalho como mercadoria e o valor como forma de dominação social.

Menciona-se o aumento do tempo livre proporcionado pelas novas tecnologias como forma de visualizar mudanças importantes. Este aumento, por um lado, vem ocorrendo desde a primeira revolução industrial, quando a jornada de trabalho alcançava até 16 horas. A redução observada hoje, fruto da luta de classes, não mudou o modo de produção. Tais mudanças vão por vezes na direção de reduzir a exploração, por pressão da luta de classes, mas também de aumentá-la, como parece ser o caso das plataformas digitais e das chamadas cooperativas de trabalho e dos programas integrados de fornecimento de insumos à agroindústria, que fazem os trabalhadores arcarem com parte dos custos e do risco da produção, reduzindo os custos para o capitalista e exigindo que os trabalhadores trabalhem mais para reproduzir sua força de trabalho.

Mesmo que a grande indústria tenha evoluído e mesmo que tenhamos agora algo como a pós-grande indústria, enquanto houver capital a ser valorizado e reproduzido, não há como eliminar a força de trabalho. E não é suficiente, dentro do capitalismo, prover renda básica para todos os trabalhadores. É preciso que parte do trabalho esteja empregado, de forma que parte do seu produto seja apropriado sem pagamento. Também é necessário que os desempregados sejam suficientemente despossuídos e desprotegidos

para que a venda da força de trabalho não seja interrompida, porque o lucro sai da exploração e não da divisão dos vários tipos de trabalho.

O capitalismo se modifica o tempo inteiro, sempre com o objetivo central de maximizar lucro, para o que é preciso comandar o processo de trabalho. Se, para isso, foi necessário inicialmente migrar do trabalho doméstico para a indústria, para controlar o ritmo de trabalho, isso não impede que a terciarização e o novo trabalho doméstico sejam usados para reduzir salários e direitos trabalhistas, ampliando o mais-valor de outra forma. Também não impede que os ditos “empresários de si mesmo” precisem trabalhar mais para responder às demandas do capital. O controle no horário e nos gestos na fábrica são substituídos pela perda de direitos e o controle do tempo máximo a trabalhar para prover a existência, sempre garantindo o percentual a ser pago aos proprietários das plataformas e demais meios de produção digitais.

A precarização do trabalho ocorre tanto em sistemas domésticos de produção como os fornecedores de peças, ainda hoje revisitados³, quanto no sistema de tecnologia avançada como os das plataformas digitais. O objetivo é sempre o mesmo: explorar o trabalhador para dele extrair excedente em valor criado e controlar o trabalhador, disciplinando-o na direção de servir à valorização do capital. Tal controle pode ser coercitivo ou pode vir sob a forma de convencimento de sua posição como empresário de si mesmo. Em qualquer caso, isso não faz mais do que refletir a dominação do capital, sua necessidade de valorizar-se.

2. Evidências Empíricas

Vários são os trabalhos que, direta ou indiretamente criticam de forma empírica a ideia de fim do trabalho como consequência das inovações tecnológicas. Entre os mais recentes destacamos, em primeiro lugar, o de Aaron Benanav (2019, p. 15) que, analisando o declínio da demanda de trabalho, chega à conclusão de que ele “[...] não se deve a um salto sem precedentes da inovação tecnológica, mas das mudanças tecnológicas em ambiente de estagnação econômica” (tradução nossa). Benanav destaca que, ao contrário de algumas análises, a produtividade do trabalho, medida como produto real por hora de trabalho no setor industrial foi menor em 2017 do que em 2010. Acrescenta que devido à desindustrialização no mundo todo,

³ Veja-se o filme “Quando o Carnaval Chegar” (2019), dirigido por Marcelo Gomes.

[...] é inacreditável o grau de declínio ou mesmo estagnação no crescimento do produto manufatureiro, visível em escala mundial, que explica por que o crescimento da produtividade industrial parece ao primeiro olhar estar avançando, apesar de que é de fato menor do que antes. Mais e mais é produzido com menos trabalhadores, como advogam os teóricos da automação, mas não porque a mudança tecnológica está aumentando as taxas de crescimento da produtividade. Ao contrário, o crescimento da produtividade no setor manufatureiro parece hoje em dia rápido somente porque a escala do crescimento do produto contra a qual este crescimento é medido está encolhendo (Benanav, 2019, p. 25, *tradução nossa*).

A ideia é a de que a desindustrialização, cuja origem é o excesso de capacidade de bens industriais, levou às quedas de emprego neste setor. Completa dizendo que não houve mudança significativa da demanda do setor industrial para o de serviços, porque o produto como um todo expandiu-se menos. O autor chama ainda atenção para o fato de que, ao invés de uma massa de desempregados, o que se viu foi um crescimento do subemprego e retirada de direitos, já que as ocupações que se expandiram no setor de serviços foram, em regra, mais precárias e com mais baixos salários. Ou seja, para os países desenvolvidos do G7 e alguns países dos Brics analisados por Benanav, o que melhor explica o desemprego é a queda da demanda e não as inovações tecnológicas.

Outros trabalhos como os de Mason (2020) e Bastani (2019) também indicam o declínio do crescimento da produtividade, negando ao desemprego tecnológico o lugar de destaque ao analisar o desemprego global. O primeiro menciona que a inovação tecnológica afetou o crescimento econômico de menos de 0,2% na primeira década do milênio, enquanto o segundo indica que a evidência sugere que o grau de automação no Reino Unido desacelerou nas décadas recentes devido à queda acentuada dos salários reais. Investimento em tecnologia poupadora de mão de obra não interessa em tais situações, seja porque a mão de obra é barata, seja porque, com baixos salários, as produções aumentadas com tais tecnológicas podem exceder as necessidades solváveis.

No Brasil, o terceiro artigo da tese (como dito, escrito antes deste segundo artigo) analisou as causas da geração de ocupações no Brasil, por meio de matrizes de insumo-produto. No trabalho, por meio de decomposição estrutural do emprego foram analisados os períodos 2000-2005 e 2010-2015, que eram os únicos períodos para os quais há matrizes insumo-produto oficiais compatíveis entre si a partir de 2000. Neste estudo, já se percebia que, a não ser no caso da agricultura, que apresenta perda de ocupações por incorporação de inovações e aumento da produtividade do trabalho, nos demais setores e

para os dois períodos foram mudanças na demanda que explicaram principalmente as variações de emprego.

Prosseguindo os estudos e com vistas a investigar um período mais longo e realizar uma análise mais abrangente, foram analisadas as matrizes estimadas por Alves-Passoni e Freitas (2020) a preços correntes e as elaboradas por Alves-Passoni (2019) a preços do ano anterior. Tais matrizes foram estimadas utilizando como base a metodologia desenvolvida por Grijó e Bêrni (2006) e a aplicação do método RAS (Miller e Blair, 2009). Para a decomposição estrutural do emprego, foram analisados os períodos 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 e 2015-2018.

Na deflação dos preços utilizou-se processo ligeiramente modificado em comparação ao apresentado originalmente no terceiro artigo, que não resolvia o problema da aditividade, mas apenas controlava para os preços relativos.

No processo de deflação, adotaram-se duas etapas complementares apresentada em Alves-Passoni (2019). Em primeiro lugar, deflacionou-se as informações da matriz insumo-produto “célula a célula”, para capturar as variações de preços relativos entre todos os produtos e setores. Nesse momento, o controle de preços relativos permite que a análise seja feita sobre a variação das “unidades de volume” dos itens (Alves-Passoni, 2019). Em segundo lugar, a aditividade foi alcançada deflacionando-se toda a matriz pelo deflator do valor bruto de produção total encadeado ano a ano. Assim, todos os dados estarão na forma de preços constantes de um determinado ano-base (Alves-Passoni, 2019; Balk e Reich, 2008; Reich, 2008).

Diante disso, uma alteração algébrica para o modelo apresentado na equação (5) do terceiro artigo foi feita:

$$\mathbf{x}^v = [\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}]^{-1} \tilde{\mathbf{f}} \quad (1)$$

em que \mathbf{x}^v é a produção total das atividades em unidades de volume (preços relativos constantes), $[\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}]^{-1}$ é a “matriz inversa de Leontief” (Miller e Blair, 2009; Ricardo-Schuschny, 2005) ponderada pelos preços relativos da produção total setorial. Por fim, $\tilde{\mathbf{f}}$ é o vetor de demanda final total agora ponderado pelos preços relativos da produção setorial total. Com essa representação, são acomodadas as variações dos preços relativos referentes às aditividades das matrizes insumo-produto bem como o processo de perda de valor da moeda como unidade de conta (Alves-Passoni, 2019; Balk e Reich, 2008; Reich, 2008)

Para a apresentação nos gráficos subsequentes, onde estão os resultados da evolução da geração de ocupações, foram usadas abreviações dos setores explicitados na Tabela 1.

Tabela 1. Lista de abreviaturas

Setores	Abreviatura
Agropecuária	Agro
Indústrias extrativas	Ind Extr
Indústrias de transformação	Ind Transf
Eletr. e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	Eletr
Construção	Constr
Comércio	Comercio
Transporte, armazenagem e correio	Transp
Informação e comunicação	Info
Ativ. financeiras, de seguros e serviços relacionados	Financ
Atividades imobiliárias	Imobi
Outras atividades de serviços	Otrs Serv
Adm., defesa, saúde e educação púb. e seguridade social	Adm pub

Tabela 1 - Fonte: Terceiro artigo da tese a seguir.

Como é possível verificar na Figura 1, os períodos de baixo crescimento (2000-2005; 2010-2015; 2015-2018) mostram a agricultura como o único setor com perda de empregos significativa por inovações tecnológicas poupadoras de mão de obra, em que mais de 13,4 milhões de ocupações foram reduzidas no período por essa razão e que foram apenas parcialmente compensados por aumentos de demanda, gerando um resultado líquido de 3,3 milhões de empregos reduzidos entre 2000 e 2018. No último período, em bem menor proporção, o setor de indústria de transformação perdeu pouco mais de 250 mil empregos por inovações relacionadas à produtividade do trabalho.

No período de crescimento mais elevado (2005-2010), vários setores passam a perder empregos com inovações tecnológicas poupadoras de mão de obra. Mas só a agricultura, nos segundo e terceiro período, e a indústria de transformação, no terceiro período, não conseguem compensar a queda de emprego por inovação tecnológica com geração de ocupações por aumento de demanda. Isso mostra que a variação da demanda é muito mais importante do que a variação da produtividade do trabalho para explicar o desemprego. Além disso, em períodos de baixo crescimento, os setores de outros serviços, comércio e construção civil e indústria de transformação com menor destaque se destacam com geração de empregos, mostrando involução tecnológica ou queda da produtividade do trabalho.

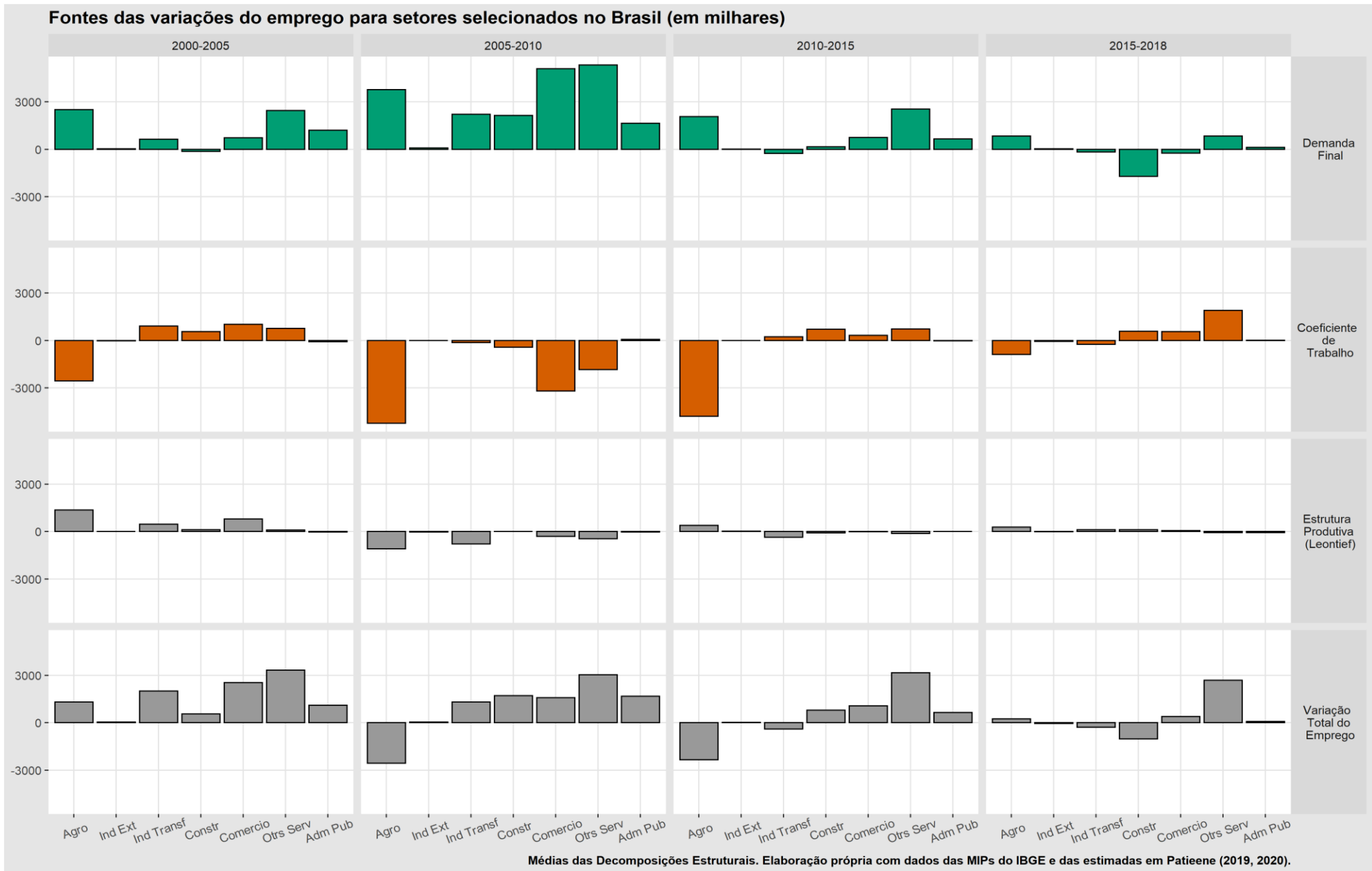


Figura 1: Decomposição estrutural para o emprego.

Como sabemos, estes setores de serviços são, em regra, os de condições de trabalho mais precárias. Assim, em países diferentes, por meio de metodologias distintas e em diversos períodos mais recentes analisados, a perda de empregos por inovações tecnológicas ou automação não parece ser uma causa importante. Aliás, a mera observação da data do livro de Gorz (1980) que deu origem a uma das muitas ondas de preocupações com o fim do trabalho, e da primeira edição do livro de Antunes (1995) criticando-o mostra que temos aí quase meio século sem que essa ideia de fim de trabalho se confirme.

Considerações Finais

As afirmações de fim do trabalho ou da centralidade do trabalho no capitalismo, em função do seu caráter informatizado/digitalizado se equivocam por duas razões principais. Em primeiro lugar, a incompreensão do que define o capitalismo, em particular, do papel do valor-trabalho como modo de dominação social que gere este modo de produção. Em segundo lugar, o não entendimento de seu caráter gerador de lucro por meio de trabalho não pago.

A forma de incompreensão sob análise neste trabalho se refere aos indivíduos se valendo de plataformas para se transformarem em empresários de si mesmos. Ora, estão muito mais próximos de trabalhadores que se transformam em pessoa jurídica para agradar ao patrão, que não lhe paga os salários indiretos e alguns outros direitos trabalhistas. Isso ocorre em vista da sujeição às regras da plataforma e à entrega de boa parte do obtido com seu trabalho ao proprietário dela, que é o meio de produção principal a ser utilizado pelo trabalhador. Em qualquer caso, a entrega de parte do produto do seu trabalho está indo para o proprietário dos meios de produção o que valoriza o capital deste último.

O trabalho concreto, produtor de valores de uso não acabou nem acabará porque é comum a todas as sociedades, pois é condição de “apropriação do elemento natural para a satisfação de necessidades humanas, condição universal do metabolismo entre homem e natureza, perpétua condição natural da vida humana” (Marx, 2013, p.192). Isso existe mesmo que seja imaterial ou enormemente facilitado e complexificado com o desenvolvimento das tecnologias.

Por outro lado, o trabalho abstrato, criador de valor, não acabou no capitalismo, uma vez que ainda vivemos a partir de compras do que precisamos para existir, e vendemos mercadorias para comprá-las. Imensa é a parcela da população que precisa

vender sua capacidade de trabalho ou força de trabalho pelo tempo de trabalho socialmente necessário à sua produção, que é inferior ao tempo de trabalho total. Tal dinâmica ocorre no capitalismo porque é preciso produzir mais para pagar pelo acesso aos meios de produção de propriedade privada.

O cálculo do trabalho necessário para (re)produzir a força de trabalho (salário), e do trabalho excedente (mais-valia), não é definido *a priori* em cada processo de trabalho ou para cada mercadoria. É preciso que as mercadorias em geral, e a força de trabalho em particular, se confrontem com as condições sociais de produção nos mercados e contra o dinheiro, após sua produção (*post festum*), de forma a que se explicitem as médias sociais em torno das quais preços e salários de mercado flutuarão (com desvios dados por ofertas e procuras).

Não há como negar a grande proporção de trabalhadores assalariados nem a submissão à lógica do valor trabalho, razão pela qual não é possível admitir que deixamos de contar com o modo de produção capitalista. Acabar com ele é fundamental, mas para isso não basta inovar tecnologicamente. Não será simplesmente pelo progresso tecnológico que o trabalho deixará de ser fundamental ou que se conseguirá derrubar o capitalismo. A palavra de ordem continua sendo: “Trabalhadores do mundo, uni-vos”.

Referências

Acypreste, R. e Mollo, M. L. R. 2021. A Questão da Maquinaria em Ricardo, Marx e Wicksell, *Nova Economia*, Volume 31, n. 2.

Alves-Passoni, P. *Deindustrialization and regressive specialization in the Brazilian economy between 2000 and 2014: a critical assessment based on the input-output analysis*. Rio de Janeiro - BRA: UFRJ, 2019.

Alves-Passoni, P.; Freitas, F. N. P. *Texto para Discussão 025 | 2020 Estimação de Matrizes Insumo-Produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010*. Rio de Janeiro - RJ, BRA. [s.n.].

Antunes, R. 2015. *Adeus ao Trabalho, Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho*. 16ª ed. São Paulo: Cortez Editora.

ANTUNES, Ricardo. 1995. *Adeus ao trabalho? Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho*. São Paulo: editora Cortez. 155 p

Balk, B. M.; Reich, U. P. Additivity of national accounts reconsidered. *Journal of Economic and Social Measurement*, v. 33, n. 2–3, p. 165–178, 2008.

Bastani, A. 2019. Fully Automated Luxury Communism – A Manifesto, Verso.

Benanav, A. 2019. Automation and the Future of Work – I, *New Left Review* 119, sept-oct.

Bonefeld, W. 2010. Abstract labour: Against its nature and on its time. *Capital & Class*, 34(2) 247-276.

Carcanholo, M. e Medeiros, J. L. 2012. Trabalho no capitalismo contemporâneo: pelo fim das teorias do fim do trabalho, *Outubro*, n. 20, 1º semestre.

Dardot, P. e Laval, C. 2016. *A Nova Razão do Mundo*, São Paulo: Boitempo Editorial.

Fontes, V. 2017. Capitalismo em tempos de uberização: do emprego ao trabalho, *Marx e o Marxismo*, v. 5, n.8, jan/jun.

Gorz, A. 1982. *Adeus ao proletariado: para além do socialismo*. Rio de Janeiro: Forense Universitária.

Grijó, B.; Bêni, D. A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. *Teoria e Evidência Econômica*, v. 14, n. 26, p. 9–42, 2006.

Harvey, D. 1992. *A Condição Pós-Moderna*, São Paulo: Loyola, 1972.

Mason, P. *Clear Bright Future*, Penguin Books, 2020.

Marx, K. 2013. *O Capital*, Livro 1, São Paulo: Boitempo Editorial.

_____. 2011, *Grundrisse*, São Paulo : Boitempo Editorial-1858 (*Grundrisse*). Paris: Editions Sociales.

_____. 1980, Manuscritos de 1857-1958 (“Grundrisse”), Tome II, Paris: Editions Sociales.

Miller, R. E.; Blair, P. D. *Input-Output Analysis*. New York, NY, US: Cambridge University Press, 2009.

Negri, A. 1991. *Marx Beyond Marx – Lessons on the Grundrisse*, New York: Automeia.

Pasquinelli, M. 2019, On the origins of Marx’s general intellect, *Radical Philosophy*, 2.06, Winter.

Postone, M. 2003. *Time, Labor and Social Domination – a reinterpretation of Marx’s critical theory*, Cambridge: Cambridge University Press.

Reich, U. P. Additivity of deflated input-output tables in national accounts. *Economic Systems Research*, v. 20, n. 4, p. 415–428, 2008.

Ricardo, D. 1977. *Princípios de Economia Política e Tributação*. São Paulo: Nova Cultural Ltda., Disponível em: [http://www.afoiceeomartelo.com.br/posfsa/autores/Ricardo, David/David Ricardo - Os economistas.pdf](http://www.afoiceeomartelo.com.br/posfsa/autores/Ricardo,%20David/David%20Ricardo%20-%20Os%20economistas.pdf)>. Acesso em: 2 nov. 2018.

Saad-Filho, A. 2001. Salários e exploração na teoria marxista do valor, *Economia e Sociedade*, (16): 27-42, jun. 2001.

Wicksell, K. 1977. *Lectures on Political Economy - Vol I - General Theory*. New Jersey - USA: A. M. Kelley, v. II.

Artigo 3: Emprego, inovação tecnológica e crescimento no Brasil: um resultado a partir da Matriz de Insumo-Produto²⁶

Employment, technical change and growth in Brazil: a conclusion from input-output table.

Rafael de Acypreste

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8607-2184>

***Abstract:** The debate on technological unemployment is accentuated when disruptive innovations gain eminence, as is the recent case of artificial intelligence. However, such analyses often ignore economic growth and aggregate demand in the treatment of unemployment. This article analyses what has been happening about the jobs in Brazil from the structural decomposition of the Input-Output Matrix. What we find is that, except for agriculture, sectors were job generators from 2000 to 2015. In addition, demand gains were able to compensate for job losses resulting from technological progress.*

Palavras-chave: matriz de insumo-produto; mudança estrutural, desemprego tecnológico; crescimento da demanda.

Key-words: input-output matrix; structural change; technological unemployment; demand growth.

JEL Classification: J21, J23, C67, O33

Introdução

O debate sobre a perda de empregos com as inovações tecnológicas tende a aparecer de forma recorrente ao longo do tempo, em particular quando surtos de inovações mais importantes ocorrem. Assim é que o debate recente tem produzido um aumento expressivo de publicações sobre a Inteligência Artificial (IA), relacionando-a com a perda significativa de empregos efetiva e esperada (Acemoglu e Restrepo, 2020; Autor, 2015; Benanav, 2019; Frey e Osborne, 2017; Hagemann, 2012; Mazzucato, 2013; Pasquinelli, 2019; Pellegrino, Piva e Vivarelli, 2019; Schwab, 2017). Por outro lado, as políticas mais recentes de austeridade fiscal, ao comprometer o ritmo de crescimento econômico, também desempregam.

De forma a verificar o que vem acontecendo no Brasil a este respeito, este terceiro artigo da tese busca analisar a evolução do emprego ou da criação deles, conforme suas causas, por meio da decomposição estrutural da Matriz Insumo-Produto (MIP). São comparados os períodos de 2000-2005 e 2010-2015 de modo a avaliar os impactos do desenvolvimento tecnológico e da demanda agregada sobre os empregos.

²⁶ O autor agradece os comentários e sugestões de Lorena Brandão bem como as recomendações de dois pareceristas anônimos. Eventuais erros e omissões são de inteira responsabilidade do autor.

Tanto as visões otimistas quanto as pessimistas a respeito do impacto da IA sobre os empregos encontram guarida em algum setor econômico. Nessa linha, análises multissetoriais fornecem mais elementos para avaliar o que de fato ocorre e podem ser úteis para uma análise macroeconômica mais apurada. Grande complexidade está envolvida quando se analisa, conjuntamente, produtividade, emprego, salários e demanda agregada (Gentili *et al.*, 2020). Questões estruturais adicionadas às conjunturais impedem análises determinísticas.

Buscando melhorar a apreensão do problema e tratar com mais detalhe a evolução deste fenômeno na estrutura macroeconômica brasileira, de maneira multissetorial, este artigo usa a Matriz Insumo-Produto. Alguns trabalhos avaliaram a estrutura de empregos no Brasil a partir da MIP em períodos anteriores ou com enfoques distintos do trabalho atual. Nakatani-Macedo *et al.* (2015) investigaram a evolução dos empregos nos setores industriais no período de 2000-2009. Como resultado, notaram que houve aumento do emprego industrial no período e que o progresso técnico e os aumentos de demanda contribuíram para tal crescimento. Resultados semelhantes foram encontrados para os setores de comércio e de serviços no mesmo período (Fiuza-Moura *et al.*, 2016). Por outro lado, o setor primário apresentou declínio de empregos devido ao progresso técnico, também no período de 2000-2009 (Fiuza-Moura *et al.*, 2017). Uma comparação entre países foi realizada em Luquini *et al.* (2017).

Assim, por meio da decomposição estrutural da Matriz Insumo-Produto, foi possível separar a geração de ocupações de trabalho e então seu resultado líquido por setor da economia. Também é possível identificar a razão para essa criação ou perda de empregos: mudança na demanda; alteração na produtividade do trabalho em razão de inovações tecnológicas poupadoras de mão de obra, ou mudanças nas técnicas de produção no que tange aos requisitos de insumos usados no processo produtivo. Este último caso, embora haja possibilidade de perda de empregos, não é fruto de inovações tecnológicas que aumentam a produtividade do trabalho, de forma a poupar custos salariais, mas decorre de mudanças nos preços relativos ou economias de escala que buscam redução no custo dos insumos utilizados.

Na seção 1, descreve-se a decomposição estrutural da MIP. Na seção 2, são introduzidas as formas de decomposição dos empregos por causa determinante. Na seção 3, analisam-se os resultados. A seção 4, das considerações finais, será responsável pelas conclusões gerais obtidas nas seções anteriores.

Decomposição estrutural e tratamento da Matriz de Insumo-Produto para o emprego

A Matriz Insumo-Produto fornece uma série de informações para análise macroeconômica multissetorial. A maior capacidade computacional recente conferiu ainda mais versatilidade a tais análises, uma vez que maiores desagregações e aplicações matemáticas podem ser feitas. Em síntese, uma MIP é um sistema de equações lineares simultâneas que descrevem a distribuição da produção entre as atividades econômicas de uma dada economia (Miller e Blair, 2009), com níveis de agregação e abrangência espacial distintas.

A informação central de uma MIP é a matriz de consumo intersetorial que descreve o fluxo de produtos de um setor industrial para si mesmo ou para outros em um determinado período de tempo, geralmente um ano. Na matriz, são descontadas as importações. Nas colunas, há a indicação dos insumos que determinada atividade demanda de si mesma e das demais. As linhas indicam os insumos fornecidos (em quantidades físicas ou em valores correntes) por um setor para os vários setores da economia²⁷.

É a partir dessa matriz que se pode inferir a matriz de coeficientes técnicos, que mede a quantidade de insumos que um setor demanda de si e dos demais por unidade produzida. Da matriz de coeficientes, infere-se a “matriz inversa de Leontief”, que indica a técnica de produção em termos de requisitos diretos e indiretos dos insumos usados por um setor e provenientes de todos os setores, cujos valores são dados por unidade monetária de demanda final. Há ainda colunas adicionais que representam a demanda final da economia — em que podem ser identificados consumo das famílias, gastos do governo, exportações, etc. — e linhas adicionais que representam o valor adicionado da economia e contabilizam os salários, depreciação do capital, tributação indireta e importações (Miller e Blair, 2009, p. 3).

Para o Brasil, a MIP é elaborada a partir das Tabelas de Recursos e Usos (TRU) produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Como as TRUs não fazem distinção entre a origem nacional ou importada de bens e serviços e são apresentadas a preços de consumidor, o IBGE vem divulgando quinquenalmente as MIPs,

²⁷ Os detalhes mais elementares das manipulações algébricas com a MIP podem ser vistos em Miller e Blair (2009). Para as especificidades e transformações da MIP brasileira, consultar IBGE (2018).

com detalhamento dos consumos intermediário e final por origem e a preços básicos (IBGE, 2016). As mudanças constantes de metodologia e os poucos dados impõem restrições nas análises para o caso brasileiro ainda que, para os períodos de 2000-2005 e 2010-2015, os dados sejam apresentados de maneira satisfatória.

Uma das possibilidades de uso da MIP é realizar a chamada “análise de decomposição estrutural” — *Structural Decomposition Analysis (SDA)*. Partindo das igualdades contábeis tradicionais que podem ser feitas com as Contas Nacionais, objetiva-se descrever a origem das mudanças econômicas setoriais em itens como valor adicionado, valor bruto de produção, fontes de demanda final (Miller e Blair, 2009), crescimento econômico, requisitos de insumos para produção (Belegri-Roboli e Markaki, 2010) e etc.

O interesse deste trabalho é identificar as fontes das mudanças setoriais na evolução do emprego. Para isso, serão avaliadas as alterações do número de ocupações da economia brasileira causadas pelas alterações no coeficiente técnico do trabalho (quantidade de trabalho por unidade de produto, que pode ser tratada como uma *proxy para o inverso da produtividade do trabalho*²⁸), na tecnologia de produção (expressa pela matriz inversa de Leontief) e na demanda final. Isso pode ser feito por meio de análises de estática comparativa, a partir das decomposições estruturais da MIP brasileira.

Uma análise de decomposição estrutural para os empregos no Brasil ajuda a identificar setores que apresentaram maiores perdas de emprego devido a inovações tecnológicas ou mudanças de origens dos insumos bem como analisar geração de empregos decorrente de aumentos de demanda. Análises anteriores de decomposição estrutural para emprego no Brasil podem ser encontradas em Sesso-Filho et al. (2010), Nakatani-Macedo *et al.* (2015) e Figueiredo & Oliveira (2015).

1.1 Tratamento dos dados da Matriz Insumo-Produto

²⁸ A medida mais comumente utilizada para calcular a produtividade é a razão entre as ocupações e o valor adicionado no setor. No presente artigo, utiliza-se o valor total da produção para o cálculo. Vale ressaltar que a correlação entre o valor adicionado e a produção total ficou próxima da unidade, com diferença na segunda casa decimal, para todos os setores nos quatro períodos analisados. A menor medida de correlação foi de 0,965 para o setor de Indústrias Extrativas. Ademais, como se trata de uma análise de variação temporal cujo objetivo é identificar os efeitos de uma variação de intensidade no trabalho, a medida por meio da produção total não traz vieses significativos.

Considerando a estrutura da MIP, uma das formas mais usuais de fazer a análise é identificar o destino da produção de cada setor, representado por suas linhas e fazer derivações analíticas²⁹. É comum que os valores sejam representados em unidades monetárias. Portanto, representando por x_i a produção de cada setor³⁰, pode-se denotar por z_{ij} a produção do setor i que é vendida ao setor j e por f_i a demanda final. Para a presente análise, foram considerados como demanda final o consumo final do governo, consumo final das instituições sem fins de lucro a serviço das famílias, consumo final das famílias, exportações, formação bruta de capital fixo e variação de estoques.

Portanto, a distribuição da produção total do setor i numa economia formada por n setores é dada por:

$$x_i = z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + f_i \quad (1)$$

Pode-se representar os termos da equação (1) em forma matricial para os n setores, configurando o chamado modelo “fechado” (Miller e Blair, 2009), de forma que:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{1,1} & z_{1,2} & \dots & z_{1,n} \\ z_{2,1} & z_{2,2} & \dots & z_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n,1} & z_{n,2} & \dots & z_{n,n} \end{bmatrix} e \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

em que \mathbf{x} e \mathbf{f} são vetores-coluna representando, respectivamente, o produto total e demanda final por setor e \mathbf{Z} é a matriz representativa das vendas entre os setores. As letras minúsculas em negrito representarão os vetores-coluna — $\mathbf{x}' = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, os vetores-linha — e as letras maiúsculas em negrito, as matrizes.

Com isso, a equação (1) pode ser reescrita como:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z}\mathbf{i} + \mathbf{f} \quad (1a)$$

onde \mathbf{i} é um vetor de dimensão $n \times 1$ formado pelo número 1 em todas suas entradas, conhecido como vetor de soma de linhas. A partir da matriz \mathbf{Z} , pode-se derivar a matriz \mathbf{A} de coeficientes técnicos de produção, que indica a quantidade de insumos que um setor

²⁹ As derivações foram feitas tendo por base, essencialmente, o trabalho de Miller & Blair (2009).

³⁰ A notação aqui adotada é mais próxima à usada por Miller & Blair (2009) e difere da nomenclatura utilizada pelo IBGE.

demanda de si mesmo e dos demais para produzir uma unidade monetária de produto final. Esta razão será representada por a_{ij} tal que:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} = \frac{\text{total demandado pelo setor } j \text{ ao setor } i}{\text{produção total do setor } j} \quad (3)$$

A relação estabelecida entre \mathbf{Z} e \mathbf{A} é tal que:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \frac{z_{1,1}}{x_1} & \frac{z_{1,2}}{x_2} & \dots & \frac{z_{1,n}}{x_n} \\ \frac{z_{2,1}}{x_1} & \frac{z_{2,2}}{x_2} & \dots & \frac{z_{2,n}}{x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{z_{n,1}}{x_1} & \frac{z_{n,2}}{x_2} & \dots & \frac{z_{n,n}}{x_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & x_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & x_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

em que $\hat{\mathbf{x}}$ é a matriz diagonal — cuja notação será mantida ao longo do trabalho — em que os valores da produção de cada setor estão na diagonal e o restante da matriz é formada por zeros, o que permite multiplicar todos os elementos de uma coluna por um único valor. Vale notar que tal operação só é possível a partir da hipótese de que todos os setores em análise terão alguma produção e, portanto, $x_j > 0$ para todo j .

Pode-se, com isso, substituir (4) em (1a) de modo que:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} = \mathbf{L}\mathbf{f} \quad (5)$$

em que se considera \mathbf{I} a matriz identidade $n \times n$ e a notação sobrescrita em $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ como indicação da matriz inversa de uma matriz não singular $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$.

Ademais, define-se $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{L}$, em que \mathbf{L} é a “matriz inversa de Leontief”, indicativa da estrutura produtiva de uma dada economia e também conhecida como matriz de requisitos diretos e indiretos de produção (Miller e Blair, 2009; Ricardo-Schuschny, 2005). Portanto, a equação (5) representa a equação básica de análise da estrutura da MIP. A partir dela, pode-se avaliar a evolução do emprego ao adicionar alguns elementos.

Para tanto, deve-se considerar como requisito de trabalho a quantidade necessária de ocupações de postos de trabalho para a produção de uma unidade monetária em certo setor, ou seja, $e_{c,i} = \frac{e_i}{x_i}$, em que $e_{c,i}$ é o coeficiente de trabalho do setor i e e_i é o total de ocupações do setor i . Em notação matricial, pode-se escrever o emprego como:

$$e = \hat{e}_c x = \begin{bmatrix} \frac{e_1}{x_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{e_2}{x_2} & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{e_n}{x_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

em que \hat{e}_c é a matriz diagonal com os coeficientes de trabalho dos setores e $e = (e_1, e_2, \dots, e_n)'$ é o vetor-coluna com o número de empregados de cada setor.

Diante disso, para a análise do emprego na economia, pode-se substituir a equação (5) em (6), de onde se tem que:

$$e = \hat{e}_c L f \quad (7)$$

Por conseguinte, pode-se partir de (7) para formas que permitam fazer a análise da evolução do emprego no tempo.

Formas de decomposição da variação do emprego

As formas apresentadas na seção anterior podem ser organizadas para que indiquem, adicionalmente, informação temporal. Para isso, doravante, o sobrescrito nas expressões das matrizes e vetores indicarão a marcação temporal. Por simplicidade, admita-se apenas dois períodos $t = 0$ e $t = 1$. Assim, a equação (7) pode ser reescrita como:

$$e^0 = \hat{e}_c^0 L^0 f^0 \text{ e } e^1 = \hat{e}_c^1 L^1 f^1 \quad (8)$$

A partir de (8), pode-se estudar os efeitos de uma variação no tempo do emprego, denotada por:

$$\Delta e = e^1 - e^0 = \hat{e}_c^1 L^1 f^1 - \hat{e}_c^0 L^0 f^0 \quad (9)$$

A análise de decomposição estrutural permite analisar as variações de emprego a partir do coeficiente de trabalho (variações de produtividade), da alteração da estrutura de produção (mudança tecnológica) e da demanda final. A decomposição exige que a

equação (9) seja escrita em função das variações dos demais termos, quais sejam: $\Delta\hat{e}_c = \hat{e}_c^1 - \hat{e}_c^0$, $\Delta L = L^1 - L^0$ e $\Delta f = f^1 - f^0$.

Porém, as formas de decomposição sofrem do problema da não unicidade de solução, cujas alternativas dependem da quantidade de variáveis do modelo. Isso faz com que, para n determinantes, tenhamos $n!$ formas para decompor as mudanças de maneira isolada (Dietzenbacher e Los, 1998)³¹. Para o caso em análise, há seis (3!) formas. Como exemplo, pode-se considerar as seguintes variações:

$$\hat{e}_c^1 = \hat{e}_c^0 + \Delta\hat{e}_c, \quad L^0 = L^1 - \Delta L \quad e \quad f^0 = f^1 - \Delta f \quad (10)$$

Substituindo estas variações em (9) tem-se que:

$$\Delta e = (\hat{e}_c^0 + \Delta\hat{e}_c)L^1 f^1 - \hat{e}_c^0(L^1 - \Delta L)(f^1 - \Delta f)$$

e fazendo as devidas manipulações, podemos chegar a:

$$\Delta e = \underbrace{\Delta\hat{e}_c L^1 f^1}_{\text{mudança no coef.de trabalho}} + \underbrace{\hat{e}_c^0 \Delta L f^1}_{\text{mudança técnica}} + \underbrace{\hat{e}_c^0 L^0 \Delta f}_{\text{variação de demanda}} \quad (11)$$

Assim, é possível avaliar a contribuição da variação de cada elemento para a mudança total do emprego. Como se pode ver em (11), o termo referente à mudança no coeficiente de trabalho está ponderado pela matriz inversa de Leontieff e pela demanda final do período $t = 1$. Por outro lado, o termo referente à variação de demanda está ponderado pela estrutura de emprego e pela matriz inversa do período $t = 0$. Assim, nota-se que (11) é uma das duas chamadas “decomposições polares” (Dietzenbacher e Los, 1998) e é solução para (9). A outra decomposição polar é dada adotando-se as variações “refletidas” de (10), quais sejam:

$$\hat{e}_c^0 = \hat{e}_c^1 - \Delta\hat{e}_c, \quad L^1 = L^0 + \Delta L \quad e \quad f^1 = f^0 + \Delta f \quad (12)$$

Substituindo (12) em (9) tem-se que:

³¹ Ao se permitir a multiplicação de variação dos fatores, o número será ainda maior do que $n!$ (Belegri-Roboli e Markaki, 2010).

$$\Delta e = \hat{e}_c^1(L^0 + \Delta L)(f^0 + \Delta f) - (\hat{e}_c^1 - \Delta \hat{e}_c)L^0 f^0$$

e fazendo as devidas manipulações, pode-se chegar a:

$$\Delta e = \underbrace{\Delta \hat{e}_c L^0 f^0}_{\text{mudança no coef.de trabalho}} + \underbrace{\hat{e}_c^1 \Delta L f^0}_{\text{mudança técnica}} + \underbrace{\hat{e}_c^1 L^1 \Delta f}_{\text{variação de demanda}} \quad (13)$$

No caso de (13), o termo referente à mudança no coeficiente de trabalho está ponderado pela matriz inversa de Leontieff e pela demanda final do período $t = 0$. Já o termo referente à variação de demanda está ponderado pela estrutura de emprego e da matriz inversa do período $t = 1$. Há trabalhos que usam a média das duas composições polares (Dietzenbacher e Los, 1998; Figueiredo e Oliveira, 2015). Entretanto, além das soluções polares em (11) e (13), pode-se encontrar, alterando-se a forma das variações de cada termo em (10), mais quatro soluções para a variação do emprego com distintas ponderações, quais sejam:

$$\Delta e = \Delta \hat{e}_c L^1 f^0 + \hat{e}_c^0 \Delta L f^0 + \hat{e}_c^1 L^1 \Delta f \quad (14)$$

$$\Delta e = \Delta \hat{e}_c L^1 f^1 + \hat{e}_c^0 \Delta L f^0 + \hat{e}_c^0 L^1 \Delta f \quad (15)$$

$$\Delta e = \Delta \hat{e}_c L^0 f^0 + \hat{e}_c^1 \Delta L f^1 + \hat{e}_c^1 L^0 \Delta f \quad (16)$$

$$\Delta e = \Delta \hat{e}_c L^0 f^1 + \hat{e}_c^1 \Delta L f^1 + \hat{e}_c^0 L^0 \Delta f \quad (17)$$

Portanto, para dar conta da devida variabilidade das soluções neste trabalho, será contabilizada a média das seis soluções distintas representadas em (11) e (13) a (17), como sugerido por Dietzenbacher & Los (1998). Para que o leitor possa fazer o julgamento da acurácia das respostas, são apresentadas as tabelas 2 e 3 adiante, que trazem medidas de dispersão dos valores entre as distintas soluções. Porém, antes das análises, é necessário que os preços sejam deflacionados para neutralizar os efeitos das variações monetárias, que poderiam mascarar mudanças não reais do fenômeno sob análise.

Para que as MIPs de diferentes anos sejam comparadas, é necessário que os preços sejam constantes, ou seja, avaliados em termos de um mesmo período. Neste trabalho, o ano de 2015 foi adotado como base. Com o objetivo de atualizar os valores, foram utilizados os dados das Tabelas de Recursos e Usos (TRU) para os anos de 2001 a 2015 elaboradas pelo IBGE (2016). Como o IBGE segue a orientação de que os preços constantes sejam divulgados apenas a preços do ano anterior, foi preciso avaliar as tabelas do período completo (2000 a 2015), ainda que o interesse seja apenas em atualizar os preços de 2000, 2005 e 2010.

A deflação dos preços dos insumos intermediários, demanda final e produto total foi realizada a partir dos dados da oferta total a preço básico por produto disponibilizados nas Tabelas 1 e 3 de Recursos de bens e serviços, que se referem aos preços correntes e aos preços do ano anterior respectivamente (IBGE, 2016). Com isso, utilizando o fato de que os dados da oferta total a preços básicos do ano anterior preservam as quantidades, as manipulações algébricas abaixo permitiram deflacionar as informações para o consumo intermediário e a demanda final, preservando apenas os efeitos sobre as quantidades. O nível desagregado e compatível com as informações da Matriz de Insumo-Produto tem a vantagem de permitir variações setoriais do efeito dos preços. Como tais tabelas se referem aos preços por produtos, a conversão de preços dos setores era necessária para que a análise no presente trabalho pudesse ser realizada considerando as atividades da economia. Por fim, esta conversão de produtos para setores foi realizada conforme orientação do próprio IBGE (2018).

Para a tabela 1 da TRU, de valores correntes, o dado apresentado indica o valor da oferta total a preço básico (v) tal que, para cada produto vale a seguinte igualdade³²:

$$v_1^1 = p_1 q_1 \tag{18}$$

em que o subscrito indica o período para o qual os dados foram gerados e o sobrescrito indica o ano de referência para os preços (p). Em (18), tem-se que as informações se referem ao ano $t = 1$ avaliados em preços correntes, ou seja, nos termos do próprio ano $t = 1$ com a produção física q_1 .

Os valores de (18) podem também ser avaliados com base no tempo anterior $t = 0$ de modo que:

³² Os índices referentes aos preços foram omitidos para clareza da notação.

$$v_1^0 = p_0 q_1 \quad (19)$$

onde se vê que a produção do período $t = 1$ está medida em termos dos preços de $t = 0$, de modo que os valores do período $t = 1$ estão avaliados a preços do ano anterior.

Resolvendo ambas equações (18) e (19) para a quantidade q_1 e igualando-as, tem-se o seguinte:

$$\frac{v_1^0}{p_0} = \frac{v_1^1}{p_1} \Leftrightarrow \frac{p_1}{p_0} = \frac{v_1^1}{v_1^0} \quad (20)$$

de onde se pode notar que a razão entre os preços de um período e do anterior se iguala à razão entre os valores da produção a preços correntes e os valores a preços do ano anterior. Esta última informação é disponibilizada pelo IBGE e permite fazer a devida atualização dos preços.

Assim, a partir da equação (20), é possível escrever os valores da produção do ano $t = 0$ em termos dos preços do ano $t = 1$ conforme o que segue:

$$\frac{v_0^1}{p_1} = \frac{v_0^0}{p_0} \Leftrightarrow v_0^1 = \frac{p_1}{p_0} v_0^0 = \frac{v_1^1}{v_1^0} v_0^0 \quad (21)$$

Como o objetivo é colocar todos os valores das MIPs em termos de 2015 e o IBGE oferece apenas os valores em preços do ano anterior, há ainda um passo necessário. As manipulações algébricas abaixo podem ser feitas para a atualização de intervalos maiores do que um período usando os dados referentes apenas ao período anterior. Assim, para um período de tempo $n \geq 2$ e com base em (20):

$$v_0^n = \frac{p_n}{p_0} v_0^0 = \frac{p_1}{p_0} \frac{p_2}{p_1} \dots \frac{p_{n-1}}{p_{n-2}} \frac{p_n}{p_{n-1}} v_0^0 = \frac{v_1^1}{v_1^0} \frac{v_2^2}{v_2^1} \dots \frac{v_{n-1}^{n-1}}{v_{n-1}^{n-2}} \frac{v_n^n}{v_n^{n-1}} v_0^0 = \prod_{i=1}^n \frac{v_i^i}{v_i^{i-1}} v_0^0 \quad (22)$$

em que os dados à direita da última igualdade estão disponibilizados nas tabelas de recursos de bens e serviços das TRUs dos anos de interesse. Com isso, todos os cálculos apresentados na seção 1.1 foram realizados a preços de 2015.

Resultados da Decomposição Estrutural

Para realizar as análises, foram usados os dados das matrizes de insumo-produto de 2000, 2005, 2010 e 2015. Como interessam os efeitos de médio e longo prazo para o emprego, utilizar as matrizes divulgadas diretamente pelo IBGE contribui para a manutenção da metodologia de estimação da MIP. Por outro lado, o período adjuto 2005-2010 não pôde ser realizado devido a uma mudança metodológica realizada pelo próprio IBGE no período. Ademais, as reestruturações do emprego no período de cinco anos permitem verificar de maneira mais acurada as consolidações de novas tecnologias e as mudanças de números de ocupações nos vários setores.

Como limitação analítica dos dados sobre emprego, vale destacar que o IBGE divulga, nas Contas Nacionais, apenas o número de ocupações e não exatamente o de trabalhadores. Como uma pessoa pode ter mais de uma ocupação, a quantidade de pessoas empregadas é, provavelmente, menor do que o indicado. A análise em termos de ocupações também pode gerar medidas distorcidas de aumento ou redução de produtividade uma vez que mudanças de jornada de trabalho alteram as medidas de produtividade, mas não têm relação com desenvolvimento tecnológico. Essas são variações cíclicas originadas de uma resposta incompleta e defasada do emprego e das horas de trabalho com respeito a flutuações de demanda e não de um choque tecnológico exógeno (Gordon, 2010). Portanto, parte do efeito de variação do número de ocupações, pode não estar relacionado a mudança tecnológica no sentido de poupança de mão de obra, mas sim como uma resposta à demanda, o que corrobora as reflexões centrais do trabalho, detalhadas abaixo.

Os dados são apresentados como variações de 2000 a 2005 e 2010 a 2015 para as matrizes indicadas como 12 setores³³. Para a apresentação subsequente, quando necessário, foram usadas abreviações explicitadas na Tabela 1.

Setores	Abreviatura
Agropecuária	Agro
Indústrias extrativas	Ind_Extra
Indústrias de transformação	Ind_Transf
Eletr. e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	Eletr_gas
Construção	Constr

³³ Essa divisão de setores segue uma classificação das contas nacionais em nível mais agregado e segue a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 2.0 do IBGE. Uma estrutura que separa os setores a partir da sua produção ou não de mais-valor pode ser encontrada em Tregenna (2018).

Comércio	Comercio
Transporte, armazenagem e correio	Transp
Informação e comunicação	Info_comu
Ativ. financeiras, de seguros e serviços relacionados	Financeiras
Atividades imobiliárias	Imobiliarias
Outras atividades de serviços	Outros_Serv
Adm., defesa, saúde e educação púb. e seguridade social	Adm_pub

Tabela 2 - Lista de abreviaturas

Como detalhado na seção 1.1, há seis decomposições diretas para cada análise, em que os valores referentes aos três componentes das variações do emprego podem apresentar resultados distintos. Como são analisados três períodos de variação com três variáveis cada, seguem abaixo as tabelas com a menor (Tabela 2) e a maior (Tabela 3) soma dos valores absolutos das razões percentuais entre o intervalo das medidas e a média $\left[\frac{r}{\mu}(\%) \right]$. Em todas essas tabelas são apresentados a média (μ), desvio-padrão (ρ), medidas máxima ($máx$) e mínima (min), intervalo ($range$, em inglês) entre os valores máximo e mínimo (r) e o coeficiente de variação (razão percentual entre o desvio-padrão e a média) $\left[\frac{\sigma}{\mu}(\%) \right]$.

	μ	ρ	$máx$	min	r	$\frac{r}{\mu}(\%)$	$\frac{\sigma}{\mu}(\%)$
Agro	-4.760.559,4	378.044,5	-4.361.390,4	-5.152.898,6	791.508,1	-16,6	-7,9
Ind_Extr	366,5	17,4	387,4	347,2	40,1	11,0	4,8
Ind_Transf	698.087,8	29.903,5	731.325,4	664.763,9	66.561,5	9,5	4,3
Eletr_gas	-110.953,4	6.420,2	-103.824,8	-118.179,8	14.355,0	-12,9	-5,8
Constr	750.696,9	5.509,3	759.056,0	742.621,7	16.434,4	2,2	0,7
Comercio	95.765,3	2.297,0	98.270,9	93.229,9	5.041,0	5,3	2,4
Transp	147.042,2	6.178,1	153.327,8	140.601,5	12.726,3	8,7	4,2
Info_comu	-27.611,6	2.541,7	-25.129,6	-30.082,7	4.953,1	-17,9	-9,2
Financeiras	12.576,4	554,9	13.167,8	11.996,0	1.171,8	9,3	4,4
Imobiliarias	10.254,1	924,3	11.105,1	9.408,6	1.696,6	16,5	9,0
Outros_Serv	1.275.578,2	48.625,9	1.325.761,4	1.227.381,5	98.379,9	7,7	3,8
Adm_pub	45.862,4	1.396,4	47.163,2	44.565,7	2.597,5	5,7	3,0

Tabela 3 - Elaboração própria com dados das TRUs e da MIP. Variação de empregos por mudanças do coeficiente de trabalho nos anos 2010-15. Menor soma das razões em termos absolutos.

Portanto, percebe-se que, apesar das variações, o uso das médias representa eficazmente as informações utilizadas na análise. Ademais, há uma tendência de que os sinais, que indicam a criação ou destruição de empregos, se mantenham ao longo de todas as seis formas de decomposição. Portanto, passa-se à análise da decomposição estrutural do emprego a partir das médias.

	μ	ρ	máx	min	r	$\frac{r}{\mu}$ (%)	$\frac{\sigma}{\mu}$ (%)
Agro	569.031,9	117.927,4	696.706,3	448.187,3	248.519,0	43,7	20,7
Ind_Extr	25.319,3	915,2	26.177,6	24.462,4	1.715,2	6,8	3,6
Ind_Transf	-470.979,0	16.677,1	-454.517,4	-487.526,9	33.009,5	-7,0	-3,5
Eletr_gas	44.548,4	3.706,6	49.136,3	40.156,1	8.980,1	20,2	8,3
Constr	-67.848,8	4.878,2	-62.493,0	-73.346,6	10.853,6	-16,0	-7,2
Comercio	349.696,9	9.076,4	359.184,4	340.268,9	18.915,5	5,4	2,6
Transp	307.679,3	7.871,7	319.963,4	295.705,5	24.257,9	7,9	2,6
Info_comu	22.954,1	952,1	23.964,0	21.955,3	2.008,7	8,8	4,1
Financeiras	26.980,3	1.672,5	28.605,2	25.366,1	3.239,1	12,0	6,2
Imobiliarias	-255,7	168,8	-100,8	-413,4	312,6	-122,2	-66,0
Outros_Serv	-167.021,1	38.254,6	-130.306,6	-204.728,9	74.422,3	-44,6	-22,9
Adm_pub	-8.541,7	778,1	-7.820,5	-9.264,9	1.444,3	-16,9	-9,1

Tabela 4 - Elaboração própria com dados das TRUs e da MIP. Variação de empregos por mudanças tecnológicas nos anos 2010-15. Maior soma das razões em termos absolutos.

3.1 Análises das Decomposições médias

O uso das médias das seis decomposições apresenta uma forma melhor de análise dos dados, sem maiores perdas de detalhamento e, especialmente, de tendências nas origens das alterações do número de ocupações entre os setores. Nas Figura 1 e tabelas 4 e 5, estão representadas a variação total de empregos (Δe) e sua origem entre variação da produtividade (Δe_c), da estrutura (tecnologia) de produção (ΔL) e da demanda final (Δf).

A variação de produtividade (Δe_c) é o efeito que interessa ao presente trabalho, pois se trata de quantificar a relação entre aumentos de produtividade do trabalho e o desemprego nos setores. Apesar das limitações contábeis já identificadas, avalia-se que este é um indicador eficaz do aumento de produtividade do trabalho obtido com inovações.

Além da heterogeneidade entre os agentes econômicos, sabe-se que, em momentos de crise econômica, a produtividade do trabalho tem quedas mais acentuadas do que o decréscimo do produto. Isso ocorre porque, como há custo de demissão de mão de obra, a redução da produção gera um efeito contábil na produtividade maior do que o efeito real, uma vez que os trabalhadores mantidos estão produzindo menos em resposta à menor demanda. É o que parece ocorrer entre os anos de 2010 e 2015, como se verá abaixo. A recíproca funciona de maneira semelhante. Quando há retomada da produção do setor, a produtividade do trabalhador tem elevação mais acentuada sem que exista

sempre desenvolvimento tecnológico subjacente, pois há retomada de capacidade ociosa de modo que os mesmos trabalhadores estão produzindo maior quantidade para responder à demanda acrescida. Tais questões já denotam um papel da demanda mais acentuado na configuração do emprego.

A despeito destas ressalvas, as variações do coeficiente de trabalho descrevem, em cada um dos setores, o que ocorreu com a quantidade de trabalhadores necessários para produção de uma unidade monetária de produto final do setor (no caso da MIP brasileira, a quantidade de trabalhadores para produzir 1 milhão de reais em valores de 2015). Em geral, com o desenvolvimento tecnológico, espera-se que esse coeficiente diminua e, portanto, aumente a produtividade do trabalho, fazendo com que parte dos trabalhadores se torne supérflua, para aquela estrutura produtiva. Este é um efeito considerável apenas no setor de Agropecuária, como se pode ver na Figura 1.

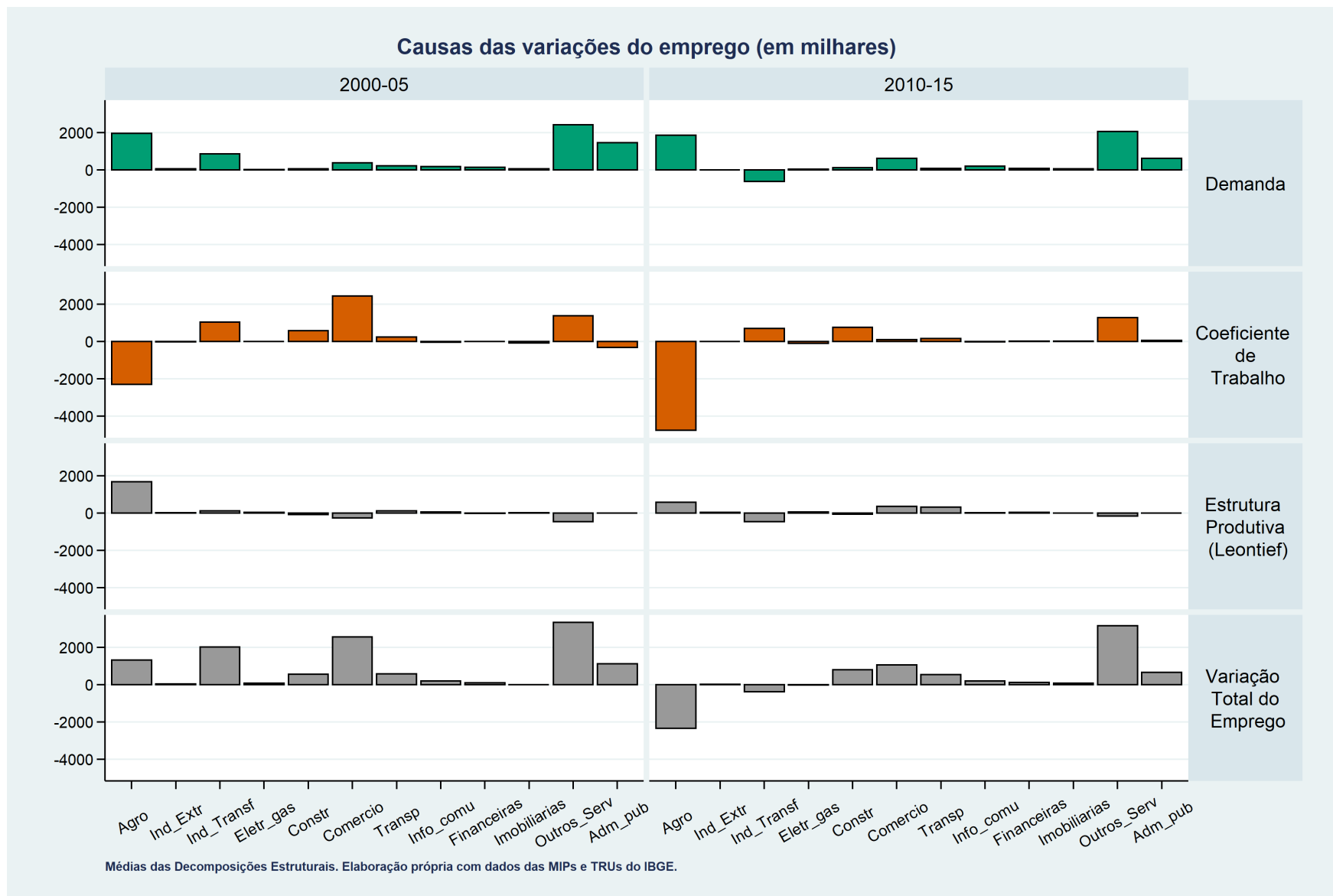


Figura 2 - Representação gráfica das tabelas 4 e 5. Milhares de ocupações.

As alterações domésticas da tecnologia, representadas por mudanças na matriz inversa de Leontief (ΔL), indicam mudanças nos padrões de ligações entre as cadeias produtivas dos setores na forma de variações de demanda por insumos, isto é, de estrutura de produção. Em análises envolvendo a MIP, é comum que essa matriz também seja chamada de matriz de multiplicadores (Miller e Blair, 2009, p. 58), pois é capaz de fornecer todo o encadeamento produtivo necessário para que uma economia responda a um determinado choque de demanda. Este é um dado que se torna útil em atividades preditivas.

Além desse efeito mais imediato, há algumas causas dessa variação levantadas pela matriz inversa de Leontief (Figueiredo e Oliveira, 2015; Miller e Blair, 2009, p. 303–4). Como já mencionado, a mudança de preços relativos pode fazer com que um setor altere sua estrutura produtiva variando a origem dos seus insumos (efeito melhor visto na MIP mais desagregada, como a de 67 atividades e 127 produtos). Economias de escala também podem reduzir as demandas por insumos por unidade produzida de setores específicos. Inovações tecnológicas e mudança da cesta de insumos geram alterações da estrutura de insumos entre as atividades. As dinâmicas das importações e de substituição de importações também são capazes de alterar a demanda interna de produção.

Entretanto, apesar de contabilizar estes e outros efeitos, não é possível identificar quais as reais causas para a mudança na origem dos insumos, mas apenas seu efeito final. Em que pese apresentar efeitos positivos em uns setores e negativos em outros, o período de 2000-2005 é o que menos gerou empregos por alterações na estrutura produtiva.

Por fim, o crescimento da demanda final foi geralmente responsável por aumento de empregos nos dois períodos. No último, observou-se uma queda de demanda e de ocupações nas indústrias extrativas e de transformação.

Do ponto de vista das teorias econômicas, especialmente as heterodoxas, são os aumentos de demanda que geram as compensações capazes de contrabalançar a tendência de desemprego causada pelos aumentos de produtividade e demais variações tecnológicas. Quando há perda líquida de ocupações no total, também é a queda de demanda que melhor explica esta perda. Vale ressaltar que fazem parte da demanda final o consumo final do governo, consumo final das instituições sem fins de lucro a serviço das famílias, consumo final das famílias, exportações, formação bruta de capital fixo e variação de estoques. Estas são as estruturas identificadas na economia brasileira como fontes de aumento da demanda das atividades econômicas levantadas e, conseqüente, variação das ocupações.

Numa análise mais específica, pode-se notar que a variação de empregos entre 2000 e 2005 (ver Tabela 4) foi marcada por aumento líquido das ocupações (Δe) em quase todos os setores, exceto o de atividades imobiliárias. Os setores que mais criaram ocupações foram os de outros serviços, comércio e indústria de transformação, nesta ordem. Nota-se, assim, uma extensa terciarização da economia, com o comércio e outras atividades de serviços sendo responsáveis, conjuntamente, por quase 6 milhões de novas ocupações no período. Ainda para o comércio, parte considerável dos empregos foi criada em resposta a aumentos do coeficiente de trabalho em consequência de redução de produtividade. Esse fenômeno pode estar ligado a crescimento de informalidade ou de ocupações com produtividade baixa.

Setor	Δe	Δe_c	ΔL	Δf
Agropecuária	1.313.443	-2.312.959	1.681.652	1.944.750
Indústrias extrativas	34.325	-17.399	5.744	45.980
Indústrias de transformação	2.011.900	1.040.873	113.208	857.819
Eletr. e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	62.648	3.442	36.256	22.950
Construção	556.023	581.285	-85.244	59.981
Comércio	2.545.204	2.437.839	-271.997	379.361
Transporte, armazenagem e correio	567.999	230.610	113.685	223.704
Informação e comunicação	198.100	-36.637	60.999	173.738
Ativ. financeiras, de seguros e serviços relacionados	83.287	-7.487	-35.426	126.200
Atividades imobiliárias	-7.775	-75.693	10.737	57.181
Outras atividades de serviços	3.324.218	1.373.088	-459.332	2.410.462
Adm., defesa, saúde e educação públ. e seguridade social	1.104.936	-328.188	-14.837	1.447.960

Tabela 4 - Origens da variação dos empregos entre 2000-05. Elaboração própria com dados das TRUs e da MIP. Dados referentes às médias das decomposições.

Do ponto de vista do aumento da produtividade do trabalho, o setor agropecuário destacou-se, no período, por elevados ganhos de produtividade com mais de 2,3 milhões de vagas fechadas devido ao progresso técnico no campo. Esta é uma tendência que se repete no períodos seguintes. Administração pública, atividades imobiliárias, informação e comunicação, indústrias extrativas também perdem ocupações por este motivo, mas em bem menor proporção e compensados por aumentos de ocupações provenientes de crescimento de demanda.

No que se refere às mudanças técnicas por modificação no uso de insumos, a agropecuária e, em menor escala, a indústria de transformação representaram o maior aumento de ocupações. Uma explicação possível é o aumento da participação desses setores nas cadeias produtivas dos demais. Já os outros setores, em particular os de

comércio e de serviços, apresentaram as maiores quedas, com as intermediações na cadeia produtiva podendo explicar ao menos parte desse fenômeno.

Por fim, nota-se que os aumentos de demanda final levaram a aumentos da ocupação em todos os setores, com outros serviços, agropecuária e administração pública liderando a geração de ocupações relacionadas a esta razão.

A variação entre 2010 e 2015 (Tabela 5) foi marcada por redução líquida de ocupações na agropecuária, na indústria de transformação e no setor de eletricidade e gás. No primeiro caso, principalmente por aumento da produtividade do trabalho. No segundo, por queda da demanda. O setor de eletricidade e gás perdeu poucos empregos por mudanças nas origens dos insumos.

Os recuos tecnológicos em termos de queda da produtividade do trabalho e consequente aumento de ocupações foram mais acentuados no setor de outros serviços e indústria de transformação. A demanda final se mostrou reduzida em todos os setores, chegando a apresentar, pela primeira vez, nos períodos analisados, efeitos negativos sobre a geração de ocupações na indústria de transformação e na indústria extrativa.

Setor	Δe	Δe_c	ΔL	Δf
Agropecuária	-2.343.408	-4.760.559	569.032	1.848.119
Indústrias extrativas	20.615	367	25.319	-5.071
Indústrias de transformação	-391.462	698.088	-470.979	-618.571
Eletr. e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	-21.540	-110.953	44.548	44.865
Construção	795.433	750.697	-67.849	112.585
Comércio	1.061.374	95.765	349.697	615.912
Transporte, armazenagem e correio	532.457	147.042	307.679	77.736
Informação e comunicação	197.107	-27.612	22.954	201.765
Ativ. financeiras, de seguros e serviços relacionados	118.772	12.576	26.980	79.215
Atividades imobiliárias	72.673	10.254	-256	62.675
Outras atividades de serviços	3.153.801	1.275.578	-167.021	2.045.244
Adm., defesa, saúde e educação púb. e seguridade social	643.036	45.862	-8.542	605.715

Tabela 5 - Origens da variação dos empregos entre 2010-15. Elaboração própria com dados das TRUs e da MIP. Dados referentes às médias das decomposições.

Do que foi visto nas análises dos dois períodos acima, a flutuação de empregos está muito mais relacionada às variações de demanda efetiva do que propriamente aos efeitos de aumento de produtividade. Isso ocorre porque o crescimento da demanda — salvo no último período e para dois setores recém mencionados — e quase todos os saldos líquidos de geração de ocupações são positivos. Como os efeitos de aumento da demanda tendem a ser mais robustos do que a redução de empregos via aumento de produtividade,

déficits crônicos de demanda tais como os que acompanham as políticas de austeridade fiscal mostram-se bastante nefastos.

A agropecuária foi o setor que, em todos os períodos, mostrou perda mais significativa de ocupações por aumento de produtividade do trabalho. Isso e a perda de empregos por mudança estrutural neste setor impediram que os aumentos de demanda compensassem de forma líquida a perda de ocupações, mesmo no períodos de demanda mais aquecida. Em todos os outros casos, não se verifica desemprego tecnológico como principal razão do desemprego medido pela perda de ocupações.

O período de 2000 a 2005 é o que apresenta uma relação mais sólida entre os resultados e o que se pode esperar dadas as hipóteses de desenvolvimento tecnológico e dinâmica do emprego. Nessa linha, percebe-se que momentos de expansão econômica ampliam ganhos de produtividade do trabalho (algo em linha com a análise marxista e, por razões distintas, com a hipótese de Kaldor-Verdoorn). Mas, apesar disso, a perda é mais que compensada pelos empregos gerados com o crescimento da demanda. Nesse sentido, no caso do Brasil, crescimento econômico deprimido se configura como uma ameaça à dinâmica capitalista mais evidente do que o risco de desemprego via total automação da força de trabalho.

Cabe salientar uma última questão a respeito da qualidade dos empregos destruídos pela tecnologia e/ou gerados por aumento de demanda, conforme a mudança na estrutura dos empregos gerados. Uma das medidas para avaliar essa mudança de estrutura se dá pelo cálculo do chamado “índice de mudança estrutural” — *structural change index (SCI)*, em inglês —, que é elaborado pela média da soma dos valores absolutos das alterações percentuais dos empregos³⁴ entre os setores de uma economia em dado período (Productivity Commission, 1998). O *SCI* mede as magnitudes do crescimento dos setores no que se refere ao número de ocupações e pode ser calculado por

$$SCI = \sum_{i=1}^n |\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}| \quad (23)$$

em que $\varepsilon_{i,t}$ indica a razão entre o emprego no setor i e o total de ocupações no período t .

Importa salientar que há algumas limitações ao *SCI*. Em primeiro lugar, é uma medida sensível à quantidade de setores, ou seja, quanto maior a quantidade de setores,

³⁴ Pode também ser calculada para a variação da produção total.

maiores tendem a ser as variações observadas. Em segundo, essa medida tende a ser sensível a flutuações cíclicas de curto prazo, que indicam mais uma mudança conjuntural de demanda do que mudança estrutural propriamente dita, de modo que indica-se o uso de períodos mais longos para a análise (Productivity Commission, 1998), como é o caso do presente trabalho.

Diante disso, utilizando-se o intervalo entre 2000 e 2015, tem-se que o SCI para o Brasil foi de 8.37, indicando que, nesse período de 15 anos, pouco mais de 8% dos empregos foram realocados entre os 12 setores listados. Os resultados por setor podem ser vistos na Tabela 6, em que se pode notar que o setor da agropecuária foi o que teve a maior redução na participação dos empregos.

Setores	Emprego (milhares)		Participação* (%)		Variação (%)
	2000	2015	2000	2015	
Agropecuária	16.729	13.138	21,24	12,89	-8,36
Indústrias extrativas	189	288	0,24	0,28	0,04
Indústrias de transformação	8.288	11.214	10,53	11,00	0,47
Eletr. e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	530	677	0,67	0,66	-0,01
Construção	5.580	8.640	7,09	8,47	1,39
Comércio	13.677	18.873	17,37	18,51	1,14
Transporte, armazenagem e correio	3.285	4.721	4,17	4,63	0,46
Informação e comunicação	756	1.350	0,96	1,32	0,36
Ativ. financeiras, de seguros e serviços relacionados	891	1.200	1,13	1,18	0,04
Atividades imobiliárias	312	417	0,40	0,41	0,01
Outras atividades de serviços	20.754	30.270	26,36	29,69	3,33
Adm., defesa, saúde e educação públ. e seguridade social	7.753	11.168	9,85	10,95	1,11
Total	78.745	101.955	100	100	

Tabela 6 - Elaboração própria com dados do total de ocupações segundo os grupos de atividades do IBGE. *A soma pode apresentar pequenas variações devido a arredondamento.

Os setores de outras atividades de serviços, de comércio e de construção foram os que mais aumentaram sua participação. Como tais setores costumam oferecer empregos de menor qualidade, observa-se que, tal como em outros países desenvolvidos (Bastani, 2019; Benanav, 2019; Mason, 2019), o desemprego não aumenta. Porém, o que ocorre com as mudanças na demanda e no progresso tecnológico em termos de resultado líquido é uma piora ou precarização nos empregos gerados. Mesmo quando o progresso técnico é importante e a redução de empregos significativa, a situação da geração líquida de empregos mostra uma importância explicativa maior por parte da demanda do que por parte da inovação tecnológica.

Assim, para o caso brasileiro no período em análise, essa ampliação dos setores ligados aos serviços e à construção sugerem ocupações mais precárias, com menores salários e maior insegurança no emprego. Ainda que o problema do emprego seja, em grande medida, sustentado por aumento de demanda, a qualidade desses novos empregos coloca em cena debates sobre alternativas políticas para lidar com essa tendência de “precarização estrutural do trabalho” (Antunes, 2014). O caso brasileiro é um reflexo do processo de desindustrialização (Oreiro e Feijó, 2010), espalhado globalmente, mas precocemente ocorrido no Brasil, o que significa não só baixos salários, mas também “*elimination of jobs that were exploitative but meaningful (the steel worker in a bustling factory) and the rise of jobs that are exploitative but feel meaningless (like security guard in a shopping mall)*” (Harvey, 2018).

Há que se considerar também que essa transição dos trabalhadores entre setores não é, em geral, simples e rápida. Trabalhadores têm que mudar de local de trabalho, realizar novos treinamentos, sujeitar-se a empregos mais inseguros, alteração de salários — em geral, redução — e etc. No caso brasileiro, ainda envolve uma migração para as cidades em processos de urbanização normalmente conturbados. Isso gera ainda mais pressões para as questões relativas à desigualdade, tanto de salários quanto, mais amplamente, de renda.

Considerações Finais

Ao comparar os períodos quanto às razões das variações nas ocupações, foi possível perceber que em todos os períodos, há geração de ocupações. Como exceções, há apenas o caso da agropecuária, cuja geração de ocupações cai no último período, e os setores de indústria de transformação e extrativa que vêem suas ocupações caindo de forma líquida no último período.

Ao comparar os motivos dos ganhos e perdas de ocupações, pôde-se notar que, no período em que o crescimento do produto e da demanda foram maiores, os ganhos de produtividade do trabalho se destacaram como maiores causadores de desemprego, confirmando o desemprego tecnológico de maneira geral. Porém, os ganhos por crescimento da demanda compensaram as perdas, com exceção do caso da agropecuária, o único que de maneira líquida apresenta desemprego tecnológico relevante.

No primeiro período, que também é de crescimento da demanda, embora em níveis modestos, ao invés de desemprego, temos geração de ocupações por piora da produtividade do trabalho. Este processo está aliado à geração de empregos de pior qualidade ou mais precários, principalmente nos setores de serviços. O último período é o de crescimento da demanda menos pronunciado, que não consegue compensar sempre a perda de empregos por outros motivos. Observa-se algum recuo na produtividade do trabalho e avanço desta produtividade somente na agropecuária.

Do exposto, é possível afirmar que, no caso do Brasil, pelo menos nos períodos analisados, não é a perda de ocupações com o progresso tecnológico o principal determinante do desemprego. Quando ocorrem perdas por este motivo e o período é de crescimento da demanda, a destruição de empregos é compensável. Quando este crescimento da demanda não ocorre, ou é pouco importante, o desenvolvimento tecnológico apenas funciona no sentido de reduzir ou precarizar os postos de trabalho.

Tendo em vista que o desenvolvimento tecnológico é fundamental para melhorar a competitividade brasileira, torna-se necessário fornecer um núcleo de desenvolvimento endógeno que deixe o país menos vulnerável ao que ocorre na economia internacional e melhorar as condições de trabalho e de vida dos trabalhadores. Portanto, as indicações provenientes deste artigo mostram que é preciso perseguir uma política de crescimento sustentada e permanente, o que exige um papel do Estado estimulando e garantindo esta demanda.

Referências

ACEMOGLU, D. Technology and Inequality. **NBER Reporter**, 2003.

ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. Artificial Intelligence, Automation and Work. **National Bureau of Economic Research**, 24196. 2018.

ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 13, n. 1, p. 25–35, 2020.

ACYPRESTE, R. DE; MOLLO, M. DE L. R. A Questão da Maquinaria em Ricardo, Marx e Wicksell. **Nova Economia**, v. 31, n. 2, p. 587–611, 18 ago. 2021.

AGUILERA, A.; RAMOS BARRERA, M. G. Desempleo tecnologico: una aproximacion al caso latinoamericano. **AD-minister**, n. 29, p. 59–78, 2016.

ALBUQUERQUE, P. H. M. *et al.* Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimção da probabilidade de automação de ocupações no brasil. **IPEA**, Texto para Discussão 2457. 2019.

ALVES-PASSONI, P. **Deindustrialization and regressive specialization in the Brazilian economy between 2000 and 2014: a critical assessment based on the input-output analysis.** Rio de Janeiro - BRA: UFRJ, 2019.

ALVES-PASSONI, P.; FREITAS, F. N. P. **Texto para Discussão 025 | 2020 Estimação de Matrizes Insumo-Produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010.** Rio de Janeiro - RJ, BRA: [s.n.].

ANTUNES, R. A nova morfologia do trabalho e as formas diferenciadas da reestruturação produtiva no Brasil dos anos 1990. **Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, v. XXVII, p. 11–25, 2014.

ARAÚJO, R. A. Optimal Investment Specific Technological Progress Allocation in a Two Sector Model. **Revista EconomiA**, v. 10, n. 3, p. 457–464, 2009.

ARAÚJO, R. S. A.; TEIXEIRA, J. R. Investment specific technological progress and structural change. **Estudos Economicos**, v. 40, n. 4, p. 819–829, 2010.

AUTOR, D. H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. **Journal of Economic Perspectives**, v. 29, n. 3, p. 3–30, 2015.

BALK, B. M.; REICH, U. P. Additivity of national accounts reconsidered. **Journal of Economic and Social Measurement**, v. 33, n. 2–3, p. 165–178, 2008.

BALTAR, P. E. DE A.; SOUEN, J. A.; CAMPOS, G. C. DE S. Emprego e distribuição da renda. *In*: CARNEIRO, R.; BALTAR, P.; SARTI, F. (Eds.). . **Navegando a contravento: Uma reflexão sobre o experimento desenvolvimentista do governo Dilma Rouseff.** [s.l.] Unesp DIGITAL, 2018. p. 171–206.

BARBOSA-FILHO, N. H. Dez anos de política econômica. *In*: SADER, E. (Ed.). . **10 anos de governos pós-neoliberais no Brasil: Lula e Dilma.** Rio de Janeiro, RJ - BRA: Boitempo, 2013. p. 69–102.

BASTANI, A. **Fully automated luxury communism.** [s.l.] Verso Books, 2019.

BAUMOL, W. J. Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis. **The American Economic Review**, v. 57, n. 3, p. 415–426, 1967.

BELEGRI-ROBOLI, A.; MARKAKI, M. Employment determinants in an input-output framework: structural decomposition analysis and production technology Article. **Bulletin of Political Economy**, v. 4, n. 2, 2010.

BENANAV, A. Automation and the Future of Work. **New Left Review**, v. 119, p. 5–38, 2019.

BEVERIDGE, W. H. **Full Employment in a Free Society: A Report.** New York - USA: Routledge, 2014.

BLAUG, M. **Economic theory in retrospect.** Fifth ed. Cambridge - UK: Cambridge university press, 1997.

BOHM-BAWERK, E. VON. **Capital and Interest: Positive Theory of Capital.**

- Tradução M. A. William Smart. New York - USA: G.E. Stecher & Co., 1930.
- BOIANOVSKY, M. Why Did Wicksell Change His Mind About The Machinery Question? **EconomiA**, v. 15, n. 1, p. 1–19, 2014.
- BOIANOVSKY, M.; HAGEMANN, H. Wicksell on technical change, real wages and employment. *In*: BELLET, M.; GLORIA-PALERMO, S.; ZOUACHE, A. (Eds.). . **Evolution of the Market Process: Austrian and Swedish economics**. London - UK: Routledge, 2005. p. 69–93.
- BRESSER-PEREIRA, L. C. Taxa de câmbio, doença holandesa, e industrialização. **Cadernos FGV Projetos**, v. 5, n. 14, p. 68–73, 2010.
- CARNEIRO, R. Navegando a contravento: Uma reflexão sobre o experimento desenvolvimentista do governo Dilma Rouseff. *In*: **PARA ALÉM DA POLÍTICA ECONÔMICA**. São Paulo - SP, BRA: Unesp DIGITAL, 2018. p. 245–82.
- CARY, J. **A Discourse on Trade: And Other Matters Relative to it**. London - UK: T. Osborne, 1745.
- CAS, A.; RYMES, T. **On Concepts and Measures of Multifactor Productivity in Canada, 1961-1980**. [s.l.] Cambridge University Press, 1991.
- CESARATTO, S.; SERRANO, F.; STIRATI, A. Technical Change, Effective Demand and Employment. **Review of Political Economy**, v. 15, n. 1, p. 33–52, 2003.
- CORRÊA, V. P.; XAVIER, C. L. Modelo de crescimento brasileiro e mudança estrutural – avanços e limites. . *In*: **Padrão de acumulação e desenvolvimento brasileiro**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2013. .
- DE-JUAN, O.; FEBRERO, E. Measuring productivity from vertically integrated sectors. **Economic Systems Research**, v. 12, n. 1, p. 65–82, 2000.
- DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Structural decomposition techniques: Sense and sensitivity. **Economic Systems Research**, v. 10, n. 4, p. 307–324, 1998.
- DOAN, H. T. T.; LONG, T. Q. Technical change, exports, and employment growth in china: A structural decomposition analysis. **Asian Economic Papers**, v. 18, n. 2, p. 29–46, 2019.
- FELIPE, J.; MCCOMBIE, J. S. L. **The Aggregate Production Function and the Measurement of Technical Change**. Cheltenham - UK: Edward Elgar Publishing., 2015.
- FEVEREIRO, J. B.; PINKUSFELD BASTOS, C.; FREITAS, F. Labour productivity in Vertically Integrated Sectors: An empirical study for the case of Brazil. **Paper presented at the International Input-Output Annual Conference, Atlantic City**, n. June, 2015.
- FIGUEIREDO, H. L. DE; OLIVEIRA, M. A. S. Análise De Decomposição Estrutural Para a Economia Brasileira Entre 1995 E 2009. **Revista de Economia**, v. 41, n. 2, p. 31–56, 2015.

FIUZA-MOURA, F. K. *et al.* Tecnologia e emprego nos setores comércio e de serviços no Brasil entre 2000 e 2009. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 15, n. 1, p. 87–112, 2016.

FIUZA-MOURA, F. K. *et al.* Criação e destruição de empregos no setor primário no Brasil entre 2000 e 2009. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 137–156, 2017.

FREEMAN, C. Structural Unemployment. *In: The New Palgrave Dictionary of Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, 2017. p. 1–5.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? **Technological Forecasting & Social Change**, v. 114, p. 254–280, 2017.

GARBELLINI, N.; WIRKIERMAN, A. L. Productivity accounting in vertically (Hyper-)integrated terms: Bridging the gap between theory and empirics. **Metroeconomica**, v. 65, n. 1, p. 154–190, 2014.

GENTILI, A. *et al.* Are machines stealing our jobs? **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 13, n. 1, p. 153–173, 2020.

GOBETTI, S. W.; ORAIR, R. O. Flexibilização fiscal: novas evidências e desafios. **Texto para Discussão 2132**, 2015.

GOODWIN, C. D. History of Economic Thought. *In: PALGRAVE MACMILLAN (Ed.). The New Palgrave Dictionary of Economics*. London - UK: Palgrave Macmillan, 2008. .

GORDON, R. J. Okun’s law and productivity innovations. **American Economic Review**, v. 100, n. 2, p. 11–15, 2010.

GRIJÓ, B.; BÊRNI, D. A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 14, n. 26, p. 9–42, 2006.

HAGEMANN, H. Luigi pasinetti’s structural economic dynamics and the employment consequences of new technologies. *In: Structural Dynamics and Economic Growth*. Cambridge - UK: Cambridge University Press, 2012. p. 204–217.

HARVEY, D. Universal alienation. **TripleC**, v. 16, n. 2, p. 424–439, 4 maio 2018.

HUMPHREY, T. M. Ricardo versus Wicksell on Job Losses and Technological Change. **Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly**, v. 90, n. 4, p. 5–24, 2004.

IBGE. **Nota Metodológica nº 12 Governo e Administração Pública** Brasília - BRADIRETORIA DE PESQUISAS – DPE COORDENAÇÃO DE CONTAS NACIONAIS – CONAC, , 2014.

_____. **Sistema de Contas Nacionais Brasil - Ano de Referência 2010**. 3a. ed. Rio de Janeiro - DF: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2016. v. 24

_____. **Sistema de Contas Nacionais**. Rio de Janeiro - RJ, BRA: [s.n.].

_____. **Matriz de insumo-produto : Brasil : 2015**. Rio de Janeiro - BRA: [s.n.].

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Inception Report for the Global Commission on the Future of Work**. Geneva: [s.n.]. Disponível em: <www.ilo.org/publns>. Acesso em: 19 set. 2018.

JONUNG, L. Ricardo on Machinery and the Present Unemployment: An Unpublished Manuscript by Knut Wicksell. **The Economic Journal**, v. 91, n. 361, p. 195–198, 1 mar. 1981.

KEYNES, J. M. **Economic Possibilities for our Grandchildren**, 1930. Disponível em: <<http://www.econ.yale.edu/smith/econ116a/keynes1.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2018

KORINEK, A.; STIGLITZ, J. Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment. **The Economics of Artificial Intelligence**, n. December, p. 1–45, 2017.

KUPFER, D.; FREITAS, F.; YOUNG, C. E. **DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DA VARIAÇÃO DO PRODUTO E DO EMPREGO ENTRE 1990 E 2001 – UMA ANÁLISE A PARTIR DAS MATRIZES INSUMO-PRODUTO**. Rio de Janeiro, RJ - BRA: [s.n.].

LEWIS, W. A. Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. **The Manchester School**, v. 22, n. 2, p. 139–191, 1954.

LIMA, Y., STRAUCH, J.M., ESTEVES, M.G.P., SOUZA, J.M. DE, CHAVES, M.B., GOMES, D. . **O Futuro do Emprego no Brasil: Estimando o impacto da automação**. Rio de Janeiro - BRA: Laboratório do Futuro - UFRJ, 2019.

LIND, D. A Vertically Integrated Perspective on Nordic Manufacturing Productivity. **International Productivity Monitor**, v. 39, n. 39, p. 53–73, 22 set. 2020.

LUQUINI, R. H. V. *et al.* Relação entre emprego e tecnologia: Em estudo para quarenta países (1995-2009). **Espacios**, v. 38, n. 42, 2017.

MARQUETTI, A. Do rising real wages increase the rate of labor-saving technical change? some econometric evidence. **Metroeconomica**, v. 55, n. 4, p. 432–441, 2004.

MARQUETTI, A. A. Analyzing historical and regional patterns of technical change from a classical-Marxian perspective. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 52, n. 2, p. 191–200, 2003.

MARQUETTI, A.; SOARES-PORSSE, M. DE C. Patrones de progreso técnico en la economía Brasileña, 1952-2008. **Cepal Review**, n. 113, p. 61–78, 2014.

MARX, K. **Grundrisse. Foundations of the Critique of Political Economy**. Tradução Martin Nicolaus. London - UK: Penguin Books, 1993.

_____. **O capital: crítica da economia política: Livro I: o processo de produção do capital**. Tradução Rubens Enderle. São Paulo - SP: Boitempo (e-book), 2013.

MASON, P. **Clear bright future: A radical defence of the human being**. [s.l.] Penguin

UK, 2019.

MAZZUCATO, M. Financing innovation: Creative destruction vs. destructive creation. **Industrial and Corporate Change**, v. 22, n. 4, p. 851–867, 2013.

MEDEIROS, C. A. DE. A economia brasileira no novo milênio: Continuidade e mudanças nas estratégias de desenvolvimento. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 21, n. 2, p. 1–16, 2017.

MELLO, G.; ROSSI, P. Do industrialismo à austeridade: a política macro dos governos Dilma. In: CARNEIRO, R.; BALTAR, P.; SARTI, F. (Eds.). . **PARA ALÉM DA POLÍTICA ECONÔMICA 2018**. São Paulo - SP, BRA: Unesp DIGITAL, 2018. .

METCALFE, S. Technical Change. In: **The New Palgrave Dictionary of Economics**. London: Palgrave Macmillan UK, 2016. p. 1–7.

MILL, J. S. **Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy**. 7th. ed. London: Longmans, Green and Co., 1909.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis**. New York, NY, US: Cambridge University Press, 2009.

MOLLO, M. DEL R.; TAKASAGO, M. O debate desenvolvimentista no Brasil e o papel da indústria: novos resultados de antigas lições. **Economia e Sociedade**, v. 28, n. 3, p. 885–904, 2019.

MONTRESOR, S.; MARZETTI, G. V. The deindustrialisation/tertiarisation hypothesis reconsidered: A subsystem application to the OECD7. **Cambridge Journal of Economics**, v. 35, n. 2, p. 401–421, 2011.

MURADOV, K. Structural decomposition analysis with disaggregate factors within the Leontief inverse. **Journal of Economic Structures**, v. 10, n. 1, p. 16, 2021.

MURO, M.; MAXIM, R.; WHITON, J. **Automation and AI: How machines are affecting people and places**. Washington, DC - USA: Brookings Institution Press, 2019.

NAKATANI-MACEDO, C. D. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego nos setores industriais no Brasil entre os anos de 2000 e 2009. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 19, n. 2, p. 235–260, ago. 2015.

NASSIF, A. *et al.* Structural change and productivity growth in Brazil: where do we stand? **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 40, n. 2, p. 243–263, 17 abr. 2020.

NÜBLER, I. **New Technologies: A Jobless Future or Golden Age of Job Creation?** Geneva - SWI: ILO Research Department Working Paper, 2016.

OREIRO, J. L. *et al.* Revisiting the growth of the Brazilian economy (1980-2012). **PSL Quarterly Review**, v. 71, n. 285, p. 203–229, 2018.

OREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. A. De-Industrialization: concept, causes, effects and the Brazilian case. **Revista de Economia Política**, v. 30, n. 2, p. 219–232, 2010.

PASINETTI, L. the Notion of Vertical Integration in Economic Analysis. **Metroeconomica**, v. 25, n. 1, p. 1–29, 1973.

PASINETTI, L. L. **Lectures on the Theory of Production-Columbia**. New York - USA: Columbia University Press, 1977.

PASQUINELLI, M. On the origins of Marx's general intellect. **Radical Philosophy**, v. 2, n. 06, 2019.

PAULANI, L. M. A inserção da economia brasileira no cenário mundial: uma reflexão sobre a situação atual à luz da história. **Boletim de Economia e Política Internacional - IPEA**, v. 10, n. 2005, p. 89–102, 2012.

PELLEGRINO, G.; PIVA, M.; VIVARELLI, M. Beyond R&D: the role of embodied technological change in affecting employment. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 29, n. 4, p. 1151–1171, 2019.

PRODUCTIVITY COMMISSION. **Aspects of Structural Change in Australia**. Canberra - AUS: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.pc.gov.au>>. Acesso em: 26 out. 2020.

RASHID, S. Machinery Question. *In: The New Palgrave Dictionary of Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, 2017. p. 1–5.

REICH, U. P. Additivity of deflated input-output tables in national accounts. **Economic Systems Research**, v. 20, n. 4, p. 415–428, 2008.

RICARDO-SCHUSCHNY, A. **Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones**: Estudios estadísticos y prospectivos. Santiago - CHI: [s.n.].

RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e Tributação**. São Paulo: Nova Cultural Ltda., 1996.

_____. **The Principles of Political Economy and Taxation**. Ontario - CAN: Batoche Books, 2001.

RØRMOSE, P. **Structural Decomposition Analysis Sense and Sensitivity** 19th International Conference on Input-output Techniques. **Anais...Alexandria - USA**: Statistics Denmark, 2011

ROSE, A.; CASLER, S. Input – Output Structural Decomposition Analysis : A Critical Appraisal A Critical Appraisal. **Economic Systems Research**, v. 8, n. 1, 1996.

ROSENBERG, N. **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge - UK: Cambridge University Press, 1982.

ROSSI, P.; MELLO, G. Choque recessivo e a maior crise da história: A economia brasileira em marcha à ré. **Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica - IE/Unicamp**, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2017.

SAMUELSON, P. A. A Theory of Induced Innovation along Kennedy-Weisacker Lines. **The Review of Economics and Statistics**, v. 47, n. 4, p. 343, 1 nov. 1965.

_____. Mathematical Vindication of Ricardo on Machinery. **Journal of Political Economy**, v. 96, n. 2, p. 274–288, 1988.

SANTETTI, M.; MARQUETTI, A. A.; MORRONE, H. Progreso técnico y productos deseados y no deseados en el Brasil: 1970-2012. **Revista de la CEPAL**, v. 125, p. 127–141, 2018.

SCHUMPETER, J. A. **Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process**. New York - USA: McGraw-Hill, 1939. v. 1

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. First ed. New York, NY, US: Currency, 2017.

SESSO-FILHO, U. A. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 99–123, 2010.

SILVA, F. Q. DA. **Fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ - BRA: Universidade de Brasília, 2018.

TAKASAGO, M.; MOLLO, M. DE L. R.; GUILHOTO, J. J. M. O DEBATE DESENVOLVIMENTISTA NO BRASIL: discutindo resultados da matriz de insumo-produto. **planejamento e políticas públicas**, v. 48, 2017.

TAYLOR, L. **Macroeconomic inequality from Reagan to Trump: Market power, wage repression, asset price inflation, and industrial decline**. [s.l.] Cambridge University Press, 2020.

TEMURSHOEV, U.; MILLER, R. E.; BOUWMEESTER, M. C. A Note on the GRAS Method. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 3, p. 361–367, 2013.

TREGENNA, F. Sectoral Structure and Change: Insights from Marx. **Review of Political Economy**, v. 30, n. 3, p. 443–460, 3 jul. 2018.

VILLANI, D.; FANA, M. Productive integration, economic recession and employment in Europe: an assessment based on vertically integrated sectors. **Journal of Industrial and Business Economics**, v. 48, n. 0123456789, p. 137–157, 2020.

WICKSELL, K. Marginal productivity as the basis of distribution in economics (1900). *In*: LINDAHL, E. (Ed.). . **Knut Wicksell Selected Papers on Economic Theory**. London - UK: Allen & Unwin, 1958. p. 93–120.

_____. **Lectures on Political Economy - Vol I - General Theory**. New Jersey - USA: A. M. Kelley, 1977. v. II

ZIPRECRUITE. **The Future of Work Report** California - USA, 2019.

Artigo 4: Decomposição Estrutural do Emprego Setorial no Brasil: Uma Análise dos Determinantes de Geração de Emprego em Setores Verticalmente Integrados de 2000 a 2018

**Rafael de Acypreste
Theo Santini Antunes**

1. Introdução

A relação entre crescimento econômico por meio do progresso técnico e empregabilidade ganha relevância adicional sempre que novas tecnologias e inovações mais promissoras aparecem. De fato, a conexão entre progresso técnico e perda de empregos é um dos temas mais recorrentes em economia. Essa discussão teórica entra definitivamente na agenda do debate econômico com a “*machinery question*”, levantada por Ricardo (2001 [1821]) e que Marx (2013 [1867]) e Wicksell (1977 [1901]) oferecem arcabouços teóricos distintos para o entendimento do problema. Em geral, há três entendimentos conforme o primeiro artigo desta tese (Acypreste e Mollo, 2021): uma visão de que os empregos perdidos pela automação serão compensados automaticamente por aumento de demanda de outros setores; outro de que é um processo que continuamente gera prejuízos aos trabalhadores, sujeitos a contra tendências que mantém o nível de desemprego em níveis razoavelmente estáveis; por fim, uma análise de que processos de otimização e maximização da produção tendem a levar a economia de volta ao equilíbrio, ampliando as rendas de todas as classes sociais, ainda que haja desbalanços distributivos.

Por um lado, quando se pensa em teoria econômica de longo prazo, há grande debate e discordância entre correntes do pensamento acerca da relação entre empregabilidade e progresso técnico (Cesaratto, Serrano e Stirati, 2003). Em especial, discute-se sobre o desenvolvimento tecnológico sob a forma poupadora de trabalho e consumidora de capital (Marquetti, 2003; Santetti, Marquetti e Morrone, 2018). Por outro, sabe-se que o emprego gerado por aumento da demanda deve compensar a perda derivada de ganho de eficiência tecnológica e do trabalho para que se mantenha o nível de emprego.

Quando se trata de uma economia multisetorial, no entanto, a relação entre efeito demanda e efeito progresso técnico no emprego torna-se mais complexa. Para se ter equilíbrio na empregabilidade gerada pelo sistema econômico, quando se atribui para cada setor uma taxa de crescimento específica de demanda e de progresso técnico¹, é necessário que empregos em setores com alta taxa de crescimento da produtividade sejam

¹ Questões sobre desenvolvimento econômico e mudança estrutural a partir da dinâmica setorial dos investimentos e as implicações do progresso técnico investimento-específico podem ser vistas em Araujo (2009) e Araujo e Teixeira (2010). A análise empírica do impacto negativo do desenvolvimento tecnológico incorporado em bens de capital sobre os empregos configura objeto de análise além do escopo do presente trabalho e demanda pesquisas futuras.

compensados por taxa suficiente de crescimento da demanda no mesmo ou em outros setores².

Mais recentemente, o crescente uso de inteligência artificial e robotização tem reforçado a necessidade de estudos teóricos envolvendo a dinâmica da relação entre empregabilidade e progresso tecnológico. Entre alguns estudos recentes nesta linha, pode-se destacar Acemoglu e Restrepo (2020), Autor (2015), Frey e Osborne (2017) e Schwab (2017). De forma geral, estes trabalhos utilizam um arcabouço econômico tradicional e técnicas variadas de caráter microeconômico para avaliar os impactos das novas tecnologias sobre o futuro das ocupações e sobre as suas consequências distributivas. Outros autores, como Hagemann (2012), Mazzucato (2013), Pasquinelli (2019), Pellegrino, Piva e Vivarelli (2019) e Benanav (2019), investigam se as atuais dinâmicas sociais e econômicas do emprego são causadas por inovações ou por baixos dinamismos tecnológicos e insuficiência de demanda agregada.

Para se avaliar, em termos multissetoriais, a relação entre geração de empregos, progresso técnico e demanda final, pode-se utilizar matrizes insumo-produto (MIP), pois elas permitem aferir interconexão entre os setores produtivos e os insumos necessários para sua produção (Doan e Long, 2019; Miller e Blair, 2009). Alguns autores utilizaram MIPs com diferentes metodologias para analisar empiricamente aspectos envolvendo estrutura de empregos multissetorial para o caso brasileiro. Com efeito, Nakatani-Macedo *et al.* (2015) investigaram a evolução dos empregos nos setores industriais entre 2000-2009. Fiuza-Moura *et al.* (2016) e Fiuza-Moura *et al.* (2017) investigaram, especialmente, setores de comércio e serviços e setor primário, respectivamente. O terceiro artigo desta tese realizou uma decomposição estrutural de 12 setores avaliando os períodos 2000-2005 e 2010-2015 a partir das MIPs oficiais produzidas pelo IBGE (2018). Luquini *et al.* (2017) fez uma análise comparativa de empregabilidade e estrutura produtiva entre países. Há, ainda, trabalhos que avaliam os encadeamentos geradores de empregos para identificar setores potencialmente geradores de postos de trabalho numa perspectiva de desenvolvimento industrial (Mollo e Takasago, 2019; Takasago, Mollo e Guilhoto, 2017).

Neste trabalho, adota-se a metodologia de setores verticalmente integrados (De-Juan e Febrero, 2000; Pasinetti, 1973), que permite avaliar o trabalho direta e indiretamente aplicado nos setores. Diretamente, pois cada setor específico demanda quantidade direta de trabalho para produzir seu bem ou serviço final. Indiretamente, pois a produção de qualquer bem ou serviço final de determinado setor demanda bens intermediários dos demais setores e de si mesmo, portanto, trabalho indiretamente necessário. Ademais, a metodologia de setores verticalmente integrados – de agora em diante VIS (*vertically integrated sectors*, em inglês) – tem como vantagem a sua mensuração inerente de progresso técnico. A produtividade de produção do bem ou serviço final de determinado setor não é afetada apenas por sua produção, mas também pela produtividade de todos os outros setores dos quais demanda insumos. A partir disso, pode-se decompor as fontes de variação de empregos entre demanda final e progresso técnico

² Esta é a base do modelo de Baumol (1967), que considera um setor progressivo tecnologicamente e um setor estagnado. Para que o pleno emprego seja mantido, mais e mais trabalho deve ser absorvido pelo setor estagnado tecnologicamente, ainda que a taxa de crescimento real da demanda de ambos seja a mesma.

Dessa forma, são avaliadas as seguintes fontes de geração de empregos diretos e indiretos de cada setor analisado³: desenvolvimento tecnológico, variação da demanda final ou mudança da estrutura de comércio internacional. Para isso, são realizadas decomposições estruturais (Miller e Blair, 2009) para o emprego entre os anos de 2000 e 2018, dividido também em subperíodos de 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 e 2015-2018. As matrizes foram estimadas por Alves-Passoni (2019) e Alves-Passoni e Freitas (2020). A escolha dos períodos se deve à possibilidade de eventual comparação com as MIPs oficiais elaboradas pelo IBGE (2016). Também são avaliadas as estruturas produtivas com respeito aos empregos dos setores verticalmente integrados bem como realizadas comparações com a forma tradicional de mensurar empregos.

No trabalho, percebeu-se que a dinâmica da produtividade no país não tem um caráter poupador de mão de obra em quase todos os setores. Ademais, mesmo nos setores com desenvolvimento tecnológico mais acelerado, a mudança no nível de empregos esteve mais em linha as variações de demanda final. Também se notou que os setores industriais apresentaram as maiores perdas de emprego no período ao considerá-los sob o ponto de vista dos setores verticalmente integrados.

Para tanto, na segunda seção, apresenta-se formalmente o conceito de VIS e suas implicações teóricas e empíricas. Na terceira seção, formaliza-se a metodologia de decomposição estrutural. Na quarta sessão, são apresentados os principais resultados. Finalmente, na quinta, são tecidas algumas considerações finais. Há também um apêndice com detalhes formais da metodologia de deflação dos preços e da agregação dos setores.

2. Setores Verticalmente Integrados e Produtividade Total do Trabalho

A metodologia insumo-produto enxerga o sistema econômico como composto de um número de setores, ou indústrias, que vendem seus bens ou serviços produzidos para o consumo final ou para consumo intermediário de outros setores. Formalmente, tendo como hipótese que cada setor produz um tipo de bem ou serviço homogêneo, a produção de cada setor i , divide-se como segue:

$$p_i q_i = p_i y_i + \sum_{j=1}^m p_j q_{ij} \quad (2)$$

onde p_i , q_i e y_i referem-se, respectivamente, ao preço, produção total e produção destinada à demanda final, relativos ao i -ésimo setor. Nestes valores, estão inclusos capital fixo e circulante. A produção é realizada por uma dada quantidade de trabalho direto (De-Juan e Febrero, 2000). Ademais, q_{ij} representa a demanda intermediária de todo setor j pelo bem ou serviço produzido por i , onde $i, j = 1, \dots, m$. Ao dividir ambos os lados da equação acima por p_i e considerando que $\frac{q_{ij}}{q_j} = a_{ij}$ é o coeficiente técnico do j -ésimo setor, pode-se escrever (2) na forma matricial como:

$$\mathbf{q} = \mathbf{y} + \mathbf{Aq} \quad (3)$$

³ Para uma análise mais agregada e geral, são avaliados 11 grandes setores. Quando necessário, esses setores são avaliados de maneira mais desagregada por 42 setores, conforme o máximo permitido pelos dados das MIPs estimadas por Alves-Passoni (2019) e Alves-Passoni e Freitas (2020).

Nesse caso, \mathbf{q} e \mathbf{y} representam vetores⁴ de tamanho m cujos elementos são, respectivamente, a produção total e a produção destinada a demanda final de cada setor. Ao manipular-se a equação (3), pode-se obter a seguinte expressão que relaciona a necessidade de produção total da economia com a demanda final de cada setor.

$$\mathbf{q} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \quad (4)$$

Na equação (4), o vetor de produção total da economia pode ser visto como sendo a produção total necessária para satisfazer o vetor de demanda final, dados requisitos diretos e indiretos do sistema econômico e a sua interconexão produtiva via insumos. A matriz de coeficientes \mathbf{A} representa os requisitos técnicos diretos de cada indústria com o resto do sistema econômico. Já a matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ – a inversa de Leontief – é uma matriz $m \times m$ na qual cada elemento α_{ij} denota os requerimentos diretos e indiretos⁵ de insumos intermediários necessários que fluem do setor i para o setor j .

A noção de requerimentos diretos e indiretos da inversa de Leontief está na base da noção de setores verticalmente integrados. Eles representam uma abstração teórica em que a economia pode ser organizada em setores integrados, compostos por parcelas de indústrias necessárias para produzir cada bem ou serviço final da economia. Ou seja, cada bem ou serviço final produzido dá origem a um VIS particular.

Seja $a_{ni} = \frac{L_i}{q_i}$ o coeficiente de trabalho do i -ésimo setor, \mathbf{a}_n representa o vetor de da quantidade de trabalho (L) para a produção total de todos os setores. Vale notar que o escalar $L = \mathbf{a}_n\mathbf{q}$, que representa a quantidade total de trabalho usada na economia, equivale à multiplicação dos vetores de coeficientes de trabalho e produção total. Usando este resultado, pode-se escrever a equação (4) da seguinte forma:

$$L = \mathbf{a}'_n(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \quad (5)$$

O significado econômico da expressão $\mathbf{a}'_n(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ é de que cada pré-multiplicação do vetor de coeficientes de trabalho pela j -ésima coluna da inversa de Leontief dá origem ao coeficiente de trabalho verticalmente integrado do respectivo VIS (Pasinetti, 1977, p. 75–6). Este coeficiente é dado pelo somatório dos coeficientes de trabalho diretos e indiretos de cada VIS, formando um subsistema para produção de um determinado bem final (De-Juan e Febrero, 2000). Além disso, esta expressão define a quantidade de trabalho do sistema como um todo, para obter uma quantidade do bem j . Portanto, representa a quantidade de trabalho para a produção do bem final, para seus

⁴ Neste trabalho, adota-se a notação de que vetores coluna são representados com letras minúsculas e matrizes em letras maiúsculas, ambas em negrito. Vetores-linha são representados pelo nome do vetor e o sinal ($'$).

⁵ Ou seja, o setor j pode demandar diretamente bens intermediários do setor i , mas também indiretamente. Portanto, algum setor $z \neq i$ pode vender bens intermediários para j , ao passo que também demande o bem produzido por i (Pasinetti, 1977, cap. 4).

insumos, para os insumos dos insumos e assim por diante. Com efeito, o vetor de coeficientes de trabalho diretos e indiretos é dado por:

$$\mathbf{a}_n^{VIS'} = \mathbf{a}'_n(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (6)$$

A equação (6) permite, ainda, avaliar o trabalho direta e indiretamente usado em cada VIS, utilizando matrizes diagonais, cujos valores estão na diagonal da matriz e os demais elementos são representados por zero – representadas aqui por um chapéu (^) acima do vetor. Autores como Cas e Rymes (1991) e De Juan e Febrero (2000)⁶, por exemplo, utilizam a diagonal do vetor de demanda final para acessar o vetor de trabalho físico direto e indireto usado em cada VIS como segue:

$$\mathbf{l}^{VIS} = \mathbf{a}'_n(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\hat{\mathbf{y}} \quad (7)$$

Ou seja, o vetor $\mathbf{l}^{VIS} = l_1^{VIS}, l_2^{VIS}, \dots, l_m^{VIS}$ é composto, em cada entrada, pela quantidade física de trabalho direta e indiretamente utilizada no respectivo VIS. Outra possibilidade desta metodologia é utilizar a matriz diagonal também do vetor de coeficientes de trabalho, como feito recentemente por Villani e Fana (2020):

$$\mathbf{L}^{VIS} = \hat{\mathbf{a}}_n(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\hat{\mathbf{y}} \quad (8)$$

A matriz resultante da equação acima possui, em cada entrada (i, j) , exatamente o trabalho usado no i -ésimo setor necessário para a produção destinada à demanda final do j -ésimo setor verticalmente integrado. Em resumo, como o sistema econômico é interconectado, a produção de cada bem ou serviço final da economia demanda direta e indiretamente trabalho de diversos setores e a matriz resultante da equação acima é capaz de entregar a quantidade física de trabalho de cada setor (linhas) necessários – direta ou indiretamente – na produção de cada bem final (colunas):

$$\mathbf{L}^{VIS} = \begin{bmatrix} l_{1,1}^{VIS} & l_{1,2}^{VIS} & \dots & l_{1,m}^{VIS} \\ l_{2,1}^{VIS} & l_{2,2}^{VIS} & \dots & l_{2,m}^{VIS} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{m,1}^{VIS} & l_{m,2}^{VIS} & \dots & l_{m,m}^{VIS} \end{bmatrix} \quad (9)$$

A partir de (9), cada j -ésima coluna representa o trabalho usado no VIS correspondente, que produz o bem final j . A soma dos elementos de cada coluna equivale, exatamente ao trabalho direto e indireto total usado no respectivo VIS. Com efeito, a soma dos elementos da j -ésima coluna – onde $j = 1, 2, \dots, m$ – é dada pelo vetor $\mathbf{l}^{VIS} = l_1^{VIS}, l_2^{VIS}, \dots, l_m^{VIS}$, onde $l_j^{VIS} = \sum_{i=1}^m l_{ij}^{VIS}$. Além disso, a soma dos elementos da i -ésima linha corresponde ao trabalho total usado no setor i , mensurado conforme metodologia insumo-produto e disponível nas Contas Nacionais, ou seja, $l_i = \sum_{j=1}^m l_{ij}^{VIS}$. Isso decorre do fato de que cada setor da economia utiliza trabalho tanto para produzir seu bem ou

⁶ Montresor e Marzetti (2011) utilizam um passo a mais antes de chegar a resultado.

serviço final, quanto para entregar insumos intermediários para os demais setores⁷. Ademais, cada elemento da diagonal principal de (9) representa a quantidade de trabalho setorial que é efetivamente usada no VIS correspondente, gerado pela produção de bem final do setor.

Por meio da abstração analítica dos VIS, diversos autores têm trabalhado com medidas de produtividade do trabalho de VIS, como Cas e Rymes (1991), De Juan e Febrero (2000), Fevereiro, Pinkusfeld Bastos e Freitas (2015), Gaberlini e Wiekerman (2014) e Santini e Araujo (2021). A produtividade total do trabalho de cada VIS é definida, no numerador, pela produção de bens finais do setor e, no denominador, pela quantidade de trabalho direta e indireta necessária para a produção do bem final do respectivo VIS:

$$\rho_j = \frac{y_j}{l_j^{VIS}} \quad (10)$$

Ao se substituir (6) em (7), o vetor de trabalhos dos VIS pode ser visto como $l^{VIS} = a_n^{VIS} \hat{y}$. Desta forma, a quantidade de trabalho direta e indireta usada no j -ésimo VIS para produção de y_j é dada por:

$$l_j^{VIS} = a_{nj}^{VIS} y_j \quad (11)$$

Ao se inserir (11) em (10), é possível obter a seguinte equação que define a produtividade total do trabalho de um dado VIS como sendo a inversa de seu coeficiente de trabalho direto e indireto:

$$\rho_j = \frac{1}{a_{nj}^{VIS}} \quad (12)$$

Pode-se apreender de (10) e (12) que o progresso técnico de cada VIS depende não apenas do trabalho direto utilizado para produção do bem ou serviço final sob análise, mas também do trabalho indireto usado por todos aqueles setores que, de alguma forma, participam do processo produtivo do bem final. Isso significa que o progresso técnico que poupe trabalho em algum setor pode afetar indiretamente diversos outros setores na cadeia produtiva que utilizem seu produto como insumo. Com efeito, a divisão do trabalho e sua evolução são cruciais para a mensuração do progresso técnico da produção de cada bem ou serviço final. Por outro lado, as medidas mais tradicionais de medição da produtividade (razão entre trabalho direto ou valor adicionado e o valor bruto da produção do setor) falham em computar tais ganhos, porque tratam os setores de maneira isolada.

Há outras relevantes características do progresso técnico de VIS. De Juan e Febrero (2000, p. 65), por exemplo, defendem que “*Whenever we are interested in ‘competitiveness’, the proper measure will be the inverse of the total labour embodied in one unit of final product; or, what amounts to the same, the labour employed in the*

⁷ Empiricamente, as matrizes insumo-produto são disponíveis em valores – e não em quantidades físicas. Entretanto, outro resultado metodológico importante de (9) é que, por construção, cada entrada de (9) é composta de fluxos de trabalho físico, evitando todos os tipos de problemas comuns em insumo-produto, como preços relativos e deflacionamento. Isso ocorre pois, matematicamente, todos os preços se cancelam com a operação (8), gerando fluxos puramente de trabalho físico.

vertically integrated sector corresponding to each final good”. Isso decorre do fato de que, quando se pensa em competitividade na produção de certo bem ou serviço final, deve-se pensar no custo de produção de todo o processo produtivo. A redução de requerimentos de trabalho direto e indireto reduz custos de toda a cadeia produtiva, seja de trabalho direto ou de trabalho empregado nos insumos intermediários, afetando a competitividade.

Ao contrário de outros métodos de mensuração de produtividade que exigem hipóteses como retornos constantes de escala e são suscetíveis a efeitos meramente distributivos (Felipe e McCombie, 2015), a integração vertical produz um conceito de progresso técnico suficientemente amplo para abranger mudanças nos métodos de produção, economias de escala e *learning by doing* (De-Juan e Febrero, 2000) no impacto sobre a produtividade do trabalho. Além disso, a mensuração de progresso técnico por meio de VIS elimina o problema comum do efeito ‘distribuição de renda’, ao mesmo tempo em que não é afetada por mera terceirização (*outsourcing*) de processos produtivos, já que todos os setores indiretamente necessários são considerados (Fevereiro, Pinkusfeld Bastos e Freitas, 2015; Garbellini e Wirkierman, 2014).

Tais considerações oferecem os atributos necessários para a decomposição estrutural para o emprego das MIPs brasileiras.

3. Metodologia de Decomposição Estrutural

A decomposição estrutural da matriz insumo-produto para o emprego constitui um exercício de estática comparativa para identificar as fontes da variação dos empregos entre dois períodos (Rose e Casler, 1996). Neste trabalho, busca-se avaliar quantos empregos foram criados ou destruídos nos setores verticalmente integrados devido a aumentos de produtividade do trabalho, demanda final ou comércio internacional. Em outras palavras, interessa saber quanto de trabalho doméstico foi necessário para concluir a produção dos setores (Lind, 2020). Diante disso, pode-se ter uma noção de como os empregos diretos e indiretos alocados nos distintos setores se comportaram.

Em primeiro lugar, foi necessário utilizar matrizes estimadas não oficiais por conta das alterações dos sistemas de contas nacionais, que tornaram incomparáveis as MIPs de 2000 e 2005 com as MIPs de 2010 e 2015. A série de matrizes insumo-produto utilizada para a decomposição estrutural da economia brasileira foi elaborada por Alves-Passoni e Freitas (2020) a preços correntes e por Alves-Passoni (2019) para preços do ano anterior com 91 produtos e 42 atividades. A estimação das matrizes seguiu uma metodologia elaborada inicialmente por Grijó e Bêrni (2006) a partir das Tabelas de Recursos e Usos fornecidas pelo IBGE (2017) para 51 atividades e 107 produtos retropolada entre 2000 e 2009. Em síntese, utilizou-se as matrizes insumo-produto oficiais de 2010 e 2015 como estrutura base para a estimação dos demais anos. Por fim, para que o balanceamento das matrizes seja compatível com as tabelas oficiais de Recursos e Usos do mesmo ano, as estimções foram calibradas pelo método GRAS (Temurshoev, Miller e Bouwmeester, 2013).

Para que todas as matrizes fossem colocadas de modo a acomodar as variações de preços no tempo, seguiu-se um processo de deflação que separa as informações em duas formas (Alves-Passoni, 2019; Reich, 2008). A primeira contempla todas as matrizes em preços constantes no tempo, por meio de um deflator do produto bruto total. Este é o efeito inflacionário geral da economia, cujos valores reais são tomados a partir de um ano base. A segunda consiste em acomodar a variação dos preços relativos entre os produtos com o objetivo de acessar as variações em volumes, eliminando perturbações que dizem respeito à distribuição de renda e não a fatores técnicos de produção (Garbellini e Wirkierman, 2014). Deve-se notar que os volumes de produção propriamente ditos não são acessados, mas apenas suas variações (Reich, 2008, p. 423).

Sem este ajuste, informações para decomposição estrutural relacionadas à variação de preços relativos podiam gerar observações de mudanças estruturais sem que houvesse alterações produtivas reais, uma vez que as matrizes são medidas apenas em valores de produção. Estes ajustes dizem respeito às dinâmicas de mercado e de concorrência que refletem sobre os preços relativos dos produtos (Reich, 2008, p. 418–9). Os procedimentos algébricos são explicados no Apêndice A.

A partir do sistema aberto de Leontieff, pode-se representar a produção total da economia no contexto dos preços relativos por:

$$\mathbf{q}^v = [\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}]^{-1} \tilde{\mathbf{y}} \quad (13)$$

em que \mathbf{q}^v é a produção total das atividades em unidades de volume (preços relativos constantes), $[\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}]^{-1}$ é a “matriz inversa de Leontief” (Miller e Blair, 2009; Ricardo-Schuschny, 2005) ponderada pelos preços relativos da produção total setorial. Por fim, $\tilde{\mathbf{y}}$ é o vetor de demanda final total, também ponderado pelos preços relativos da produção setorial. Com essa representação, garante-se tanto o controle dos preços relativos quanto a aditividade das matrizes insumo-produto (Alves-Passoni, 2019; Balk e Reich, 2008; Reich, 2008).

Seja \mathbf{a}_n' o vetor linha de coeficientes de trabalho, tem-se que $\mathbf{a}_n' \mathbf{q}^v = L$, que representa a soma da quantidade de trabalho usada na economia. Desta forma, a equação (5) pode ser reescrita, usando também a equação (13), como:

$$L = \mathbf{a}_n' [\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}]^{-1} \tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{a}_n^{VIS'} \tilde{\mathbf{y}} \quad (14)$$

Por fim, com o objetivo de se obter um vetor que contenha o trabalho direto e indireto de cada setor, a equação (7) pode ser reescrita utilizando $\widehat{\mathbf{a}_n^{VIS}}$, que denota a matriz diagonal dos coeficientes de trabalho direto e indireto usados em cada setor verticalmente integrado:

$$\mathbf{l}^{VIS} = \widehat{\mathbf{a}_n^{VIS}} \tilde{\mathbf{y}} \quad (15)$$

A equação (14) é a base de análise do trabalho nos setores verticalmente integrados ao considerar todo o trabalho nacional. É a partir dessa estrutura matemática

que serão analisados os trabalhos nos próprios VIS e comparados aos setores tradicionais. Entretanto, para a evolução da produtividade, é necessário considerar também os insumos importados e, conseqüentemente, o trabalho executado no resto do mundo.

3.1 Incorporação das estruturas de comércio internacional

Até agora, os termos estavam sendo tratados apenas sob o ponto de vista da produção doméstica, para atender tanto o consumo doméstico quanto o exterior. Entretanto, para uma devida análise das relações tecnológicas, é preciso avaliar de maneira expressa os produtos importados que atendem às demandas domésticas intermediária e final. Parte da forma aqui apresentada é derivada de Kupfer, Freitas e Young (2004).

3.1.1 Insumos intermediários importados

Para inserir a demanda importada de insumos intermediários, pode-se partir da equação (3) para considerar a matriz de coeficientes técnicos totais e não apenas de coeficientes técnicos nacionais. Assim, tem-se que

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_d + \mathbf{A}_m \quad (16)$$

em que $\mathbf{A}_m = [a_{ij}^m] = \frac{b_{ij}^m}{q_j^d}$ indica a matriz de coeficientes técnicos importados, e o coeficiente técnico de insumo importado equivale à razão entre o insumo importado (b_{ij}^m) pelo setor j ao setor i dividido pela produção total nacional (q_j^d) do setor j . Além disso, o subscrito d indica que a informação se refere aos dados domésticos.

Como consequência direta, pode-se representar a matriz de coeficientes técnicos a partir da equação (16), substituindo-a em (3) e fazendo os devidos algebrismos:

$$\mathbf{q}_d = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y}_d - (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{m} \quad (17)$$

em que o termo $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y}_d$ indica a real técnica produtiva aplicada representada pela matriz inversa de Leontief necessária para atender à demanda final por produtos nacionais. Esta seria a produção total do país caso produzisse internamente todos os produtos necessários. Por outro lado, o termo $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{m}$ representa a parte da produção necessária para atender tal demanda final, mas que foi importada sob a forma de insumos e representada pelo vetor \mathbf{m} . Nesse caso, a produção importada está ponderada pela técnica total nacional.

Esta estrutura básica permitirá lidar com toda a complexidade da estrutura produtiva possível de ser avaliada com MIPs.

3.1.2 Trabalho no VIS considerando importações intermediárias

Agora, pode-se reorganizar a o conceito de coeficiente de trabalho para considerar os insumos intermediários importados a partir da equação (17):

$$l = \widehat{a}_n \left[(I - \widetilde{A})^{-1} \widetilde{y}_d - (I - \widetilde{A})^{-1} \widetilde{m} \right] \quad (18)$$

de onde se pode tomar na forma de setores verticalmente integrados a partir da equação (15):

$$l^{VIS} = \underbrace{\widehat{a}_n^{VIS*} \widetilde{y}_d}_{\text{produtividade real dos setores verticalmente integrados}} - \underbrace{\widehat{a}_n^{VIS*} \widetilde{m}}_{\text{empregos gerados no exterior}} \quad (19)$$

O significado econômico da expressão $\widehat{a}_n'(I - \widetilde{A})^{-1}$ é de que cada pré-multiplicação do vetor de coeficientes de trabalho pela j -ésima coluna da inversa de Leontief dá origem ao coeficiente de trabalho verticalmente integrado do respectivo VIS. Este valor considera tanto os insumos nacionais, quanto importados e são representados por \widehat{a}_n^{VIS*} . O sinal negativo antes de $\widehat{a}_n^{VIS*} \widetilde{m}$ indica a quantidade de empregos gerados no exterior caso o resto do mundo utilizasse a mesma técnica produtiva nacional para a produção dos insumos importados.

3.2 Formas de decomposição da variação do emprego nos VIS

As formas apresentadas na seção anterior podem ser organizadas para que indiquem, adicionalmente, informação temporal. Para isso, o subscrito nas expressões das matrizes e vetores indicará a marcação temporal. Por simplicidade, admita-se apenas dois períodos $t = 0$ e $t = 1$. Assim, a equação (15) pode ser reescrita como:

$$\begin{aligned} l_0^{VIS*} &= \widehat{a}_{n,0}^{VIS*} \widetilde{y}_{d,0} - \widehat{a}_{n,0}^{VIS*} \widetilde{m}_0 \\ l_1^{VIS*} &= \widehat{a}_{n,1}^{VIS*} \widetilde{y}_{d,1} - \widehat{a}_{n,1}^{VIS*} \widetilde{m}_1 \end{aligned}$$

em que $\widehat{a}_{n,t}^{VIS*}$ representa o trabalho total direto e indireto aplicado no período t , considerando os insumos nacionais e importados.

Portanto, pode-se calcular a variação dos empregos nos setores verticalmente integrados e seus efeitos de uma variação no tempo, denotada por:

$$\Delta l^{VIS*} = l_1^{VIS*} - l_0^{VIS*} = \widehat{a}_{n,1}^{VIS*} \widetilde{y}_{d,1} - \widehat{a}_{n,0}^{VIS*} \widetilde{y}_{d,0} - \left[\widehat{a}_{n,1}^{VIS*} \widetilde{m}_1 - \widehat{a}_{n,0}^{VIS*} \widetilde{m}_0 \right] \quad (20)$$

A decomposição estrutural permite analisar as variações de emprego a partir da produtividade dos setores verticalmente integrados, da demanda final e do padrão de comércio internacional. A decomposição exige que a equação (20) seja escrita em função das variações dos demais termos, tais como $\Delta \widehat{a}_n^{VIS*} = \widehat{a}_{n,1}^{VIS*} - \widehat{a}_{n,0}^{VIS*}$ e $\Delta \widetilde{y}_d = \widetilde{y}_{d,1} - \widetilde{y}_{d,0}$.

Porém, as formas de decomposição sofrem do problema da não unicidade de solução, cujas alternativas dependem da quantidade de variáveis do modelo. Isso faz com que, para n variáveis, existam $n!$ formas para decompor as mudanças de maneira isolada

(Dietzenbacher e Los, 1998)⁸. Para o caso em análise, serão utilizadas as médias das chamadas “decomposições polares”, que são levantadas como as mais acuradas (Muradov, 2021). Como exemplo, pode-se considerar as seguintes variações:

$$\widehat{a_n^{VIS}}_1 = \widehat{a_n^{VIS}}_0 + \Delta a_n^{VIS} \quad e \quad \widetilde{y}_{d,0} = \widetilde{y}_{d,1} - \Delta \widetilde{y}_d \quad (21)$$

Substituindo estas variações em (20) tem-se que:

$$\Delta l^{VIS} = (\widehat{a_n^{VIS}}_0 + \Delta a_n^{VIS}) \widetilde{y}_{d,1} - \widehat{a_n^{VIS}}_0 (\widetilde{y}_{d,1} - \Delta \widetilde{y}_d) - [\widehat{a_n^{VIS}}_1 \widetilde{m}_1 - \widehat{a_n^{VIS}}_0 \widetilde{m}_0]$$

e fazendo as devidas manipulações, pode-se chegar a:

$$\begin{aligned} \Delta l^{VIS} &= \underbrace{\Delta a_n^{VIS} \widetilde{y}_{d,1}}_{\text{mudança na produtividade do VIS}} + \underbrace{\widehat{a_n^{VIS}}_0 \Delta \widetilde{y}_d}_{\text{variação de demanda}} \\ &- \underbrace{[\widehat{a_n^{VIS}}_1 \widetilde{m}_1 - \widehat{a_n^{VIS}}_0 \widetilde{m}_0]}_{\text{variação por substituição ou penetração de importações no consumo intermediário}} \end{aligned} \quad (22)$$

Assim, é possível avaliar a contribuição da variação de cada elemento para a mudança total do emprego. Vale notar que se adota a hipótese de que o desenvolvimento tecnológico atua especialmente no sentido de poupar mão de obra, ainda que estejam incluídos na matriz inversa de Leontief efeitos de substituição de insumos devido a variações de preços relativos ou efeitos de escala além de mudança técnica propriamente dita (Rose e Casler, 1996).

Como se pode ver em (22), o termo referente à mudança na produtividade dos setores verticalmente integrados está ponderado pela demanda final do período $t = 1$. Por outro lado, o termo referente à variação de demanda está ponderado pela produtividade do período $t = 0$. Assim, nota-se que (22) é uma das duas chamadas “decomposições polares” (Dietzenbacher e Los, 1998) e é solução para (20).

A outra decomposição polar é dada adotando-se as variações “refletidas” de (21), quais sejam:

$$\widehat{a_n^{VIS}}_0 = \widehat{a_n^{VIS}}_1 - \Delta a_n^{VIS} \quad e \quad \widetilde{y}_{d,1} = \widetilde{y}_{d,0} + \Delta \widetilde{y}_d \quad (23)$$

e fazendo as devidas manipulações, pode-se chegar a:

$$\begin{aligned} \Delta l^{VIS} &= \underbrace{\Delta a_n^{VIS} \widetilde{y}_{d,0}}_{\text{mudança na produtividade do VIS}} + \underbrace{\widehat{a_n^{VIS}}_1 \Delta \widetilde{y}_d}_{\text{variação de demanda}} \\ &- \underbrace{[\widehat{a_n^{VIS}}_1 \widetilde{m}_1 - \widehat{a_n^{VIS}}_0 \widetilde{m}_0]}_{\text{variação por substituição ou penetração de importações no consumo intermediário}} \end{aligned} \quad (24)$$

⁸ Ao se permitir a multiplicação de variação dos fatores, o número será ainda maior do que $n!$ (Belegri-Roboli e Markaki, 2010).

No caso de (24), o termo referente à mudança de produtividade está ponderado pela demanda final do período $t = 0$. Já o termo referente à variação de demanda está ponderado pela produtividade dos setores verticalmente integrados em $t = 1$. Para avaliar as mudanças, será usada a média das duas composições polares (Dietzenbacher e Los, 1998; Figueiredo e Oliveira, 2015) indicadas em (22) e (24).

3.3 Demanda final doméstica e externa

Pode-se representar a demanda final doméstica pela diferença entre a demanda final total \mathbf{y} e a demanda final por importados \mathbf{y}_M :

$$\mathbf{y}_d = \mathbf{y} - \mathbf{y}_M \quad (25)$$

Ainda, pode-se tomar a produção final doméstica para atender duas categorias: demanda final doméstica (\mathbf{f}) e exportações (\mathbf{x}). Portanto, a partir da equação (25) e representando por $\widehat{\boldsymbol{\mu}} = \widehat{\mathbf{y}}_d \widehat{\mathbf{y}}^{-1}$ a matriz diagonal que indica a participação da produção doméstica na demanda final total, pode-se decompor a produção doméstica para atender cada uma das categorias da demanda final – controlando já pelos preços relativos:

$$\widehat{\mathbf{y}}_d = \widehat{\boldsymbol{\mu}}^f \widehat{\mathbf{f}} + \widehat{\boldsymbol{\mu}}^x \widehat{\mathbf{x}} \quad (26)$$

Com isso, após os devidos algebrismos, a variação da demanda final doméstica entre os períodos $t = 1$ e $t = 0$ pode ser reescrita já considerando o processo de deflacionamento e tomando como base a equação (24):

$$\begin{aligned} \Delta \widehat{\mathbf{y}}_d = & \underbrace{\frac{1}{2} [\Delta \widehat{\boldsymbol{\mu}}^f (\widehat{\mathbf{f}}_0 + \widehat{\mathbf{f}}_1) + \Delta \widehat{\boldsymbol{\mu}}^x (\widehat{\mathbf{x}}_0 + \widehat{\mathbf{x}}_1)]}_{\text{penetração de importações na demanda final}} \\ & + \underbrace{\frac{1}{2} [(\widehat{\boldsymbol{\mu}}_0^f + \widehat{\boldsymbol{\mu}}_1^f) \Delta \widehat{\mathbf{f}}]}_{\text{variação de demanda final doméstica}} + \underbrace{\frac{1}{2} [(\widehat{\boldsymbol{\mu}}_0^x + \widehat{\boldsymbol{\mu}}_1^x) \Delta \widehat{\mathbf{x}}]}_{\text{variação de demanda externa}} \end{aligned} \quad (27)$$

3.4 Decomposição final considerando comércio exterior

Para concluir a estrutura de análise de decomposição estrutural para o emprego considerando bens e serviços importados, pode-se substituir a equação (27) em (24) tal que:

$$\begin{aligned}
& \Delta l^{VIS*} \\
& = \underbrace{\frac{1}{2} \Delta \widehat{a}_n^{VIS*} (\widetilde{y}_{d,0} + \widetilde{y}_{d,1})}_{\text{variação da produtividade efetiva do trabalho nos VIS}} \\
& + \underbrace{\frac{1}{4} (\widehat{a}_{n,0}^{VIS*} + \widehat{a}_{n,1}^{VIS*}) (\widehat{\mu}_0^f + \widehat{\mu}_1^f) \Delta \widetilde{f}}_{\text{variação de demanda final doméstica}} + \underbrace{\frac{1}{4} (\widehat{a}_{n,0}^{VIS*} + \widehat{a}_{n,1}^{VIS*}) (\widehat{\mu}_0^x + \widehat{\mu}_1^x) \Delta \widetilde{x}}_{\text{variação de demanda externa}} \\
& + \underbrace{\frac{1}{4} (\widehat{a}_{n,0}^{VIS*} + \widehat{a}_{n,1}^{VIS*}) [\Delta \widehat{\mu}^f (\widetilde{f}_0 + \widetilde{f}_1) + \Delta \widehat{\mu}^x (\widetilde{x}_0 + \widetilde{x}_1)]}_{\text{penetração de importações na demanda final}} - \underbrace{[\widehat{a}_{n,1}^{VIS*} \widetilde{m}_1 - \widehat{a}_{n,0}^{VIS*} \widetilde{m}_0]}_{\text{var. de importações no consumo interm.}} \\
& \hspace{10em} \text{mudança da estrutura de comércio}
\end{aligned} \tag{28}$$

Com isso, passa-se a trabalhar com os dados propriamente ditos. A partir dos dados utilizados com 42 setores, foi feita uma agregação para 11 indústrias seguindo a classificação adotada em Alves-Passoni (2019, n. Appendix E) e apresentada na Tabela 7 - Fonte: Alves-Passoni (2019). Tabela 7, apresentada no Apêndice B. A principal finalidade dessa agregação é agrupar as manufaturas em quatro grupos distintos, de modo a enfatizar aspectos referentes à mudança estrutural e progresso técnico sobre os empregos. Agora, serão apresentados os resultados.

4. Resultados

A economia brasileira, no período de 2000 a 2018, passou por distintos ciclos e choques. Entre 2000 e 2004, o país passou por um período de descontrole inflacionário e por reflexos de uma crise monetária em 1999 e outra em 2002 (Oreiro *et al.*, 2018). Esse foi um período de baixo crescimento econômico, marcada por restrições externas ao crescimento (Medeiros, 2017) e crescente informalização da força de trabalho (Baltar, Souen e Campos, 2018). Também foi um período marcado por uma política fiscal contracionista (Gobetti e Orair, 2015).

Entre 2004 e 2013, a economia brasileira experimentou um período de expansão do emprego formal e do poder de compra dos salários (Baltar, Souen e Campos, 2018). Isso resultou em um aumento da participação dos salários na renda e costuma ser caracterizado como um período de “crescimento com inclusão social” (Baltar, Souen e Campos, 2018; Carneiro, 2018). Ademais, parte desse movimento pode ser visto no aumento dos empregos nas indústrias tradicionais e inovativas na construção civil e no comércio e alimentação no período de 2000-2005 e na construção civil, comércio e alimentação e indústrias inovativas entre 2005-2010. Entre 2010 e 2013, ainda se observou aumento da formalização puxada, entretanto, por setores *non-tradables* (Baltar, Souen e Campos, 2018).

Entre 2005 e 2010, também houve um processo de valorização cambial, em que uma melhora dos termos de troca no período contribuiu para o aumento dos consumos intermediário e final de bens importados e consequente formação de um mercado de consumo de massa interno (Barbosa-Filho, 2013). Também houve redução da dívida líquida do setor público, com superávits primários consecutivos. Ao mesmo tempo, os investimentos cresceram mais do que o consumo, especialmente os investimentos públicos relacionados à infraestrutura (Corrêa e Xavier, 2013). Notou-se, ademais, um aumento de transferência de renda aos mais pobres, o que contribuiu para um maior dinamismo à economia (Barbosa-Filho, 2013), com uma redução da taxa de desemprego.

Por outro lado, a melhora nos termos de troca reforçou uma pauta primário-exportadora (Mello e Rossi, 2018). Parte desse fenômeno pode ser visto no crescimento do setor verticalmente integrado da Agricultura em todos os períodos analisados. Esse processo contribuiu para a redução de empregos diante da competição internacional nos demais setores de produtos transacionáveis, especialmente na comparação entre 2005 e 2010. No curto prazo, os efeitos da sobrevalorização do real aumentaram os salários reais e contribuiu para o controle da inflação, mas passou a criar desajustes à competitividade da indústria nacional.

O modelo de crescimento adotado nos governos Lula (2003-2010) e comandado pelas exportações e consumo de massa apresentava sinais de declínio que demandavam um padrão distinto de crescimento. Tentou-se, a partir de 2011, diversificar a estrutura produtiva e ampliar a infraestrutura, tornando-a mais produtiva e eficiente (Barbosa-Filho, 2013), uma vez que estava defasada como resultado de ainda insuficiente investimento nos anos anteriores (Carneiro, 2018). Ademais, o modelo apresentou duas deficiências centrais que auxiliam entender o declínio do modelo e os efeitos macroeconômicos observados a partir de 2011 (Mello e Rossi, 2018).

Em primeiro lugar, houve uma dificuldade em modernizar a estrutura produtiva nacional de modo a atender a demanda final. O padrão de incentivo ao consumo de massas foi permitido por políticas de aumento do salário-mínimo, políticas de transferência de renda, formalização do mercado de trabalho e ampliação do acesso ao crédito, modernizando o perfil de consumo das famílias (Mello e Rossi, 2018). Entretanto, não foi observada uma correspondente atualização da estrutura produtiva para acomodar toda a nova demanda, fenômeno que foi exacerbado a partir de 2015.

Em segundo lugar, o país não conseguiu realizar uma mudança estrutural a partir da alocação dos empregos em setores de maiores produtividade (Mello e Rossi, 2018). Esse fenômeno pode ser visto com as maiores variações médias de emprego sendo notadas nos setores de Serviços, comércio e alimentação e Construção. Parte desse fenômeno tem relação com o declínio da participação da manufatura na economia causada por uma redução dos investimentos e apreciação da taxa real de câmbio, com efeitos negativos sobre a produtividade do trabalho (Oreiro *et al.*, 2018).

Para tentar enfrentar tais problemas, o governo Dilma desenvolveu uma estratégia de desenvolvimento industrial voltada para o lado da oferta com a redução de custos para diversos setores da indústria nacional. Foram reduzidos custos de energia e de crédito (juros e *spread*), encargos trabalhistas por meio de desonerações da folha de pagamento, desvalorização da taxa de câmbio e desonerações tributárias (Mello e Rossi, 2018).

Porém, essa política se mostrou ineficiente para promover o crescimento econômico além de piorar os resultados fiscais devido às desonerações e crescimento reduzido do PIB (Mello e Rossi, 2018).

Em 2014, a economia brasileira passou por uma redução dos investimentos, que apresentou variações negativas. Como se verá abaixo, o setor da Construção representa boa parte dessa retração. Tal redução dá início a uma contração da economia brasileira, que se consolida com um choque recessivo em 2015. Foram adotados um choque fiscal (redução de despesas públicas), de preços administrados, como gasolina e energia (pressão de custos para as empresas e redução da renda real das famílias) e cambial (desvalorização de 50% entre os meses de janeiro de 2014 e 2015). Ademais, houve um aperto monetário para tentar responder aos choques de preços administrados e cambial, com a taxa básica de juros indo ao patamar de 14,25% ao ano entre julho de 2015 e agosto de 2016 (Rossi e Mello, 2017).

Essa combinação levou a um choque elevado no PIB nos anos de 2015 e 2016, com redução concomitante do consumo das famílias (principal motor do crescimento no período), do emprego e dos investimentos (Rossi e Mello, 2017). Essa crise se arrasta atualmente, sem sinal de retomada da taxa de ocupação e do nível de renda do próprio ano de 2014 (Rossi e Mello, 2017). Após a ruptura institucional em 2016, que levou a uma mudança de governo, medidas de desregulamentação e de ampliação das políticas de austeridade foram amplificadas, reduzindo ainda mais a possibilidade de recuperação econômica no período.

Dado esse contexto econômico da economia brasileira, passa-se a uma análise dos dados a respeito dos setores verticalmente integrados.

4.1 Estrutura dos setores verticalmente integrados no Brasil

Uma forma de avaliar a estrutura produtiva de uma economia é pela constituição de seus setores verticalmente integrados a partir do trabalho direto e indireto. Os valores totais auxiliam a entender a magnitude dos setores e o nível de trabalhadores destinados à produção para atender à demanda final do próprio setor ou à produção de insumos para os demais. É o caso da Tabela 5.

Por outro lado, a constituição percentual dos VIS contribui para entender a dinâmica da demanda final da produção dos setores e sua dependência dos demais setores, como se pode ver na Tabela 6. Para essas duas primeiras tabelas, foram considerados apenas os trabalhos diretos e indiretos aplicados em território nacional, conforme a equação (15).

Pela Tabela 5, é possível recuperar o quantitativo de empregos diretos empregados nos setores a partir das somas de suas linhas. De maneira semelhante à estrutura da matriz insumo-produto, as linhas indicam o trabalho dos setores que é fornecido como insumo para si mesmo e para os demais. A primeira linha indica, por exemplo, que 7,1 milhões de trabalhadores são empregados para atender a demanda final do próprio setor de Agricultura, pesca e relacionados. Ademais, mais de 3,7 milhões são empregados indiretamente para atender ao setor da Indústria tradicional na produção de bens finais ligados a este.

Já a soma das colunas indica os trabalhadores diretos e indiretos empregados no setor para atender à demanda final. O setor da Indústria inovativa empregou, por exemplo, pouco mais de 2 milhões de maneira direta, 270 mil da Agricultura, pesca e relacionados e mais de 38 mil do setor de Construção. Nesse caso, pode-se notar a cadeia produtiva de um VIS sob a ótica de sua demanda de mão de obra empregada em outros setores.

Nesse caso, convém salientar que os dados de emprego nos setores verticalmente integrados dificilmente serão os mesmos que apenas o trabalho diretamente empregado. Por outro lado, setores que apresentam mais ocupações diretas do que quando são analisados na forma de VIS indicam que são importantes setores fornecedores de mão de obra indireta para outros. É o caso do setor de Agricultura, pesca e relacionados, que tem mais de 13 milhões de trabalhadores diretos, mas cujo tamanho reduz para pouco mais de 8 milhões quando considerado enquanto VIS. Por outro lado, a indústria inovativa apresenta apenas 2,6 milhões de trabalhadores diretos, mas mais de 5,4 milhões de trabalhadores diretos e indiretos, o que demonstra ser um setor fortemente demandante de trabalho de outros setores.

Essas relações de interdependência entre os setores ficam um pouco mais claras quando se avalia a participação direta e indireta de ocupações dos setores no atendimento à demanda final. Novamente, nota-se que a Agricultura, pesca e relacionados é composta por 87,34% de mão de obra própria. Já a Indústria inovativa foi composta de apenas 37,16% de trabalho direto. O setor de Comércio, alojamento e alimentação e de Serviços comunitários, sociais e individuais contribuíram com 25,67% e 16,21% respectivamente com as ocupações da Indústria Inovativa. Nesse caso, é de se esperar que sejam empregos de melhor qualidade ainda que ligados aos setores de serviços.

	[1] Agricultura, pesca e relacionados (%)	[2] Commodities industriais (%)	[3] Commodities agrícolas processadas (%)	[4] Indústria tradicional (%)	[5] Indústria inovativa (%)	[6] Utilidade pública (%)	[7] Construção (%)	[8] Comércio, alojamento e alimentação (%)	[9] Transporte, armazenagem e correio (%)	[10] Intermediação financeira, seguros e serviços imobiliários (%)	[11] Serviços comunitários, sociais e individuais (%)	Total de ocupações
[1]	7.141.881 (87,34)	451.338 (12,5)	219.167 (21,94)	3.772.174 (31,5)	269.984 (4,96)	23.006 (3,02)	252.615 (2,85)	711.978 (3,32)	98.878 (2,2)	49.010 (1,84)	389.990 (1,09)	13.380.021
[2]	78.899 (0,96)	1.002.554 (27,76)	15.824 (1,58)	167.400 (1,4)	148.448 (2,73)	19.450 (2,55)	186.676 (2,11)	84.246 (0,39)	86.108 (1,92)	18.406 (0,69)	93.104 (0,26)	1.901.115
[3]	8.028 (0,1)	14.702 (0,41)	347.104 (34,75)	57.431 (0,48)	43.405 (0,8)	2.438 (0,32)	27.157 (0,31)	40.200 (0,19)	8.106 (0,18)	7.883 (0,3)	39.502 (0,11)	595.956
[4]	181.178 (2,22)	151.221 (4,19)	29.877 (2,99)	4.449.667 (37,16)	211.283 (3,88)	14.983 (1,97)	161.809 (1,82)	423.577 (1,98)	70.287 (1,57)	39.633 (1,49)	289.482 (0,81)	6.022.997
[5]	19.330 (0,24)	78.653 (2,18)	12.386 (1,24)	66.796 (0,56)	2.041.524 (37,5)	19.624 (2,58)	65.057 (0,73)	90.230 (0,42)	53.170 (1,19)	15.226 (0,57)	169.954 (0,47)	2.631.950
[6]	25.118 (0,31)	46.351 (1,28)	8.378 (0,84)	54.331 (0,45)	28.187 (0,52)	319.821 (41,99)	15.546 (0,18)	70.550 (0,33)	16.471 (0,37)	12.384 (0,46)	125.165 (0,35)	722.302
[7]	14.415 (0,18)	76.050 (2,11)	4.997 (0,5)	44.016 (0,37)	38.322 (0,7)	39.311 (5,16)	6.836.281 (77,09)	70.108 (0,33)	67.439 (1,5)	51.592 (1,94)	375.345 (1,04)	7.617.876
[8]	423.244 (5,18)	742.313 (20,56)	177.918 (17,81)	1.670.849 (13,95)	1.397.355 (25,67)	99.721 (13,09)	745.352 (8,41)	17.640.318 (82,32)	429.645 (9,58)	206.457 (7,75)	1.790.151 (4,98)	25.323.323
[9]	102.591 (1,25)	331.498 (9,18)	60.824 (6,09)	562.912 (4,7)	347.606 (6,38)	46.638 (6,12)	159.075 (1,79)	591.870 (2,76)	2.892.473 (64,47)	227.230 (8,53)	982.486 (2,73)	6.305.203
[10]	13.790 (0,17)	31.342 (0,87)	5.837 (0,58)	52.411 (0,44)	35.670 (0,66)	8.892 (1,17)	23.125 (0,26)	96.444 (0,45)	30.970 (0,69)	1.256.697 (47,19)	152.374 (0,42)	1.707.552
[11]	168.223 (2,06)	685.246 (18,98)	116.653 (11,68)	1.077.157 (8,99)	882.320 (16,21)	167.780 (22,03)	394.999 (4,45)	1.608.453 (7,51)	733.003 (16,34)	778.769 (29,24)	31.519.373 (87,73)	38.131.976
Total nos VIS	8.176.697 (100)	3.611.268 (100)	998.965 (100)	11.975.144 (100)	5.444.104 (100)	761.664 (100)	8.867.692 (100)	21.427.974 (100)	4.486.550 (100)	2.663.287 (100)	35.926.926 (100)	104.340.271

Tabela 5: Trabalho direto e indireto nacional nos VIS bpara o ano de 2018 (percentual em parênteses). Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

Essas questões podem lançar novos elementos para a análise da desindustrialização medida por redução dos empregos, mas que é causada apenas por uma terceirização de atividades antes classificadas dentro da própria indústria (Montresor e Marzetti, 2011). Uma primeira análise pode ser feita avaliando-se a participação de cada um dos setores verticalmente integrados no emprego total da economia, como se pode ver na Tabela 6: Distribuição do emprego nacionais conforme os dois modelos. A participação dos setores em cada modelo soma 100%. Tabela 6.

Setores	Modelo	Emprego 2000	Emprego 2018	Participação 2000 (%)	Participação 2018 (%)	Varição (p. p.)
Agricultura, pesca e relacionados	VIS	6.718.972	8.176.697	8,53	7,84	-0,69
	Setor	16.728.521	13.380.021	21,24	12,82	-8,42
Comércio, alojamento e alimentação	VIS	14.244.836	21.427.974	18,09	20,54	2,45
	Setor	17.473.434	25.323.323	22,19	24,27	2,08
Commodities agrícolas processadas	VIS	997.444	998.966	1,27	0,96	-0,31
	Setor	620.130	595.958	0,79	0,57	-0,22
Commodities industriais	VIS	2.468.387	3.611.268	3,13	3,46	0,33
	Setor	1.492.820	1.901.116	1,9	1,82	-0,08
Construção	VIS	7.519.889	8.867.694	9,55	8,5	-1,05
	Setor	5.579.533	7.617.875	7,09	7,3	0,21
Indústria inovativa	VIS	4.392.958	5.444.105	5,58	5,22	-0,36
	Setor	1.843.924	2.631.951	2,34	2,52	0,18
Indústria tradicional	VIS	13.427.252	11.975.145	17,05	11,48	-5,57
	Setor	4.520.775	6.022.997	5,74	5,77	0,03
Intermediação financeira, seguros e serviços imobiliários	VIS	1.625.267	2.663.287	2,06	2,55	0,49
	Setor	1.203.164	1.707.552	1,53	1,64	0,11
Serviços comunitários, sociais e individuais	VIS	23.893.292	35.926.926	30,34	34,43	4,09
	Setor	24.711.261	38.131.976	31,38	36,55	5,17
Transporte, armazenagem e correio	VIS	2.936.782	4.486.550	3,73	4,3	0,57
	Setor	4.041.224	6.305.203	5,13	6,04	0,91
Utilidade pública	VIS	519.436	761.664	0,66	0,73	0,07
	Setor	529.729	722.303	0,67	0,69	0,02
Total		78.744.515	104.340.276			

Tabela 6: Distribuição do emprego nacionais conforme os dois modelos. A participação dos setores em cada modelo soma 100%.

Pode-se perceber, portanto, que os setores verticalmente integrados da Agricultura, pesca e relacionados, Commodities agrícolas processadas, Indústria tradicional, Indústria inovativa e Construção foram os setores que perderam participação na força de trabalho no Brasil entre 2000 e 2018. O destaque é para a Indústria tradicional,

que perdeu 5,57 pontos percentuais na participação total dos empregos diretos e indiretos, significando redução em toda sua cadeia para atendimento da demanda final.

Por outro lado, os VIS de Comércio, alojamento e alimentação e Serviços comunitários, sociais e individuais foram os que mais ganharam participação, representando, juntos quase 55% dos empregos diretos e indiretos no Brasil em 2018. Isso indica um processo de ampliação do papel dos serviços nos empregos nacionais. Esse é um fenômeno de mudança estrutural oposto ao desenvolvimento de uma “economia dual” no sentido original, que transitaria os empregos de maneira consistente dos setores de menores produtividades (estagnados) para os setores de maiores produtividade e salário além de maior taxa de crescimento da produtividade, especialmente na manufatura (Taylor, 2020). Tal dinâmica tende a achatar as classes médias e configura uma economia dual (Lewis, 1954), dividida em setores estagnados, com baixos desenvolvimento tecnológico, salários e padrões de demanda, e alguns setores dinâmicos, com padrão de desenvolvimento superior. Só que no caso brasileiro numa tendência reversa, os trabalhadores estão saindo de estruturas mais produtivas para empregos de menor capacidade produtiva.

Uma forma de ver que o arcabouço dos setores verticalmente integrados contribui para uma melhor visualização das relações tecnológicas é comparar com o mesmo índice aplicado aos setores da forma tradicional. Avaliando-se apenas o trabalho direto, tem-se que o setor Agricultura, pesca e relacionados foi o que, estatisticamente, perdeu maior participação nos empregos. Entretanto, a medida direta subestima a capacidade de geração de empregos diretos e indiretos das quatro atividades ligadas à indústria de transformação, em especial, das indústrias tradicional e inovativa.

A partir do arcabouço dos setores verticalmente integrados, a indústria tradicional respondeu por 11,48% dos empregos diretos e indiretos contra 5,77% considerando-se apenas os empregos diretos em 2018. Portanto, uma análise que considera apenas os empregos diretos subestima tanto a capacidade de empregar quanto as perdas sofridas pelos setores industriais entre 2000 e 2018. Fenômeno semelhante ocorre com o setor da Construção, que apresentou perdas maiores e maior participação quando considerado como um VIS.

Diante dessas considerações mais iniciais, pode-se passar a uma análise mais detalhada dessa evolução da produtividade nos setores verticalmente integrados.

4.2 Evolução da produtividade nos VIS

Sabe-se que o progresso técnico tem relação direta com o crescimento econômico de um país (Marquetti e Soares-Porsse, 2014). Uma maneira de verificar a evolução da produtividade nos setores verticalmente integrados parte da análise da evolução da quantidade de ocupações diretas e indiretas demandas pelos setores para a produção de um determinado valor de produção final, como se pode ver na Figura 3. Neste caso, considera-se também os insumos importados e, portanto, o trabalho realizado fora do país.

Os dados apresentados na Figura 3 estão organizados de maneira ordinal entre setores “Intensivo”. “Mediano” e “Não intensivo” em mão de obra. Inicialmente, chama a atenção o elevado ganho de produtividade do trabalho direto e indireto aplicado ao setor

de Agricultura, pesca e relacionados. Em 2005, eram necessários 93 trabalhadores para atender 1 milhão de reais em demanda final a preços de 2010. Esse quantitativo cai para 68 em 2010. Este foi o único período em que este setor apresentou redução líquida de ocupações, como se verá abaixo. Ademais, entre 2000 e 2018, a produtividade média mais do que dobrou, passando de 104 para 49 trabalhadores por milhão de reais (preços de 2010) de demanda final. Numa tendência parecida, o setor de Commodities agrícolas processadas apresentou ganhos mais elevados a partir de 2010, chegando a demandar 23 ocupações para atender um milhão de reais de demanda final.

De maneira contrastante, os setores de Serviços comunitários, sociais e individuais e de Utilidade pública mantiveram sua produtividade praticamente constante no período. Como suas atividades dizem respeito basicamente a serviços públicos e privados de saúde, educação, administração pública em produção e distribuição de gás, água e coleta de esgoto, é esperado que suas produtividades se mantenham razoavelmente constantes. Uma das principais razões é que as medidas de produtividade se referem em sua maior parte a salários de servidores públicos e empregados, que podem gerar algum viés na medida de produção bruta total do setor. Outra razão é a própria dinâmica limitada de desenvolvimentos tecnológicos efetivamente poupadores de mão de obra.

Nas indústrias, em que se esperam maiores ganhos de produtividade diante de um maior potencial de automação e robotização das tarefas, há um comportamento díspar entre as indústrias tradicionais e inovativas. A produtividade da primeira apresenta um aumento mais ou menos constante, passando de 44 em 2000 para 36 trabalhadores para atender 1 milhão de demanda final a preços de 2010. Já as atividades inovativas mantiveram-se praticamente estáveis, passando de 22 para 21 trabalhadores para atendimento de um milhão de reais de demanda final no mesmo período. Em alguma medida, esse dado pode indicar que os ganhos de produtividade desse setor estão sendo apropriados por outros setores e não pelos demandantes finais.

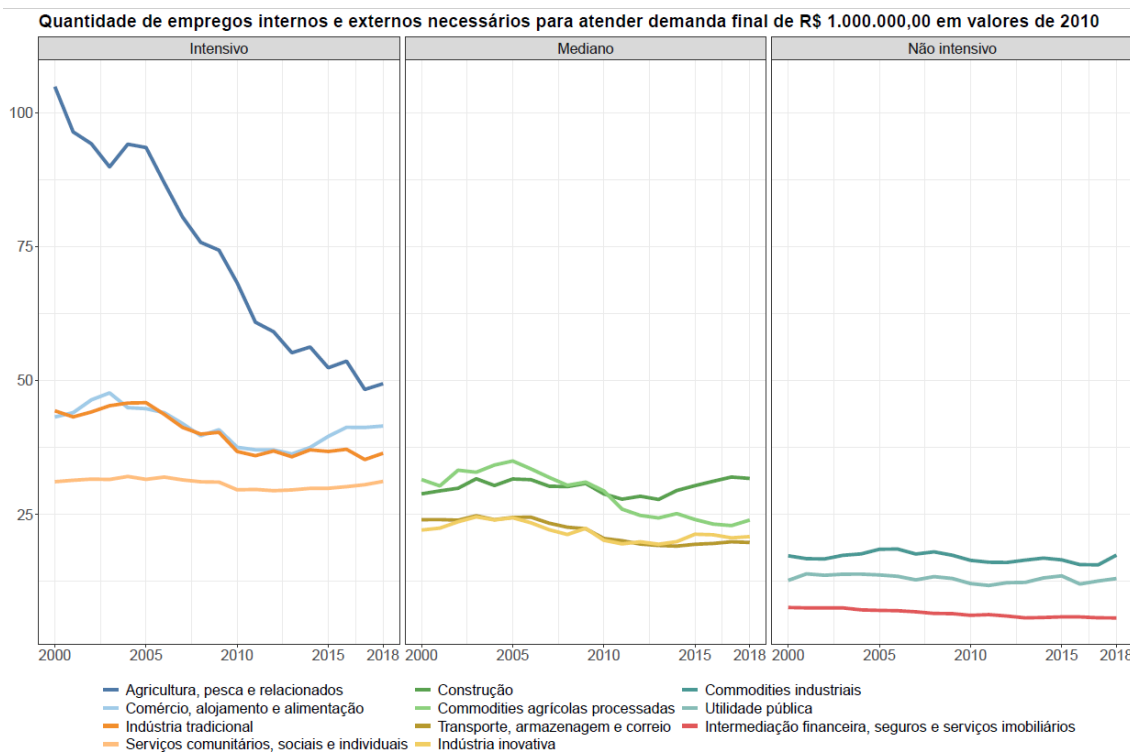


Figura 3: Trabalho direto e indireto nos VIS. Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

Feitas as análises mais detalhadas sobre a evolução da produtividade, passa-se à decomposição estrutural para o emprego no Brasil entre 2000 e 2018.

4.3 Decomposição estrutural para o emprego

Para a decomposição estrutural do emprego, foram analisados os períodos 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 e 2015-2018. A principal razão é a disponibilidade de Matrizes oficiais para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015 elaboradas pelo IBGE (2018). Mesmo que o Sistema de Contas Nacionais seja distinto para os 2000 e 2005 e para 2010 e 2015, algumas análises de evolução relativa podem ser feitas para comparar com os valores estimados em Alves-Passoni (2019). Ademais, cobre-se períodos distintos da economia brasileira e que guardam alguma relação econômica menos heterogênea. Ao final, também há algumas considerações sobre o período completo de 2000 a 2018.

Portanto, para os setores que mais interessam na presente análise, os dados da decomposição do emprego estão representados na Figura 4. Os dados indicam a variação na quantidade de empregos nos setores verticalmente integrados nos períodos selecionados. Portanto, uma criação líquida de empregos, por exemplo, indica empregos diretos e indiretos gerados para atender à demanda final do setor.

Nota-se, em primeiro lugar, que períodos mais dinâmicos de crescimento da demanda, como é o caso do período 2005-2010 como um todo, também são marcados por consideráveis aumentos de produtividade do trabalho. Para tal período, todos os setores apresentaram ganhos de produtividade, de modo a reduzir empregos por essa razão. Por outro lado, elevações de demanda foram capazes de compensar as perdas em quase todos os setores. Vale notar que os setores de Construção, Comércio e Serviços apresentaram a maior geração líquida de empregos, somando mais de 1,57 milhões de empregos diretos

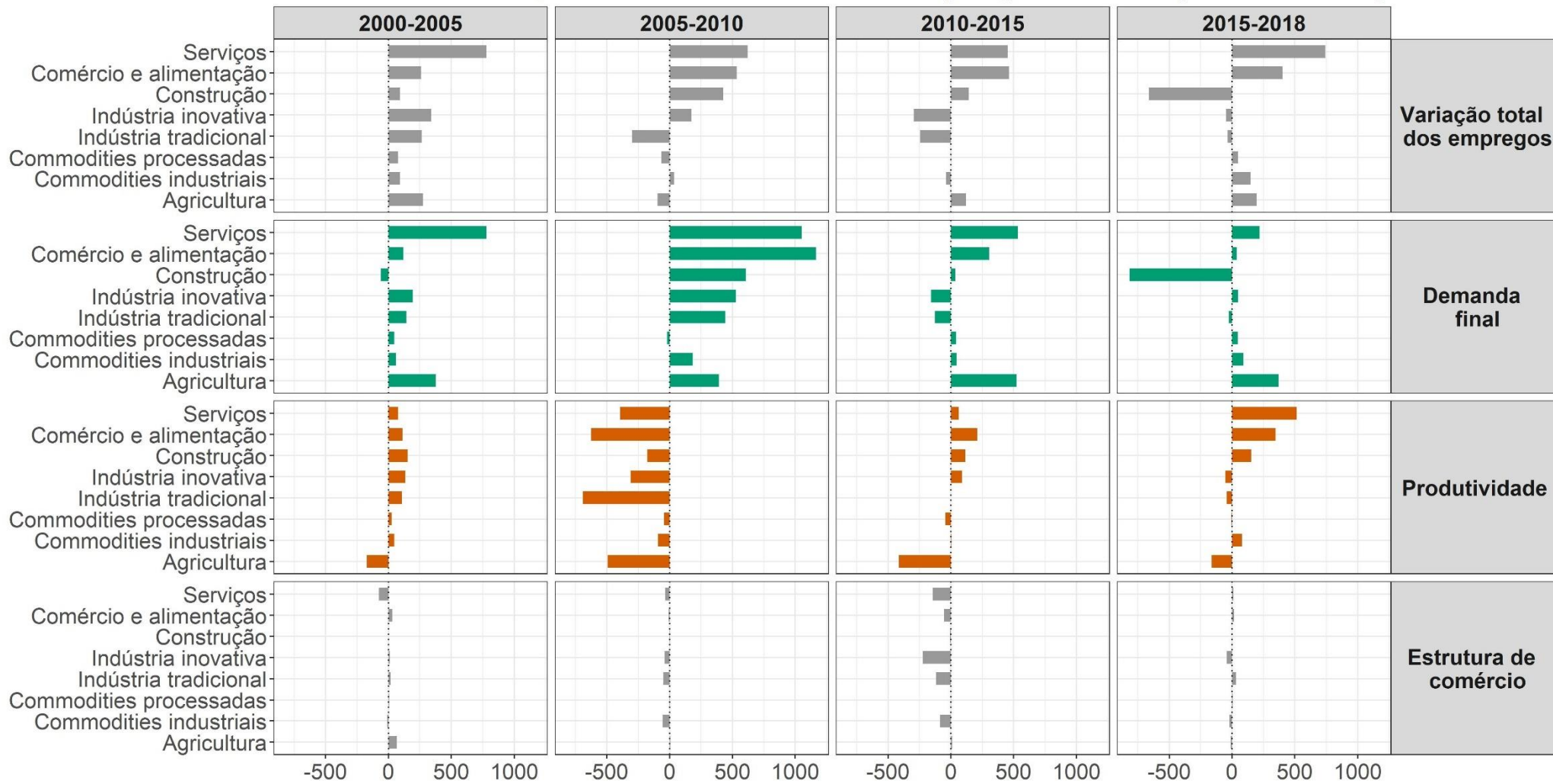
e indiretos criados em média por ano. Por outro lado, as indústrias tradicionais apresentaram perda de empregos com aumentos de demanda insuficientes para compensar os progressos técnicos do setor e a competição internacional. Isto resultou em uma redução de pouco mais de 300 mil ocupações diretas e indiretas por ano entre 2005 e 2010.

Avaliando-se setores específicos, percebe-se que a Agricultura enquanto setor verticalmente integrado foi geradora líquida de empregos. Em parte, esse fenômeno é representado pela ascensão dos preços das *commodities* em resposta aos aumentos de demanda da China, que gerou efeitos positivos para a balança comercial brasileira entre 2003 e 2008. Por outro lado, a queda dos preços de *commodities* após a crise de 2008 e os reflexos da contínua valorização prévia do real fez os déficits de transações correntes ressurgirem (Paulani, 2012). Tal fenômeno pode ser visto também pela perda de empregos em vários setores devidos à estrutura de comércio internacional no período de 2010-2015.

A Agricultura só não gerou empregos de maneira líquida no período 2005-2010, em que apresentou redução de pouco mais de 95 mil ocupações em média por ano. Esse dado sobre o VIS da Agricultura indica que os ganhos de produtividade gerados na agricultura se espalham para outros setores de maneira mais ampla do que quando se faz a análise apenas do trabalho direto no setor como em Acypreste (2021), terceiro artigo deste trabalho. Por outro lado, sabe-se que parte do ganho de produtividade da agricultura diz respeito aos desenvolvimentos tecnológicos gerados em outros setores, incorporados por meio de bens intermediários e de capital (Silva, 2018). Nesse caso, a aplicação do arcabouço dos VIS permite ver essa relação dialética de maneira mais concreta.

As Indústrias tradicionais apresentaram perda de empregos nos períodos de 2005 a 2018. Salvo o primeiro período analisado, quando mais de 260 mil ocupações foram geradas para atender à demanda final do setor em média por ano, as perdas acumuladas no período somam 2,9 milhão de ocupações. Esse fenômeno diz respeito em parte ao à desindustrialização da economia nacional (Bresser-Pereira, 2010), que prejudica parte da cadeia de empregos ligados às indústrias tradicionais, com mais detalhes analisados abaixo. Isso também ajuda a explicar o baixo desempenho do crescimento da produtividade na economia brasileira depois da década de 1980, em um processo de desindustrialização prematura (NASSIF *et al.*, 2020).

Fontes das variações anuais médias do emprego nos VIS (em milhares)



Médias das decomposições estruturais polares para setores selecionados.
Elaboração própria com dados das MIPs do IBGE e das estimadas em Patieene (2019, 2020).

Figura 4- Decomposição Estrutural para o Emprego. Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

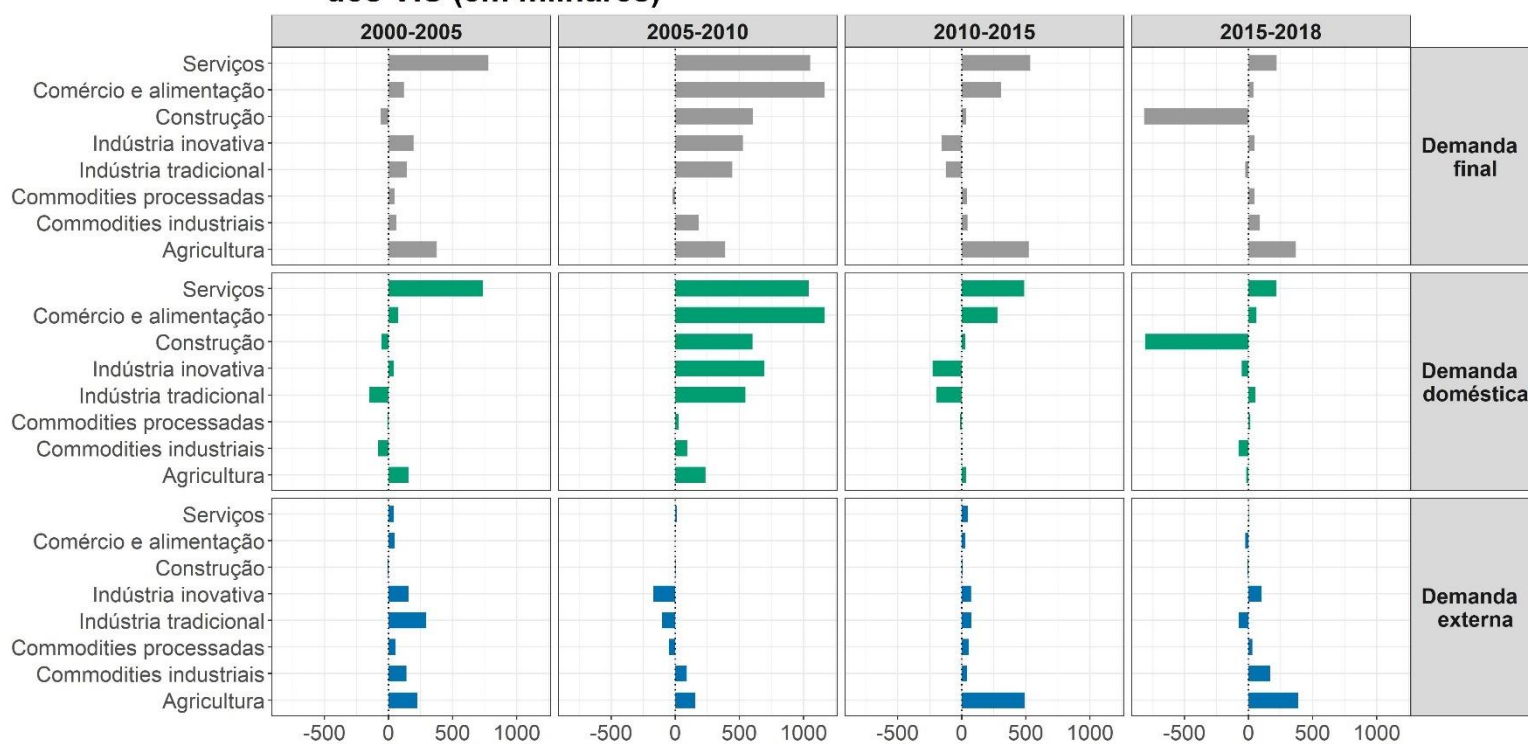
Já os VIS de indústrias inovativas apresentaram um comportamento gerador de empregos até o período que se encerra em 2010, com mais de 2,2 milhões novos empregos. Ademais, os ganhos de produtividade no setor nos períodos de 2005 a 2018 reduziram o crescimento dos empregos. Por outro lado, entre 2010 e 2015, a combinação de redução da demanda final e piora no padrão de comércio do setor contribuiu para o resultado de uma redução média de mais de 290 mil empregos por ano. Juntamente com as indústrias tradicionais (com redução de quase 1,3 milhão), foram as que mais sofreram redução de ocupações nesse período de estagnação e crise econômicas.

Chamam a atenção também o padrão de crescimento de empregos nos VIS ligados aos serviços. As atividades de Serviços comunitários, sociais e individuais e de Comércio e Alimentação foram geradores líquidos de empregos diretos e indiretos em todos os períodos. Ademais, à exceção do período 2005-2010, tanto aumentos de demanda quanto reduções de produtividade contribuíram para tal efeito. Mesmo no período de forte concentração e desaceleração econômica entre 2015-2018, ambos setores geraram, conjuntamente, mais de 3,2 milhões de empregos. Esse é um tema que chama a atenção especialmente no que diz respeito à qualidade dos empregos.

Por fim, o VIS da Construção, que apresentou criação líquida de empregos entre 2000 e 2015, totalizando pouco mais de 3 milhões de ocupações, apresentou queda de quase 1,7 milhão depois de 2015. Parte dessa redução se deve à crise econômica desde então e parte parece ser consequência dos problemas envolvendo boa parte das empreiteiras nacionais decorrentes da operação “Lava-Jato”, com perdas consideráveis em toda a cadeia da construção civil.

Ainda, é possível avaliar as contribuições das demandas finais interna e externa sobre os setores verticalmente integrados conforme se vê na Figura 5:

Papel das demandas final interna e externa sobre a demanda final no emprego dos VIS (em milhares)



Médias das decomposições estruturais polares para setores selecionados.
Elaboração própria com dados das MIPs do IBGE e das estimadas em Patieene (2019, 2020).

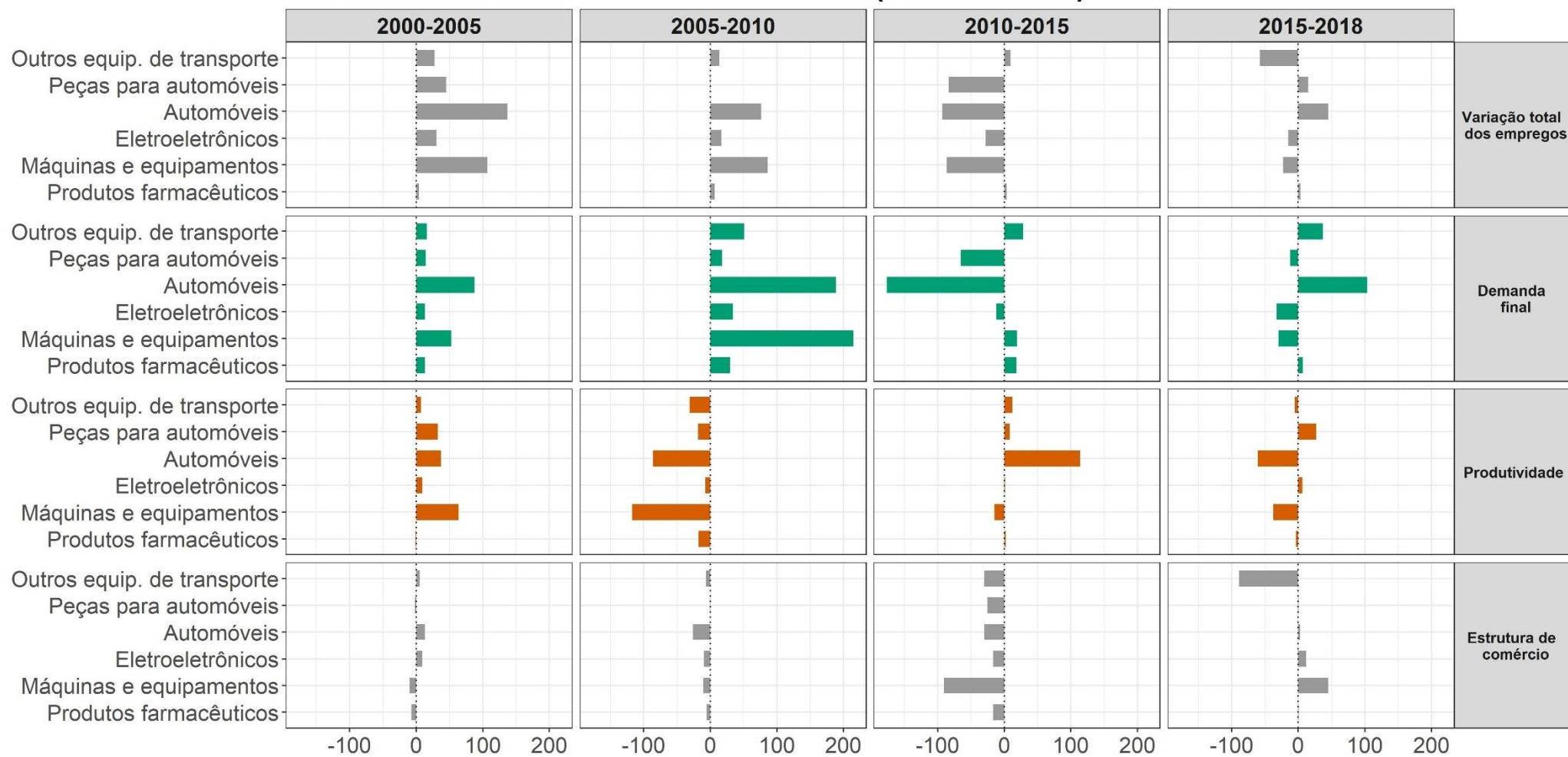
Figura 5: Fontes de variação da demanda final.

Na figura acima, percebe-se que, no período de 2005-2010, a geração de empregos foi puxada basicamente pela variação da demanda interna. Como era de se esperar pela própria dinâmica econômica do setor voltada principalmente ao mercado interno, o mesmo comportamento vale para os setores de Serviço, Comércio e alimentação e Construção em todos os períodos. Por outro lado, os empregos gerados por aumento de demanda final do VIS da Agricultura e das Commodities industriais em menor escala foram puxadas em grande medida pela demanda externa.

4.4 Decomposição estrutural mais desagregada

Também pode-se avaliar a decomposição estrutural de alguns desses 11 setores mais agregados. Apesar de contribuir para uma visão setorial geral da economia, os dados apresentados na Figura 4 podem esconder nuances de setores mais específicos e que ajudariam a entender melhor a dinâmica da economia brasileira. Entretanto, vale notar que os resultados agregados, devido à própria estrutura das matrizes insumo-produto podem não corresponder exatamente à soma direta dos setores mais desagregados (Miller e Blair, 2009; Rørmose, 2011). Nesse sentido, os resultados apresentados a seguir devem ser interpretados com esse condicionante.

Fontes das variações anuais médias do emprego nos VIS das indústrias inovativas (em milhares)



Médias das decomposições estruturais polares.
Elaboração própria com dados das MIPs do IBGE e das estimadas em Patieene (2019, 2020).

Figura 6 Decomposição para as Indústrias Inovativas. Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

Para o caso do VIS da Indústria inovativa, pode-se consultar a Figura 6, que apresenta as indústrias que pertencem a essa categoria. O setor de Máquinas e equipamentos apresentou crescimento líquido de empregos entre 2000 e 2010, em grande medida puxado pela demanda final: mais de 800 mil ocupações foram criadas no período para atendê-la. Porém, entre os anos de 2005 e 2018, pouco mais de 650 mil ocupações foram reduzidas devido aos aumentos de produtividade que não foram compensadas por aumentos da demanda final de 2010 a 2018. Ademais, entre 2010 e 2015, notou-se uma grande penetração de importações, que contribuíram para uma perda média de 86 mil empregos por ano, em parte afetada pelo período de forte valorização do real.

O setor de Automóveis, camionetas, caminhões e ônibus apresentou perda líquida de empregos apenas no período 2010-2015. Durante todo o período, a criação total foi de pouco mais de 500 mil postos de trabalho. O que chama a atenção é a demanda final como principal indicador do resultado líquido de ocupações. No período de 2010-2015, quase 180 mil ocupações diretas e indiretas foram perdidas por ano devido à redução da demanda final. A perda de empregos foi um pouco menor por redução da produtividade do setor. Em parte, esse efeito tem relação com maior estabilidade dos empregos de modo que a redução de produtividade tem relação com aumento de capacidade ociosa do que com reversão técnica propriamente dita. Vale notar que o setor de Peças e acessórios para veículos automotores seguiu a direção do setor de Automóveis, ainda que em menor escala.

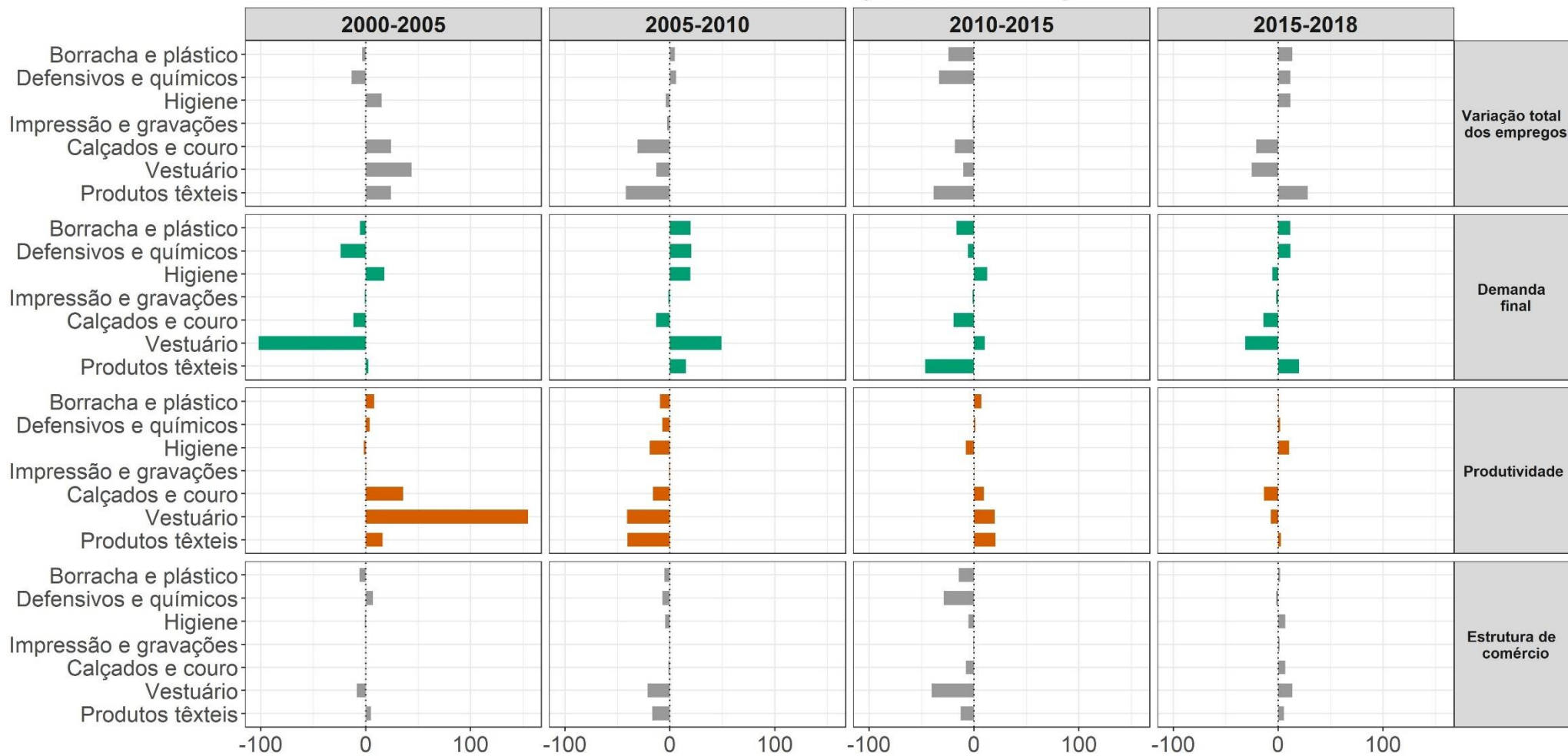
O setor de Eletroeletrônicos também apresenta aderência às variações de demanda final como indicador do saldo líquido de ocupações. Entre 2000 e 2010, a demanda final foi responsável pela criação de quase 16 mil ocupações por ano. Por outro lado, entre 2010 e 2018, respondeu por uma queda de quase 17,5 mil empregos anualmente.

De maneira geral, os setores mais desagregados seguem a mesma tendência do setor agregado das indústrias inovativas de que os ganhos de produtividade não apresentaram tendência robusta de alta e, conseqüentemente, redução de mão de obra. Por outro lado, a tendência geral do nível de ocupações seguiu os desenvolvimentos da demanda final.

Para os VIS ligados às indústrias tradicionais, pode-se consultar a Figura 7, que detalha as origens da variação dos empregos nas indústrias específicas. De maneira geral, pode-se notar que os períodos de 2005 a 2015 foram marcados por perda de empregos em quase todas as indústrias. Totalizou-se quase 140 mil ocupações a menos para atender a demanda final no período. De 2015 a 2018, também teve redução, ainda que em escalar menor, de quase 20 mil empregos.

Os setores verticalmente integrado de fabricação de Calçados e couro e Vestuário apresentaram perdas nos três períodos, sendo que apenas entre 2005-2010 as perdas tiveram origem em aumentos de produtividade cumulada com baixo crescimento da demanda final. Nos demais, reduções de demanda final contribuíram para a redução líquida de postos de trabalho.

Fontes das variações anuais médias do emprego nos VIS das indústrias tradicionais (em milhares)



Médias das decomposições estruturais polares.
Elaboração própria com dados das MIPs do IBGE e das estimadas em Patieene (2019, 2020).

Figura 7 Decomposição estrutural para as indústrias tradicionais. Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

O setor de Impressão e gravações apresentou redução de ocupações em todos os períodos analisados, com as quedas de demanda puxando tal comportamento. Em média, 1,2 mil empregos foram perdidos por ano entre 2000 e 2018 por conta de variações negativas da demanda final. Em parte, representa um setor bastante afetado pela expansão do uso de computadores e de internet, que alteraram consideravelmente sua dinâmica.

Por fim, para o setor de Serviços comunitários, sociais e individuais, pode-se avaliar a Figura 8. À exceção dos Serviços às empresas-famílias, que perderam 120 mil postos de trabalho diretos e indiretos em média por ano entre 2010 e 2015, todas as demais indústrias geraram empregos em todos os períodos analisados. Há mais um indício de terciarização da economia brasileira a partir da ótica dos empregos diretos e indiretos gerados, seja no setor público, seja no setor privado.

Parte dos resultados precisam ser interpretados com cautela, especialmente porque as informações de consumo do governo não seguem exatamente um padrão de formação de preços de mercado. Isso ocorre porque a parte mais expressiva do consumo final do governo diz respeito aos produtos de caráter não mercantil que o próprio governo fornece (gratuitamente ou com preços reduzidos), medidos pelos seus custos de produção, compostos de remunerações, consumo intermediário e de capital fixo bem como outros impostos sobre a produção (IBGE, 2014). Portanto, os efeitos da remuneração de servidores podem gerar dados que não refletem exatamente mudanças técnicas em sentido estrito. Por outro lado, perdas de produtividade, como as que ocorreram na Educação pública entre 2005 e 2015, podem dizer respeito à complexificação dos serviços prestados, envolvendo mais profissionais na atividade.

Também vale notar que Saúde e Educação privadas foram geradoras líquidas de empregos diretos e indiretos, com mais de 4 milhões de postos de trabalhos novos. As razões desse aumento se dividem de maneira mais ou menos equilibrada entre aumentos de demanda final e perdas de produtividade no setor.

Fontes das variações anuais médias do emprego nos VIS dos Serviços comunitários, sociais e individuais (em milhares)

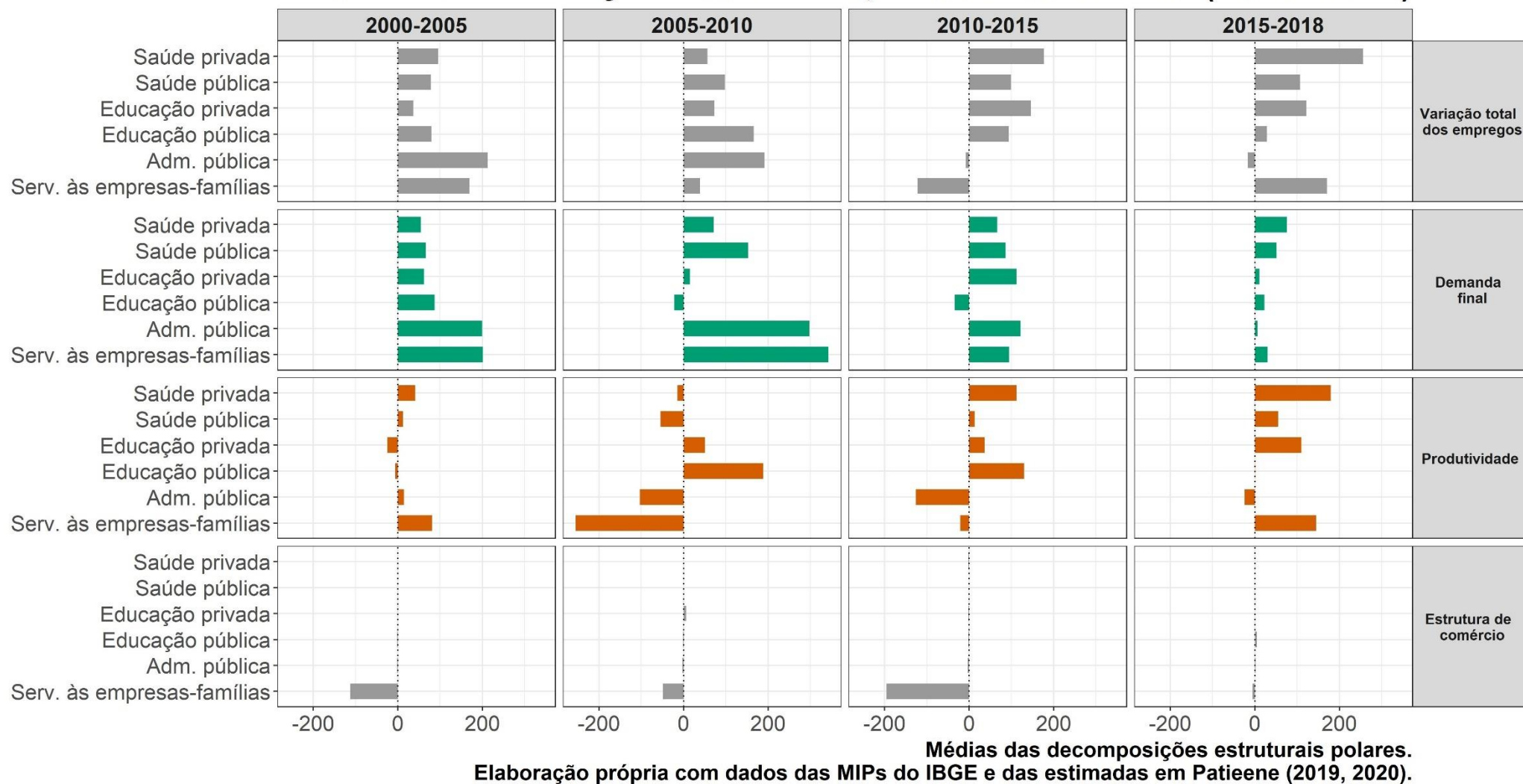
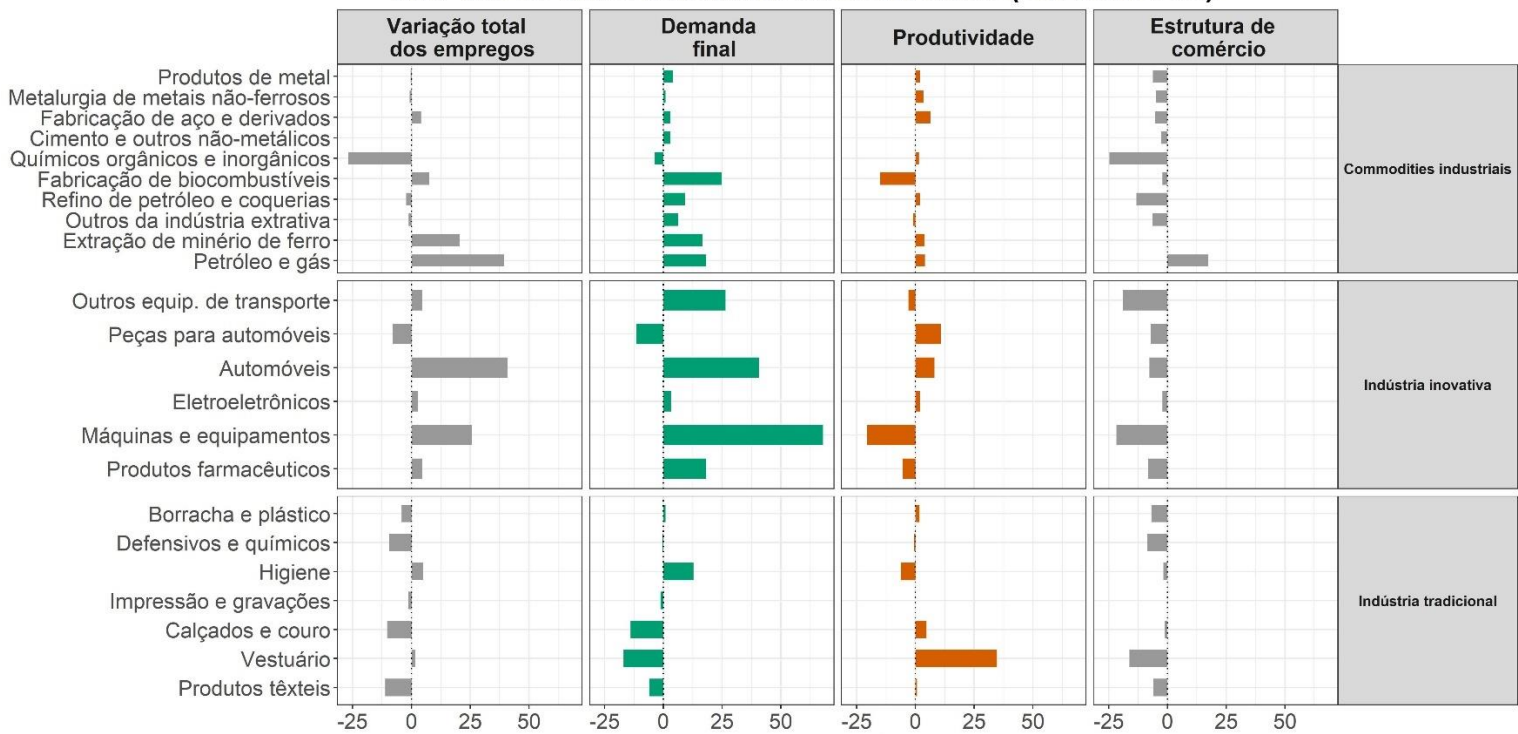


Figura 8: Decomposição estrutural para "Serviços comunitários, sociais e individuais". Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

Por fim, os dados para o período completo (2000-2018) para alguns setores industriais desagregados podem trazer mais conclusões sobre o médio prazo e estão representados na Figura 9. Note que os eixos estão disponibilizados de maneira distinta. Percebe-se que, durante todo o período, as estruturas de comércio internacional contribuíram para perda de empregos via penetração de importações. A exceção está no setor de Petróleo e gás, que gerou pouco mais de 17 mil empregos por ano em média no período devido à ampliação das exportações para demanda final e substituição de importações.

Ademais, em todo o período, apenas os setores de Fabricação de biocombustíveis, Máquinas e equipamentos, Produtos farmacêuticos apresentaram aumentos sólidos de produtividade, que se traduziu em redução de empregos diretos e indiretos. Ainda assim, nenhum desses setores apresentou perda líquida de ocupações, pois foram compensadas por aumentos da demanda final.

Fontes das variações anuais médias do emprego nos VIS de macrossetores selecionados (em milhares)



Médias das decomposições estruturais polares.
Elaboração própria com dados das MIPs do IBGE e das estimadas em Patieene (2019, 2020).

Figura 9: Dados para o período de 2000 a 2018 de setores selecionados.

Portanto, os dados apresentados indicam duas informações para a análise dos efeitos do progresso técnico sobre os empregos no Brasil no último período. Em primeiro lugar, os aumentos de produtividade não foram expressivos em quase todos os setores verticalmente integrados. Portanto, há poucos indícios de que, ao menos nos curto e médio prazos, a automação será um problema considerável para os empregos no Brasil. Em segundo lugar, de maneira geral, a variação líquida de empregos acompanhou as variações de demanda final. Desse modo, insuficiência de demanda agregada, e

competição internacional em menor medida, parecem ser as principais causas da crise de empregos, tanto com a redução das ocupações quanto de suas qualidades.

5. Considerações Finais

O presente trabalho buscou avaliar a evolução da produtividade no Brasil a partir do referencial dos setores verticalmente integrados. Assim, é possível contabilizar os ganhos decorrentes de mudança de técnicas de produção, economias de escala, incorporação de produtividade de outros setores e *learning by doing*. Ademais, tal medida incorpora os efeitos de “terceirização” da produção entre os setores, que não poderiam ser capturados ao se considerar apenas o trabalho direto.

A partir do arcabouço dos setores verticalmente integrados, a decomposição estrutural para o emprego consegue capturar as variações dos empregos devidas a mudanças de produtividade do trabalho, variações da demanda final ou alterações da estrutura de comércio internacional. A análise nos períodos indicados contribui para entender a dinâmica estrutural da economia brasileira de 2000 a 2018, identificando os VIS que cresceram ou que perderam participação na produção.

Uma primeira constatação é que a análise dos setores verticalmente integrados sugere uma participação maior de setores industriais na cadeia de empregos bem como um processo maior de desindustrialização entre 2000 e 2018. Percebe-se uma perda maior de empregos diretos e indiretos nacionais necessários para atender à demanda final por produtos industrializados, em especial no setor de Indústrias tradicionais. Por outro lado, há um aumento na geração de empregos nos setores ligados aos serviços. Esses elementos sugerem que a dinâmica de crescimento de produtividade tende a ser reduzida nos próximos períodos, especialmente porque há um deslocamento relevante da força de trabalho para setores com menores correspondências de aumento de produtividade. Isso demonstra uma permanência de baixas taxas de crescimento de produtividade desde a década de 1980 no país (NASSIF *et al.*, 2020).

Ademais, as variações dos empregos mostraram mais aderência ao comportamento da demanda final do que dos ganhos de produtividade. Além de pouco expressivos em quase todos os setores (o setor da Agricultura é uma exceção), os ganhos de produtividade não se mostraram suficientes para ser uma preocupação, ao menos nos curto e médios prazos, para o nível de empregos no Brasil.

Por fim, as dinâmicas dos setores mais desagregados coincidem com os setores mais agregados, em geral. Por outro lado, o nível de detalhamento permite identificar os setores em que o progresso técnico é mais acentuado. A análise do período completo também reduz o enfoque nos ciclos, concentrando-se no médio prazo. Nota-se que as indústrias tradicionais apresentaram os piores desempenhos em termos de geração de empregos. Por outro lado, nem os setores de Commodities industriais e das indústrias inovativas e tradicionais apresentaram expressivo progresso técnico, que poderia levar a grandes reduções de mão de obra.

Alguns pontos podem ser explorados futuramente. Um deles consiste em pesquisar se os aumentos de produtividades mais elevados em alguns períodos têm relação com aumentos dos salários reais ou se há outros fatores a impactar os resultados

(Marquetti, 2004). Também é interessante avaliar as composições com diferentes escalas temporais para captar dinâmicas de indústrias específicas.

6. Referências

- ACEMOGLU, D. Technology and Inequality. **NBER Reporter**, 2003.
- ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. Artificial Intelligence, Automation and Work. **National Bureau of Economic Research**, 24196. 2018.
- ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 13, n. 1, p. 25–35, 2020.
- ACYPRESTE, R. DE; MOLLO, M. DE L. R. A Questão da Maquinaria em Ricardo, Marx e Wicksell. **Nova Economia**, v. 31, n. 2, p. 587–611, 18 ago. 2021.
- AGUILERA, A.; RAMOS BARRERA, M. G. Desempleo tecnologico: una aproximacion al caso latinoamericano. **AD-minister**, n. 29, p. 59–78, 2016.
- ALBUQUERQUE, P. H. M. *et al.* Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimção da probabilidade de automação de ocupações no Brasil. **IPEA**, Texto para Discussão 2457. 2019.
- ALVES-PASSONI, P. **Deindustrialization and regressive specialization in the Brazilian economy between 2000 and 2014: a critical assessment based on the input-output analysis**. Rio de Janeiro - BRA: UFRJ, 2019.
- ALVES-PASSONI, P.; FREITAS, F. N. P. **Texto para Discussão 025 | 2020 Estimção de Matrizes Insumo-Produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010**. Rio de Janeiro - RJ, BRA: [s.n.].
- ANTUNES, R. A nova morfologia do trabalho e as formas diferenciadas da reestruturação produtiva no Brasil dos anos 1990. **Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, v. XXVII, p. 11–25, 2014.
- ARAÚJO, R. A. Optimal Investment Specific Technological Progress Allocation in a Two Sector Model. **Revista EconomiA**, v. 10, n. 3, p. 457–464, 2009.
- ARAÚJO, R. S. A.; TEIXEIRA, J. R. Investment specific technological progress and structural change. **Estudos Economicos**, v. 40, n. 4, p. 819–829, 2010.
- AUTOR, D. H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. **Journal of Economic Perspectives**, v. 29, n. 3, p. 3–30, 2015.
- BALK, B. M.; REICH, U. P. Additivity of national accounts reconsidered. **Journal of Economic and Social Measurement**, v. 33, n. 2–3, p. 165–178, 2008.
- BALTAR, P. E. DE A.; SOUEN, J. A.; CAMPOS, G. C. DE S. Emprego e distribuição da renda. *In*: CARNEIRO, R.; BALTAR, P.; SARTI, F. (Eds.). **Navegando a contravento: Uma reflexão sobre o experimento desenvolvimentista do governo Dilma Rouseff**. [s.l.] Unesp DIGITAL, 2018. p. 171–206.
- BARBOSA-FILHO, N. H. Dez anos de política econômica. *In*: SADER, E. (Ed.). **10 anos de governos pós-neoliberais no Brasil: Lula e Dilma**. Rio de Janeiro, RJ - BRA:

Boitempo, 2013. p. 69–102.

BASTANI, A. **Fully automated luxury communism**. [s.l.] Verso Books, 2019.

BAUMOL, W. J. Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis. **The American Economic Review**, v. 57, n. 3, p. 415–426, 1967.

BELEGRI-ROBOLI, A.; MARKAKI, M. Employment determinants in an input-output framework: structural decomposition analysis and production technology Article. **Bulletin of Political Economy**, v. 4, n. 2, 2010.

BENANAV, A. Automation and the Future of Work. **New Left Review**, v. 119, p. 5–38, 2019.

BEVERIDGE, W. H. **Full Employment in a Free Society: A Report**. New York - USA: Routledge, 2014.

BLAUG, M. **Economic theory in retrospect**. Fifth ed. Cambridge - UK: Cambridge university press, 1997.

BOHM-BAWERK, E. VON. **Capital and Interest: Positive Theory of Capital**. Tradução M. A. William Smart. New York - USA: G.E. Stecher & Co., 1930.

BOIANOVSKY, M. Why Did Wicksell Change His Mind About The Machinery Question? **EconomiA**, v. 15, n. 1, p. 1–19, 2014.

BOIANOVSKY, M.; HAGEMANN, H. Wicksell on technical change, real wages and employment. In: BELLET, M.; GLORIA-PALERMO, S.; ZOUACHE, A. (Eds.). **Evolution of the Market Process: Austrian and Swedish economics**. London - UK: Routledge, 2005. p. 69–93.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Taxa de câmbio, doença holandesa, e industrialização. **Cadernos FGV Projetos**, v. 5, n. 14, p. 68–73, 2010.

CARNEIRO, R. Navegando a contravento: Uma reflexão sobre o experimento desenvolvimentista do governo Dilma Rousseff. In: **PARA ALÉM DA POLÍTICA ECONÔMICA**. São Paulo - SP, BRA: Unesp DIGITAL, 2018. p. 245–82.

CARY, J. **A Discourse on Trade: And Other Matters Relative to it**. London - UK: T. Osborne, 1745.

CAS, A.; RYMES, T. **On Concepts and Measures of Multifactor Productivity in Canada, 1961-1980**. [s.l.] Cambridge University Press, 1991.

CESARATTO, S.; SERRANO, F.; STIRATI, A. Technical Change, Effective Demand and Employment. **Review of Political Economy**, v. 15, n. 1, p. 33–52, 2003.

CORRÊA, V. P.; XAVIER, C. L. Modelo de crescimento brasileiro e mudança estrutural – avanços e limites. In: **Padrão de acumulação e desenvolvimento brasileiro**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2013. .

DE-JUAN, O.; FEBRERO, E. Measuring productivity from vertically integrated sectors. **Economic Systems Research**, v. 12, n. 1, p. 65–82, 2000.

DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Structural decomposition techniques: Sense and sensitivity. **Economic Systems Research**, v. 10, n. 4, p. 307–324, 1998.

DOAN, H. T. T.; LONG, T. Q. Technical change, exports, and employment growth in

china: A structural decomposition analysis. **Asian Economic Papers**, v. 18, n. 2, p. 29–46, 2019.

FELIPE, J.; MCCOMBIE, J. S. L. **The Aggregate Production Function and the Measurement of Technical Change**. Cheltenham - UK: Edward Elgar Publishing., 2015.

FEVEREIRO, J. B.; PINKUSFELD BASTOS, C.; FREITAS, F. Labour productivity in Vertically Integrated Sectors: An empirical study for the case of Brazil. **Paper presented at the International Input-Output Annual Conference, Atlantic City**, n. June, 2015.

FIGUEIREDO, H. L. DE; OLIVEIRA, M. A. S. Análise De Decomposição Estrutural Para a Economia Brasileira Entre 1995 E 2009. **Revista de Economia**, v. 41, n. 2, p. 31–56, 2015.

FIUZA-MOURA, F. K. *et al.* Tecnologia e emprego nos setores comércio e de serviços no Brasil entre 2000 e 2009. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 15, n. 1, p. 87–112, 2016.

FIUZA-MOURA, F. K. *et al.* Criação e destruição de empregos no setor primário no Brasil entre 2000 e 2009. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 137–156, 2017.

FREEMAN, C. Structural Unemployment. *In: The New Palgrave Dictionary of Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, 2017. p. 1–5.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? **Technological Forecasting & Social Change**, v. 114, p. 254–280, 2017.

GARBELLINI, N.; WIRKIERMAN, A. L. Productivity accounting in vertically (Hyper-)integrated terms: Bridging the gap between theory and empirics. **Metroeconomica**, v. 65, n. 1, p. 154–190, 2014.

GENTILI, A. *et al.* Are machines stealing our jobs? **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 13, n. 1, p. 153–173, 2020.

GOBETTI, S. W.; ORAIR, R. O. Flexibilização fiscal: novas evidências e desafios. **Texto para Discussão 2132**, 2015.

GOODWIN, C. D. History of Economic Thought. *In: PALGRAVE MACMILLAN (Ed.). The New Palgrave Dictionary of Economics*. London - UK: Palgrave Macmillan, 2008. .

GORDON, R. J. Okun’s law and productivity innovations. **American Economic Review**, v. 100, n. 2, p. 11–15, 2010.

GRIJÓ, B.; BÊRNI, D. A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. **Teoria e Evidência Econômia**, v. 14, n. 26, p. 9–42, 2006.

HAGEMANN, H. Luigi pasinetti’s structural economic dynamics and the employment consequences of new technologies. *In: Structural Dynamics and Economic Growth*. Cambridge - UK: Cambridge University Press, 2012. p. 204–217.

HARVEY, D. Universal alienation. **TripleC**, v. 16, n. 2, p. 424–439, 4 maio 2018.

HUMPHREY, T. M. Ricardo versus Wicksell on Job Losses and Technological Change. **Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly**, v. 90, n. 4, p. 5–24, 2004.

IBGE. **Nota Metodológica nº 12 Governo e Administração Pública** Brasília - BRADIRETORIA DE PESQUISAS – DPE COORDENAÇÃO DE CONTAS NACIONAIS – CONAC, , 2014.

____. **Sistema de Contas Nacionais Brasil - Ano de Referência 2010**. 3a. ed. Rio de Janeiro - DF: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2016. v. 24

____. **Sistema de Contas Nacionais**. Rio de Janeiro - RJ, BRA: [s.n.].

____. **Matriz de insumo-produto : Brasil : 2015**. Rio de Janeiro - BRA: [s.n.].

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Inception Report for the Global Commission on the Future of Work**. Geneva: [s.n.]. Disponível em: <www.ilo.org/publns>. Acesso em: 19 set. 2018.

JONUNG, L. Ricardo on Machinery and the Present Unemployment: An Unpublished Manuscript by Knut Wicksell. **The Economic Journal**, v. 91, n. 361, p. 195–198, 1 mar. 1981.

KEYNES, J. M. **Economic Possibilities for our Grandchildren**, 1930. Disponível em: <<http://www.econ.yale.edu/smith/econ116a/keynes1.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2018

KORINEK, A.; STIGLITZ, J. Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment. **The Economics of Artificial Intelligence**, n. December, p. 1–45, 2017.

KUPFER, D.; FREITAS, F.; YOUNG, C. E. **DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DA VARIAÇÃO DO PRODUTO E DO EMPREGO ENTRE 1990 E 2001 – UMA ANÁLISE A PARTIR DAS MATRIZES INSUMO-PRODUTO**. Rio de Janeiro, RJ - BRA: [s.n.].

LEWIS, W. A. Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. **The Manchester School**, v. 22, n. 2, p. 139–191, 1954.

LIMA, Y., STRAUCH, J.M., ESTEVES, M.G.P., SOUZA, J.M. DE, CHAVES, M.B., GOMES, D. . **O Futuro do Emprego no Brasil: Estimando o impacto da automação**. Rio de Janeiro - BRA: Laboratório do Futuro - UFRJ, 2019.

LIND, D. A Vertically Integrated Perspective on Nordic Manufacturing Productivity. **International Productivity Monitor**, v. 39, n. 39, p. 53–73, 22 set. 2020.

LUQUINI, R. H. V. *et al.* Relação entre emprego e tecnologia: Em estudo para quarenta países (1995-2009). **Espacios**, v. 38, n. 42, 2017.

MARQUETTI, A. Do rising real wages increase the rate of labor-saving technical change? some econometric evidence. **Metroeconomica**, v. 55, n. 4, p. 432–441, 2004.

MARQUETTI, A. A. Analyzing historical and regional patterns of technical change from a classical-Marxian perspective. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 52, n. 2, p. 191–200, 2003.

MARQUETTI, A.; SOARES-PORSSE, M. DE C. Patrones de progreso técnico en la economía Brasileña, 1952-2008. **Cepal Review**, n. 113, p. 61–78, 2014.

MARX, K. **Grundrisse. Foundations of the Critique of Political Economy**. Tradução Martin Nicolaus. London - UK: Penguin Books, 1993.

_____. **O capital: crítica da economia política: Livro I: o processo de produção do capital**. Tradução Rubens Enderle. São Paulo - SP: Boitempo (e-book), 2013.

MASON, P. **Clear bright future: A radical defence of the human being**. [s.l.] Penguin UK, 2019.

MAZZUCATO, M. Financing innovation: Creative destruction vs. destructive creation. **Industrial and Corporate Change**, v. 22, n. 4, p. 851–867, 2013.

MEDEIROS, C. A. DE. A economia brasileira no novo milênio: Continuidade e mudanças nas estratégias de desenvolvimento. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 21, n. 2, p. 1–16, 2017.

MELLO, G.; ROSSI, P. Do industrialismo à austeridade: a política macro dos governos Dilma. In: CARNEIRO, R.; BALTAR, P.; SARTI, F. (Eds.). **PARA ALÉM DA POLÍTICA ECONÔMICA 2018**. São Paulo - SP, BRA: Unesp DIGITAL, 2018. .

METCALFE, S. Technical Change. In: **The New Palgrave Dictionary of Economics**. London: Palgrave Macmillan UK, 2016. p. 1–7.

MILL, J. S. **Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy**. 7th. ed. London: Longmans, Green and Co., 1909.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis**. New York, NY, US: Cambridge University Press, 2009.

MOLLO, M. DE L. R.; TAKASAGO, M. O debate desenvolvimentista no Brasil e o papel da indústria: novos resultados de antigas lições. **Economia e Sociedade**, v. 28, n. 3, p. 885–904, 2019.

MONTRESOR, S.; MARZETTI, G. V. The deindustrialisation/tertiarisation hypothesis reconsidered: A subsystem application to the OECD7. **Cambridge Journal of Economics**, v. 35, n. 2, p. 401–421, 2011.

MURADOV, K. Structural decomposition analysis with disaggregate factors within the Leontief inverse. **Journal of Economic Structures**, v. 10, n. 1, p. 16, 2021.

MURO, M.; MAXIM, R.; WHITON, J. **Automation and AI: How machines are affecting people and places**. Washington, DC - USA: Brookings Institution Press, 2019.

NAKATANI-MACEDO, C. D. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego nos setores industriais no Brasil entre os anos de 2000 e 2009. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 19, n. 2, p. 235–260, ago. 2015.

NASSIF, A. *et al.* Structural change and productivity growth in Brazil: where do we stand? **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 40, n. 2, p. 243–263, 17 abr. 2020.

NÜBLER, I. **New Technologies: A Jobless Future or Golden Age of Job Creation?** Geneva - SWI: ILO Research Department Working Paper, 2016.

OREIRO, J. L. *et al.* Revisiting the growth of the Brazilian economy (1980-2012). **PSL Quarterly Review**, v. 71, n. 285, p. 203–229, 2018.

OREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. A. De-Industrialization: concept, causes, effects and the

- Brazilian case. **Revista de Economia Política**, v. 30, n. 2, p. 219–232, 2010.
- PASINETTI, L. the Notion of Vertical Integration in Economic Analysis. **Metroeconomica**, v. 25, n. 1, p. 1–29, 1973.
- PASINETTI, L. L. **Lectures on the Theory of Production-Columbia**. New York - USA: Columbia University Press, 1977.
- PASQUINELLI, M. On the origins of Marx’s general intellect. **Radical Philosophy**, v. 2, n. 06, 2019.
- PAULANI, L. M. A inserção da economia brasileira no cenário mundial: uma reflexão sobre a situação atual à luz da história. **Boletim de Economia e Política Internacional - IPEA**, v. 10, n. 2005, p. 89–102, 2012.
- PELLEGRINO, G.; PIVA, M.; VIVARELLI, M. Beyond R&D: the role of embodied technological change in affecting employment. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 29, n. 4, p. 1151–1171, 2019.
- PRODUCTIVITY COMMISSION. **Aspects of Structural Change in Australia**. Canberra - AUS: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.pc.gov.au>>. Acesso em: 26 out. 2020.
- RASHID, S. Machinery Question. *In: The New Palgrave Dictionary of Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, 2017. p. 1–5.
- REICH, U. P. Additivity of deflated input-output tables in national accounts. **Economic Systems Research**, v. 20, n. 4, p. 415–428, 2008.
- RICARDO-SCHUSCHNY, A. **Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones: Estudios estadísticos y prospectivos**. Santiago - CHI: [s.n.].
- RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e Tributação**. São Paulo: Nova Cultural Ltda., 1996.
- _____. **The Principles of Political Economy and Taxation**. Ontario - CAN: Batoche Books, 2001.
- RØRMOSE, P. **Structural Decomposition Analysis Sense and Sensitivity** 19th International Conference on Input-output Techniques. **Anais...Alexandria - USA: Statistics Denmark**, 2011
- ROSE, A.; CASLER, S. Input – Output Structural Decomposition Analysis : A Critical Appraisal A Critical Appraisal. **1Economic Systems Research**, v. 8, n. 1, 1996.
- ROSENBERG, N. **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge - UK: Cambridge University Press, 1982.
- ROSSI, P.; MELLO, G. Choque recessivo e a maior crise da história: A economia brasileira em marcha à ré. **Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica - IE/Unicamp**, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2017.
- SAMUELSON, P. A. A Theory of Induced Innovation along Kennedy-Weisacker Lines. **The Review of Economics and Statistics**, v. 47, n. 4, p. 343, 1 nov. 1965.
- _____. Mathematical Vindication of Ricardo on Machinery. **Journal of Political Economy**, v. 96, n. 2, p. 274–288, 1988.

SANTETTI, M.; MARQUETTI, A. A.; MORRONE, H. Progreso técnico y productos deseados y no deseados en el Brasil: 1970-2012. **Revista de la CEPAL**, v. 125, p. 127–141, 2018.

SCHUMPETER, J. A. **Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process**. New York - USA: McGraw-Hill, 1939. v. 1

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. First ed. New York, NY, US: Currency, 2017.

SESSO-FILHO, U. A. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 99–123, 2010.

SILVA, F. Q. DA. **Fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ - BRA: Universidade de Brasília, 2018.

TAKASAGO, M.; MOLLO, M. DE L. R.; GUILHOTO, J. J. M. O DEBATE DESENVOLVIMENTISTA NO BRASIL: discutindo resultados da matriz de insumo-produto. **planejamento e políticas públicas**, v. 48, 2017.

TAYLOR, L. **Macroeconomic inequality from Reagan to Trump: Market power, wage repression, asset price inflation, and industrial decline**. [s.l.] Cambridge University Press, 2020.

TEMURSHOEV, U.; MILLER, R. E.; BOUWMEESTER, M. C. A Note on the GRAS Method. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 3, p. 361–367, 2013.

TREGENNA, F. Sectoral Structure and Change: Insights from Marx. **Review of Political Economy**, v. 30, n. 3, p. 443–460, 3 jul. 2018.

VILLANI, D.; FANA, M. Productive integration, economic recession and employment in Europe: an assessment based on vertically integrated sectors. **Journal of Industrial and Business Economics**, v. 48, n. 0123456789, p. 137–157, 2020.

WICKSELL, K. Marginal productivity as the basis of distribution in economics (1900). *In*: LINDAHL, E. (Ed.). **Knut Wicksell Selected Papers on Economic Theory**. London - UK: Allen & Unwin, 1958. p. 93–120.

_____. **Lectures on Political Economy - Vol I - General Theory**. New Jersey - USA: A. M. Kelley, 1977. v. II

ZIPRECRUITE. **The Future of Work Report** California - USA, 2019.

Apêndice A: método de deflação

O processo de deflação dos dados é dividido em duas etapas complementares a partir das matrizes estimadas a preços do ano corrente e a preços do ano anterior. Em primeiro lugar, para garantir a aditividade do processo de deflação e lidar com o processo geral de variação da moeda, é necessário deflacionar todos os elementos por um único deflator da produção total encadeado ano a ano. Em segundo lugar, busca-se deflacionar as informações da matriz insumo-produto de modo a acomodar todas as variações de preços específicos para cada produto, de acordo com os índices “célula a célula”. Vale notar que a ordem com que os dois procedimentos são realizados é indiferente. Com isso, todos os dados estarão na forma de preços constantes de um determinado ano-base (Alves-Passoni, 2019; Balk e Reich, 2008; Reich, 2008).

Seguindo o processo detalhado por Alves-Passoni (2019)⁴³, é necessária a construção de índices de preço para cada produto i e atividade j , que é calculado pela razão entre os preços do ano corrente (t) e preços do ano anterior ($t - 1$):

$$\lambda_{ij}^{t-1,t} = (p^t q^t)_{ij} / (p^{(t-1)} q^t)_{ij} \quad (29)$$

Para o caso em que $t = 2000, \dots, 2018$, os índices precisam ser encadeados ano a ano, tomando como base o ano 2000, cujo índice é definido como 1 para todos os bens. Diante disso, para um determinado ano τ , os índices “célula a célula” para o ano base 2000 são dados por:

$$\Lambda_{ij}^{2000,\tau} = \prod_{t=2001}^{\tau} \lambda_{ij}^{t-1,t} \quad (30)$$

em que τ é o último ano a ser encadeado. De maneira semelhante aos índices calculados em (29), define-se $\Lambda_{ij}^{2000,2000} = 1$. Porém, para o presente trabalho, os dados estão com o ano 2010 como base. Isso pode ser feito adotando-se:

$$\Lambda_{ij}^{2010,\tau} = \frac{\Lambda_{ij}^{2000,\tau}}{\Lambda_{ij}^{2000,2010}} \quad (31)$$

A partir dos índices específicos calculados em (31), pode-se gerar os valores em “preços relativos constantes”. Considerando um valor genérico ($R_{ij}^{2010,\tau}$) da matriz insumo-produto, tem-se que o valor medido em “unidades de volume” (Alves-Passoni, 2019):

$$R_{ij}^{2010,\tau} = \frac{R_{ij}^{\tau}}{\Lambda_{R_{ij}}^{2010,\tau}} \quad (32)$$

em que os valores estão ajustados para a variação dos preços relativos dos produtos. Vale notar que esse método é incapaz de lidar com o nível de preços relativos, mas apenas com

⁴³ Optou-se por manter a mesma notação do trabalho original de Alves-Passoni (2019).

a variação no tempo a partir de um ano base (Reich, 2008). Para a análise da decomposição estrutural desenvolvida no artigo, este procedimento é suficiente.

Porém, a expressão em (32) não garante que as somas da produção em cada atividade ou a produção total dos produtos sejam as mesmas que a produção total deflacionada por seu deflator total específico. Portanto, para obter uma conta que respeite tal regra contábil, pode-se recuperar a “aditividade” calculando a “razão de preços relativos” (Φ_{ij}) entre o índice calculado em (32) e o deflator da produção bruta total ($p^{2010,\tau}$):

$$\Phi_{ij}^{2010,\tau} = \frac{\Lambda_{R_{ij}}^{2010,\tau}}{p^{2010,\tau}} \quad (33)$$

A equação (33) possibilita a aditividade ao corrigir os todos os valores da matriz por meio de um deflator único, neutralizando os efeitos da variação do valor da moeda em si. Portanto, multiplicando-se os índices de preços relativos constantes pelo índice de razões relativas, obtém-se as matrizes a preços constantes, nomeadas também por unidades totais (Alves-Passoni, 2019) ou, equivalentemente, valores reais (Reich, 2008). Nesse caso, cada célula pode ser representada por:

$$R_{ij}^{2010,\tau,\Phi} = \Phi_{ij}^{2010,\tau} R_{ij}^{2010,\tau} \quad (34)$$

Portanto, a equação (34) mostra que há dois elementos responsáveis pelas variações de valores das entradas das matrizes insumo-produto que não têm relação com as tecnologias de produção: de um lado, há uma variação da unidade de conta (moeda) de um período a outro e, de outro, uma mudança de preços relativos.

Por fim, como o objetivo é tratar a variação da produtividade, é necessário que a produção total por atividades esteja ajustada para o contexto dos preços relativos, representando o vetor \mathbf{q} por:

$$\mathbf{q} = \hat{\mathbf{q}}^p \mathbf{q}^v \quad (35)$$

em que $\hat{\mathbf{q}}^p$ indica a razão de preços relativos da produção setorial conforme a equação (33) e \mathbf{q}^v representa a produção em preços relativos constantes (unidades de volume), conforme equação (32). Para os cálculos da decomposição, pode-se retomar a equação (3):

$$\mathbf{q} = \hat{\mathbf{q}}^p \mathbf{q}^v = \mathbf{A} \hat{\mathbf{q}}^p \mathbf{q}^v + \mathbf{y} \quad (36)$$

em que a matriz de coeficientes técnicos e o vetor de demanda final já estão em preços constantes conforme a equação (34). Em seguida, pode-se isolar o efeito para a produção total em unidades de volume pré-multiplicando a equação pelo inverso da matriz diagonal $\hat{\mathbf{q}}^{p-1}$ conforme:

$$\begin{aligned} \mathbf{q}^v &= \hat{\mathbf{q}}^{p-1} \mathbf{A} \hat{\mathbf{q}}^p \mathbf{q}^v + \hat{\mathbf{q}}^{p-1} \mathbf{y} \\ [\mathbf{I} - \hat{\mathbf{q}}^{p-1} \mathbf{A} \hat{\mathbf{q}}^p] \mathbf{q}^v &= \hat{\mathbf{q}}^{p-1} \mathbf{y} \\ \mathbf{q}^v &= [\mathbf{I} - \hat{\mathbf{q}}^{p-1} \mathbf{A} \hat{\mathbf{q}}^p]^{-1} \hat{\mathbf{q}}^{p-1} \mathbf{y} \end{aligned}$$

$$q^v = [I - \tilde{A}]^{-1} \tilde{y} \quad (37)$$

em que \tilde{A} e \tilde{y} são, respectivamente, a matriz de coeficientes técnicos e o vetor de demanda final ponderados pelos preços relativos da produção final total por atividade. Portanto, pode-se notar que tal ponderação é necessária para que se controle a produção total por atividades para unidades de volume.

Apêndice B: Agregação setorial

11 indústrias	Nível	Descrição
Agricultura e correlatos	<i>Agricultura, pesca e relacionados</i>	Todas as indústrias relacionadas à agricultura, caça, silvicultura e pesca
Indústrias extrativas e manufatureira	<i>Commodities agrícolas processadas</i>	Indústrias intensivas em recursos naturais e energéticos. São geralmente associadas ao agronegócio e produtos homogêneos de alta tonelagem
	<i>Mineração não processada e processada e commodities de rochas – commodities industriais</i>	Atividades intensivas de recursos naturais relacionadas à indústria extrativa mineral, metalurgia e química básica
	<i>Indústria de manufatura tradicional</i>	Indústrias que produzem bens com menor conteúdo tecnológico, com poucos requisitos em relação à escala produtiva; produção de bens de primeira necessidade, insumos, peças industriais e complementos e bens de consumo manufaturados
	<i>Indústria manufatureira inovadora</i>	Atividades mais sofisticadas em termos de tecnologia e organização do processo produtivo que são os principais contribuintes para o processo de difusão tecnológica na economia. Inclui indústrias de bens de consumo de alta tecnologia e duráveis (automóveis, eletrônicos)
Outros grupos	<i>Utilidade Pública</i>	Fornecedores de eletricidade, gás, água ou esgoto
	<i>Construção</i>	Edifícios residenciais, industriais, comerciais e de serviços e outros serviços relacionados
	<i>Comércio, alojamento e alimentação</i>	Reparos de comércio e veículos, serviços de alimentação e acomodação
	<i>Transporte, armazenamento e comunicação</i>	Transporte de cargas e passageiros por terra, água, ar. Correio e outros serviços de entrega. Serviços de comunicação como livros, jornais e revistas, cinema, música, serviços de rádio e

		televisão. Outros sistemas de serviços de informação
	<i>Intermediação financeira, seguros e serviços imobiliários</i>	Intermediação financeira, seguro e previdência complementar, aluguel efetivo e imputado e serviços imobiliários
	<i>Serviços comunitários, sociais e individuais</i>	Serviços sociais e de assistência social, associações, serviços públicos e previdência social

Tabela 7 - Fonte: Alves-Passoni (2019).

Considerações finais

Pelo conjunto da tese, percebe-se que o fim dos empregos não está próximo e a principal ameaça à estrutura de empregos não será o desenvolvimento tecnológico acelerado de novas tecnologias, como a inteligência artificial. A demanda agregada reduzida devido a austeridade fiscal, crises econômicas constantes e pressões sobre as condições de trabalho deterioram em maior escala o nível e a qualidade dos empregos atuais. Por outro lado, as inovações poupadoras de mão de obra, se vistas como uma resposta às pressões salariais, têm menos incentivos nos períodos recentes do que nos “anos dourados”, quando as taxas de crescimento da produtividade eram maiores do que as atuais, por exemplo.

Como se viu no primeiro e no segundo trabalhos, os anseios por acumulação e a função de desenvolvimento de tecnologias poupadoras de trabalho não se dão para folgar os trabalhadores, mas para recuperar e ampliar taxas de lucro. Esse fenômeno se exprime no recente desacoplamento entre aumentos de produtividade e salários. No mesmo sentido, recuperações de nível de produto depois das crises mais recentes não estão sendo acompanhados por retorno equivalente das horas efetivas de trabalho. Ainda, a necessidade de empregar-se ou vender sua força de trabalho a qualquer custo no capitalismo levou à volatilidade ampliada e à precarização das ocupações, tornando o processo de realocação de trabalhadores entre setores mais constante e mais precário. Essas questões tornam discutível a aplicação direta da visão de compensação.

Para Ricardo, a prescrição é de que se deve investir em tecnologia a despeito de prejuízos à força de trabalho. Nem sempre, porém, tais prejuízos se verificaram. Nações líderes em desenvolvimento tecnológico apresentam mercado de trabalho mais resistente ao desemprego. Por outro lado, do ponto de vista marxista, a recuperação de taxas de lucro e ampliação do número de desempregados – isto é, do exército industrial de reserva –, reduzem incentivos para que os empresários invistam em tecnologias poupadoras de mão de obra, especialmente porque ficam relativamente mais caras para serem implementadas. Esse parece ser parte do cenário dos empregos no Brasil

Ademais, o constante aperfeiçoamento das forças produtivas via progresso técnico busca lidar com as contradições imanentes ao capital e manter as taxas de lucro. Portanto, o interesse em automação está diretamente ligado às relações entre capital e trabalho. O desenvolvimento científico age, em grande medida, em resposta a essas tensões, o que

indica fragilidades do pensamento econômico tradicional de que a ciência é que direciona o processo de automação. Ao contrário, é o processo de acumulação de capital a variável que condiciona a dinâmica de inovações. Portanto, mesmo que algumas capacidades humanas sejam superadas por máquinas com as novas tecnologias, não há garantias de alteração substancial da forma como as sociedades capitalistas organizam a produção e reprodução da vida material. As teses de fim dos empregos parecem mais de uma defesa ideológica do desenvolvimento tecnológico e resultado das forças de mercado do que uma ameaça concreta.

Porém, tais teses sob o risco do fim dos empregos estão fundamentadas teoricamente na perspectiva de que a maximização dos lucros é o grande motor da inovação. Para estas, caminha-se para um processo contínuo de inovação envolve uma piora passageira nas condições de vida dos trabalhadores. A plasticidade do modo capitalista de produção seria o responsável para realizar os ajustes necessários no mercado de trabalho para que as pessoas recuperassem seus empregos caso passem por processos de devido treinamento.

Quando se passa à análise de dados concretos, percebe-se que o cenário da automação total depende não só da estrutura de desenvolvimento tecnológico, mas também da situação econômica do país. No caso brasileiro, a decomposição estrutural da matriz insumo-produto demonstrou que os maiores aumentos de produtividade do trabalho estão ligados a momentos de crescimento econômico e não de retração. Vale notar também que o saldo dos empregos tende a acompanhar o saldo da evolução da demanda pelos produtos dos setores. O caso da indústria de transformação é sintomático dessa tendência.

No Brasil, identificou-se uma perda de participação da agricultura e estagnação da indústria no emprego. Os setores ligados aos serviços receberam a maior parte dessa transferência. Ainda que o nível agregado prejudique uma análise mais detalhada, sabe-se que empregos no setor de serviços tendem a ser mais instáveis e mal remunerados que a indústria. Além disso, os setores de serviços tendem a ter mais limitações para automação das atividades, reduzindo ainda mais os riscos de automação total das atividades produtivas.

A indústria, como setor normalmente mais intensivo em tecnologia, também se mostra em trajetória decrescente. Ao contrário de um cenário de pujante acumulação, com capacidade ociosa elevada, demanda desaquecida e custo da mão de obra estagnado, as

inovações não tendem a estar no primeiro plano de investimento das empresas. Isso faz com que o país acumule seus trabalhos em setores de baixas taxas de crescimento da produtividade, o que é prejudicial para a estrutura econômica nos médio e longo prazos.

Com a análise da economia sob o arcabouço dos setores verticalmente integrados, as conexões entre os setores econômicos no Brasil destacam os ganhos de produtividade considerando toda a cadeia produtiva. Com isso, são considerados vários fatores que ampliam a produtividade do trabalho, como as mudanças de técnicas de produção, economias de escala, incorporação de produtividade de outros setores e *learning by doing*. Essas medidas consideram os ganhos de produtividades nas distintas indústrias individualmente.

Novamente, há poucos indícios que os aumentos de produtividade do trabalho serão a tônica de desemprego no país, mesmo considerando insumos importados. Por outro lado, as variações de demanda final são insuficientes em boa parte dos setores ligados às atividades industriais. Há também retrações dos empregos nacionais diante da competição internacional. Isso lança luzes sobre o debate acerca da desindustrialização da economia nacional.

Portanto, as variações dos níveis de emprego mostraram mais aderência às flutuações da demanda final. Os efeitos de ganhos de produtividade na redução dos empregos em determinados setores verticalmente integrados representaram uma fração menor do impacto sobre o nível geral. Com isso, não parece que o desenvolvimento tecnológico configura, de fato, uma preocupação para o nível de empregos no Brasil ao menos nos curto e médios prazos. Oferta deprimida e competição internacional são ameaças mais prementes.

Por fim, é uma tarefa contínua acompanhar as relações entre capital e trabalho bem como os desenvolvimentos tecnológicos aplicados ao mercado de trabalho. Neste sentido, observa-se que as novas tecnologias são importantes no sentido de exercerem maior controle sobre o trabalhador, seja disciplinando suas atividades no processo de trabalho, condicionando a existência ou não de empregos ou impondo maior precariedade aos processos de trabalho que substituem os empregos perdidos. Assim, a superação das crises econômicas recentes via intervenção estatal também precisa contemplar as precariedades do emprego e a expansão do mercado informal de trabalho. Talvez estas sejam as preocupações mais eminentes para pesquisadores da área no próximo período.