

PRODUTIVIDADE TOTAL DO TRABALHO E ESTRUTURA PRODUTIVA: UMA ANÁLISE DA ECONOMIA BRASILEIRA A PARTIR DE SUBSISTEMAS

*Total labor productivity and productive structure: an analysis of the Brazilian economy from
subsystem*

Theo Santini*

Rafael Acypreste†

Resumo

O progresso técnico de um país contribui para o crescimento econômico e para a variação de sua estrutura produtiva. Uma análise multisetorial da evolução da produtividade dos setores econômicos demanda medidas que deem conta de toda sua cadeia produtiva, permitindo capturar o efeito de propagação de progresso técnico entre os setores, fato comumente ignorado em medidas convencionais. Com efeito, este trabalho pretende avaliar a produtividade total do trabalho no Brasil, entre 2000 e 2018, a partir do arcabouço teórico dos subsistemas, que considera o trabalho direto e indireto demandado por dado setor, advindos dos outros setores e de si mesmo, para atender à demanda final. Diante disso, nota-se que os setores industriais apresentam encadeamentos produtivos mais robustos, mas que vêm apresentando baixas taxas de crescimento de produtividade e perda na composição dos empregos no país. O setor agrícola, por outro lado, apresentou taxas de crescimento da produtividade elevadas, o que indica alta competitividade, mas com sensível redução de requerimentos de mão de obra, tanto diretos quanto indiretos. Embora este setor tenha menos encadeamentos produtivos, ele ajudou a propagar progresso técnico para os demais setores que adquirem seus produtos como insumos, direta ou indiretamente.

Palavras-chave: Progresso técnico; subsistemas; produtividade do trabalho.

Classificação JEL: L60; O14; P00; C67; J21.

Abstract

The technical progress of a given economy affects both its economic growth and structural change path. A multi-sector analysis concerning the sectoral evolution of productivity change demands measures that also consider the production chain, thus allowing to capture the propagation effect of technical progress among sectors, which is a fact often ignored by conventional measures. Hence, this investigation intends to evaluate the sectoral total labor productivity behavior in Brazil, between 2000 and 2018, departing from the concept of subsystems. Such methodology allows to be depicted the direct and indirect labour demanded by a given sector, from the other sectors and from itself, to meet final demand requirements. In this vein, it is noted that the industrial sectors have more robust productive chains, but that they have been showing low rates of productivity growth and loss in the labour share in the country. The agricultural sector, on the other hand, showed high productivity growth rates, which indicates high competitiveness, but with a significant reduction in labor requirements. Although this sector has fewer productive chains, it supported to propagate technical progress to other sectors that directly or indirectly acquire their products as inputs.

Keywords: Technical progress; subsystems; labour productivity.

JEL Classification: L60; O14; P00; C67; J21.

* Doutor pela Universidade de Brasília. E-mail: theosantunes@gmail.com

† Doutor pela Universidade de Brasília. E-mail: rafaeldeacyprestemr@gmail.com

1. Introdução

Tanto crescimento econômico quanto mudança estrutural são aspectos chave para o desenvolvimento de países e promoção de competitividade de setores específicos. Com efeito, o progresso técnico é essencial, pois é capaz tanto de afetar o crescimento quanto conduzir a mudança estrutural¹ (Acemoglu, 2008; Araujo, 2013; Ngai & Pissarides, 2007). Neste sentido, a taxa de crescimento de determinada economia pode ser explicada, matematicamente, pela soma entre as taxas de crescimento da quantidade e da produtividade de seus insumos, como trabalho. Nessa linha, a taxa de crescimento da produtividade mede a taxa pela qual uma economia (ou setor) pode crescer, dados insumos disponíveis (W. Baumol & Wolff, 1989).

Considerando uma economia multissetorial, a produtividade específica de cada setor pode ser mensurada de diversas formas. De-Juan e Febrero (2000) defendem que a produtividade de determinado setor é medida pela relação entre alguma definição de produção e alguma cesta de insumos. Produção pode ser medida por valor adicionado, produção final ou produção total, por exemplo. Insumos podem ser medidos por algum insumo específico, como trabalho, ou por alguma cesta de insumos, como capital fixo, capital circulante, terra e trabalho.

Uma característica comum entre a maioria das medidas de produtividade setoriais, em determinado período, é que tanto a medida de produção quanto a de insumos são setores-específicas². Ou seja, a produtividade de determinado setor é definida pela quantidade de produtos e insumos usadas no mesmo setor, em dado período de tempo. No entanto, devido à forma como são construídas, boa parte das medidas de produtividade setoriais comumente utilizadas não medem adequadamente um aspecto importante das economias modernas: a interrelação entre os setores do sistema econômico e a transmissão de produtividade que deve ocorrer entre os setores direta ou indiretamente interconectados. Essa transferência de progresso técnico ocorre simplesmente devido ao fato de que os setores econômicos não

¹ O termo progresso técnico é aqui definido como alteração na técnica de produção de determinado setor, mensurado como variação nos coeficientes técnicos de trabalho direto e indireto, conforme formalizado na seção 2. Mudança estrutural, por seu turno, é definida como variação da estrutura produtiva da economia ao longo do tempo [ver Pasinetti (1973) e De-Juan e Febrero (2000)].

² Por exemplo, a produtividade do trabalho é medida pela razão entre a produção total, ou valor adicionado, de determinado setor e a quantidade de trabalho usado no respectivo setor. A TFP (*total factor productivity*) usa trabalho e capital setor-específico para medir produtividade. De forma semelhante, a MFP (*multifactor productivity*) utiliza insumos intermediários em adição ao trabalho e capital. Para mais detalhes sobre diferentes formas de medir produtividade, ver Baumol e Wolf (1989), De-Juan e Febrero (2000), Hulten (2009) e Fox (2012).

vendem apenas para a demanda final, mas parte considerável de suas vendas ocorrem entre setores como insumos intermediários.

Sobre isso, Jones (2011) afirma que o consumo intermediário de setores constituem elos que criam um multiplicador, já que um setor pode se beneficiar do aumento da produtividade em outros dos quais adquire insumos, o que também gera impactos para a produtividade agregada:

Low productivity in electric power generation - for example, because of theft, inferior technology, or misallocation - makes electricity more costly, which reduces output in banking and construction. But this in turn makes it harder to finance and build new dams and therefore further hinders electric power generation (Jones, 2011, pp. 1–2).

Neste trabalho, utiliza-se uma metodologia de produtividade total do trabalho, que considera a transmissão³ de produtividade do trabalho entre setores da economia, bem como seu efeito final. A produtividade total do trabalho é mensurada a partir de setores verticalmente integrados ou subsistemas (De-Juan & Febrero, 2000; L. Pasinetti, 1973). A metodologia de setores verticalmente integrados foi pioneiramente desenvolvida por Pasinetti (1973), baseada na concepção teórica de subsistemas de Sraffa (1960), em que cada subsistema é definido pela produção de cada bem ou serviço final da economia e constituído por segmentos de setores necessários para a produção do referido bem ou serviço final.

Dessa forma, cada subsistema utiliza, para produção de seu bem ou serviço final, trabalho empregado em cada setor necessário, direta ou indiretamente. Ou seja, para produção de determinado bem, não é necessário apenas parte do trabalho empregado no setor que dá origem ao citado bem final, mas também trabalho vindo de diversos outros setores que produzem bens intermediários necessários para a produção do bem final. Consequentemente, cada setor produtivo demanda trabalho que é parcialmente direcionado para a produção do bem final do referido setor e parcialmente destinado a produção de bens intermediários a serem vendidos para os demais setores, pois o sistema econômico é interconectado.

Ademais, a metodologia dos subsistemas, e sua produtividade total do trabalho, tem como vantagem a sua mensuração inerente de progresso técnico. A produtividade da produção do bem ou serviço final de determinado setor não é afetada apenas por sua

³ É importante notar que outras medidas de produtividade também consideram a transmissão de produtividade entre setores. Uma das mais conhecidas é a Domar *aggregation*, que é uma forma de se agregar MFP setoriais considerando o encadeamento produtivo e suas características de geração de elos de produtividade entre setores (ver Domar, 1961; Hulten, 1978, 2009; Santini & Araujo, 2021).

produção, mas também pela produtividade de todos os outros setores dos quais demanda insumos, direta ou indiretamente. Alguns estudos usam esta metodologia para mensurar progresso técnico (Aulin-Ahmavaara, 1999; Cas & Rymes, 1991; De-Juan & Febrero, 2000; Fevereiro et al., 2015; Garbellini & Wirkierman, 2014; Lind, 2020; Panethimitakis, 1993), enquanto outros para avaliar características específicas do sistema econômico, envolvendo interconexão produtiva e subsistemas (Ciriaci & Palma, 2016; Di Bernardino & Onesti, 2020; Grodzicki & Skrzypek, 2020; Montresor & Marzetti, 2011; Villani & Fana, 2020). Ainda com esta metodologia, é possível mensurar a quantidade de trabalho gerada em determinado setor que foi estimulada pela produção destinada à demanda final de outro setor. Portanto, identifica-se a quantidade de trabalho gerada, em cada setor, necessária para satisfazer a demanda final de determinado bem.

Neste trabalho, os dados sobre a economia brasileira são organizados em onze subsistemas, utilizando dados das matrizes insumo-produto (MIP) estimadas por Alves-Passoni (2019) e Alves-Passoni e Freitas (2020)⁴. Assim, são analisadas a estrutura de emprego e calculadas as taxas de crescimento da produtividade total do trabalho de cada subsistema, entre 2000 e 2018, considerando o encadeamento produtivo e o fluxo de progresso técnico entre os setores. Também são avaliadas as estruturas produtivas com respeito aos empregos gerados em cada subsistema, detalhando o setor de origem do trabalho necessário para produzir cada tipo de bem final, bem como são realizadas comparações com a forma tradicional de mensurar empregos.

Com a aplicação da metodologia, percebe-se que os setores ligados às indústrias são mais robustos quando analisados sob o ponto de vista de subsistemas, com cadeia produtiva mais longa e estrutura produtiva mais complexa e interdependente dos demais setores. Por outro lado, percebe-se que os subsistemas ligados à Agricultura e às Commodities agrícolas processadas apresentaram os maiores ganhos de produtividade, considerando tanto o trabalho direto quanto o indireto aplicados. Já as atividades industriais não apresentaram ganhos de produtividade tão significativos no período, em especial o subsistema de Indústrias inovativas, com produtividade mais ou menos constante no período analisado. O arcabouço dos subsistemas estima de maneira economicamente mais significativa a importância das indústrias na geração de empregos, já que considera toda a sua cadeia produtiva e, portanto, os empregos gerados em todos os setores devidos à demanda final por bens manufaturados.

⁴ Para uma análise mais agregada e geral, são avaliados 11 grandes setores a partir da desagregação de 42 setores das MIPs estimadas, conforme Apêndice B.

Por fim, estes são os subsistemas que apresentaram maiores perdas de participação nos empregos.

Além desta introdução, na segunda seção, é apresentado formalmente o conceito de subsistemas e suas implicações teóricas e empíricas. Ainda na segunda seção, a metodologia de mensuração de produtividade e de encadeamento de trabalho é apresentada formalmente, bem como são apresentadas a fonte de dados original e os ajustes necessários. Na terceira seção, os principais resultados são descritos. Finalmente, na última seção, são tecidas algumas considerações finais, com sugestões de trabalhos futuros. Há também um apêndice com detalhes formais da metodologia de deflação dos preços e outro com a descrição dos setores considerados.

2. Setores Verticalmente Integrados e Produtividade Total do Trabalho

A metodologia insumo-produto enxerga o sistema econômico como composto de um número de setores que vendem seus bens ou serviços produzidos para o consumo final e/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:

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

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. Ademais, q_{ij} representa a demanda intermediária de todo setor j pela *commodity* produzida por i , onde $i, j = 1, \dots, m$. Ao dividir ambos os lados de (1) por p_i e supondo que $\frac{q_{ij}}{q_j} = a_{ij}$ é o coeficiente técnico de produção do j -ésimo setor, a equação pode ser escrita na forma matricial:

$$\mathbf{q} = \mathbf{y} + \mathbf{A}\mathbf{q} \quad (2)$$

Nesse caso, \mathbf{q} e \mathbf{y} representam vetores⁵ 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 (2), pode-se obter a seguinte expressão que relaciona a necessidade de produção total da economia com a demanda final de cada setor.

⁵ 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 (\prime).

$$\mathbf{q} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \quad (3)$$

A equação (3) possui significado econômico relevante⁶. 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. Isso se deve à característica de interdependência do sistema econômico, já que seus setores se encontram direta e indiretamente interligados e são interconectados por meio de insumos intermediários. Se, por um lado, a matriz de coeficientes \mathbf{A} representa os requisitos técnicos diretos de cada setor com o resto do sistema econômico, $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ – a matriz inversa de Leontief – é uma matriz $m \times m$ na qual cada elemento α_{ij} denota os requerimentos diretos e indiretos⁷, de insumos intermediários necessários, do setor i para o setor j .

A noção de requerimentos diretos e indiretos da inversa de Leontief está na base da noção de subsistemas. Eles representam uma abstração teórica em que a economia pode ser organizada em setores integrados, compostos por parcelas de setores necessários para produzir cada bem ou serviço final. Ou seja, a demanda final por cada tipo de bem ou serviço induz a cadeia de produção necessária para produzir o referido bem, que é composta por diversos setores necessários. A noção de subsistemas dá primazia para a demanda final como forma de organização do sistema produtivo, levando em conta toda a cadeia produtiva necessária para atender a demanda final. Dessa forma, cada tipo de bem final produzido dá origem a um subsistema particular.

Para avaliar a relação da produção com os empregos, pode-se definir $a_{ni} = \frac{L_i}{q_i}$ como o coeficiente de trabalho do i -ésimo setor, isto é, a razão entre a quantidade de empregos e a produção bruta total de cada setor. Com isso, \mathbf{a}'_n representa o vetor de coeficientes de trabalho de cada setor. 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 (3) da seguinte forma:

$$\mathbf{L} = \mathbf{a}'_n (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} \quad (4)$$

⁶ Vale notar que, ao avaliar mais de um período, adotou-se a forma de deflação explicada no Apêndice A. Aqui, manteve-se a notação tradicional para fins de simplicidade do argumento e porque o modelo também pode ser utilizado para apenas um período, sem necessidade de deflacionamento.

⁷ Ver, por exemplo, Pasinetti (1977, capítulo 4).

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 subsistema (Pasinetti, 1977, pp. 75–76). Este coeficiente é dado pelo somatório dos coeficientes de trabalho diretos e indiretos de cada subsistema, para a produção de um determinado bem final j (De-Juan & Febrero, 2000). Isto é, a quantidade de trabalho para a produção do bem final, para seus insumos, para os insumos dos insumos e assim por diante. Com efeito, o vetor de coeficientes de trabalho diretos e indiretos é dado por:

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

A equação (4) permite, ainda, avaliar o trabalho direta e indiretamente usado em cada subsistema, utilizando matrizes diagonais⁸. Note que o sobrescrito \mathbf{S} refere-se aos subsistemas. Autores como Cas e Rymes (1991) e De Juan e Febrero (2000)⁹ utilizam a diagonal do vetor de demanda final para acessar o vetor de trabalho físico direto e indireto usado em cada subsistema como segue:

$$\mathbf{l}^S = \mathbf{a}'_n(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\hat{\mathbf{y}} \quad (6)$$

Ou seja, o vetor $\mathbf{l}^S = (l_1^S, l_2^S, \dots, l_m^S)$ é composto, em cada entrada, pela quantidade física de trabalho direta e indiretamente utilizada no respectivo subsistema. Note-se que a soma de todos os elementos do vetor \mathbf{l}^S resulta exatamente no trabalho total usado na economia, o escalar L . Outra possibilidade desta metodologia é utilizar a matriz diagonal também do vetor de coeficientes de trabalho, como feito recentemente por Villani e Fana (2020):

$$\mathbf{L}^S = \hat{\mathbf{a}}_n(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\hat{\mathbf{y}} \quad (7)$$

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 subsistema. Em resumo, como o sistema econômico é interconectado, 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):

$$\mathbf{L}^S = \begin{bmatrix} l_{1,1}^S & l_{1,2}^S & \cdots & l_{1,m}^S \\ l_{2,1}^S & l_{2,2}^S & \cdots & l_{2,m}^S \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{m,1}^S & l_{m,2}^S & \cdots & l_{m,m}^S \end{bmatrix} \quad (8)$$

⁸ Representadas aqui por um chapéu (^), acima do vetor que se torna a diagonal da matriz, e os demais elementos iguais a zero.

⁹ Montresor e Marzetti (2011) utilizam um passo a mais antes de chegar a resultado.

Considerando a matriz acima, nota-se que cada j -ésima coluna representa o trabalho usado no subsistema correspondente, que produz o bem final j . A soma dos elementos de cada coluna equivale ao trabalho direto e indireto total usado no respectivo subsistema. Com efeito, a soma dos elementos de cada coluna – onde $j = 1, 2, \dots, m$ – é representada pelo vetor $\mathbf{l}^S = (l_1^S, l_2^S, \dots, l_m^S)$, em que $l_j^S = \sum_{i=1}^m l_{ij}^S$. Além disso, a soma dos elementos da i -ésima linha corresponde ao trabalho total usado no setor i , mensurado conforme metodologia insumo-produto convencional e disponível nas Contas Nacionais, ou seja, $l_i = \sum_{j=1}^m l_{ij}^S$. Isso decorre do fato de que cada setor da economia utiliza trabalho para produzir, em parte, seu bem ou serviço final e, em parte, para entregar insumos intermediários para os demais setores¹⁰. Ademais, cada elemento da diagonal principal de (8) representa a quantidade de trabalho setorial que é efetivamente usada no subsistema correspondente, gerado pela produção de bem final do setor.

Se, por um lado, a abstração analítica dos subsistemas faz com que cada um deles tenha uma quantidade física de trabalho direto e indireto diferente dos setores tradicionais, por outro, sua medida de produtividade do trabalho também se mostra particular. De fato, diversos autores têm trabalhado com medidas de produtividade do trabalho de subsistemas, como De Juan e Febrero (2000), Fevereiro, Pinkusfeld Bastos e Freitas (2015), Garberlini e Wiekerman (2014) e Lind (2020). A produtividade total do trabalho de cada subsistema (ρ_j) 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 subsistema:

$$\rho_j = \frac{y_j}{l_j^S} \quad (9)$$

Substituindo (5) em (6), o vetor de trabalhos dos subsistemas pode ser visto como $\mathbf{l}^S = \mathbf{a}_n^S \hat{\mathbf{y}}$. A quantidade de trabalho direta e indireta usada no j -ésimo subsistema, para produção de y_j , é dada por:

$$l_j^S = \mathbf{a}_{nj}^S y_j \quad (10)$$

¹⁰ Empiricamente, as matrizes insumo-produto são disponíveis em valores – e não em quantidades físicas. Entretanto, outro resultado metodológico importante de (8) é que, por construção, cada entrada de (8) 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 (7), gerando fluxos puramente de trabalho físico, como se pode ver em Montresor e Marzetti (2011).

Ao se inserir (10) em (9), é possível obter a seguinte equação que define a produtividade total do trabalho de um dado subsistema como sendo a inversa de seu coeficiente de trabalho direto e indireto:

$$\rho_j = \frac{1}{a_{nj}^S} \quad (11)$$

Pode-se apreender de (9) e (11) que o progresso técnico 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, dada interconexão entre os setores e, em última análise, do sistema econômico como um todo, 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 da produtividade de cada bem ou serviço final. Por outro lado, as medidas mais tradicionais da produtividade (razão valor adicionado ou valor bruto da produção do setor e trabalho direto) falham em computar tais ganhos, porque tratam os setores de maneira isolada.

Há outras características relevantes do progresso técnico de subsistemas (setores verticalmente integrados). 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 vertically integrated sector corresponding to each final good (De Juan e Febrero, p. 65, 2000).

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, 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 distributivos¹¹ (Felipe & McCombie, 2015), a integração vertical produz um conceito de progresso técnico suficientemente amplo para abranger mudanças nos métodos de produção,

¹¹ Medidas convencionais de produtividade como a MFP (multifactor productivity) e a TFP (total factor productivity) são construídas de tal forma que a taxa de crescimento do uso de seus insumos deve ser ponderada pela participação do seu valor no total da produção [ver De-Juan e Febrero (2000); Hulten (2009), Felipe e McCombie (2015) e Antunes e Araujo (2020)]. Uma consequência direta desse tipo de mensuração é que meras mudanças distributivas entre capital e trabalho, por exemplo por alteração em preços relativos, podem alterar as ponderações e, portanto, a produtividade medida, mesmo que a técnica de produção não tenha se alterado.

economias de escala e *learning by doing* (De-Juan & Febrero, 2000). Tais mudanças podem ser captadas pelas análises de insumo-produto. Além disso, a mensuração de progresso técnico por meio de subsistemas 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 et al., 2015; Garbellini & Wirkierman, 2014).

2.1. Fontes dos dados

Os dados para os empregos usados foram os de ocupações por setores fornecidos no Sistema de Contas Nacionais (IBGE, 2016). Para as produções setoriais, foram necessários alguns procedimentos. 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. Ambas as matrizes apresentam 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 retoolada entre 2000 e 2009. Em síntese, utilizou-se as MIPs 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 estimativas foram calibradas pelo método GRAS (Temurshoev et al., 2013).

Para a análise específica da produtividade, é necessário que todas as matrizes acomodem as variações de preços no tempo. Diante disso, seguiu-se um processo de deflação que consiste em dois passos (Alves-Passoni, 2019; Reich, 2008). O primeiro contempla todas as matrizes em preços constantes no tempo, por meio de um deflator do produto bruto total, garantindo a aditividade entre as linhas das matrizes e a produção total por produtos (ou por atividades). Este é o efeito inflacionário geral da economia, cujos valores reais são tomados a partir de um ano base.

O segundo passo 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 & 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 relacionadas à variação de preços relativos poderiam gerar observações de mudanças estruturais sem que houvesse alterações produtivas reais, uma vez que as matrizes divulgadas pelo IBGE são expressas em valores correntes. Estes ajustes dizem respeito às dinâmicas de mercado e de concorrência que refletem sobre os preços relativos dos produtos (Reich, 2008, pp. 418–419). Os procedimentos algébricos são explicados no Apêndice A.

A partir dos dados utilizados com 42 setores, foi feita uma agregação para 11 indústrias seguindo a classificação adotada em Alves-Passoni (2019) e apresentada na Tabela 1B 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.

3. Produtividade nos setores verticalmente integrados no Brasil entre 2000 e 2018

Como visto, uma forma de avaliar a estrutura produtiva de uma economia é pela constituição de seus subsistemas. Dessa forma, é possível investigar a magnitude dos setores e o nível de trabalhadores destinados à produção para a demanda final do próprio setor ou à produção de insumos para os demais. É o caso da Tabela 1, que apresenta os dados para o ano de 2018. Por outro lado, a constituição percentual das ocupações utilizadas nos subsistemas, por origem, contribui para entender a dinâmica da demanda final da produção dos subsistemas e sua dependência dos demais setores.

Ademais, na Tabela 1, é possível recuperar o quantitativo de empregos diretos empregados nos setores em 2018, como descrito metodologicamente na seção 2, 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 indiretamente para os demais. A primeira entrada indica, por exemplo, que 7,1 milhões de trabalhadores são empregados para atender a demanda final do próprio setor de Agricultura, pesca e relacionados. Além disso, mais de 3,7 milhões são empregados no setor agrícola para indiretamente atender ao setor da Indústria tradicional na produção de bens finais ligados a este.

A soma de cada coluna, por seu turno, indica a quantidade de trabalhadores diretos e indiretos empregados no respectivo setor para atender à demanda final, também representadas de maneira percentual em termos de contribuição total de cada setor para a formação do subsistema, ou cadeia produtiva do respectivo bem final. O subsistema da

Indústria inovativa empregou, por exemplo, pouco mais de 2 milhões de maneira direta (representando 37,4% do trabalho total do subsistema), 270 mil da Agricultura, pesca e relacionados (4,97%) e mais de 38 mil do setor de Construção (0,71%). Nesse caso, pode-se notar a cadeia produtiva de um subsistema sob a ótica de sua “demanda” de mão de obra empregada em outros setores.

Diante disso, ganhos de produtividade de um setor podem ser contabilizados sob a ótica do subsistema, em que o atendimento à demanda final é o elemento indutor da cadeia produtiva. Nesse caso, convém salientar que os dados de emprego nos subsistemas 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 subsistemas 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, medidos sob a ótica convencional, mas cujo tamanho reduz para pouco mais de 8 milhões quando considerado enquanto setor verticalmente integrado (ou cadeia produtiva destinada a produção para demanda final). Por outro lado, a Indústria inovativa apresenta apenas 2,041 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 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 86,95% de mão de obra própria. Já a Indústria tradicional foi composta de apenas 36,88% de trabalho direto. Com isso, pode-se perceber que os subsistemas industriais apresentam cadeia produtiva mais complexa e diversificada, com menos de 40% da mão de obra vindo diretamente do próprio setor. Essa estrutura também reverbera na evolução da produtividade da cadeia produtiva. Como exemplo, o setor de Comércio, alojamento e alimentação e de Serviços comunitários, sociais e individuais contribuíram com 25,78% e 15,67% respectivamente com as ocupações induzidas indiretamente pelo subsistema da Indústria inovativa.

Tabela 1- Trabalho direto e indireto nos subsistemas para o ano de 2018 (percentual no subsistema em parênteses)^a

	[1] <i>Agricultura e pesca</i>	[2] <i>Commodities industriais</i>	[3] <i>Commodities agrícolas</i>	[4] <i>Indústria tradicional</i>	[5] <i>Indústria inovativa</i>	[6] <i>Utilidade pública</i>	[7] <i>Construção</i>	[8] <i>Comércio</i>	[9] <i>Transportes</i>	[10] <i>Intermediação financeira</i>	[11] <i>Serviços comunitários</i>	Total
[1]	7.145.736 (86,95)	441.328 (12,46)	218.536 (21,8)	3.787.973 (31,32)	270.990 (4,97)	22.514 (2,98)	244.394 (2,77)	719.027 (3,35)	95.694 (2,23)	46.809 (1,8)	387.020 (1,07)	13.380.021
[2]	87.604 (1,07)	977.976 (27,6)	17.340 (1,73)	182.101 (1,51)	155.063 (2,84)	19.154 (2,54)	173.810 (1,97)	89.456 (0,42)	87.014 (2,02)	17.576 (0,67)	94.022 (0,26)	1.901.115
[3]	8.165 (0,1)	14.755 (0,42)	345.193 (34,44)	60.268 (0,5)	42.362 (0,78)	2.348 (0,31)	25.157 (0,29)	41.076 (0,19)	8.002 (0,19)	7.923 (0,3)	40.709 (0,11)	595.956
[4]	182.354 (2,22)	148.462 (4,19)	29.777 (2,97)	4.461.056 (36,88)	210.601 (3,86)	14.571 (1,93)	158.073 (1,79)	429.910 (2,01)	66.644 (1,55)	37.424 (1,44)	284.124 (0,79)	6.022.997
[5]	20.157 (0,25)	74.824 (2,11)	12.160 (1,21)	68.215 (0,56)	2.041.093 (37,4)	20.026 (2,65)	64.667 (0,73)	94.943 (0,44)	52.378 (1,22)	14.792 (0,57)	168.695 (0,47)	2.631.950
[6]	25.544 (0,31)	45.262 (1,28)	8.411 (0,84)	55.245 (0,46)	28.421 (0,52)	319.785 (42,37)	14.903 (0,17)	70.751 (0,33)	15.930 (0,37)	12.191 (0,47)	125.860 (0,35)	722.302
[7]	15.238 (0,19)	74.595 (2,11)	5.163 (0,52)	45.929 (0,38)	38.882 (0,71)	39.237 (5,2)	6.835.378 (77,52)	70.551 (0,33)	64.853 (1,51)	51.006 (1,96)	377.042 (1,04)	7.617.876
[8]	432.484 (5,26)	728.734 (20,57)	179.067 (17,87)	1.697.097 (14,03)	1.406.870 (25,78)	99.688 (13,21)	738.323 (8,37)	17.633.944 (82,28)	416.137 (9,68)	201.782 (7,74)	1.789.198 (4,95)	25.323.323
[9]	117.482 (1,43)	358.403 (10,11)	67.266 (6,71)	627.483 (5,19)	373.047 (6,83)	48.135 (6,38)	167.574 (1,9)	629.116 (2,94)	2.782.659 (64,73)	206.785 (7,93)	927.253 (2,57)	6.305.203
[10]	13.859 (0,17)	30.189 (0,85)	5.777 (0,58)	52.426 (0,43)	35.295 (0,65)	8.701 (1,15)	22.339 (0,25)	96.390 (0,45)	29.333 (0,68)	1.262.563 (48,42)	150.678 (0,42)	1.707.552
[11]	169.235 (2,06)	648.799 (18,31)	113.550 (11,33)	1.057.859 (8,75)	855.335 (15,67)	160.616 (21,28)	372.805 (4,23)	1.556.960 (7,26)	680.315 (15,83)	748.648 (28,71)	31.767.854 (87,97)	38.131.976
<i>Total^b</i>	8.217.858	3.543.327	1.002.240	12.095.652	5.457.959	754.775	8.817.423	21.432.124	4.298.959	2.607.499	36.112.455	104.340.271

Fonte: Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019); ^aOs nomes dos setores foram abreviados para melhor apresentação. ^bTotal nos subsistemas (a soma totaliza 100%)

Assim, a partir dos dados da diagonal principal da Tabela 1, pode-se avaliar o trabalho que é aplicado diretamente pelo setor no próprio subsistema. Nota-se que os setores ligados mais diretamente às atividades industriais apresentam uma maior diversificação da cadeia produtiva, sendo que o setor com menos participação direta é o setor de Commodities industriais, com 27,6% de trabalho direto, isto é, derivado do próprio setor. Ademais, a quantidade de ocupações aplicadas nesses quatro subsistemas é maior do que os setores considerados de maneira direta. Esses dados reforçam o caráter dinâmico das produções industriais e sua estrutura complexa de integração com os demais setores, impulsionando, em especial, geração de emprego em setores da Agricultura, Comércio e Transportes e comunicações. Ou seja, os setores ligados à indústria possuem um papel relevante de gerar indiretamente empregos em diversos setores, de forma mais intensa do que quando mensurado apenas pela ótica tradicional.

Por outro lado, como é esperado, os subsistemas ligados à Agricultura, ao Comércio e aos Transportes e comunicações apresentam menos ocupações em comparação à sua estrutura de empregos apenas diretos. Em parte, esse resultado indica que a demanda intersetorial para estes setores tem peso relativamente alto quando comparado com a demanda final total propriamente dita, considerando-se a geração de empregos. Isto quer dizer que são setores cuja empregabilidade depende fortemente do comportamento e da dinâmica dos outros setores da economia e menos da sua própria demanda final, quando comparado à média dos outros setores.

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 do próprio setor (Montresor & Marzetti, 2011), e não um resultado de terciarização da economia. Esses dados podem ser avaliados na participação de cada um dos subsistemas no emprego total da economia, conforme a seção 3.2 abaixo. Antes, é necessário tratar da estrutura da produtividade dos subsistemas no tempo.

3.1 Evolução da produtividade nos subsistemas

A produtividade total do trabalho dos subsistemas é mensurada pela quantidade de ocupações diretas e indiretas necessárias para se produzir cada unidade - ou, alternativamente, determinado valor real de produção final - de determinado bem ou serviço final. Uma maneira de verificar a evolução da produtividade nos setores verticalmente integrados consiste em avaliar a evolução da quantidade de ocupações diretas e indiretas demandadas pelos setores para a produção de um determinado valor de produção final, como

se pode ver na Figura 1. Conforme demonstrado na seção 2, esta é uma forma mais adequada para lidar com os ganhos de produtividade de toda a cadeia de produção do setor para atender a demanda final (De-Juan & Febrero, 2000). Além disso, ela permite avaliar a empregabilidade gerada pela produção de um bem final em particular, seja direta ou indiretamente.

Os dados apresentados na Figura 1 estão organizados de maneira ordinal entre setores “Intensivo”, “Mediano” e “Não intensivo” em mão de obra - esta classificação tem finalidade de organização dos setores a partir de um caráter eminentemente ordinal com vistas a facilitar a exposição dos dados. A trajetória total da economia está representada pela linha pontilhada. 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. Ademais, entre 2000 e 2018, a produtividade média mais do que dobrou e a necessidade de ocupações para produção de um milhão de reais (a preços de 2010) de demanda final passou de 104 para 49. 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.

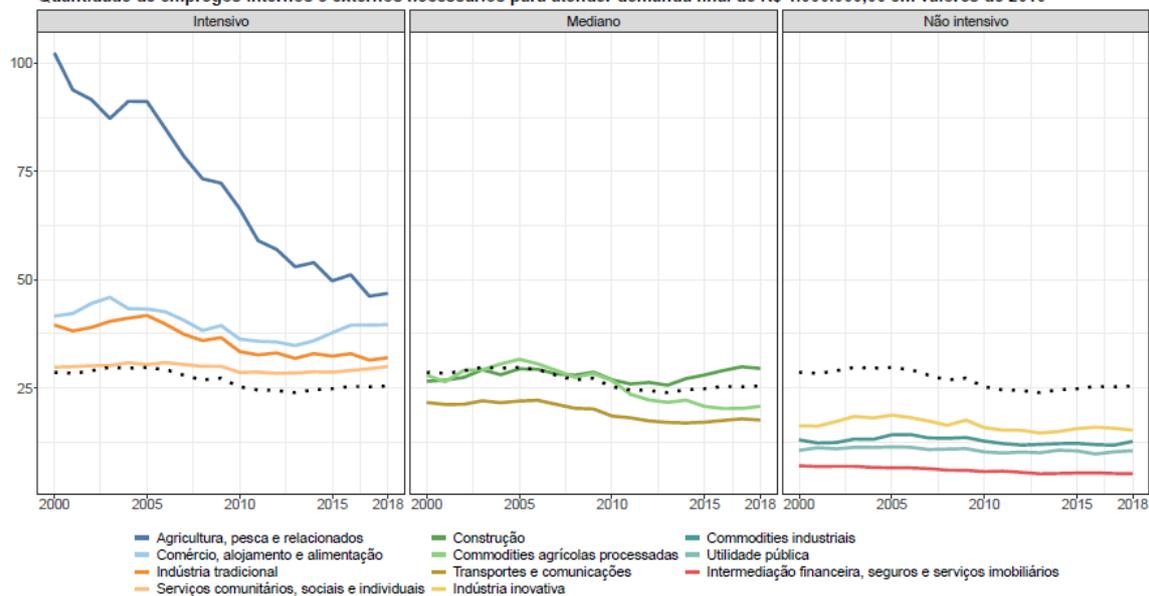
De maneira contrastante, os subsistemas de Serviços comunitários, sociais e individuais e de Utilidade pública mantiveram sua produtividade praticamente constante no período. Como suas atividades dizem respeito basicamente a serviços públicos e privados de saúde, educação, administração pública em produção e distribuição de gás, água e coleta de esgoto, é esperado que suas produtividades não cresçam de forma tão rápida. Uma das possíveis razões consiste na própria dinâmica limitada de desenvolvimentos tecnológicos efetivamente poupadores de mão de obra, o que demandaria investigações adicionais.

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. Os requisitos de trabalho da primeira apresentaram uma queda mais ou menos constante, passando de 44 em 2000 para 36 trabalhadores para atender um milhão de demanda final a preços de 2010 em 2018. Já as atividades inovativas mantiveram-se praticamente estáveis, passando de 22 para 20 trabalhadores para atendimento de um milhão de reais de demanda final no mesmo período. Em alguma medida, esse dado pode derivar do fato de que houve redução da demanda pela produção doméstica deste setor, substituída por importações e trabalho externo, e isso pode gerar um efeito contábil de redução da produtividade nos curtos e médios prazos [ver Cas & Rymes (1991)

e Oulton & O'Mahony (1994)]. Outra possibilidade pode estar relacionada à baixa competitividade sistêmica desse setor no país.

Figura 1 Trabalho direto e indireto nos subsistemas

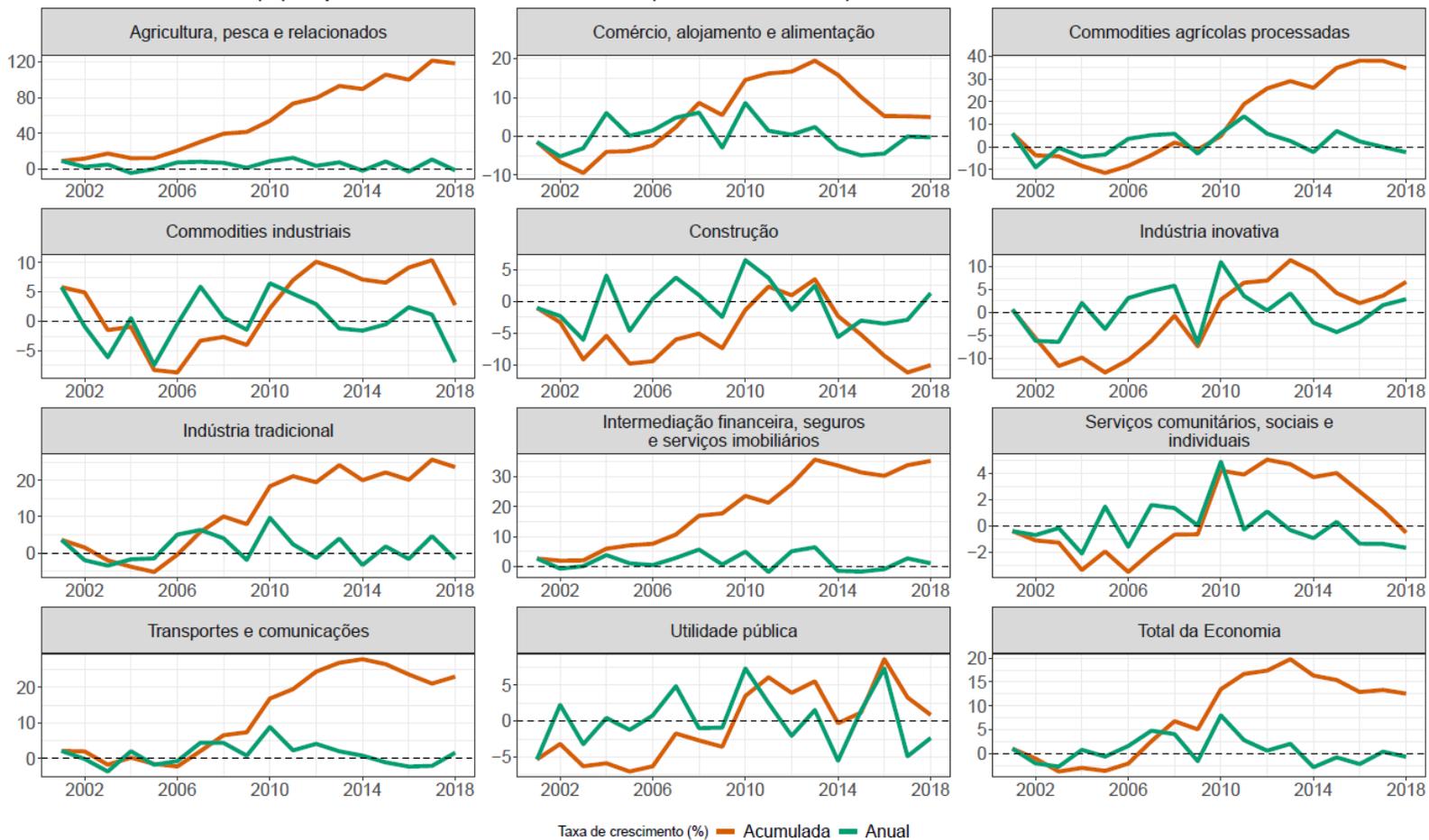
Quantidade de empregos internos e externos necessários para atender demanda final de R\$ 1.000.000,00 em valores de 2010



A linha pontilhada representa a quantidade total de empregos para atender toda a demanda final.

Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

Figura 2: Evolução da produtividade nos subsistemas e no total da economia
Taxa de crescimento (%) da produtividade dos Subsistemas (anual e acumulada)



OBS: as escalas verticais dos gráficos são distintas.

Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019).

Nota: Os subgráficos não apresentam a mesma escala vertical, ainda que todos os valores estejam em termos percentuais. A linha tracejada indica a reta em que não há variação percentual

Intimamente ligado ao apresentado na Figura 1, pode-se calcular a evolução setorial da produtividade dos subsistemas de modo a acompanhar a variação anual e acumulada da produtividade, como se pode ver na Figura 2. Isto é feito por uma análise dinâmica da equação (11). Chamam a atenção os subsistemas de Construção e de Serviços comunitários, que tiveram perda de produtividade no período acumulado entre 2000 e 2018. Para o caso da Construção, nota-se um padrão de queda mais acentuado desde 2014, quando o subsistema entra em declínio como consequência da crise econômica e os efeitos mais diretos relacionados à operação “Lava-Jato”. Isso pode ser devido à regressão do subsistema a atividades com menor produtividade (construção residencial, por exemplo) ou mesmo um efeito de rápida redução da demanda, em que o aumento da capacidade ociosa sem um desemprego proporcional gera reduções “contábeis” de produtividade, já que trabalhadores mantidos não são inteiramente ocupados.

Ademais, nota-se que os subsistemas mais ligados às atividades industriais apresentaram aumentos de produtividade mais consolidados após 2010 (em linha com a produtividade total da economia), ainda que as taxas de crescimento sejam bem inferiores às taxas verificadas na Agricultura. Em parte, essa relação pode indicar que a Agricultura brasileira obteve ganhos expressivos dado um histórico prévio de baixa produtividade. De fato, no caso do setor agrícola, há uma participação muito alta (87%) do próprio setor em sua cadeia produtiva. Como este setor apresentou alto crescimento da produtividade devido a fatores como mecanização e crescente inovação [ver Arias et al (2017)], somado a aspectos de alta demanda externa e competitividade sistêmica, ele foi determinante para o comportamento notável do subsistema da Agricultura. Cabe notar que para se avaliar as causas inerentes da evolução da produtividade de cada subsistema é necessário entender os motivos da evolução da produtividade de cada setor que o compõe. Para tanto, é necessário, para além da contabilidade da variação da produtividade, entender os determinantes teóricos para sua evolução.

Na subseção abaixo, são analisadas as relações entre o aumento de produtividade e os empregos gerados na economia brasileira.

3.2 Relações entre produtividade e empregos

Outra utilidade do arcabouço dos subsistemas para uma melhor visualização das relações tecnológicas consiste em comparar a distribuição dos empregos nos setores tradicionais e nos subsistemas, conforme a Tabela 2 e a Figura 3. Pela figura, pode-se notar a trajetória de participação dos setores nos empregos total da economia entre os períodos de

2000 e 2018. É interessante notar que quando o nível de empregos gerados pelos subsistemas é superior ao gerado pelos setores tradicionais isso significa que a cadeia produtiva do referido bem final demanda mais trabalho direto e indireto de outros setores do que o próprio setor que produz o bem final. O inverso acontece quando o nível de empregos gerados pelo subsistema é inferior ao do setor tradicional.

A Figura 3 ajuda a identificar períodos de efeitos transitórios entre 2000 e 2018, como é o caso do subsistema de Commodities industriais, que apresenta uma queda de participação nos empregos possivelmente como efeito da grande recessão de 2008. Analisar esses dados juntamente com mudanças mais acentuadas de produtividade contribui para identificar períodos em que as mudanças de produtividade são consequências mais fundamentalmente de variações inesperadas de demanda final. Uma comparação interessante é o caso do subsistema de Construção, em que a produtividade cai a partir de 2014 juntamente com uma redução da participação dos empregos neste subsistema em comparação ao total da economia.

Já a tabela 2 mostra o valor total e a participação percentual de cada setor nas ocupações totais para os anos de 2000 e 2018. Avaliando-se apenas o trabalho diretamente empregado no setor, 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.

Com efeito, o subsistema da Indústria tradicional respondeu por 11,59% dos empregos diretos e indiretos do total gerado por toda a economia em 2018. Com a medida tradicional, entretanto, esse percentual cai para 5,77% no mesmo setor, tendência compartilhada pelos demais subsistemas ligados à indústria, que geram quantidades relevantes de empregos em outros setores. Pode-se observar também que, com exceção do setor de Commodities industriais, todos os setores industriais registraram uma perda relativa de empregos maior com a metodologia dos subsistemas do que com a metodologia tradicional, o que demonstra uma perda de importância da demanda de trabalho indireto interno para este subsistema. Pode-se notar que uma análise que considera apenas os empregos utilizados diretamente tende a subestimar tanto a capacidade de geração de empregos quanto as perdas sofridas pelos setores industriais entre 2000 e 2018.

Nesse sentido, o fenômeno da desindustrialização nacional ganha dois contornos relevantes. O primeiro é que a participação dos subsistemas ligados à indústria no emprego total da economia é maior do que as indicações de emprego direto, mensurado conforme a

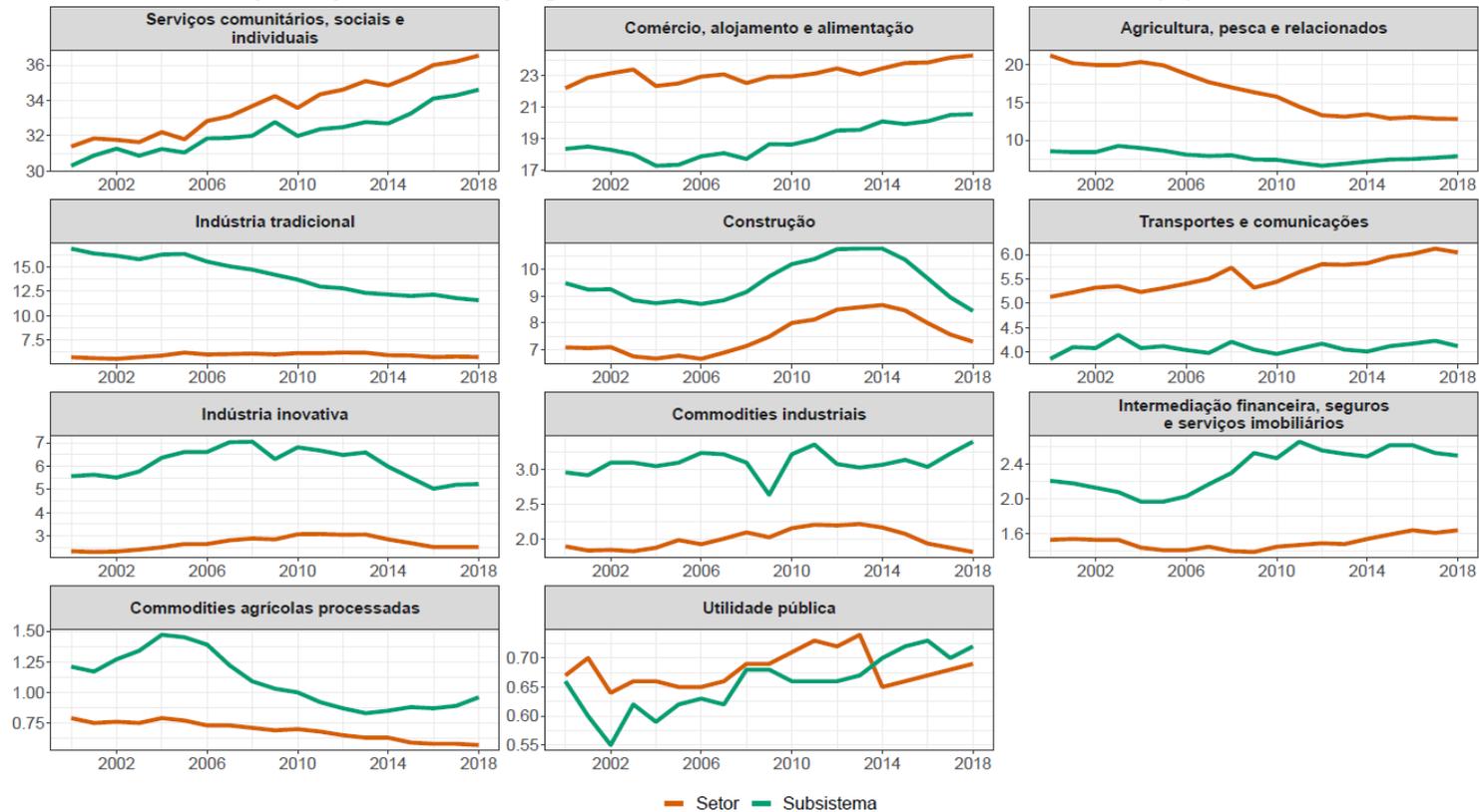
ótica tradicional. Isso se deve ao fato de que as cadeias produtivas ligadas às indústrias são longas e geram empregos em diversos setores. O segundo contorno é que o fenômeno da desindustrialização enquanto redução de empregos ligados aos subsistemas industriais é representado por uma magnitude ampliada. Os casos das indústrias tradicional e inovativa são exemplos disso. Considerando-se de forma direta, os setores ampliaram sua participação nos empregos. Porém, sob a forma de subsistemas, apresentaram perdas de participação de 5,30 e 0,34 pontos percentuais, respectivamente, entre os anos de 2000 à 2018. Isso significa que ambos os setores reduziram sua cadeia doméstica, em termos de empregos, para atendimento da demanda final.

Tabela 2- Distribuição do emprego conforme os dois modelos. A participação dos setores em cada modelo soma 100%^a

Setores	Modelo	Emprego 2000	Emprego 2018	Participação 2000 (%)	Participação 2018 (%)	Δ(%)
Agricultura	Subsistema	6.721.846	8.217.858	8,54	7,88	-0,66
	Setor	16.728.521	13.380.021	21,24	12,82	-8,42
Comércio	Subsistema	14.436.290	21.432.124	18,33	20,54	2,21
	Setor	17.473.434	25.323.323	22,19	24,27	2,08
Commodities agrícolas	Subsistema	952.739	1.002.240	1,21	0,96	-0,25
	Setor	620.130	595.958	0,79	0,57	-0,22
Commodities industriais	Subsistema	2.327.348	3.543.327	2,96	3,4	0,44
	Setor	1.492.820	1.901.116	1,9	1,82	-0,08
Construção	Subsistema	7.476.749	8.817.423	9,49	8,45	-1,04
	Setor	5.579.533	7.617.875	7,09	7,3	0,21
Indústria inovativa	Subsistema	4.385.082	5.457.959	5,57	5,23	-0,34
	Setor	1.843.924	2.631.951	2,34	2,52	0,18
Indústria tradicional	Subsistema	13.296.643	12.095.652	16,89	11,59	-5,30
	Setor	4.520.775	6.022.997	5,74	5,77	0,03
Intermediação financeira	Subsistema	1.739.891	2.607.499	2,21	2,5	0,29
	Setor	1.203.164	1.707.552	1,53	1,64	0,11
Serviços comunitários	Subsistema	23.848.393	36.112.455	30,29	34,61	4,32
	Setor	24.711.261	38.131.976	31,38	36,55	5,17
Transportes e comunicações	Subsistema	3.038.169	4.298.959	3,86	4,12	0,26
	Setor	4.041.224	6.305.203	5,13	6,04	0,91
Utilidade pública	Subsistema	521.365	754.775	0,66	0,72	0,06
	Setor	529.729	722.303	0,67	0,69	0,02
Total		78.744.515	104.340.276			

Elaboração própria com dados de Alves-Passoni (2019); ^a Os nomes dos setores foram abreviados para a melhor apresentação

Figura 3- Evolução da taxa de participação dos empregos do subsistema total da economia
Taxas anuais de participação dos empregos nos setores em relação ao total da Economia (%)



OBS: as escalas verticais dos gráficos são distintas.
 Elaboração própria com dados das MIPs do IBGE e das estimadas em Patieene (2019, 2020).

Percebe-se também que os subsistemas 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. Por outro lado, os subsistemas de Comércio, alojamento e alimentação e Serviços comunitários, sociais e individuais foram os que mais ganharam participação, representando, juntos, mais de 55% dos empregos diretos e indiretos no Brasil em 2018. Isso indica um processo de ampliação do papel dos serviços nos empregos nacionais, configurando um fenômeno de “*servicificação* (ver Baumol (1967) e Antunes e Araujo (2020)) para uma abordagem teórica sobre esse fenômeno).

Ademais, as medidas de produtividade indicam que o subsistema ligado à Agricultura, por apresentar maiores aumentos de produtividade, deveria apresentar a maior redução na participação dos empregos na economia, o que não se verificou. Isto indica que a análise apenas dos ganhos de produtividade pode não ser suficiente para relacionar desenvolvimento tecnológico e empregabilidade. Para isso, como tema para trabalhos futuros, pode-se avaliar as razões para essas alterações. Como prováveis explicações estão os efeitos de importações (tanto no consumo intermediário quanto na demanda final) e variações de demanda final via exportações, por exemplo. As metodologias de decomposição estrutural para o emprego (Kupfer et al., 2004; Miller & Blair, 2009) permitiriam avaliar com mais detalhes tais questões.

4. Considerações Finais

O presente trabalho avaliou a evolução da produtividade no Brasil a partir do referencial dos subsistemas. Assim, foi 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 análise nos períodos indicados contribui para entender a dinâmica estrutural da economia brasileira entre 2000 e 2018, identificando os subsistemas que cresceram ou que perderam participação nos empregos e competitividade.

Uma primeira constatação é que a análise dos subsistemas permite um maior entendimento da dinâmica intersetorial nacional. Assim, percebe-se que os subsistemas ligados às atividades industriais apresentam maior complexidade da cadeia produtiva, induzindo a geração de empregos nos demais setores da economia. Além disso, considerá-los apenas em sua estrutura direta de empregos subestima a participação das atividades industriais nos níveis de empregos de forma indireta.

Por outro lado, do ponto de vista da evolução da produtividade, o subsistema que mais apresentou ganhos foi o ligado à Agricultura, gerando ganhos de produtividades aos demais setores e reduzindo sensivelmente a necessidade de empregos diretos e indiretos para satisfazer a demanda final. A participação elevada da Agricultura nos setores de *Commodities* industriais, *Commodities* agrícolas processadas e de Indústrias tradicionais sugere constituir uma das fontes do aumento de produtividade verificado no período, especialmente pelo fato de que um setor de Agricultura desenvolvido pode evitar gargalos produtivos (Marconi et al., 2014). Os setores de Intermediação financeira e Transportes e comunicações apresentaram uma dinâmica de evolução da produtividade próximo à evolução total da economia, o que sugere uma dinâmica alinhada com os ciclos econômicos. Junto a isso, percebe-se que os setores industriais somente apresentaram ganhos consistentes a partir de 2010, com destaque para as Indústrias tradicionais. Ainda assim, foram ganhos consideravelmente inferiores aos auferidos pela Agricultura. Como as indústrias têm cadeias produtivas mais diversificadas, parte de sua baixa evolução pode ser decorrente da dependência do desenvolvimento tecnológico dos demais setores, em que a demanda final industrial age como impulsor de demanda dos demais setores (Marconi et al., 2014). Outra causa possível para sua relativa estagnação de produtividade se dá pelos efeitos de variação da intensidade de sua demanda final e concorrência com importados.

Ademais, a análise dos subsistemas demonstra uma participação maior de setores industriais na cadeia de empregos, quando comparado a medidas tradicionais. Da Tabela 2, percebe-se uma perda maior de empregos diretos e indiretos nacionais necessários para atender à demanda final por produtos industrializados, quando se considera a metodologia dos subsistemas, em especial no setor de Indústrias tradicionais, o que sugere que o processo de desindustrialização foi mais intenso do que quando medido pelo método convencional e avalia a participação dos empregos industriais no total da economia.

Além disso, o aumento da produtividade acumulada no período foi de 6,7% na Indústria inovativa, enquanto o total da economia foi de 12,6%, o que sugere que a redução não é apenas uma resposta a aumentos de produtividade, mas também redução de demanda final por produtos industriais nacionais. Isso pode indicar também uma queda de qualidade da mão de obra gerada no país dado que os empregos ligados a subsistemas industriais reduziram no período sob análise. Este tema pode ser abordado em trabalhos futuros, avaliando a qualidade da mão de obra empregada nos subsistemas, especialmente em relação a níveis de remuneração e formalidade. Por outro lado, há um aumento na geração de

empregos nos setores ligados aos serviços. Pesquisas futuras podem ser feitas para testar a hipóteses de terciarização da economia nacional a partir dos subsistemas.

Por fim, outros pontos podem também 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). Outra possibilidade de abordagem futura diz respeito à análise mais detalhada do comércio internacional. Os insumos importados poderiam ser incorporados à estrutura de produção. Comparando a inserção dos produtos importados nas cadeias de produção dos subsistemas, seria possível avaliar em que medida o aumento da produtividade se deve, na verdade, a aumento do uso de insumos importados.

Referências

- Acemoglu, D. (2008). Introduction to modern economic growth. In *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton University Press. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2011.00816.x>
- Alves-Passoni, P. (2019). *Deindustrialization and regressive specialization in the Brazilian economy between 2000 and 2014: a critical assessment based on the input-output analysis*. UFRJ.
- Alves-Passoni, P. & Freitas, F. N. P. (2020). *Texto para Discussão 025 | 2020 Estimação de Matrizes Insumo-Produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010* (No. 025).
- Antunes, T. S. & Araujo, R. A. (2020). A Structural Economic Dynamics Approach to ‘ Stagnationist ’ Unbalanced Growth. *Review of Political Economy*, 0(0), 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1080/09538259.2020.1814543>
- Araujo, R. A. (2013). Cumulative causation in a structural economic dynamic approach to economic growth and uneven development. *Structural Change and Economic Dynamics*, 24, 130–140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2012.09.001>
- Arias, D., Vieira, P. A., Contini, E., Farinelli, B. & Morris, M. (2017). Agriculture Productivity Growth in Brazil. In *Agriculture Productivity Growth in Brazil*. World Bank, Washington, DC. DOI: <https://doi.org/10.1596/32202>
- Aulin-Ahmavaara, P. (1999). Effective rates of sectoral productivity change. *Economic Systems Research*, 11(4), 349–363. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535319900000026>

- Balk, B. M. & Reich, U. P. (2008). Additivity of national accounts reconsidered. *Journal of Economic and Social Measurement*, 33(2–3), 165–178. DOI: <https://doi.org/10.3233/jem-2008-0303>
- Baumol, W. J. (1967). Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis. *The American Economic Review*, 57(3), 415–426.
- Baumol, W. & Wolff, E. N. (1989). *Three Fundamental Productivity Concepts: Principles and Measurement* (Issue 22, pp. 638–659). Palgrave Macmillan.
- Cas, A. & Rymes, T. (1991). *On Concepts and Measures of Multifactor Productivity in Canada, 1961-1980*. Cambridge University Press.
- Ciriaci, D. & Palma, D. (2016). Structural change and blurred sectoral boundaries: assessing the extent to which knowledge-intensive business services satisfy manufacturing final demand in Western countries. *Economic Systems Research*, 28(1), 55–77. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1101370>
- De-Juan, O. & Febrero, E. (2000). Measuring productivity from vertically integrated sectors. *Economic Systems Research*, 12(1), 65–82. DOI: <https://doi.org/10.1080/095353100111281>
- Di Bernardino, C. & Onesti, G. (2020). The two-way integration between manufacturing and services. *Service Industries Journal*, 40(5), 337–357. DOI: <https://doi.org/10.1080/02642069.2018.1438415>
- Domar, E. D. (1961). On the Measurement of Technological Change. *The Economic Journal*, 71(284), 709. DOI: <https://doi.org/10.2307/2228246>
- Felipe, J. & McCombie, J. S. L. (2015). *The Aggregate Production Function and the Measurement of Technical Change*. Edward Elgar Publishing.
- Fevereiro, J. B., Pinkusfeld Bastos, C. & Freitas, F. (2015). 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, June*.
- Fox, K. J. (2012). Problems with (dis)aggregating productivity, and another productivity paradox. *Journal of Productivity Analysis*, 37(3), 249–259. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11123-011-0250-2>
- Garbellini, N. & Wirkierman, A. L. (2014). Productivity accounting in vertically (Hyper-

-)integrated terms: Bridging the gap between theory and empirics. *Metroeconomica*, 65(1), 154–190. DOI: <https://doi.org/10.1111/meca.12036>
- Grijó, B. & Bêni, D. A. (2006). Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. *Teoria e Evidência Econômica*, 14(26), 9–42.
- Grodzicki, M. J. & Skrzypek, J. (2020). Cost-competitiveness and structural change in value chains – vertically-integrated analysis of the European automotive sector. *Structural Change and Economic Dynamics*, 55, 276–287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.08.009>
- Hulten, C. R. (1978). Growth accounting with intermediate inputs. *Review of Economic Studies*, 45(3), 511–518. DOI: <https://doi.org/10.2307/2297252>
- Hulten, C. R. (2009). *Growth Accounting* (NBER Working Papers, Issue 15341). National Bureau of Economic Research, Inc.
- IBGE. (2016). *Sistema de Contas Nacionais Brasil - Ano de Referência 2010* (I. Coordenação de Contas Nacionais (ed.); 3a ed., Vol. 24). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
- IBGE. (2017). *Sistema de Contas Nacionais* (1a ed.). IBGE.
- Jones, C. I. (2011). Intermediate Goods and Weak Links in the Theory of Economic Development. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 3(2), 1–28.
- Kupfer, D., Freitas, F. & Young, C. E. (2004). *Decomposição Estrutural da Variação do Produto e do Emprego entre 1990 e 2001 – uma Análise a Partir das Matrizes Insumo-Produto*.
- Lind, D. (2020). A Vertically Integrated Perspective on Nordic Manufacturing Productivity. *International Productivity Monitor*, 39(39), 53–73.
- Marconi, N., Magacho, G. & Rocha, I. (2014). Estratégias de desenvolvimento nos BRICs: uma análise Insumo-Produto. *Revista Economia Ensaios*, 29(especial), 119–134. DOI: <https://doi.org/10.14393/ree-v29n.esp.a2014-7>
- Marquetti, A. (2004). Do rising real wages increase the rate of labor-saving technical change? some econometric evidence. *Metroeconomica*, 55(4), 432–441. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-999X.2004.00201.x>
- Miller, R. E. & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis*. Cambridge University Press.
- Montesor, S. & Marzetti, G. V. (2011). The deindustrialisation/tertiarisation hypothesis

- reconsidered: A subsystem application to the OECD7. *Cambridge Journal of Economics*, 35(2), 401–421. DOI: <https://doi.org/10.1093/cje/beq009>
- Ngai, L. R. & Pissarides, C. A. (2007). Structural change in a multisector model of growth. *American Economic Review*, 97(1), 429–443. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.97.1.429>
- Oulton, N. & O'Mahony, M. (1994). *Productivity and Growth: A Study of British Industry, 1954-1986*. Cambridge University Press.
- Panethimitakis, A. J. (1993). Direct versus Total Labour Productivity in Greek Manufacturing: 1958–1980. *Economic Systems Research*, 5(1), 79–94. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535319300000007>
- Pasinetti, L. (1973). the Notion of Vertical Integration in Economic Analysis. *Metroeconomica*, 25(1), 1–29. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-999X.1973.tb00539.x>
- Pasinetti, L. L. (1977). *Lectures on the Theory of Production-Columbia*. Columbia University Press.
- Reich, U. P. (2008). Additivity of deflated input-output tables in national accounts. *Economic Systems Research*, 20(4), 415–428. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535310802551455>
- Santini, T. & Araujo, R. A. (2021). Productivity growth and sectoral interactions under Domar aggregation: a study for the Brazilian economy from 2000 to 2014. *Journal of Economic Structures*, 10(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40008-021-00243-7>
- Sraffa, P. (1960). *Production of Commodities by Means of Commodities: Prelude to a Critique of Economic Theory*. Cambridge University Press.
- Temurshoev, U., Miller, R. E. & Bouwmeester, M. C. (2013). A Note on the GRAS Method. *Economic Systems Research*, 25(3), 361–367. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.746645>
- Villani, D. & Fana, M. (2020). Productive integration, economic recession and employment in Europe: an assessment based on vertically integrated sectors. *Journal of Industrial and Business Economics*, 48(0123456789), 137–157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40812-020-00178-3>

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 & Reich, 2008; Reich, 2008).

Seguindo o processo detalhado por Alves-Passoni (2019)¹, 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 ($t - 1$):

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

Para o caso em que $t = 2000, \dots, 2018$, os índices precisam ser encadeados ano a ano. Tomou-se inicialmente 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 ($\Lambda_{ij}^{2000,\tau}$) para o ano base 2000 são dados por:

$$\Lambda_{ij}^{2000,\tau} = \prod_{t=2001}^{\tau} \lambda_{ij}^{t-1,t} \quad (2)$$

em que τ é o último ano a ser encadeado. De maneira semelhante aos índices calculados em (1), 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:

$$\Lambda_{ij}^{2010,\tau} = \frac{\Lambda_{ij}^{2000,\tau}}{\Lambda_{ij}^{2000,2010}} \quad (3)$$

A partir dos índices específicos calculados em (3), 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):

¹ Optou-se por manter a mesma notação do trabalho original de Alves-Passoni (2019).

$$R_{ij}^{2010,\tau} = \frac{R_{ij}^{\tau}}{\Lambda_{R_{ij}}^{2010,\tau}} \quad (4)$$

em que os valores estão ajustados para a variação dos preços relativos dos produtos e lidam apenas com a variação no tempo a partir de um ano base (Reich, 2008). Porém, a expressão em (4) 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 (4) e o deflator da produção bruta total ($p^{2010,\tau}$):

$$\Phi_{ij}^{2010,\tau} = \frac{\Lambda_{R_{ij}}^{2010,\tau}}{p^{2010,\tau}} \quad (5)$$

A equação (5) possibilita a aditividade ao corrigir 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:

$$R_{ij}^{2010,\tau,\Phi} = \Phi_{ij}^{2010,\tau} R_{ij}^{2010,\tau} \quad (12)$$

Portanto, a equação (12) 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 q por:

$$q = \hat{q}^p q^v \quad (7)$$

em que \hat{q}^p indica a razão de preços relativos da produção setorial conforme a equação (5) e q^v representa a produção em preços relativos constantes (unidades de volume), conforme equação (4). Para os cálculos da produção, pode-se retomar a equação (2):

$$q = \hat{q}^p q^v = A \hat{q}^p q^v + y \quad (8)$$

em que a matriz de coeficientes técnicos e o vetor de demanda final já estão em preços constantes conforme a equação (12). 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{q}^{p-1} conforme:

$$\begin{aligned} q^v &= \hat{q}^{p-1} A \hat{q}^p q^v + \hat{q}^{p-1} y \\ &\vdots \\ q^v &= [I - \tilde{A}]^{-1} \tilde{y} \end{aligned} \quad (9)$$

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. A partir disso, a equação (4) e seus desdobramentos foram calculados.

Por fim, caso os dados sejam agregados a partir de tabelas originais mais desagregadas, deve-se realizar a agregação das matrizes a preços correntes e a preços do ano anterior antes de realizar o processo de deflacionamento. Isso garante que se está contabilizando os índices de preços de uma “cesta de bens” produzidas pelos setores agregados, cujos índices de atualização são, na maioria dos casos, distintos da deflação antes do processo de agregação.

Apêndice B- Agregação dos setores

Tabela 1B- Informações das agregações de setores

Agregação de 42 setores (Alves-Passoni, 2019)	Tradução para 11 setores
Agricultura, silvicultura, exploração florestal, pecuária e pesca	Agricultura, pesca e relacionados
Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	Commodities industriais
Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	Commodities industriais
Outros da indústria extrativa	Commodities industriais
Alimentos e Bebidas	Indústria tradicional
Fabricação de produtos do fumo	Commodities agrícolas processadas
Fabricação de produtos têxteis	Indústria tradicional
Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	Indústria tradicional
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	Indústria tradicional
Fabricação de produtos da madeira	Commodities agrícolas processadas
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Commodities agrícolas processadas
Impressão e reprodução de gravações	Indústria tradicional
Refino de petróleo e coquerias	Commodities industriais
Fabricação de biocombustíveis	Commodities industriais
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	Commodities industriais
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	Commodities industriais
Produtos farmacêuticos	Indústria inovativa
Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	Indústria tradicional
Perfumaria higiene e limpeza	Indústria tradicional
Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	Indústria tradicional
Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	Indústria tradicional
Artigos de borracha e plástico	Indústria tradicional
Cimento e outros produtos de minerais não-metálicos	Commodities industriais
Fabricação de aço e derivados	Commodities industriais
Metalurgia de metais não-ferrosos	Commodities industriais
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	Commodities industriais
Máquinas e equipamentos e móveis e produtos das indústrias diversas	Indústria inovativa
Eletrodomésticos e material eletrônico	Indústria inovativa
Máquinas e equipamentos e móveis e produtos das indústrias diversas	Indústria inovativa
Automóveis camionetas caminhões e ônibus	Indústria inovativa
Peças e acessórios para veículos automotores	Indústria inovativa
Outros equipamentos de transporte	Indústria inovativa
Máquinas e equipamentos e móveis e produtos das indústrias diversas	Indústria inovativa
Produção e distribuição de eletricidade gás água esgoto e limpeza urbana	Utilidade pública
Construção civil	Construção
Comércio e reparo de veículos	Comércio, alojamento e alimentação
Transporte armazenagem e correio	Transportes e comunicações
Serviços de informação	Transportes e comunicações
Intermediação financeira seguros e previdência complementar e serviços relacionados	Intermediação financeira, seguros e serviços imobiliários
Atividades imobiliárias e aluguéis	Intermediação financeira, seguros e serviços imobiliários
Serviços prestados às empresas e às famílias e serviços de manutenção	Serviços comunitários, sociais e individuais
Serviços de alojamento e alimentação	Comércio, alojamento e alimentação

Fonte: Alves-Passoni (2019) e elaboração própria.