

Serviços Intermediários e Produtividade Agregada no Brasil *

Pedro Cavalcanti Ferreira[†]

Fernando Veloso[‡]

Bruno Ricardo Delalibera[§]

1 Introdução

O setor de serviços concentra cerca de 63% do emprego e 70% do PIB no Brasil. Devido à grande importância do setor de serviços na geração de emprego e sua elevada participação no PIB, a evolução da produtividade neste setor afeta de forma significativa a produtividade agregada.

Além de seus efeitos diretos no emprego e na produção, os serviços têm impacto cada vez mais relevante na produtividade da indústria. Conforme mostram Eichengreen e Gupta (2013), Arbache (2014) e Arbache e Moreira (2015), existe atualmente uma relação complexa entre o setor de serviços e o setor industrial. De fato, a evidência empírica sugere que produtos e serviços estão se fundindo através de uma relação cada vez mais sinérgica para dar origem a um terceiro tipo de produto que não é nem um bem industrial tradicional nem um serviço convencional.

Esta complementaridade entre indústria e serviços requer que ambas as atividades sejam competitivas para que elas possam se beneficiar mutuamente. Na medida em que os insumos de serviços já compreendem uma parte substancial do valor da produção da manufatura, um setor de serviços competitivo parece ser um fator crítico para a economia crescer mais e de forma mais sustentável.

Este artigo tem como objetivo avaliar quantitativamente o efeito dos serviços intermediários na produtividade agregada através de seu impacto na produtividade dos demais setores, em particular da indústria. O modelo de equilíbrio geral computável será baseado em Duarte e Restuccia (2010) e Ferreira e Silva (2015). Entretanto, ao contrário destes artigos, em nosso modelo os serviços não serão somente um bem de

*Os autores gostariam de agradecer a Heron Rios pela excelente assistência de pesquisa.

[†]EPGE-FGV, Escola Brasileira de Economia e Finanças e FGV Crescimento.

[‡]IBRE-FGV.

[§]EPGE-FGV, Escola Brasileira de Economia e Finanças.

consumo final, mas também um bem intermediário. A ideia é que a firma do setor industrial tenha uma função de produção que utilizará como insumos trabalho e bens intermediários. Neste caso, a baixa produtividade dos serviços afetaria a produtividade industrial além, é claro, da própria produtividade do setor de serviços como um todo.

Esse modelo será calibrado e simulado para a economia brasileira utilizando metodologia padrão da literatura. Como ficará claro na seção de resultados o ajuste do modelo aos dados é muito bom, reproduzindo de perto, por exemplo, a série de produtividade do trabalho agregada e a distribuição de mão-de-obra entre os setores. Em seguida implementamos exercícios contrafactuais onde variamos algum parâmetro ou variável exógena. Por exemplo, aumentamos a produtividade total dos fatores (PTF) de todos os setores ou de um setor de cada vez, mantendo a dos demais constante. Ou mudamos os parâmetros da função de produção, isto é, a estrutura produtiva da economia, para os parâmetros calibrados para a economia americana. O objetivo de todos esses exercícios é entender o impacto de mudanças setoriais na economia como um todo, bem como mensurar e comparar os ganhos de mudanças da PTF e da estrutura produtiva da economia. Ao contrário de modelos sem bens intermediários há agora um efeito multiplicativa que esses não capturam e que pode ter efeitos relevantes sobre a economia e as produtividades setoriais.

Este artigo está organizado em 5 seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta alguns fatos estilizados sobre a utilização de bens intermediários na produção do Brasil e faz uma comparação com o padrão observado em outros países. A terceira seção desenvolve um modelo de equilíbrio geral com três setores (agricultura, indústria e serviços) e bens intermediários. A quarta seção apresenta os principais resultados e a quinta seção faz algumas considerações finais.

2 Fatos Estilizados

Os dados foram obtidos do World Input-Output Database (WIOD), que combina informações da matriz insumo-produto para 27 países da União Europeia e 13 outros países (incluindo Brasil) durante o período 1995-2011¹.

2.1 Participação dos Serviços Intermediários no Produto

A Tabela 1 apresenta a participação dos bens intermediários produzidos por cada setor no valor total da produção agregada e dos três grandes setores (agricultura, indústria e serviços) do Brasil. A tabela inclui também a manufatura, que compõe o setor da indústria juntamente com a indústria extrativa mineral, construção civil e serviços de utilidade pública. O conceito de produto utilizado na WIOD abrange os bens intermediários, o valor adicionado a preços básicos e os impostos líquidos de subsídios.

¹Para uma descrição do WIOD, ver Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R. e de Vries, G. J. (2015). A base de dados está disponível em <http://www.wiod.org/database/wiots13>.

Tabela 1: Matriz Insumo–Produto – Brasil (%)

Origem/Destino	Agricultura	Indústria	Manufatura	Serviços	Total
Agricultura	8.4	5.8	8.2	0.2	2.9
Indústria	20.5	35.9	38.6	10.0	21.1
Serviços	9.7	18.2	18.7	21.8	19.7
Total Interm.	38.6	59.9	65.5	32.0	43.7
VA	56.9	33.6	27.5	64.5	51.5
Impostos	4.5	6.5	7.0	3.5	4.8
Produto	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database.

OBS: Os dados são de 2011.

A participação dos bens intermediários no valor da produção brasileira em 2011 foi de 43,7%, dos quais 19,7% correspondem aos serviços. A participação relativa da indústria foi um pouco maior (21,1%), enquanto os bens intermediários da agricultura contribuíram com somente 2,9%.

A proporção de bens intermediários na produção varia de forma significativa entre setores. Enquanto nos serviços sua parcela é de 32%, na indústria ela corresponde a 59,9% e é ainda maior na manufatura (65,5%). Os insumos intermediários do setor de serviços atingem 18,2% do valor da produção da indústria e 18,7% da manufatura.

Como mostra a Tabela 2, a matriz insumo-produto dos Estados Unidos apresenta semelhanças interessantes em comparação com a brasileira. Em particular, a participação dos bens intermediários no valor da produção é igual à brasileira (43,7%). A parcela dos serviços intermediários na produção manufatureira também é similar (19%).

A principal diferença é que a participação dos serviços intermediários na produção agregada é maior nos Estados Unidos, alcançando 26,5% em comparação com 19,7% no Brasil. Esse fato está relacionado à maior proporção dos serviços na produção do próprio setor nos Estados Unidos (29,6%) em comparação com o Brasil (21,8%).

Uma questão que se coloca é se a maior participação dos serviços intermediários no produto dos Estados Unidos reflete um padrão típico do processo de desenvolvimento. Para avaliar essa possibilidade, dividimos a amostra em países abaixo e acima da mediana de renda per capita em 2011.²

Como indica a Figura 1, a participação dos serviços intermediários no produto é maior para países com renda per capita acima da mediana. Enquanto a participação média nos países acima da mediana é de 24,9%, aqueles que se encontram abaixo da

²Os dados de PIB per capita foram obtidos da Penn World Table versão 9.0 (PWT) e são expressos em paridade de poder de compra (PPP). Para mais informações sobre a PWT 9.0, ver Feenstra, Robert C., Robert Inklaar e Marcel P. Timmer (2015).

Tabela 2: Matriz Insumo-Produto – Estados Unidos (%)

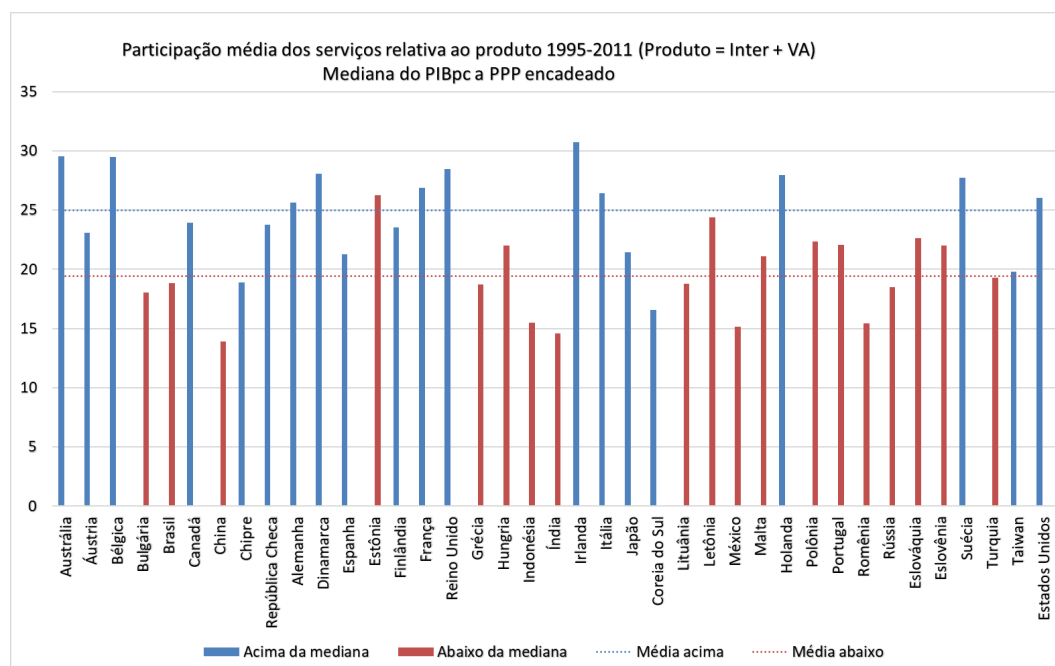
Origem/Destino	Agricultura	Indústria	Manufatura	Serviços	Total
Agricultura	17.7	3.4	4.6	0.1	1.3
Indústria	23.2	36.7	41.0	7.9	15.9
Serviços	16.5	18.8	19.0	29.6	26.5
Total Interm.	57.3	58.9	64.6	37.6	43.7
VA	42.4	40.4	34.6	62.3	56.1
Impostos	0.3	0.7	0.8	0.1	0.3
Produto	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database.

OBS: Os dados são de 2011.

mediana apresentam uma proporção de 19,4%³.

Figura 1: Participação Média dos Serviços Intermediários Relativa ao Produto – Países Acima e Abaixo da Mediana de Renda per Capita (%)



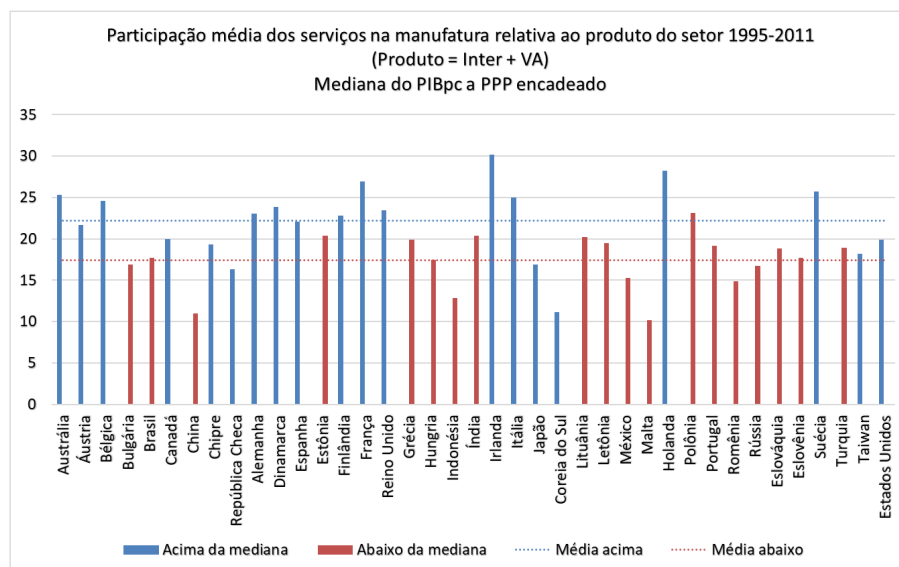
Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database e Penn World Table 9.0.

Mesmo considerando a participação média dos serviços intermediários em relação ao produto de forma desagregada por setores, os países acima da mediana do PIB per

³Luxemburgo foi excluído da amostra por apresentar uma participação dos serviços no produto muito elevada (56%) em comparação com os demais países.

capita têm em média uma participação maior em relação aos países abaixo da mediana em cada um dos setores, por exemplo, na manufatura (Figura 2).⁴

Figura 2: Participação Média dos Serviços Intermediários Relativa ao Produto da Manufatura – Países Acima e Abaixo da Mediana de Renda per Capita (%)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database e Penn World Table 9.0.

2.2 Participação dos Serviços no Total de Bens Intermediários

Como mostramos acima, a proporção de bens intermediários no total da produção do Brasil é similar à dos Estados Unidos. No entanto, a participação dos serviços intermediários é maior na economia americana, e as evidências apresentadas indicam que a parcela dos serviços intermediários na produção aumenta com o nível de renda per capita. A seguir, examinamos de forma mais sistemática a composição do total de bens intermediários no Brasil e como ela varia com a renda per capita.

Como mostra a Tabela 3, a participação dos serviços relativa ao total de bens intermediários no Brasil em 2011 foi de 45,2%. Essa parcela varia entre setores, com a parcela de serviços aumentando de 25,1% na agricultura para 30,4% na indústria (28,5% na manufatura) e 68,2% no próprio setor de serviços.

A Tabela 4 mostra a composição de bens intermediários nos Estados Unidos. a participação dos serviços relativa ao total de bens intermediários na economia americana

⁴Vale ressaltar que a participação média dos serviços relativa ao produto é menor na agricultura que nos demais setores. Além disso, a participação dos serviços no produto do próprio setor é maior que sua participação na indústria.

Tabela 3: Participação dos Serviços Relativa ao Total de Bens Intermediários – Brasil (%)

Origem/Destino	Agricultura	Indústria	Manufatura	Serviços	Total
Agricultura	21.8	9.6	12.6	0.7	6.6
Indústria	53.1	60.0	58.8	31.1	48.2
Serviços	25.1	30.4	28.6	68.2	45.2
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database.

OBS: Os dados são de 2011.

é bem maior que a do Brasil, alcançando 60,6% em 2011, em comparação com 45,2% no Brasil.

Um fato interessante é que a proporção dos serviços no total de insumos intermediários utilizados pela manufatura é similar nos dois países, sendo de 28,6% no Brasil e 29,4% nos Estados Unidos. Por outro lado, a parcela dos serviços no próprio setor é bem superior nos Estados Unidos (78,7%) em comparação com o Brasil (68,2%).

Tabela 4: Participação dos Serviços Relativa ao Total de Bens Intermediários – Estados Unidos (%)

Origem/Destino	Agricultura	Indústria	Manufatura	Serviços	Total
Agricultura	30.9	5.7	7.1	0.2	2.9
Indústria	40.4	62.4	63.5	21.1	36.5
Serviços	28.7	31.9	29.4	78.7	60.6
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database.

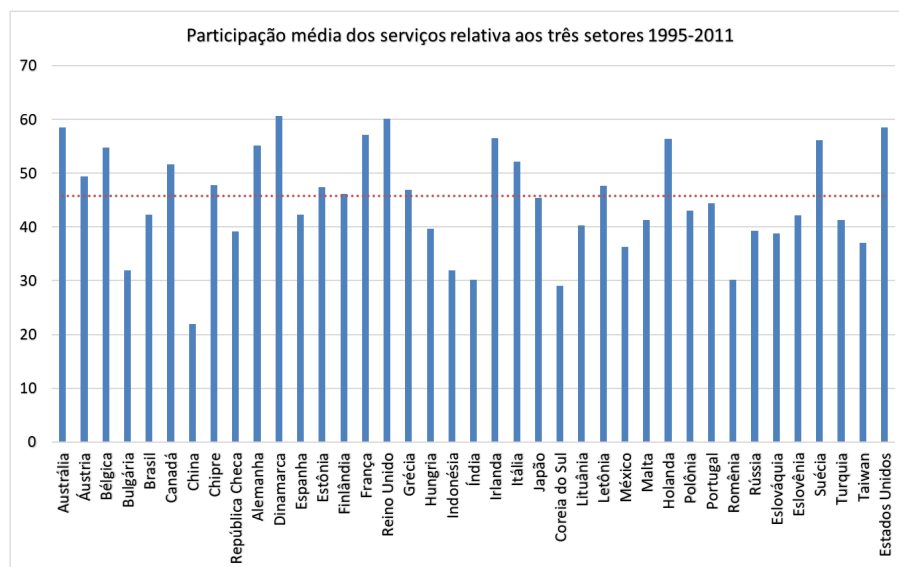
OBS: Os dados são de 2011.

Como mostra a Figura 3, a participação média - no período 1995-2011 e entre países da amostra - do setor de serviços relativa ao total de bens intermediários é relativamente elevada (45%). O Brasil tem uma participação de serviços um pouco inferior à média⁵. Essa parcela é ainda menor na China (21,1%). Por outro lado, os Estados Unidos possuem participação relativamente elevada.

Um fato conhecido da literatura de transformação estrutural (ver, Herrendorf, B., Rogerson, R. e Valentinyi, A. (2014), por exemplo) é que a participação dos serviços no

⁵Como mostra a Tabela 3, a participação dos serviços no total de bens intermediários no Brasil foi de 45% em 2011. No entanto, a Figura 3 considera a média de cada país no período 1995-2011. Nesse caso, a participação média do Brasil foi de 42%.

Figura 3: Participação Média dos Serviços Relativa ao Total de Bens Intermediários – Brasil e Países Seleccionados (%)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database e Penn World Table 9.0.

valor adicionado aumenta ao longo do processo de desenvolvimento. O que a Figura 4 revela é que a participação de serviços no total de bens intermediários também cresce com a renda per capita.

Podemos observar que a participação dos serviços no total de bens intermediários do Brasil está apenas um pouco acima do previsto pela nossa renda per capita⁶. Essa evidência é compatível com os resultados apresentados em Veloso, Matos, Ferreira e Coelho (2017), que indicam que a estrutura produtiva do Brasil está em linha com o padrão esperado em países com nosso nível de desenvolvimento.

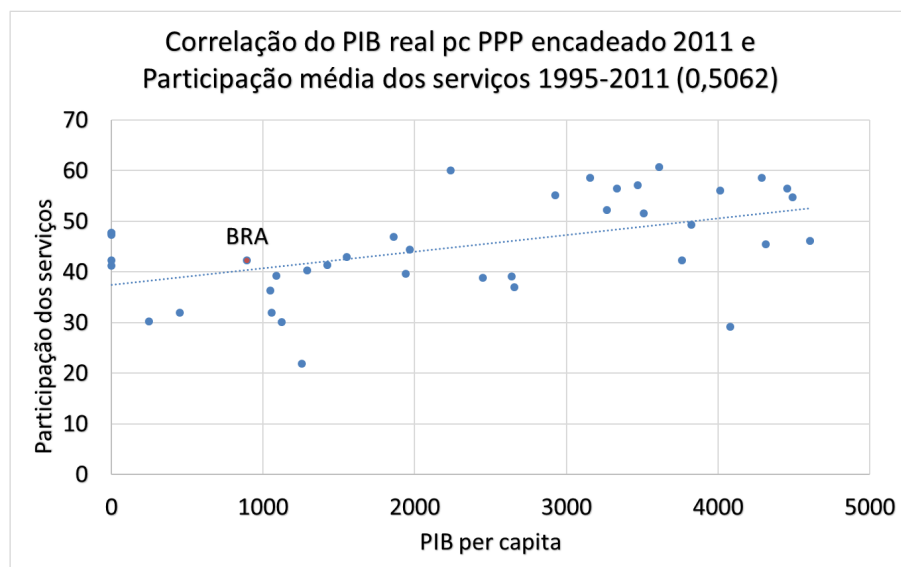
Podemos ilustrar essas evidências dividindo a amostra em países abaixo e acima da mediana de renda per capita em 2011. A Figura 5 mostra que a participação média dos serviços é maior nos países acima da mediana do PIB per capita. Enquanto a média nos países acima da mediana é de 50,7%, a média para aqueles abaixo da mediana é de 38,8%.

A participação média dos serviços também é maior para os países acima da mediana do PIB per capita quando calculada em relação aos grandes setores. Por exemplo, a participação dos serviços no total de bens intermediários utilizados na manufatura é maior para países acima da mediana de renda per capita (Figura 6)⁷.

⁶Isso pode ser visualizado na Figura pelo fato de que o Brasil se encontra um pouco acima da reta de regressão da participação dos serviços na renda per capita.

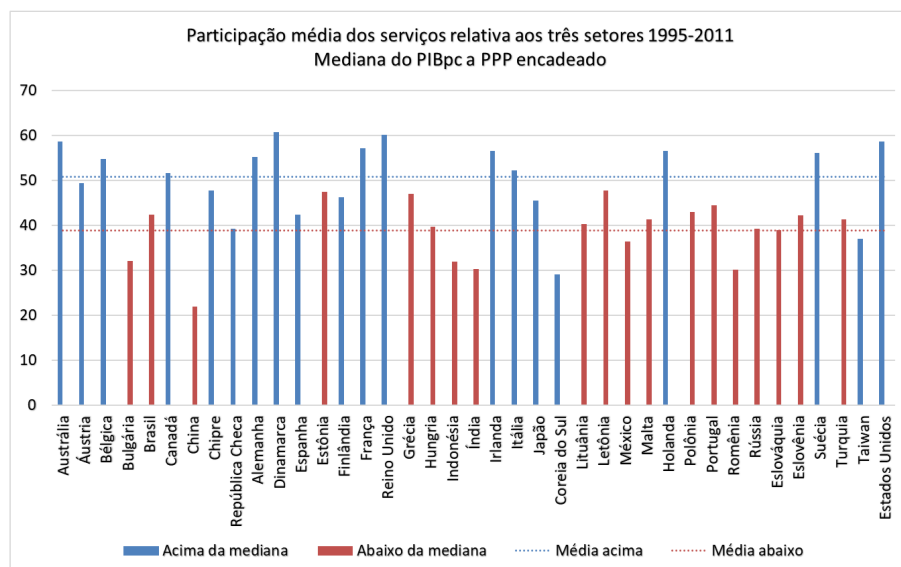
⁷Isso também se verifica para a participação dos serviços na agricultura, serviços e a indústria como um todo (que, além da manufatura, inclui a indústria extrativa, a construção civil e os serviços

Figura 4: Relação entre Participação Média dos Serviços Relativa ao Total de Bens Intermediários e Renda per Capita



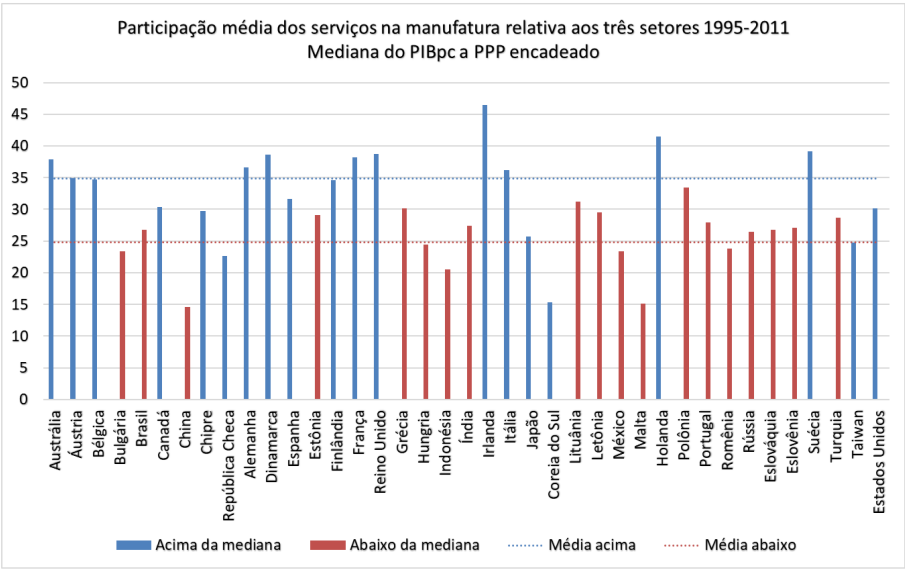
Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database e Penn World Table 9.0.

Figura 5: Participação Média dos Serviços Relativa ao Total de Bens Intermediários – Países Acima e Abaixo da Mediana de Renda per Capita (%)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database e Penn World Table 9.0.

Figura 6: Participação Média dos Serviços Relativa ao Total de Bens Intermediários da Manufatura – Países Acima e Abaixo da Mediana de Renda per Capita (%)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do World Input-Output Database e Penn World Table 9.0.

A Tabela 5 resume os fatos estilizados discutidos acima.

Tabela 5: Participação média do setor de serviços – 1995–2011 (%)

Setores	Acima da mediana do PIBpc	Abaixo da mediana do PIBpc	Abaixo da mediana do PIBpc	Abaixo da mediana do PIBpc
Agricultura	34.7	25.76	17.38	11.75
Indústria	33.25	26.56	20.99	17
Manufatura	34.87	24.77	22.22	17.42
Serviços	72.34	60.04	28.31	22.85
Total	50.71	38.79	24.96	19.44

Nota: Participação média no período, 1995-2011 do setor de serviços para 39 países da Matriz Insumo-Produto, Mundial (WIOT 2013). Nas linhas a participação desagregada por setores e, relativo ao total. O setor da manufatura é composto por um subconjunto dos setores, que compõem a categoria indústria. Os setores Agricultura, Indústria e Serviços compõem a totalidade das indústrias categorizadas pela WIOT. Nas colunas a participação calculada em relação ao total de insumos, intermediários (à esquerda) e em relação ao conceito de produto - soma de bens, intermediários com valor adicionado (à direita). Nas colunas a participação é calculada para países acima e abaixo da mediana do PIB per capita em 2011. Todos os valores estão em percentuais.

Países: Austrália, Áustria, Bélgica, Bulgária, Brasil, Canadá, China, Chipre, República Checa, Alemanha, Dinamarca, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Reino Unido, Grécia, Hungria, Indonésia, Índia, Irlanda, Itália, Japão, Coreia do Sul, Lituânia, Letónia, México, Malta, Holanda, Polónia, Portugal, Roménia, Rússia, Eslováquia, Eslovénia, Suécia, Turquia, Taiwan, Estados Unidos.

Fonte: World Input-Output Database.

Os dados mostram, portanto, que à medida em que o país se desenvolve, os serviços tornam-se cada vez mais utilizados como bens intermediários na manufatura e na economia como um todo. Isso sugere que a produtividade dos serviços pode ter um

impacto indireto importante sobre a produtividade agregada através de seu efeito na produtividade dos bens industriais, conforme investigaremos na próxima seção.

3 Modelo

Desenvolvemos um modelo de equilíbrio geral onde existem três tipos de bens e setores na economia: setor agrícola, indústria e serviços. Para cada setor, as firmas produzem bens que são destinados ao consumo dos indivíduos ou são utilizados por outras firmas como bens intermediários. As empresas decidem o quanto empregar de trabalho e o quanto utilizar de bens intermediários. A economia é povoada por uma infinidade de agentes homogêneos que ofertam trabalho inelasticamente e decidem o quanto consumir de cada um dos bens.

Firmas. A tecnologia de produção de cada bem é dada pela seguinte tecnologia:

$$Q_i = A_i L_i^{\sigma_i} \left(\prod_{j \in \{a, m, s\}} X_{i,j}^{\beta_{i,j}} \right)^{1-\sigma_i}, \quad i \in \{a, m, s\}, \quad (1)$$

em que Q_i é o produto do setor i , A_i é a produtividade do setor, L_i é a quantidade de trabalho empregada e $\{X_{i,j}\}_{j=1}^3$ é a quantidade de bens de agricultura, manufatura e serviços que são utilizadas como insumo intermediário na produção do bem i . Além disso, σ_i é a elasticidade do bem do setor i com respeito ao trabalho e $\beta_{i,j}$ é a elasticidade do conjunto de bens intermediários com respeito ao bem intermediário específico j ⁸. Assumimos que $\sum_{j \in \{a, m, s\}} \beta_{i,j} = 1$.

A cada período existe um contínuo de firmas competitivas produzindo cada um dos três bens: agricultura, manufatura e serviços. Assim, dado os preços dos bens p_i e o salário do trabalhador w , cada uma das firmas determina seu nível de produção escolhendo otimamente a quantidade de trabalho e insumos intermediários:

$$\begin{aligned} & \underset{\{L_i, \{X_{i,j}\}_{j \in \{a, m, s\}}\}}{\text{Max}} \quad p_i Q_i - w L_i - \sum_{j \in \{a, m, s\}} p_j X_{i,j} \\ & \text{s.a. equation (1)} \end{aligned}$$

Das condições de primeira ordem do problema em relação aos bens intermediários e trabalho obtemos:

$$[X_{i,j}] : p_i \beta_{i,j} (1 - \sigma_i) \frac{Q_i}{X_{i,j}} = p_j, \quad \text{para } j \in \{a, m, s\}; \quad (2)$$

$$[L_i] : p_i \sigma_i \frac{Q_i}{L_i} = w, \quad (3)$$

⁸Note que a elasticidade do produto em relação ao bem intermediário j é dada por $\beta_{i,j} (1 - \sigma_i)$.

que trivialmente nos dão que firmas igualam preços dos insumos ao produto marginal.

Cada bem produzido pode ser destinado ou ao consumo final dos indivíduos ou para a produção de uma outra empresa como insumo intermediário. Dessa forma:

$$Q_i = Y_i + \sum_{k \in \{a, m, s\}} X_{k,i}, \quad \text{para } i \in \{a, m, s\}, \quad (4)$$

em que Y_i é a quantidade de bens produzidos pelo setor i que são ofertados para o consumo final.

Consumidores. A economia é povoada por uma infinidade de indivíduos homogêneos que ofertam inelasticamente uma quantidade L de trabalho e que vivem por tempo infinito. O indivíduo tem preferência sobre o consumo dos três bens da economia e sua utilidade intertemporal é dada por:

$$\sum_{t=0}^{\infty} u(c_{a_t}, c_{m_t}, c_{s_t}) \quad (5)$$

A função de utilidade instantânea é dada por:

$$u(c_a, c_m, c_s) = \alpha \log(c_a - \bar{a}) + (1 - \alpha) \log [bc_m^\rho + (1 - b)(c_s + \bar{s})^\rho]^{\frac{1}{\rho}} \quad (6)$$

em que $\bar{a} > 0$, $b \in (0, 1)$, $\rho < 1$, e $\bar{s} > 0$.

A função acima é comumente utilizada na literatura de transformação estrutural devido a sua não-homoteticidade, ou de forma equivalente, a diferentes elasticidades renda em relação a cada um dos bens. A hipótese de $\bar{a} > 0$, indicando um nível mínimo de subsistência com respeito ao consumo do bem agrícola, leva a que proporcionalmente indivíduos consumam menos bens agrícolas conforme suas rendas aumentam. Inversamente, a hipótese de que \bar{s} é maior que zero implica que a elasticidade de renda com respeito aos serviço é maior do que um. Assim, caso o indivíduo seja pobre ele irá alocar poucos recursos na aquisição de serviços (e muitos em bens agrícolas), enquanto que o oposto acontece quando o indivíduo é rico.

O problema do indivíduo é:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{\{c_i\}_{i \in \{a, m, s\}}} \quad & \sum_{t=0}^{\infty} \alpha \log(c_{a_t} - \bar{a}) + (1 - \alpha) \log [bc_{m_t}^\rho + (1 - b)(c_{s_t} + \bar{s})^\rho]^{\frac{1}{\rho}} \\ \text{s.a.} \quad & p_a c_{a_t} + p_m c_{m_t} + p_s c_{s_t} = wL \end{aligned} \quad (7)$$

Resolvendo o problema do consumidor encontramos as seguintes equações que caracterizam o consumo ótimo a cada período:

$$c_a = \alpha \left(\frac{wL + p_s \bar{s}}{p_a} \right) + (1 - \alpha) \bar{a} \quad (8)$$

$$c_m = \left(\frac{wL + p_s \bar{s} - p_a \bar{a}}{p_m} \right) \left(\frac{(1 - \alpha)}{1 + \varphi(p_m, p_s)} \right) \quad (9)$$

$$c_s = \frac{\varphi(p_m, p_s)}{1 + \varphi(p_m, p_s)} \frac{(wL - p_a \bar{a})}{p_s} (1 - \alpha) - \frac{(1 + \alpha \varphi(p_m, p_s))}{1 + \varphi(p_m, p_s)} \bar{s} \quad (10)$$

em que

$$\varphi(p_m, p_s) = \left(\frac{p_m}{p_s} \right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \left(\frac{(1 - b)}{b} \right)^{\frac{1}{1-\rho}}$$

Como se poderia esperar, o consumo do bem agrícola depende positivamente da renda do indivíduo, inversamente do preço dos bens agrícolas e positivamente de bens substitutos (no caso, somente serviços). Resultados semelhantes valem para os outros bens.

Note que a formulação aqui proposta envolve diferentes mecanismos de transmissão e propagação de choques e de variações da produtividade setorial. Em modelos tradicionais de transformação estrutural e/ou multi-setoriais sem bens intermediários, aumentos de produtividade de um setor são transmitidos a outros principalmente via preços relativos e diferentes elasticidades rendas. Em nossa economia artificial adicionamos mais um mecanismo, os bens intermediários. Aumentos da produtividade em um setor, além de efeitos via preço e de transferência de mão-de-obra para setores com maior elasticidade renda, também levará, em cada setor, a diferentes intensidades na utilização de bens intermediários. Os links entre os setores agora são muito mais fortes.

3.1 Equilíbrio

Um equilíbrio competitivo é um conjunto de preços $\{p_a, p_m, p_s\}$, salário w , alocações $\{\{c_i, Y_i, L_i, Q_i, X_{i,a}, X_{i,m}, X_{i,s}\}_{i \in \{a,m,s\}}\}$, tais que

1. Dado $\{p_a, p_m, p_s\}$ e w , $\{c_a, c_m, c_s\}$ resolve o problema do indivíduo.
2. Dado $\{p_a, p_m, p_s\}$ e w , $\{L_i, X_{i,a}, X_{i,m}, X_{i,s}\}$ resolve o problema da firma i .
3. Markets clear

- (a) A demanda de trabalho pelas firmas tem que ser igual à oferta dos indivíduo:

$$\sum_{i \in \{a,m,s\}} L_i = L. \quad (11)$$

- (b) O consumo de cada bem deve ser igual à oferta de produto destinada ao consumo:

$$Y_i = c_i, \text{ para } i \in \{a, m, s\}. \quad (12)$$

- (c) O oferta de produto tem que ser igual à demanda das firmas e dos indivíduos:

$$Q_i = Y_i + \sum_{k \in \{a, m, s\}} X_{k,i}, \text{ para } i \in \{a, m, s\}. \quad (13)$$

4 Análise Empírica

4.1 Calibração

4.1.1 Dados

Construímos um painel com dados para o Brasil e os Estados Unidos cobrindo o período 1995:2009. Para tanto, utilizamos a metodologia proposta por Veloso et al. (2017), na qual se utiliza dados da Socio Economic Accounts (SEA)⁹ para mensurar a produtividade setorial e agregada do trabalho. Essa medida de produtividade setorial é, basicamente, a razão entre o valor adicionado e a população ocupada em cada setor.

Ao contrário da literatura, Veloso et al. (2017) consideram para o cálculo da produtividade os índices de preço setoriais referentes a cada país. Essa metodologia é fundamental quando dados internacionais são comparados. De fato, em Veloso et al. (2017, p.5) temos que:

A grande maioria dos artigos que fazem análises comparativas de produtividade setorial utiliza uma medida de PPP agregada, ou seja, um preço comum a todos os setores da economia. No entanto, esta hipótese não é necessariamente válida. Em particular, países mais pobres em geral são abundantes em mão de obra, o que resulta em preços menores em setores intensivos em mão de obra, como serviços, através do mecanismo conhecido como o efeito Harrod-Balassa-Samuelson (HBS).

Dessa forma, ao trabalhar com a PPP agregada podemos ignorar importantes diferenças de preços setoriais, que são particularmente importantes ao comparar a produtividade setorial de países desenvolvidos com países em desenvolvimento. No entanto, a dificuldade de se obter dados de preços relativos setoriais faz com que a PPP agregada acabe sendo empregada na grande maioria dos estudos.

⁹A SEA é uma base de dados integrante do World Input-Output Database (WIOD) e contém informações de produto, emprego, estoque de capital e nível educacional da mão de obra para 40 países e 35 setores da economia, abrangendo o período 1995-2009.

4.1.2 Calibração

Seguindo a metodologia usualmente utilizada em trabalhos como esse assumiremos que alguns parâmetros são diretamente observados nos dados, enquanto outros que não possuem uma clara correspondência nos dados serão estimados ou medidos a partir de condições de equilíbrio do modelo e targets dos dados.

Os parâmetros de elasticidade da função de produção, σ_i e $\beta_{i,j}$, são calibrados diretamente utilizando as equações de condições de primeira ordem da firma. Por exemplo, a elasticidade σ_i é trivialmente obtida de $\sigma_i = (wL_i/Q_i p_i)$, utilizando dados da SEA para valor da produção do setor i e o total de compensação ao trabalho no mesmo setor.

Há duas estratégias possíveis para ajustar parâmetros da função de produção. Em uma, que seguiria uma estratégia mais comum na literatura de macroeconomia, σ_i e $\beta_{i,j}$ não variam no tempo. Nesse caso utilizaríamos a média do período das variáveis relevantes - e.g., compensação do trabalho e valor da produção no caso σ_i - para obter esses parâmetros. Na segunda, calibraríamos a cada ponto no tempo esses dois parâmetros utilizando as mesmas equações e condições de equilíbrio. Nesse caso, ajustariamos ano a ano, para o caso da participação do trabalho, a equação $\sigma_i = (wL_i/Q_i p_i)$. Não há, nesse caso, metodologia "certa" - as duas estratégias possuem vantagens e desvantagens - e optamos pela primeira devido ao seu melhor ajuste aos dados.

Os parâmetros de preferência, $\{\alpha, \bar{a}, \bar{s}, \rho$ e $b\}$, e os parâmetros de produtividade, $\{A_{a,t}, A_{m,t}, A_{s,t}\}_{t=1995}$, são calculados endogenamente no modelo, utilizando estatísticas geradas a partir do equilíbrio. Para calibrá-los, primeiramente assumimos que os parâmetros de preferência são comuns entre todos países e calibrados para a economia dos Estados Unidos, a qual neste artigo é considerada como economia de referência. Esta é uma estratégia comumente empregada na literatura (e.g., Ferreira e da Silva (2015), Duarte e Restuccia (2010)). Com os parâmetros de preferência, calculamos a produtividade setorial brasileira que corresponde à parcela de trabalhadores e a produtividade agregada observada.

Seguindo Duarte e Restuccia (2010) definimos $\alpha = 0.01$, o que implica que no longo prazo a parcela de trabalhadores na agricultura irá convergir para 1%, um número próximo da realidade americana e de muitos países desenvolvidos. Para os parâmetros endógenos, a estratégia de calibração é composta por três etapas interconectadas:

1. Para 1995, normalizamos a PTF da agricultura em um. Em seguida, dado ρ e b , os parâmetros \bar{c}, \bar{s} e as PTFs dos serviços e indústria em 1995 são escolhidos para reproduzirem a parcela de cada setor no produto total e a parcela dos trabalhadores em cada setor.

2. Dado \bar{a}, \bar{s}, ρ e b calculamos para o restante do período (1996:2009) os parâmetros $A_{i,t}^{US}$ em que $i \in \{a, m, s\}$ e $t \in \{1996, \dots, 2009\}$, de tal forma que o modelo reproduza a série de produtividade agregada e da parcela de trabalhadores observada para os Estados Unidos.

3. Por fim, ρ e b são escolhidos para reproduzirem a trajetória da parcela do produto

agrícola e do produto industrial no produto total para o período analisado.

A tabela 6 apresenta os resultado da calibração do modelo para os Estados Unidos.

Tabela 6: Parâmetros calibrados para os Estados Unidos para o período 1995:2009

Parâmetro	Valor	Target
α	0.01	Parcela de trabalhadores na agricultura no longo prazo
\bar{a}	7.81E-05	Parcela do PIB agrícola no PIB total em 1995
\bar{s}	0.3871	Parcela do PIB de serviços no PIB total em 1995
b	0.0016	Parcela do PIB industrial no PIB total 1995:2009
ρ	-0.5561	Parcela do PIB de serviços no PIB total 1995:2009

Como já discutido, o parâmetro \bar{a} representa o consumo de subsistência, i.e. este parâmetro fornece um limite inferior para o consumo de bens agrícola. Assim, caso a parcela do setor agrícola no valor adicionado total não seja expressiva, a magnitude desse parâmetro também ser pequena. De fato, o baixo valor de \bar{a} na tabela 1 é devido ao baixo valor adicionado do setor agrícola relativo ao valor adicionado total – aproximadamente 2% em 1995. Para o parâmetro \bar{s} a argumentação é análoga. Note que da equação 10, quanto maior \bar{s} , menor é o consumo de serviços. Assim, a alta parcela do PIB de serviços no PIB total induz a um baixo \bar{s} . Essas relações também afetam tanto o peso que o consumo de bens industriais tem sobre a utilidade do agente (parâmetro b) quanto a substitubilidade dos bens industriais pelos bens de serviço (parâmetro ρ). Assim, note que apesar da menor importância do bem industrial na utilidade do indivíduo (baixo b), o valor negativo do parâmetro ρ indica que existe uma complementariedade no consumo entre os bens industriais e os serviços.

As Figuras 7 e 8 apresentam o ajuste do modelo aos dados americanos:

Como se pode perceber, o modelo reproduz bem os dados de produtividade agregada (Figura 7) e de parcela de trabalhadores (Figura 8) de cada setor. Isso significa que o modelo é uma boa aproximação da realidade americana. De fato, para a produtividade agregada o pior ajuste do modelo é com respeito ao ano de 2009, para o qual o modelo superestima a produtividade agregada em 5.74%. Com respeito a parcela de trabalhadores, temos que o erro médio é de 4.6%, 2.08% e 0.75% para a agricultura, indústria e serviços, respectivamente.

Figura 7: Ajuste do modelo aos dados americanos para o período 1995:2009 – Valor adicionado por trabalho relativo à 1995

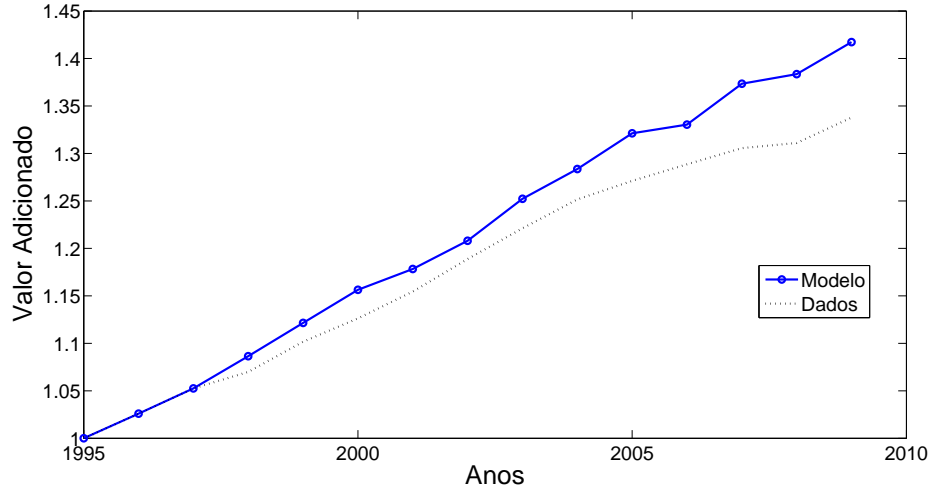
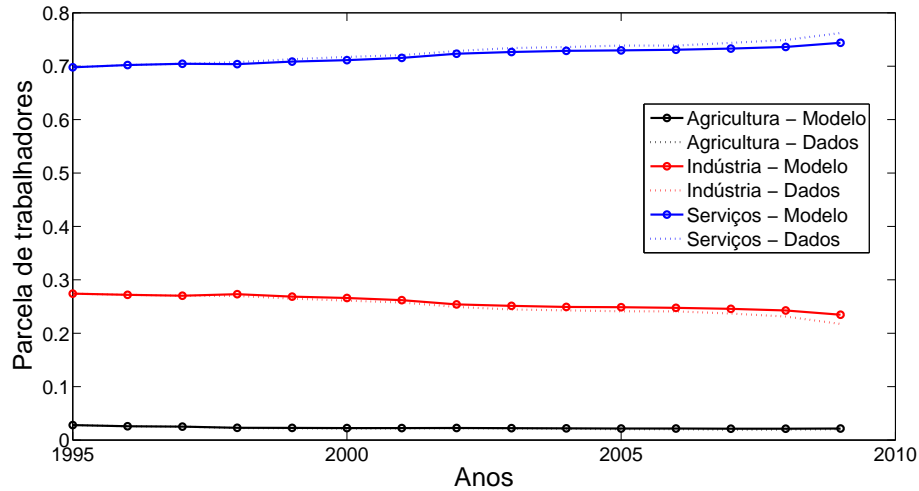


Figura 8: Ajuste do modelo aos dados americanos para o período 1995:2009 – Parcela de trabalhadores



Brasil Utilizando os parâmetros de preferência calibrados para os Estados Unidos, calibramos a produtividade setorial brasileira para o período 1995:2009¹⁰. Nesse sentido, escolhemos $A_{i,t}^{BR}$ para se ajustar a três estatísticas observadas no período: (i) parcela de trabalhadores na agricultura; (ii) parcela de trabalhadores na indústria; (iii) produtividade agregada. Como discutido anteriormente, o parâmetro \bar{s} afeta o tanto que o setor de serviços irá adicionar no PIB. Assim, ajustamos esse parâmetro tal que

¹⁰Os dados do valor adicionado foram convertidos utilizando PPP (Purchasing Power Parity). Além disso, o valor adicionado brasileiro está em termos relativos aos Estados Unidos para o ano de 1995.

o modelo reproduza a parcela do PIB de serviços no PIB total para o ano de 1995, resultando em $\bar{s} = 0.056$.

As Figuras 9 e 10 apresentam o ajuste do modelo aos dados brasileiros.

Figura 9: Ajuste do modelo aos dados brasileiros para o período 1995:2009 – Valor adicionado por trabalho relativo ao VA americano de 1995

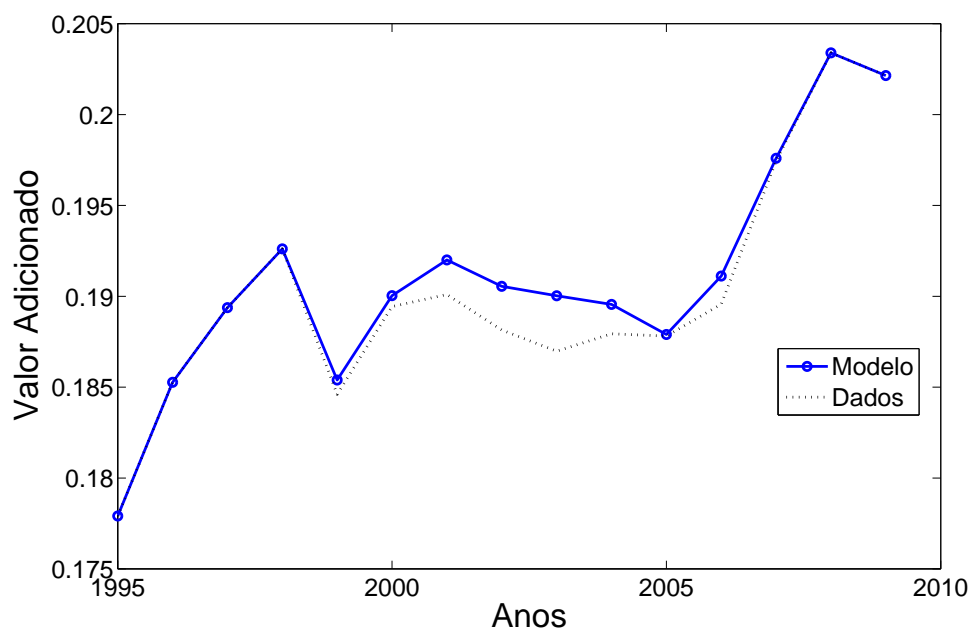
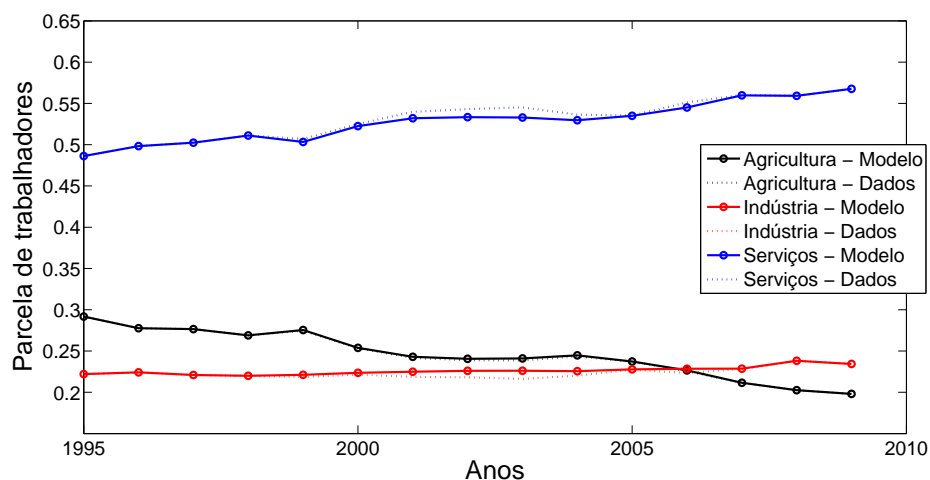


Figura 10: Ajuste do modelo aos dados brasileiros para o período 1995:2009 – Parcela de trabalhadores



Como no caso americano, a parcela dos trabalhadores em cada um dos três setores entre 1995 e 2009, obtida a partir da simulação do modelo, segue de perto o que se

observa nos dados. O ajuste da produtividade agregada relativa à produtividade americana também é satisfatório, embora no período entre 2000 e 2005 haja um pequeno descolamento em relação à série observada, como podemos ver na figura 9. De fato, 2003 é o pior ajuste, mas ainda assim o modelo superestima os dados em somente 1.63%.

4.2 Resultados

Nesta seção estamos interessados em entender como, em uma economia com diferentes setores e efeitos de propagação através de bens intermediários, mudanças setoriais afetam a economia como um todo e cada um dos setores isoladamente. Especificamente, a pergunta que buscaremos responder é como estaria o Brasil em 2009 caso as produtividades setoriais brasileiras fossem diferentes, e maiores, que a observada naquele ano?

Exercícios semelhantes ao proposto aqui já foram feitos anteriormente para o caso brasileiro (e.g., Ferreira e Silva, (2010)) e para outros países (e.g., Duarte e Restuccia, 2010), mas em nenhum deles utilizou-se de um modelo dinâmico de equilíbrio geral com bens intermediários. Em Ferreira e Silva, por exemplo, o único insumo é trabalho. Ao sofisticarmos aqui a parte teórica buscamos nos aproximar de uma realidade onde as linkages entre setores são importantes, o que possui o potencial de ampliar a propagação de choques e, no caso do exercício aqui proposto, de variações exógenas das produtividades setoriais.

A Tabela 7 apresenta os resultados de um primeiro exercício contrafactual em que dobramos as produtividades setoriais em relação ao que se observa em 2009. Especificamente, na coluna 2 ("Agregado") apresentamos os resultados de uma simulação contrafactual onde a produtividade de todos os setores é dobrada conjuntamente. Estamos também interessados em investigar os efeitos isolados de aumentos da produtividade de cada setor. Assim, na coluna 3 ("Agric.") apresentamos o resultado de uma simulação onde apenas a produtividade da agricultura é dobrada, na coluna 4 ("Indus.") trazemos o resultado da simulação onde a produtividade da manufatura dobra e, por fim, na coluna 5 ("Serv.") a produtividade dos serviços é duas vezes maior que a observada em 2009, tudo mais permanecendo constante.

Tabela 7: Contrafactuais, Produtividade setorial = 2x observada (2009)

	<i>Dados</i>	Contrafactual			
		<i>Agregado</i>	<i>Agric.</i>	<i>Indus.</i>	<i>Serv.</i>
Produtividade Agregada	0,144	0,564	0,171	0,270	0,292
% Trabalhadores Agricultura	0,198	0,084	0,114	0,159	0,173
% Trabalhadores Industria	0,234	0,195	0,238	0,195	0,225
% Trabalhadores Serviços	0,567	0,721	0,647	0,645	0,601

Vimos anteriormente que o modelo calibrado não estava longe dos dados tanto para

o caso norte-americano quanto para o brasileiro. Assim, a produtividade agregada do Brasil relativa à dos EUA apresentada na tabela acima, 14,4%, não está longe da realidade e pode com segurança ser utilizada como um benchmark. O mesmo pode ser dito de outras variáveis de interesse.

Um primeiro e importante resultado é que se todos os setores da economia fossem duas vezes mais produtivos, a produtividade agregada saltaria para 56,4% em relação à americana, aumentando cerca de quatro vezes. A ampliação do aumento setorial é fácil de entender quando se compara a distribuição de mão de obra entre setores antes e depois da mudança. Pelos dados, em 2009 quase 20% da mão de obra estava alocada à agricultura.¹¹ Ao se dobrar a produtividade do setor - e de todos os outros da economia - a demanda relativa de bens agrícolas, tanto para consumo final quanto para insumo intermediário, cai, liberando mão-de-obra do setor. No novo equilíbrio somente 8,4% dos trabalhadores permanecem no setor. Esses trabalhadores irão para o setor de serviços - que passa a absorver 72,1% dos trabalhadores - cuja a produtividade é muito superior à da agricultura. Assim, temos, além do ganho direto via duplicação da produtividade, um ganho indireto com a maior concentração de trabalhadores em setores cujo nível de produtividade é maior.

Outro fator importante é a modificação na estrutura de bens intermediários. A utilização de bens industriais como insumos intermediários no próprio setor e nos serviços aumenta, respectivamente, quatro vezes e seis vezes, e de insumos intermediários dos serviços nos mesmos setores em quatro e duas vezes e meia. Essas variações são significativamente maiores que a de bens intermediários agrícolas, que pouco variam.

Estamos interessados também em examinar os resultados das variações isoladas das produtividades setoriais. O efeito isolado mais forte se dá quando mudamos somente a produtividade do setor de serviços, o que pode ser visto na última coluna ("Serv."). Nesse caso, a produtividade relativa agregada no Brasil saltaria para 29% da americana, mais que dobrando. Nesse exercício, a parcela da mão-de-obra na manufatura pouco mudaria, indo de 23,8% para 22,5%, e a queda na agricultura seria expressiva, de mais de 2,5 pontos percentuais. Os serviços absorvem todos esses trabalhadores, que produzirão mais bens finais e bens intermediários. Nesse último caso, todos os 3 setores mais que dobram o uso de serviços como insumos. O aumento da produtividade agregada, no caso em que somente a produtividade industrial dobra, é também significativo pulando para 27% da americana, um crescimento de 87% em relação aos dados observados. Como no caso anterior parte dos ganhos advém da migração da mão-de-obra para o setor de serviço.

A tabela 8 apresenta um segundo conjunto de exercícios, onde dobramos as produtividades setoriais, mas também trocamos os parâmetros da função de produção por parâmetros calibrados para os Estados Unidos. Isto é, na coluna "Modelo" temos a simulação do modelo com os parâmetros da função de produção americana, tudo mais

¹¹É importante lembrar que "Agricultura" no modelo também inclui mineração.

constante. Na coluna "Agregado" temos o efeito sobre essa economia de dobrarmos a PTF dos três setores. Nas demais colunas temos o efeito isolado de aumentarmos em duas vezes a PTF de cada um dos setores sobre a economia, mantendo a PTF dos demais setores constante.

Tabela 8: Contrafactuais, Produtividade setorial = 2x observada, Parâmetros da função de produção = EUA, (2009)

	<i>Modelo</i>	Contrafactual			
		<i>Agregado</i>	<i>Agric.</i>	<i>Indus.</i>	<i>Serv.</i>
Produtividade Agregada	0,175	1,058	0,293	0,364	0,460
% Trabalhadores Agricultura	0,352	0,100	0,160	0,278	0,273
% Trabalhadores Industria	0,176	0,153	0,179	0,154	0,174
% Trabalhadores Serviços	0,472	0,747	0,661	0,568	0,552

Os resultados mostram, comparando com a tabela anterior, que há um efeito significativo oriundo das cost shares e diferentes pesos de insumos intermediários na estrutura produtiva. No lugar de aumentar quatro vezes, a produtividade agregada agora aumentaria 6 vezes, o que demonstra a importância da estrutura produtiva de um país em ampliar e propagar choques de produtividades. Isso será confirmado, em simulações apresentadas à frente, de um modelo sem bens intermediários.

Note também, como no caso anterior, parte significativa do efeito vem de mudanças na distribuição da mão de obra, com uma significativa redução da participação da agricultura, o setor menos produtivo da economia. Mais de três quartos da mão-de-obra seria agora alocada no setor de serviços, um aumento bastante significativo.

O efeito isolado de choques de produtividade no setor de serviços domina choques nos outros dois setores. No experimento em que dobramos somente a produtividade do setor, mantendo constante a produtividade dos outros dois, a produtividade agregada da economia brasileira saltaria para 46% da americana, enquanto nos casos da agricultura e indústria a produtividade aumentaria para 29% e 36% somente, respectivamente.

É interessante notar que somente a mudança da estrutura produtiva já induziria um aumento de produtividade. O Brasil com os coeficientes da função de produção americanos - e consequentemente, com elasticidades do produto em relação aos bens intermediários iguais a desse país - mas tudo mais constante, teria uma produtividade 21% superior àquela observada nos dados. Isto é, a produtividade relativa saltaria de 14,4% da americana para 17,5%. Embora relevante, esse ganho é significativamente inferior ao que se observaria se déssemos, a cada um dos três setores, a produtividade dos setores correspondentes da economia norte-americana mantendo a estrutura produtiva constante e igual à calibrada para a economia brasileira. Nesse caso a produtividade relativa seria de 50% da norte-americana, um aumento de 3,4 vezes.

Esse resultado é bastante importante e está na mesma direção de resultados de Veloso, Matos, Ferreira e Coelho (2017) obtido com metodologia bastante diversa. Nesse

artigo, o produto por trabalhador é observada como a soma da produtividade de cada setor da economia ponderada pela participação da mão de obra desse setor no total de trabalhadores brasileiros. Foram utilizados dados de valor adicionado e emprego da Socio Economic Account e a questão que se buscou investigar era em que medida a baixa produtividade brasileira em comparação com outros países está associada a diferenças no nível de produtividade setorial ou na alocação setorial do emprego. Citando uma passagem da conclusão desse artigo:

"A análise revela que, embora a produtividade do Brasil possa aumentar se nossa alocação setorial de trabalho se aproximar da observada nos países desenvolvidos, os ganhos potenciais são muito maiores caso nossa produtividade setorial convirja para o nível observado nessas economias. Em particular, se o Brasil tivesse a mesma alocação da população ocupada observada nos Estados Unidos nossa produtividade aumentaria 68%. Por outro lado, se o Brasil tivesse produtividade igual à dos Estados Unidos em todos os setores, nossa produtividade aumentaria 430%, reduzindo grande parte da distância entre os dois países."

Embora os valores não sejam os mesmos, as ordens de magnitudes estão próximas nos dois experimentos, confirmando agora em um modelo teórico mais detalhado que o problema de produtividade do país é mais um problema de nível - todos os setores sendo pouco produtivos - que de composição - teríamos nos especializados em setores pouco produtivos. E como no caso anterior, os maiores ganhos estão nos serviços, como se pode ver pela última coluna da tabela 8.

A tabela 9 apresenta de forma resumida a produtividade agregada brasileira para diferentes exercícios de simulação envolvendo PTF e parâmetros americanos.

Tabela 9: Produtividade do Trabalho, Brasil: dados e simulações

Modelo Simulado		<i>TFP</i>	<i>Parâmetros</i>
"Dados"	0,144	BR	BR
Parâmetros americanos	0,175	BR	USA
TFP Americana	0,501	USA	BR
TFP e Parâmetros Americano	0,890	USA	USA

Como vimos anteriormente, nossa economia artificial com parâmetros da função de produção calibrados para os EUA apresenta um aumento de produtividade de 21,5% em relação ao benchmark (de 14,4% para 17,5% da produtividade norte-americana). Já no modelo com parâmetros brasileiros originais mas TFP setoriais americanas a produtividade do trabalho salta para 50% da norte-americana (de 14,4% para 50.1%) um aumento de 3,5 vezes, consideravelmente superior ao caso anterior. Já quando além da TFP setorial americana adicionamos os parâmetros da função de produção desse país, a diferença de produtividade entre Brasil e USA quase que é anulado e a produtividade brasileira salta para 89% da americana. Assim, está claro que em termos relativos a baixa produtividade total de fatores em todos os setores é mais importante para

Tabela 10: Produtividade setorial quando dobramos a PTF (parâmetro A_i) de cada setor

		Produtividade setorial		
		Agr	Ind	Serv
PTF	Agr	85.74	14.38	6.59
	Ind	25.56	176.47	26.91
	Serv	13.06	29.79	154.29

Nota: Os valores indicam o aumento percentual relativamente ao modelo calibrado

explicar o gap de produtividade que a estrutura produtiva, como falado anteriormente. Entretanto, o efeito multiplicador dessa última de mudanças de TFP é muito importante e de magnitude considerável, algo que não seria capturado em modelos mais simples sem bens intermediários ou em exercícios de equilíbrio parcial.

A tabela 10 apresenta o aumento do produto por trabalhador setorial em experimentos onde dobramos, uma de cada vez mantendo tudo mais constante, a PTF setorial:

Os resultados mostram de forma explícita o efeito indireto de choques de produtividade em um setor sobre a produtividade dos outros. De acordo com a tabela, a produtividade por trabalhador de cada setor é mais sensível à sua própria PTF. Por exemplo, ao dobrarmos a produtividade dos serviços (indústria) a produtividade dos serviços (indústria) aumenta em 154% (176%).

Vale notar também que a PTF da agricultura afeta pouco a produtividade dos outros setores e que o efeito percentual da PTF industrial sobre a produtividade dos serviços é menor que o efeito da PTF de serviços sobre a produtividade industrial. Isso ajuda a explicar os resultados encontrados na tabela 9.

É importante notar que esse efeito transbordamento não é apenas devido à realocação de mão de obra entre os setores, como é no caso do modelo em que não se incorpora bens intermediários. De fato, além do efeito de realocação de mão de obra, o aumento da produtividade de um setor leva a uma maior eficiência na produção dos bens intermediários produzidos por esse setor. Como os bens intermediários são utilizados como insumo na produção dos outros bens da economia, isso leva a um aumento da produção em todos os outros setores.

À guisa de comparação rodamos experimentos em um modelo sem bens intermediários, mantendo todos os demais aspectos do modelo mas refazendo a calibração. Esse é em essência o mesmo modelo de transformação estrutural que os de Duarte e Restuccia (2010) e Ferreira e Silva (2015). Nesse modelo a economia é composta também por três setores, agricultura, indústria e serviços, a função utilidade instantânea é dada por (6), de forma que os consumidores ainda resolvem (7). A diferença é que agora a função de

produção de cada setor i é dada por:

$$Y_i = A_i L_i, \text{ para } i \in \{a, m, s\}.$$

Esse experimento é importante para estabelecer quão relevante é adicionar bens intermediários quando estamos interessados em investigar impactos de mudanças setoriais - principalmente de variações na produtividade setorial - sobre a economia. A priori, poderia ser o caso que a adição desse tipo de bens ao modelo, com a maior complexidade teórica e consequentemente, maior dificuldade de se calibrar e simular o modelo, pouco adicionasse aos resultados. Se isso fosse verdade, seria preferível trabalhar com modelos mais simples, sem bens intermediários.

Os ganhos de produtividade em exercícios semelhantes ao das tabelas acima mostram, entretanto, que variações de produto são significativamente menores nas economias sem bens intermediários quando comparados ao modelo completo. Há, como anteriormente, mudanças na distribuição da mão-de-obra entre setores, mas a ausência do mecanismo de propagação dado por mudanças na utilização de bens intermediários faz com que o efeito final de se dobrar a produtividade de todos os três setores seja comparativamente pequeno.

5 Conclusão

Este artigo tem como objetivo avaliar quantitativamente o efeito dos serviços intermediários na produtividade agregada através de seu impacto na produtividade dos demais setores, em particular da indústria.

O modelo de equilíbrio geral computável é baseado em Duarte e Restuccia (2010) e Ferreira e Silva (2015). Entretanto, ao contrário destes artigos, em nosso modelo os serviços não são somente um bem de consumo final, mas também um bem intermediário. Neste caso, a baixa produtividade dos serviços afeta a produtividade da indústria e do próprio setor de serviços.

Os resultados mostram que somente a mudança da estrutura produtiva já induziria um aumento de produtividade. O Brasil com os coeficientes da função de produção americanos - e consequentemente, com elasticidades do produto em relação aos bens intermediários iguais a desse país - mas tudo mais constante, teria uma produtividade 21% superior àquela observada nos dados. Isto é, a produtividade relativa saltaria de 14,4% da americana para 17,5%. Embora relevante, esse ganho é significativamente inferior ao que se observaria se déssemos, a cada um dos três setores, a produtividade dos setores correspondentes da economia norte-americana mantendo a estrutura produtiva constante e igual à calibrada para a economia brasileira. Nesse caso a produtividade relativa seria de 50% da norte-americana, um aumento de 3,4 vezes.

Esse resultado é bastante importante e está na mesma direção de resultados de Veloso, Matos, Ferreira e Coelho (2017) obtido com metodologia bastante diversa. Em-

bora os valores não sejam os mesmos, as ordens de magnitudes estão próximas nos dois experimentos, confirmando agora em um modelo teórico mais detalhado que o problema de produtividade do país é mais um problema de nível - todos os setores sendo pouco produtivos - que de composição - teríamos nos especializados em setores pouco produtivos.

Os resultados mostram de forma explícita o efeito indireto de choques de produtividade em um setor sobre a produtividade dos outros. Em particular, a produtividade por trabalhador de cada setor é mais sensível à sua própria PTF. Por exemplo, ao dobrarmos a produtividade dos serviços (indústria) a produtividade dos serviços (indústria) aumenta em 154% (176%). Vale notar também que a PTF da agricultura afeta pouco a produtividade dos outros setores e que o efeito percentual da PTF industrial sobre a produtividade dos serviços é menor que o efeito da PTF de serviços sobre a produtividade industrial.

Esse efeito não ocorre apenas devido à realocação de mão de obra entre os setores, como no caso do modelo em que não se incorpora bens intermediários. De fato, além do efeito de realocação de mão de obra, o aumento da produtividade de um setor leva a uma maior eficiência na produção dos bens intermediários produzidos por esse setor. Como os bens intermediários são utilizados como insumo na produção dos outros bens da economia, isso leva a um aumento da produção em todos os outros setores.

Esse experimento é importante para estabelecer quão relevante é incorporar bens intermediários quando estamos interessados em investigar impactos de mudanças setoriais - principalmente de variações na produtividade dos serviços - sobre a produtividade agregada da economia.

Referências

- Arbache, J. (2014). “Serviços e Competitividade Industrial no Brasil”. Texto para Discussão. Universidade de Brasília.
- Arbache, J. e Moreira, R. (2015). “How Can Services Improve Productivity? The Case of Brazil”. Texto para Discussão. Universidade de Brasília.
- Eichengreen, B. e Gupta, P. (2013). “The Two Waves of Service-Sector Growth”. Oxford Economic Papers 65, pp. 96-123.
- Duarte, M. e Restuccia, D. (2010). “The Role of the Structural Transformation in Aggregate Productivity”. Quarterly Journal of Economics 125 (1), pp. 129-173.
- Feenstra, Robert C., Robert Inklaar e Marcel P. Timmer (2015), "The Next Generation of the Penn World Table". American Economic Review, 105(10), 3150-3182.
- Ferreira, P. e Silva, L. (2015). “Structural Transformation and Productivity in Latin America”. B.E Journal of Macroeconomics 15 (2), pp. 603-630.

Herrendorf, B., Rogerson, R. e Valentini, A. (2014). “Growth and Structural Transformation”. In: Aguion, P. e Durlauf, S. (eds.) Handbook of Economic Growth Volume 2, pp. 855-941.

Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R. e de Vries, G. J. (2015), "An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production", Review of International Economics., 23: 575–605.

Veloso, F., Matos, S.; Ferreira, P.; Coelho, B. (2017). “O Brasil em Comparações Internacionais de Produtividade: Uma Análise Setorial”. In: Bonelli, R; Veloso, F., Pinheiro, A. (Orgs.). Anatomia da Produtividade no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 63-107.

Apêndice

Para resolver o equilíbrio, primeiro note que pela lei de Walras podemos normalizar o salário para um e, além disso, como estamos interessados em estudar a produtividade entre os setores também podemos normalizar a oferta de trabalho para um. Utilizando as equações 2 e 3 encontramos a demanda do bem $X_{i,j}$ em função de L_i :

$$X_{i,j}(p_a, p_m, p_s) = \frac{1 - \sigma_i}{\sigma_i} \frac{\beta_{i,j}}{p_j} L_i(p_a, p_m, p_s) \quad (14)$$

Usando essa última equação na equação 1 encontramos a oferta do bem Q_i em função de L_i :

$$Q_i(p_a, p_m, p_s) = A_i \left(\frac{(1 - \sigma_i)}{\sigma_i} \right)^{(1-\sigma_i)} \prod_{j \in \{a,m,s\}} \left(\frac{\beta_{i,j}}{p_j} \right)^{\beta_{i,j}(1-\sigma_i)} L_i(p_a, p_m, p_s) \quad (15)$$

Substituindo para cada setor a oferta total Q_i , equação 15, na C.P.O. da firma, equação 3, chegamos em um sistema de equações não lineares em que apenas os preços são variáveis endógenas. Dessa forma, conseguimos encontrar todos os preços da economia.

Agora defina os seguintes objetos:

$$B_{i,j}(p_j) = \frac{1 - \sigma_i}{\sigma_i} \frac{\beta_{i,j}}{p_j} \quad (16)$$

$$G_i(p_a, p_m, p_s) = A_i \left(\frac{(1 - \sigma_i)}{\sigma_i} \right)^{(1-\sigma_i)} \prod_{j \in \{a,m,s\}} \left(\frac{\beta_{i,j}}{p_j} \right)^{\beta_{i,j}(1-\sigma_i)} \quad (17)$$

Substituindo as equações 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17 e 12 na equação 13, temos que:

$$G_j(p_a, p_m, p_s)L_j(p_a, p_m, p_s) = \sum_{i \in \{a, m, s\}} B_{i,j}(p_a, p_m, p_s)L_i(p_a, p_m, p_s) + c_j(p_a, p_m, p_s) \quad (18)$$

Agora podemos empilhar a equação 18 e chegar no seguinte sistema de equações:

$$\tilde{L} = \tilde{B}'\tilde{L} + \tilde{C} \quad (19)$$

em que \tilde{L} é um vetor 3x1 em que cada elemento i é a parcela de trabalhadores no setor i , \tilde{B} é uma matriz 3x3 formada por elementos $B_{i,j}$ dividido por G_j , \tilde{C} é um vetor 3x1 em que o elemento j representa o consumo do bem j dividido por G_j . Assim, conseguimos resolver esse sistema tal que

$$\tilde{L}(p_a, p_m, p_s) = \left(I - \tilde{B}'(p_a, p_m, p_s)\right)^{-1} \tilde{C}(p_a, p_m, p_s). \quad (20)$$

Com $\{L_a, L_m, L_s\}$ e os preços $\{p_a, p_m, p_s\}$, encontramos as outras variáveis endógenas do modelo.