ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Bahia, Luiz Dias

Working Paper

Evolução da produtividade total dos fatores da indústria brasileira considerando a obsolescência do capital instalado (1990-2009)

Texto para Discussão, No. 2193

Provided in Cooperation with:
Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Bahia, Luiz Dias (2016) : Evolução da produtividade total dos fatores da indústria brasileira considerando a obsolescência do capital instalado (1990-2009), Texto para Discussão, No. 2193, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/144629

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

2193
TEXTO PARA DISCUSSÃO

EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES DA INDÚSTRIA BRASILEIRA CONSIDERANDO A OBSOLESCÊNCIA DO CAPITAL INSTALADO (1990-2009)

LUIZ DIAS BAHIA

ipea

2193

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Rio de Janeiro, abril de 2016

EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES DA INDÚSTRIA BRASILEIRA CONSIDERANDO A OBSOLESCÊNCIA DO CAPITAL INSTALADO (1990-2009)[1]

Luiz Dias Bahia[2]

1. O autor agradece as sugestões durante seminário da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) no Ipea, em particular as de Pedro Miranda e Mauro Oddo. Agradece, também, ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pelo trabalho de apresentação das Contas Nacionais Anuais, metodologia 2000, no atual formato, que viabilizaram estudos intertemporais e intersetoriais como este. Os erros remanescentes são de responsabilidade do autor.

2. Técnico de planejamento e pesquisa da Diset do Ipea.

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
Ministro Valdir Moysés Simão

ipea **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
Jessé José Freire de Souza

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Alexandre dos Santos Cunha

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Roberto Dutra Torres Junior

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
Mathias Jourdain de Alencastro

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Marco Aurélio Costa

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura
Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais, Substituto
José Aparecido Carlos Ribeiro

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
José Eduardo Elias Romão

Chefe de Gabinete
Fabio de Sá e Silva

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação
Paulo Kliass

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2016

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1.Brasil. 2.Aspectos Econômicos. 3.Aspectos Sociais. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: D2; L6; D91.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 7

2 REVISÃO DA LITERATURA PERTINENTE AO TEMA 7

3 METODOLOGIA.....24

4 RESULTADOS.....33

5 CONCLUSÃO 45

REFERÊNCIAS 46

SINOPSE

Este trabalho tenta calcular a produtividade total dos fatores (PTF) dos complexos industriais brasileiros e a obsolescência de seu capital instalado entre 1990 e 2009. Concluímos dois principais aspectos sobre nosso objetivo: primeiro, a PTF líquida de obsolescência cresceu muito depois de 1995, mas não depois de 1990; segundo, parece-nos correto presumir, portanto, ter havido uma expressiva atualização tecnológica dos complexos industriais brasileiros depois de 1995.

Palavras-chave: indústria brasileira; produtividade; capital instalado.

ABSTRACT

This article tries to calculate the total factor productivity (TFP) of the Brazilian supply chains and also the obsolescence of their capital between 1990 and 2009. We conclude two main aspects about our investigation: firstly, liquid obsolescence TFP have grown strongly after 1995, but not after 1990; secondly, it is right to conclude that have been a expressive technological improvement of the Brazilian supply chains after 1995.

Keywords: Brazilian manufacturing; productivity; capital.

1 INTRODUÇÃO

Muito se tem publicado nos últimos anos sobre a necessidade de aumento da formação bruta de capital fixo (FBCF) no Brasil, que apresenta, desde os anos 1980, taxas de crescimento baixas. No tocante à indústria especificamente, também se tem publicado conteúdos semelhantes. Independentemente da veracidade dessas publicações, este trabalho busca investigar se a idade do capital instalado na indústria brasileira tem um efeito, por meio da defasagem tecnológica (ou o que cientificamente se denomina obsolescência do capital), na produtividade total dos fatores (PTF) dessa mesma indústria no período 1990-2009.

Em síntese, calculamos primeiro a PTF de todos os setores industriais entre 1990 e 2009 sem considerar a possível obsolescência do capital instalado. Em seguida, calculamos as PTFs setoriais levando em consideração, dessa vez, a obsolescência do capital instalado na indústria brasileira. Comparando as primeiras taxas com as últimas, pudemos observar se, de fato, a obsolescência desacelera significativamente a taxa de crescimento da PTF.

Este texto se organiza em quatro seções, além desta introdução. Na segunda seção, fazemos uma revisão bibliográfica não exaustiva sobre o conceito de capital em ciências econômicas e sobre as noções de depreciação e obsolescência deste, além de destacar evidências publicadas sobre a FBCF na indústria brasileira desde 1990. Na terceira seção, apresentamos a metodologia utilizada para testar a influência da obsolescência do capital instalado no Brasil sobre a evolução de sua PTF. Na quarta, apresentamos os resultados e fazemos as comparações. Por fim, a quinta seção é dedicada às conclusões do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA PERTINENTE AO TEMA

Nesta seção, faremos uma revisão bibliográfica não exaustiva sobre os temas pertinentes ao objeto deste trabalho: função de produção; capital; trabalho; tecnologia e mudança tecnológica incorporada nos bens de capital; depreciação e obsolescência dos bens de capital; gerações de bens de capital; e FBCF no Brasil desde 1990. A revisão visa, primeiramente, explicar os fundamentos metodológicos do cálculo da PTF adotado,

além da metodologia de cálculo de estoque de capital (uma vez que não temos estatísticas primárias sobre este estoque no Brasil). O leitor observará que se retomou a polêmica Cambridge-Cambridge, na prática superando-a, devido à intenção de não se fazer uma opção metodológica unilateral neste trabalho.

2.1 A função de produção e o conceito de capital

A formulação canônica de função de produção da firma se encontra em Samuelson (1997). Nela, admite-se haver um conjunto de possibilidades de produção para um conjunto dado de insumos (terra, capital, trabalho, bens intermediários etc.), chamando de *função de produção* este elenco de possibilidades. Essa função tenderá a representar uma fronteira, que é a produção máxima, a partir de um conjunto de insumos. Deduz-se que, na produção máxima, as produtividades marginais de cada insumo são obrigatoriamente positivas, uma vez que *um insumo não poderia produzir mais, sendo menos utilizado*.

Outro pressuposto importante de tal função é que a firma, ao contratar insumos, não altera o preço destes, ou seja, ela é suficientemente pequena dentro do mercado. Supõe-se, ainda, que cada firma busque minimizar os custos (e a utilização) dos insumos, a fim de atingir a produção máxima. Este último pressuposto considera que pode haver várias combinações de insumos para que uma dada produção máxima seja atingida, mas será escolhida aquela combinação que minimize os custos totais, isto é, maximize o lucro da firma. Finalmente, considera-se este pressuposto mediante a seguinte questão: há uma proporcionalidade entre a quantidade de insumos e suas respectivas produtividades para se atingir o custo total mínimo? A resposta é sim, e a proporcionalidade é a seguinte: cada insumo deverá ter uma produtividade marginal dividida por seu preço (fixo), idêntica à de qualquer outro. Em outras palavras, deve haver uma proporção igual para todos os insumos. Ao longo desse apanhado bibliográfico, mostraremos quais pressupostos de Samuelson permanecem e como podemos interpretar os resultados derivados dessas alterações.

Essa formulação canônica é indispensável, por ser o ponto inicial a partir do qual os vários ajustes em sua forma são feitos para que ela possa se adequar a aspectos da realidade que vão sendo descobertos e teorizados. Podemos citar os principais exemplos dessas alterações. Primeiro, tratava-se de uma formulação que não considerava a estática comparativa, na qual os insumos fixos e alguns variáreis (como trabalho) mudam de qualidade, por meio de, por exemplo, desgaste, defasagem tecnológica ou aprendizagem

ao longo da história laboral, e na qual a firma está isolada, não dependendo de outras para produzir (como depende numa matriz insumo-produto – MIP).

Segundo, era uma firma em concorrência perfeita que considerava preços de insumos fixos independentemente da demanda por eles, o que não é o caso do monopólio, do oligopólio ou da concorrência monopolística. Além disso, não considerava a ociosidade de capital instalado, a existência de desemprego ou de trabalhadores com diferentes jornadas de trabalho, segundo a conjuntura. Não considerava alterações temporais na qualidade dos insumos (capital, trabalho e insumos intermediários), o que poderíamos resumir como alterações tecnológicas. Tratava-se de uma firma onde o horizonte e o conteúdo das expectativas empresariais não influenciavam suas decisões, o que novamente é irrealista. Finalmente, sua expressão não considerava a agregação macroeconômica de muitas ou de todas as firmas juntas, e como isso alteraria sua formulação. Naturalmente, estamos lidando com um modelo canônico que foi sendo alterado à medida que a teoria econômica evoluía. Entretanto, trata-se de adaptações, não do abandono deste modelo original por outro canônico.

Uma das mais importantes alterações veio da polêmica sobre a agregação das firmas numa função de produção geral, que poderia funcionar como a equação de oferta de um setor ou de toda a economia. Seu início remonta a dois artigos de Solow: *Technical change and the aggregate production function*, de 1957; e *Technical progress, capital formation, and economic growth*, de 1962. No primeiro, o autor trabalha com uma função de produção agregada em três variáveis: *K*, como capital em unidades físicas; *L*, como trabalho, também em unidades físicas; e *t*, como uma variável de tempo colocada para indicar qualquer deslocamento na função de produção. Solow chama esta última variável de mudança tecnológica, podendo indicar qualquer alteração qualitativa em *K* e *L*, não uma quantitativa (que ocorreria ao longo da função de produção). Assim, o autor cria uma variável de mudança tecnológica neutra para o caso de se impor à função de produção a regra de que sua elasticidade de substituição entre capital e trabalho seja constante.

Adicionando outra exigência, a de que *K* e *L* esgotem todos os insumos considerados na função de produção de Samuelson (1997), a soma das produtividades marginais de trabalho e capital deve resultar obrigatoriamente na unidade. Solow, logo, separa dos insumos a mudança tecnológica neutra, que no caso se denominaria

PTF, por ter as características anteriormente descritas e por considerar conjuntamente tanto o capital quanto o trabalho. Deve-se notar que Solow (1957) considera todos os insumos, exceto o trabalho, como capital, para assim preencher seu requisito de que as produtividades marginais dos dois (K e L) resultem na unidade.

Em seu segundo artigo, de 1962, Solow constrói uma função de produção na qual a produção não é a afetiva, mas a potencial, ou seja, a máxima possível a cada par de K e L. O autor volta, portanto, à formulação de Samuelson (1997), mas anula a PTF como expressa anteriormente, criando os insumos K' e L', que seriam os anteriores K e L atualizados na sua capacidade produtiva. Assim, a PTF seria nula, pois estaria implícita nos insumos, e as produtividades marginais de K' e L' seriam variáveis e não manteriam a regra de guardarem sempre a mesma proporcionalidade entre si. Para que isto aconteça, Solow (1962) admite diferentes unidades de K' e L' do ponto de vista produtivo, mas, a fim de ter uma função de produção agregada, impõe a esta função a regra de que todas as unidades de L' tenham a mesma produtividade marginal. Considera como possível, portanto, que as diferentes gerações de K' poderiam ser combinadas com as diferentes gerações de L', de tal forma que se observasse a condição anterior, ou seja, que tivéssemos uma *função de produção unívoca*. Além disso, impõe ao capital que todas as novas unidades incorporem o progresso técnico no momento do investimento, antes de começarem a produzir.

Concluindo, Solow, em seu artigo de 1957, constrói uma função para a produção efetiva, enquanto em 1962 o faz para a produção potencial – sendo a diferença entre os dois tipos de produção vinda da magnitude do desemprego existente na economia, isto é, trabalho não incorporado em L'. Desta maneira, de acordo com o segundo artigo, a função de produção *para ser agregada* de Samuelson (1997) teria que ser sobre a *produção potencial*, não sobre a efetiva, em que a PTF estaria embutida nas quantidades dos insumos.

Robinson (1953) questionaria a própria existência de uma *função* de produção agregada. Sabemos que, para se estabelecer uma função de valores do domínio para o contradomínio, segundo Lima (1999), deve-se ter obrigatoriamente duas exigências: todo elemento do domínio deve fornecer um elemento do contradomínio; e cada elemento do domínio deve possuir um único elemento do contradomínio correspondente. A função de produção agregada, assim, estabeleceria um valor de produção único para

cada valor de capital e trabalho de seu domínio. O questionamento da autora converge para dois pontos essencialmente: como definir um conjunto denominado capital quando este, para Keynes (1997),[1] seria, no curto prazo, apenas um "ambiente" onde ocorre a atividade de trabalho e, no longo prazo, seria constituído e/ou fabricado por outros capitais (instrumentos e máquinas); e como definir o conjunto de trabalho de maneira fisicamente realista?

Quanto ao primeiro questionamento, a autora foi precursora de uma vertente teórica que não considera válida a especificidade do conceito de capital, entendendo-o como mero produto indireto, em muitos graus, de outras mercadorias. Robinson (1953) questiona como mensurar fisicamente o capital, com sua heterogeneidade tecnológica e funcional, tirando dele uma medida agregada, capaz de constituir um conjunto de capitais instalados e passíveis de serem domínio de uma *função* de produção agregada. Sob o ponto de vista deste *Texto para Discussão*, esse problema será enfrentado na parte metodológica (seção 3), para onde remetemos o leitor, que poderá ver tal questão resolvida através da MIP de Leontief (1983).[2] Quanto à variável trabalho, o problema é mais simples, pois a autora considera válida a medida de horas de trabalho. Neste texto, medimos o trabalho como a quantidade de homens-ano existente nas Contas Nacionais Anuais Brasileiras (CNABs). De qualquer maneira, o questionamento de Robinson leva-nos à necessidade de tratar da teoria do capital, de maneira a embasar a parte metodológica.

A polêmica essencialmente se baseia em duas posições antagônicas. Uma vinda de Solow (1957; 1962), em que os bens de capital são homogêneos e, portanto, passíveis de uma combinação entre aqueles mais antigos (onde estaria incorporada uma tecnologia menos atualizada) e os mais novos (onde estaria incorporada a fronteira tecnológica recente) com os trabalhadores, gerando uma produtividade marginal do trabalho única, representativa da teoria do valor. Outra vinda de Robinson (1953), em que os bens de capital seriam heterogêneos e a combinação supracitada seria impossível, ou seja, a produtividade marginal do trabalho não poderia embasar uma teoria do valor.

1. Publicado originalmente em 1936.
2. Publicado originalmente em 1966.

Assim, Robinson buscaria uma unidade de valor passível de ser agregada, estabelecendo valor aos bens de capital, que poderiam ser agregados macroeconomicamente. A autora caminhou para estabelecer como unidade de valor, *independentemente da interação entre demanda e oferta*, o fator trabalho. Desenvolveu, portanto, uma *medida* de valor essencialmente dependente de custos – os quais são independentes da interação no mercado – que seria o tempo de trabalho (Harcourt, 1974, p. 4). Em outras palavras, a teoria do valor seria determinada apenas pela oferta, abdicando da interação entre oferta e demanda. Consequentemente, o fundamental para a medida do capital seriam as relações capital-produto e capital-trabalho, trazendo para a causalidade primeira da teoria do valor a questão da distribuição. Postura diversa viria de Solow, pois a produtividade marginal do trabalho, homogênea entre os trabalhadores, dependeria da produção *vendida* e, portanto, *valorada no mercado*, em que há uma interação entre oferta e demanda. Em síntese: Robinson busca a essência do valor na distribuição, enquanto Solow, a busca na interação entre oferta e demanda (Harcourt, 1974).

A essa altura, torna-se necessário introduzir um conceito que a polêmica sumariada não considerou: a existência de processos produtivos intermediários entre objetos concretos, menos elaborados, e objetos totalmente elaborados, que são os efetivamente consumidos pelo ser humano em uma economia. Tal conceito, sistematizado por Leontief na MIP, teve sua origem em Böhm-Bawerk ainda no século XIX (Leontief, 1983; Böhm-Bawerk, 1986[3]). Este, ao propor o que chamou de uma teoria positiva do capital, efetivamente sistematizou a noção de capital produtivo: aquele bem concreto cuja utilidade não é o consumo final na economia, mas a criação de um bem final (que não é capital), o qual seria impossível obter diretamente pelo manejo imediato do esforço humano. Aquele bem intermediário, como o denomina Böhm-Bawerk (1986), potencializaria a força natural do ser humano, tornando-o capaz de produzir bens finais que, de outra forma, ele não seria diretamente capaz de fazer.

Estabelece-se, assim, uma *estrutura* de encadeamentos produtivos intermediários entre a matéria-prima bruta, encontrada na natureza, e o objeto final, cuja utilidade é o consumo final. A sistematização matemática desse processo coube a Leontief (1983), expressando, com diferenças que na parte metodológica detalharemos, o pensamento de Böhm-Bawerk (1986). Este autor, por sua vez, considera a origem de

3. Publicado originalmente em 1889.

seu pensamento no trabalho de Smith (2003)[4] quando determina que: "de qualquer maneira, a dupla relação – por uma parte, com o rendimento de juros, e, por outra, com a produção – foi introduzida por Smith no conceito de capital, e desde então foi mantida ininterruptamente no linguajar científico" (Böhm-Bawerk, 1986, p. 58). O autor denomina capital como: "em geral um conjunto de produtos que servem como meios para aquisição de bens" (*op. cit.*, p. 57).

Para nossos fins, interessa-nos seu conceito de capital produtivo, que ele chamou genericamente de bens concretos, objetos intermediários necessários para se obter outros bens mais perto do bem final, objeto de consumo direto pelo ser humano. Nota-se que este não é exatamente o que Leontief (1983) denomina capital. Entretanto, a conceituação da economia como uma *estrutura produtiva*, de etapas entre o objeto natural bruto processado até o bem final, parece-nos ser a principal, o que nem Solow nem Robinson consideraram em sua polêmica sobre o conceito de função de produção.

Como expressa Schumpeter (1994),[5] os conceitos de Böhm-Bawerk, para serem sistematizados teoricamente, passaram por várias etapas, entre elas a do modelo de equilíbrio geral de Walras (1983).[6] Todas elas seriam a solução multissetorial do problema de Solow e Robinson, ou seja, o centro da polêmica Cambridge-Cambridge, a qual questiona: se haveria uma *medida comum* para o capital instalado na função de produção; se seria possível estabelecer produtividades marginais do trabalho na produção concreta; e, consequentemente, se existiria uma *função* de produção agregada setorial ou macroeconomicamente. Vamos sumariar essas etapas.

> Aos requisitos ou fatores ou agentes de produção são assinalados valores de uso: eles adquirem seus *índices de significância econômica* [grifo no original] e, portanto, seus valores de troca do mesmo princípio de utilidade marginal que fornece os índices de significância econômica e assim explicam os valores de troca de bens de consumo. Mas esses valores de troca ou preços relativos dos fatores constituem os custos de produção para as firmas produtoras. Isto significa, por um lado, que *o princípio de utilidade marginal agora cobre o fenômeno de custos* [grifo nosso] e em consequência, também a lógica de alocação de recursos (estrutura de produção), portanto

4. Publicado originalmente em 1776.
5. Publicado originalmente em 1954.
6. Esta edição é um compêndio do livro publicado originalmente em 1874, intitulado *Élements d'Économie Politique Pure*. A edição citada no texto baseou-se no mesmo compêndio de Walras editado em 1939 e intitulado *Abrégé des Élements d'Économie Politique Pure*.

> o "lado da oferta" do problema econômico, tanto como ele é determinado por considerações econômicas. E isto significa, por outro lado, que, *como custos são rendas para as famílias, o mesmo princípio marginal, com as mesmas características, automaticamente cobre os fenômenos da formação da renda ou "distribuição"* [grifo nosso], que efetivamente cessa de ser um tópico à parte, embora ele possa, evidentemente, ainda ser tratado separadamente pela facilidade de simples exposição (Schumpeter, 1994, p. 913, tradução nossa).

Fica claro como produção, distribuição e consumo são integrados multissetorialmente. A seguir, citamos as consequências disso para a produtividade e a função de produção na análise vinda de Schumpeter (1994, p. 915, tradução e grifos nossos).

> Fundamentalmente, a produtividade marginal da Escola Austríaca era uma produtividade de valor, mas uma que não pressupunha o preço do produto: ela *não era produtividade marginal física multiplicada por qualquer preço, mas produtividade marginal física multiplicada por alguma utilidade marginal do consumidor*. Era nessa base que eles levavam a cabo sua teoria, que *era ao mesmo tempo uma teoria da produção e da distribuição*.

Temos, assim, a questão da produtividade, tratada por Samuelson (1997), agregada multissetorialmente por meio de uma estrutura produtiva, em que as firmas interagem entre si e com os consumidores, ficando a polêmica Solow-Robinson claramente superada. O modelo de Leontief (1983), baseado em Walras (1983), remete-se também às ideias básicas de Böhm-Bawerk (1986).

A essa altura, é necessário acrescentar novo aprimoramento ao modelo de Samuelson (1997): a existência em equilíbrio do desemprego parcial de fatores. Em nível macroeconômico, este equilíbrio foi estabelecido originalmente por Keynes (1997). Hicks (1937) acrescentou ao modelo de Keynes as funções de produção de dois tipos de bens: os bens de capital (cuja produção significava investimento) e os bens de consumo (cuja produção vinha da demanda por consumo final da economia). Este modelo de Hicks,[7] já muito difundido, entre outras diferenças em relação ao modelo original, acrescentava essas funções de produção, que Keynes não desenvolvera. Hicks trabalhou o investimento como determinado pela Eficiência Marginal do Capital e

7. Chamado de IS-LM (Investment Saving/Liquidity Preference Money Supply).

o consumo final apenas por meio da Propensão Marginal a Consumir na curva de demanda agregada e na função da renda agregada no curto prazo.

Interessa-nos, aqui, a forma como Hicks trata as suas duas funções de produção. Ele as considera de curto prazo, com estoque de capital (sem levar em conta a depreciação deste) fixo no curto prazo e capital utilizado ao máximo, sendo as funções dependentes apenas do número de trabalhadores empregados. Assim, no equilíbrio com o desemprego, trata-se apenas de pessoas, de trabalhadores, não de semiutilização do estoque de capital. Deste modo, na função canônica de Samuelson (1997), já temos a possível existência de subutilização de trabalhadores.

Entretanto, Winston (1974) mostra empiricamente a existência de subutilização no longo prazo do estoque de capital. Cita, inclusive, os motivos dessa evidência teórica e empírica. Primeiro, a subutilização do estoque de capital ocorreria devido a fatores ou movimentos imprevistos da demanda agregada e da firma. Segundo, esta subutilização seria *planejada*, porque os empresários investiriam já a prevendo, como medida de segurança para, com alterações de demanda e crescimento, não terem que, frequentemente, investir e mudar a planta de produção. Nas palavras de Winston (1974, p. 1303, tradução e grifos nossos): "algumas causas de subutilização de capital vêm do lado da *demanda do produto produzido*, outras da *oferta de insumos*". Assim, como veremos na parte metodológica em detalhe, o capital e o trabalho utilizados a cada ano na MIP não são de pleno emprego, há capacidade ociosa tanto pelo lado do capital como pelo lado do emprego.

Outra dimensão que deve ser colocada na função de produção canônica é a temporal. Como mostra Schumpeter (1994, p. 1020), tal aspecto considera que inovações alteram a função de produção de um determinado momento para outra função de produção de um outro momento no futuro, uma vez que a firma, para concorrer no mercado, obrigatoriamente tem que se atualizar. Entretanto, mesmo que não houvesse inovações, a função de produção se alteraria com o tempo, devido ao desgaste dos bens de capital empregados. Neste último caso, o desgaste do capital já instalado, para manter a mesma função de produção, teria que ser reposto. O aspecto ligado às inovações incidiria sobre os bens de capital por meio do que chamamos de *obsolescência*, enquanto o aspecto de desgaste pelo uso ao longo do tempo estaria ligado ao que nomeamos de *depreciação*. Estes conceitos já estão bem definidos quando

precisamos medi-los para calcular o estoque de capital em valores atualizados e se encontram em OECD (2009). Tentaremos, a seguir, defini-los adequadamente.

Jorgenson (1963), tentando conciliar o conceito de função de produção com o de investimento, conclui que o investimento é determinado pelo ajuste do estoque de capital desejado em relação ao atual. Decompondo este ajuste, temos: uma diferença, defasada para os períodos anteriores, entre o estoque de capital desejado num determinado momento e aquele desejado no momento imediatamente anterior (supondo, por exemplo, uma defasagem de um ano); e uma parcela proporcional incidente sobre o estoque de capital existente. Esta parcela constitui-se de um investimento de reposição, enquanto a diferença é composta de um investimento de expansão. A parcela estaria bem perto do conceito de depreciação e obsolescência encontrado em OECD (2009).

A depreciação em si, segundo a OECD (2009, p. 45, tradução nossa), seria "a mudança de preço devido ao aumento de idade [do bem de capital], controlando todas as outras fontes de mudança de preço dos bens de capital". Entendemos, portanto, que a depreciação seria advinda do mero desgaste do bem pelo uso, o que diminuiria seu preço (valor) se colocado no mercado para venda. Entretanto, estaríamos superestimando a eficiência de um dado estoque de capital se considerássemos na função de produção apenas sua atualização pela depreciação, uma vez que a mudança tecnológica levaria à obsolescência de bens de capital com o tempo, o que deveria ser considerado na função de produção (Gittleman, Raa e Wolff, 2003).

Este trabalho tenta calcular o estoque de capital setorialmente no Brasil de 1990 a 2009, calcular a PTF de cada setor e, depois, verificar se a obsolescência daquele estoque setorial tem influência significativa sobre o comportamento da produtividade. Para tanto, temos que supor que o estado de desenvolvimento tecnológico de cada período esteja incorporado nos bens de capital fabricados naquele momento – passamos a sumariar, a seguir, a literatura pertinente a esta hipótese.

2.2 A hipótese de estado tecnológico incorporada nos bens de capital

Jorgenson (1966) estabelece conceitualmente que a PTF é a mudança tecnológica não incorporada nos bens de capital ou no trabalho. Entretanto, discordando de Solow (1957; 1960), ele constrói uma mensuração da PTF em que se observam três

características adotadas neste *Texto para Discussão*: *i)* os bens de capital e os bens de consumo não são substitutos entre si na função de produção (ou seja, insumos e capital não são substitutos entre si); *ii)* a taxa de variação da PTF é definida como a diferença entre a taxa de crescimento da produção e a taxa de variação de um índice *quantum* de agregação de capital e trabalho; e *iii)* as quantidades na mensuração da PTF são consideradas apenas por meio de seu índice quantitativo Divisia. Assim, ele faz uma mensuração da PTF em termos de *quantum*, eliminando a influência de preços. Esta metodologia está bem perto da que usamos, e na parte metodológica voltaremos a esse trabalho.

Hercowitz (1998) faz um balanço da polêmica Solow-Jorgenson, explicitando o modelo considerado por cada um. Fica claro que a diferença essencial é quanto à mudança tecnológica não incorporada no capital *versus* a incorporada. Quando Solow (1960) assume que os bens de consumo e os de capital são substitutos entre si, ele no fundo pressupõe que a PTF ocorre sem custos para a sociedade. Jorgenson (1966) discorda, pois considera que a mudança tecnológica acontece com custos sociais, implicando menos consumo ou mais trabalho para ser efetivada, e faz com que não haja substituição entre os bens de consumo e os de capital. Em outras palavras, insumos não são substitutos dos bens de capital que os utilizam, havendo uma estrutura produtiva, por etapas de elaboração, até se chegar ao bem produzido de cada setor, o que é a essência da MIP de Leontief.

McHugh e Lane (1987) mostram que há um efeito de produtividade, quando se adquirem bens de capital de "geração mais recente", sobre a função de produção. Entretanto, advertem (e mensuram) que tal efeito pode sofrer viés ou ser anulado caso se desconsidere o nível de utilização de capacidade do estoque de capital na função de produção. Como ficará claro na metodologia, chegaremos a um estoque de capital para cada setor e cada ano que considera, entre outras características, o nível de utilização do estoque de capital.

Hulten (1992) explicita a álgebra do cálculo do estoque de capital em unidades de eficiência econômica (tecnologia incorporada) e a mudança tecnológica não incorporada. Na página 967, equação (7), o autor apresenta a função de produção com as características citadas. O progresso tecnológico incorporado é mensurado por uma função de eficiência técnica média incorporada (por sua vez dependente de outra

função, de eficiência dos investimentos correntes e passados feitos), que multiplica o estoque de capital. Mensura-se a mudança técnica não incorporada, que é medida pela PTF, por outro termo da mesma função de produção, que representa sua taxa de variação temporal. Todo raciocínio se baseia no conceito de unidades de eficiência técnica, que são os ganhos de produção final utilizando a mesma quantidade de insumos ou a economia de insumos para se ter a mesma produção final (Farrel, 1957), medida feita em um mapa de isoquantas. Estas unidades de eficiência técnica, mantidos os preços constantes, multiplicariam as quantidades de bens de capital investidos e instalados, gerando assim a tecnologia incorporada.

Howrey (1965) desenvolve um modelo de função de produção para qualificar a importância da obsolescência do capital no crescimento e na taxa de crescimento da produção. O exercício é construído para isolar o efeito da obsolescência de todos os demais, principalmente por meio das seguintes hipóteses:

- a taxa de investimento é uma proporção fixa do produto e incorpora a fronteira tecnológica;
- não há depreciação do capital instalado e o único motivo de sua troca por novos equipamentos é a obsolescência;
- está-se sempre em pleno emprego e a força de trabalho disponível cresce autonomamente a uma taxa exponencial;
- o capital instalado impõe uma relação capital-trabalho fixa inerente a sua geração;
- quando o novo capital é instalado, o antigo é descartado, e novas relações capital-trabalho são estabelecidas e fixadas;
- no curto prazo, há relações capital-trabalho fixas, o que não se observa no longo prazo; e
- a substituição de trabalho por capital ocorre apenas quando a nova geração de capital substitui a antiga.

O modelo converge para a solução de uma equação de diferenças, em que a defasagem é o intervalo entre o surgimento de nova geração de capital e a substituição do antigo pelo novo, estabelecendo novas relações capital-trabalho. Conclui-se que a obsolescência do capital tem impacto sobre o nível do produto, mas não sobre sua taxa de crescimento. Mas deve-se observar que tal nível e taxa são os ótimos de equilíbrio da equação de diferenças de crescimento da oferta de trabalho. Se houvesse difusão perfeita

de progresso técnico, estabilidade perfeita da taxa de crescimento do investimento, depreciação nula do capital (o que significaria custo nulo na sua utilização) e nenhum insumo intermediário na produção (não substituível por capital e estabelecendo uma estrutura produtiva), a atualização tecnológica apenas alteraria a relação capital-trabalho e deslocaria a curva de crescimento do produto, sem efeito sobre sua taxa de crescimento.

Power (1998) investiga a relação entre produtividade, investimento e idade das plantas na indústria dos Estados Unidos entre 1972 e 1998. A autora desenvolve sua análise em dois grupos: *i)* investigação de plantas com diferentes idades; e *ii)* análise de investimentos de grande dimensão em plantas novas ou já existentes, bem como de investimentos ocasionais em plantas já existentes. No primeiro grupo, conclui que as plantas mais antigas têm produtividade menor que as mais recentes, apesar de a produtividade crescer até quatro anos da inauguração da planta. Além disso, conclui que há significativa aprendizagem na operação das plantas conjugada a outros fatores não captados na operação das plantas, entre eles uma seleção temporal das plantas mais eficientes. A última conclusão do primeiro grupo é que as plantas novas adquirem mais produtivamente as novas tecnologias.

No segundo grupo, as evidências são as seguintes: o investimento contínuo não se apresenta como forte causador de aumento de produtividade; há significativo aumento de produtividade em plantas antigas que recebem montantes expressivos de investimento como modernização; os investimentos esporádicos não levam a aumentos significativos de produtividade; e fatores como gerência e localização aparecem como os mais importantes para explicar aumentos de investimento. Um esclarecimento para a primeira conclusão deste segundo grupo de investigações é que os investimentos em aumento de capacidade geralmente provocam pequeno crescimento na produtividade das plantas recém-instaladas – e este seria o tipo de investimento predominante no período analisado nos Estados Unidos –, o que ocorre, no entanto, com as modernizações citadas. Mesmo sabendo que o conceito de produtividade da autora é o de produtividade do trabalho e não o da PTF, sua conclusão de que *há significativo aumento de produtividade em plantas antigas que recebem montantes expressivos de investimento como modernização* será importante para este trabalho, como veremos na conclusão.

Hulten (2001) sintetiza os avanços e as pendências no cálculo da PTF.[8] Primeiro, assinala que é necessário manter preços constantes numa identidade contábil (Hulten, 2001, p. 5) – na metodologia o leitor poderá verificar que isto foi observado. Adiante, indica que, mesmo a preços constantes, deve-se ter um deflator específico para produção e outros para cada insumo (*op. cit.*, p. 6) – isto também poderá ser observado na metodologia. Ainda quanto a preços constantes, o autor aponta para a impropriedade de usar índices de preço de Laspeyres (base fixa) – o leitor verificará que usamos deflatores de base móvel.

Hulten (2001) também assinala o problema de se utilizar produção, como indica Samuelson (1997), se não consideramos alterações de nível de utilização de capacidade do capital – mais uma vez, o leitor verificará que isto foi considerado na metodologia. A seguir, o autor questiona a PTF sem custos de Solow (1957), pois o custo com pesquisa e desenvolvimento (P&D) não é desprezível – o que novamente está observado em nosso cálculo, por termos seguido Jorgenson (1963; 1966), que considera custos no progresso técnico não incorporado ao capital. O autor alerta para a possibilidade de cálculo de PTF enviesada se adotarmos metodologicamente concorrência perfeita quando na economia há concorrência imperfeita – de novo, isto foi considerado na metodologia, ao se atribuir lucro derivado do estoque de capital à identidade contábil de acordo com Jorgenson (1963; 1966), que não o considera, por adotar a hipótese de concorrência perfeita.

Depois, Hulten (2001) assinala o problema da PTF hicksiana como mudança de eficiência econômica e não mudança tecnológica – com o qual concordamos, mas o cálculo da mudança tecnológica não está no escopo deste trabalho. Em seguida, considera que a PTF sofre de dependência de evolução temporal. Isto seria verdade se o resíduo das funções de produção calculadas apresentasse autocorrelação, o que em todas as regressões foi eliminado. O autor também indica a depreciação no estoque de capital utilizado para o cálculo da PTF – isto foi feito, como mostraremos na metodologia. Recomenda, ainda: *i)* considerar a heterogeneidade dos insumos da função de produção para o cálculo da PTF; e *ii)* usar valores discretos de capital e trabalho no cálculo, uma vez que a continuidade de Solow (1957) não é realista. Seguimos as duas recomendações

8. O leitor interessado no aprofundamento do tema conceitual de PTF pode encontrar um excelente trabalho em Hulten (2001), intitulado *Total Factor Productivity: a short biography*.

ao utilizarmos a MIP a preços constantes e ao trabalharmos, na verdade, com estáticas comparativas de MIP.

O cômputo sugerido pelo autor do retorno de P&D no cálculo da PTF já está considerado aqui quando computamos a lucratividade. Esta seria anulada se em concorrência e difusão de progresso técnico perfeitas, que acabariam com a vantagem da firma ao inovar. Em síntese, citamos a seguir as alterações feitas neste estudo à função de produção de Samuelson (1997).

1) Levamos em conta o nível de utilização do capital e do trabalho, o que significa que nosso estudo baseia-se na produção corrente, não na máxima ou na potencial.
2) Consideramos o tempo ao trabalharmos, em conjunto com a PTF, a depreciação e a obsolescência do estoque de capital.
3) Agregamos setorialmente a função de produção, o que indica homogeneidade mínima do capital e do trabalho utilizados, todos em quantidade e com a produção e a distribuição ocorrendo simultaneamente, a exemplo da Escola Austríaca.
4) Consideramos a concorrência imperfeita (e não a perfeita), assim como as relações intersetoriais de cada função setorial (e não a firma isolada).
5) Diferentemente de Samuelson (1997), não temos uma variável para indicar as expectativas da firma e/ou do setor na função de produção, mas a estática comparativa que desenvolvemos para calcular a PTF tem tal quesito implícito.

Na próxima subseção, vamos sumariar as evidências publicadas sobre investimento e FBCF no Brasil nas décadas de 1990 e 2000, período deste estudo. Isto será importante para tratarmos da qualificação dos resultados de obsolescência do capital, que depende do investimento.

2.3 Depreciação e obsolescência do capital instalado

Não há necessidade de se fazer uma revisão histórica dos conceitos de depreciação e obsolescência. Adotamos aqueles internacionalmente consolidados e atuais, que constam em OECD (2009) e serão explicitados nesta subseção.

A depreciação é o desgaste do estoque de capital *devido ao uso*, tendo-se controlado todos os demais possíveis fatores de desgaste (mau uso, depredação, acidentes etc.). Normalmente adota-se uma taxa de depreciação para todos os bens de capital, ou para

grupos de tipos de bens de capital. O leitor observará que a metodologia adotada para o cálculo do estoque de capital já traz implícita essa taxa, ou seja, a depreciação é a efetivamente ocorrida, não uma taxa externa adotada.

A obsolescência é um conceito ligado à fronteira tecnológica de cada capital já instalado. Como a fronteira muda,[9] há uma perda *potencial* de capacidade produtiva do bem de capital já instalado. Isso quer dizer que ele continua a funcionar, a ser produtivo, mas o processo de difusão tecnológica entre empresas (mais expressivo em economias que operam internacionalmente, isto é, aquelas que não estão isoladas do avanço da fronteira tecnológica mundial) tenderá a atribuir menor valor produtivo ao bem de capital que não está na fronteira. Daí a obsolescência diminuir *potencialmente* a PTF da empresa que não acompanha a fronteira tecnológica. Esse processo de difusão tecnológica na verdade nunca é excessivamente acelerado e geral, porque há o custo de novos investimentos (custos financeiros, de formação de expectativas, de mobilização social de recursos entre os sócios etc.).

2.4 A evolução da FBCF e do investimento no Brasil nas décadas de 1990 e 2000

Bonelli e Fontes (2013) desenvolvem um estudo sobre produtividade, no qual se calculam ineditamente as taxas de crescimento anual do capital por trabalhador no Brasil, desde 1961 até 2012, por períodos. Os resultados são os seguintes: 1,9% ao ano (a.a.), de 1961 a 1970; 2,7% a.a., de 1971 a 1980; 0,3% a.a., de 1981 a 1990; 0,4% a.a., de 1991 a 2000; e 0,4% a.a., de 2001 a 2012.

Nota-se que houve um crescimento expressivo da FBCF comparada à produção durante as décadas de 1960 e 1970 (neste caso, o número de trabalhadores empregados é na verdade uma *proxy* de produção). Em outras palavras, o investimento cresceu o suficiente para manter o nível de utilização de capacidade do capital instalado em patamares compatíveis com o crescimento. Nas décadas de 1980, 1990 e 2000, por sua vez, este crescimento caiu drasticamente. Esta queda representa, na verdade, o fenômeno de aumento da produção utilizando-se mais trabalho e menos capital em

9. Deduz-se que a tecnologia muda para aumentar a eficiência produtiva; do contrário, não teria mercado (quem comprará um novo bem de capital pior que o já instalado do ponto de vista produtivo?).

relação aos anos 1960 e 1970. Numa linguagem técnica, diríamos que a relação capital-trabalho no Brasil cresceu expressivamente de 1961 a 1980 e lentamente (utilizou-se mais intensivamente do fator trabalho) de 1981 a 2012.

Esse comportamento é confirmado por Morandi (2011), que, empregando as CNABs, conclui que a taxa média anual de investimento em máquinas e equipamentos caiu drasticamente depois de 1980. Esta taxa foi negativa na década de 1980, ligeiramente positiva na de 1990 e perto de 5% a.a. no período 2000-2009. Confirmando nossa interpretação do texto anterior, citamos Morandi (2011, p. 5, grifo nosso):

> a revisão das Contas Nacionais promoveu um aumento das estimativas anteriores dos valores do PIB [produto interno bruto] e uma redução dos valores de investimento bruto, o que mostra que *o crescimento dos últimos anos foi realizado pela expansão da utilização da capacidade instalada*.

Maia (2004, p. 20), estudando o comportamento do investimento no Brasil (em particular, do investimento industrial), mostra, com base nas CNABs, que a divisão da FBCF pelo PIB oscilou entre 18% e 21% no período de 1990 a 2000, com poucas ocorrências dos valores mais altos (apenas em 1990 e 1994-1995). Confirma-se, assim, que na maioria dos anos a FBCF cresceu mais lentamente que o PIB ou, como sugerem Bonelli e Fontes (2013) e Morandi (2011), que o nível de atividade. Segundo Maia (2004), a expansão da capacidade não predominou no período, tendo sido o investimento destinado majoritariamente para modernização e ganhos de eficiência administrativa ou de redução de custos, em plantas já instaladas.

Magacho (2012), analisando a indústria de bens de capital brasileira, descreve a atividade inversora no Brasil no período 2000-2008. Apesar de ter havido um significativo aumento dos investimentos industriais no país, estes estiveram fortemente concentrados nos setores de petróleo e gás; papel e celulose; agroindústria; metalurgia; e extração mineral (Magacho, 2012, p. 85). Estes setores representaram apenas 49,4% do investimento no triênio 2000-2002, mas 73,0% no triênio 2006-2008. Esse grupo de indústria aumentou seus investimentos em 16,0% a.a. até 2008, enquanto os demais o fizeram em 2,1% a.a. Logo, salvo esse grupo seleto de setores, a probabilidade de os investimentos terem sido em modernização na indústria em geral mais que em expansão de capacidade é significativa – o que novamente confirmaria Morandi (2011), além de Bonelli e Fontes (2013).

Ao trabalhar com as CNABs e a Pesquisa Industrial Anual (PIA), Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos (2015) chegaram a conclusões semelhantes sobre o quadro de investimento no Brasil durante os anos 2000. Atestam que houve forte predomínio de investimentos em máquinas e equipamentos (crescimento de 7,2% a.a.), mas não na construção civil (apenas 1,9% a.a.). Concluem que "a indústria manufatureira de bens de consumo cresceu relativamente pouco em investimentos no conjunto do período 2000-2008" (Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos, 2015, p. 34). Afirmam, em conclusão quase idêntica à de Morandi (2011), que: "como a capacidade ociosa manteve-se a níveis relativamente reduzidos – e não caiu –, deduz-se que o significativo aumento do consumo de massa não foi correspondido adequadamente por aumento de investimento" (Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos, 2015, p. 34). Observam que a indústria de bens intermediários teve uma retração de investimentos no início da década, mas uma "recuperação algo superior entre 2003 e 2008" (*idem*, *ibidem*), e que a indústria de bens de capital teve comportamento semelhante à dos setores anteriores. Como nestes casos houve forte ampliação do coeficiente importado (cerca de 50% do consumo aparente), seria possível concluir que, apesar do melhor desempenho de investimento, também se manteve uma capacidade ociosa reduzida.

3 METODOLOGIA

Nesta seção, descreveremos a metodologia para o cálculo da PTF de setores da indústria brasileira, assim como da obsolescência anual a ser descontada da PTF, para se obter o índice de produtividade efetivo.

3.1 O cálculo da PTF

A fim de calcular a produtividade, partimos da função de produção derivada de Samuelson (1997) na forma atualizada de Syverson (2011):

$$Y = f(A, K, P). \quad (1)$$

Onde:

- Y é a produção;
- A, o índice de produtividade (PTF);

- *K*, o estoque de capital produtivo utilizado; e
- *P*, o pessoal ocupado na produção.

Fazendo a diferenciação total em (1), teríamos:

$$\partial Y = (\partial f / \partial A).\partial A + (\partial f / \partial K).\partial K + (\partial f / \partial P).\partial P \quad (1.1)$$

Como faz Syverson (2011), podemos considerar ∂A igual a um. Assim, teríamos:

$$\partial Y = \partial A + (\partial f / \partial K).\partial K + (\partial f / \partial P).\partial P \quad (1.1.1)$$

Na equação (1.1.1), podemos fazer de ∂A a variação neutra do progresso técnico de Hicks (1932[10] *apud* Blackorby, Lovell e Thursby, 1976), significando a mudança técnica que deixa constantes as taxas marginais de substituição entre capital e trabalho. Esta última condição é observada se mantivermos $\partial f / \partial K$ e $\partial f / \partial P$ constantes ao longo da série de tempo. Logo, trabalhando intertemporalmente, podemos chegar à seguinte equação:

$$Y = A + (\partial f / \partial K).K + (\partial f / \partial P).P \quad (2)$$

Assim, a PTF na equação (2), expressa por *A*, é análoga à de Jorgenson (1966), com a diferença de não precisarmos de índices Divisia de quantidade. A justificativa é que todos os valores aqui utilizados vêm das CNABs a preços de 1995, ou seja, trabalhamos apenas a preços constantes e com quantidades.

O tratamento econométrico feito para se encontrar *A* a cada ano da série de tempo foi conforme descrito a seguir.

1) Assumimos $(\partial f / \partial K) = \beta_1$ e $(\partial f / \partial P) = \beta_2$.
2) Assumimos $A_t = \varepsilon_t$ (diferença entre {[Y] – [K e P sob elasticidade de substituição constante]}).

10. Hicks, J. R. *The theory of wages*. London: Macmillan, 1932.

3) Estimamos por mínimos quadrados ordinários (MQOs) a seguinte equação:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 . K_t + \beta_2 . P_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

4) Calculamos $A_t = \varepsilon_t$. Nota-se que A_t é, assim, o deslocamento da função de produção da equação (2), estimada pela equação (3), podendo ser um deslocamento positivo ou negativo.

5) Fizemos a regressão da equação (3), por setor da indústria brasileira, em duas séries de tempo: uma, de 1990 a 2009; outra, de 1995 a 2009.

6) Para podermos fazer comparações entre setores da indústria e entre as duas séries de tempo mencionadas, fizemos $Y_t = K_t = P_t = 1$, em todos os setores e em cada série, ou seja, para *t* igual a 1990 na primeira série e para *t* igual a 1995 na segunda série.

3.1.1 Cálculo do estoque de capital utilizado

Para o cálculo do estoque de capital utilizado setorialmente, a cada ano, partimos da seguinte equação de Wolff (1985, p. 269):

$$p_t^i = p_t^i . a_t^i + w_t^i . l_t^i + r_t^i . k_t^i \quad (4)$$

Onde:

- p_t^i é o vetor-linha do preço por unidade de produção de cada indústria *i* no ano *t*;
- a_t^i, o vetor-coluna de coeficientes técnicos intersetoriais do setor *i* no ano *t*;
- w_t^i, o salário individual do setor *i* no ano *t*;
- l_t^i, o coeficiente de salário no ano *t*, mostrando emprego por unidade de produção do setor *i*;
- r_t^i, o retorno do capital utilizado do setor *i* no ano *t*; e
- k_t^i, o estoque de capital utilizado por unidade de produção do setor *i* no ano *t*.

A equação (4) é apenas o equilíbrio setorial numa MIP, que construímos a partir das tabelas de recursos e usos (TRUs) a preços constantes de 1995, seguindo a mesma metodologia utilizada em Bahia (2015). Linearizando o último termo à direita desta equação por meio da série de Taylor, conseguimos calcular o estoque de capital utilizado para cada setor, a cada ano. Utilizamos, para tanto, EOB_t^i (pela própria

especificação das CNABs, versão 2000) como o retorno do capital utilizado de cada setor *i* no ano *t* (IBGE, 2008).

Estimamos, assim, o estoque de capital utilizado no ano *t* pelo setor *i* (K_t^i), com as seguintes características.

1) Trata-se do estoque de capital efetivamente utilizado para produzir VP_t^i.
2) Trata-se de capital produtivo, não necessariamente instalado, ou seja, já se considera a depreciação do capital instalado.
3) É o estoque de capital produtivo líquido a preços de 1995. Trata-se, portanto, de um *quantum* do capital utilizado, não um valor monetário, o que permite a comparação intertemporal.
4) Como EOB_t^i é específico para cada setor a cada ano, não se obrigou que o estoque de capital calculado obedecesse a uma taxa de lucro única para toda a economia (mesmo que nula, como na concorrência perfeita), o que reproduz exatamente a efetiva estrutura concorrencial da economia a cada ano, além de evitar que a PTF fosse nula, na formulação de Jorgenson (1966).

3.1.2 Utilização de pessoal ocupado por setor

O estoque de pessoal ocupado aplicado nas regressões para o cálculo da PTF foi tirado das TRUs a cada ano, por setor, cuja metodologia se encontra em IBGE (2008), incluindo todas as fontes de informação disponíveis no Brasil, inclusive a mão de obra utilizada em cada ano.

3.2 Cálculo da obsolescência do estoque de capital

Para o cálculo da obsolescência de capital instalado e utilizado, com sua influência na PTF, seguimos Gittleman, Raa e Wolff (2003). Considerando-se que uma importante fonte de avanço tecnológico se dá por meio de nova tecnologia incorporada em bens de investimento, como em Solow (1960) e Jorgenson (1966), podemos admitir que o capital mais recente é mais produtivo que o anteriormente instalado por custo a preços constantes. Isto tem um efeito sobre a produtividade, pois o progresso técnico na prática não se estende automaticamente ao capital instalado (como queria Solow, 1957). Em outras palavras, a fronteira tecnológica exige novos investimentos em expansão e/ou modernização para ser incorporada ao estoque de capital.

Trata-se de um raciocínio inerente à possibilidade de o capital ser medido não só em unidades físicas, mas também em unidades de eficiência técnica, que incorporam depreciação e obsolescência. A medida dessa eficiência é a idade do estoque de capital, uma vez que se pode supor que a fronteira tecnológica avance inexoravelmente com o passar dos anos. Assim, seria de se esperar que uma taxa mais elevada de obsolescência diminuísse o volume de capital em unidades de eficiência e tivesse um impacto na medida de produtividade.

A obsolescência atua e é calculada de maneira idêntica à depreciação sobre o capital instalado. Entretanto, como enfatizam Gittleman, Raa e Wolff (2003, p. 6), a depreciação se refere à depreciação física, como o desgaste de peças de uma engrenagem; já a obsolescência se refere à deterioração econômica, como uma impressora matricial que é substituída por outra a *laser*.

Gittleman, Raa e Wolff (2003) mostram ainda que a variação da PTF é calculada a partir da diferença entre a produção, o pessoal ocupado, o investimento, a depreciação e a obsolescência. Como o capital instalado que calculamos já é líquido, ou seja, já incorpora a depreciação, os procedimentos a seguir se referem apenas ao cálculo da obsolescência – apesar de o procedimento de Gittleman, Raa e Wolff (2003) se referir ao cálculo dos dois desgastes conjuntamente.

O procedimento dos autores considera que o investimento diminui a idade (tecnológica e de desgaste físico) dos bens de capital e sua ausência aumenta. Assim, elabora-se uma equação na qual o termo à esquerda é a idade dos bens de capital instalados, enquanto o termo à direita é uma taxa do efeito acumulado de depreciação física e obsolescência, considerando o investimento feito. Esta equação é apresentada à página 9 de Gittleman, Raa e Wolff (2003), sendo uma integral bastante complexa, a qual os autores indicam ser estimada por Mínimos Quadrados Não Lineares (Nonlinear Least Squares – NLLS).

O que fizemos foi resolver essa integral apresentada pelos autores, além de linearizá-la por série de Taylor, para poder dar um tratamento de MQO à equação. A maneira como calculamos a idade dos bens de capital será apresentada em outra subseção.

A equação de cálculo da obsolescência é a seguinte:

$$ID_t^i = \alpha_0 + \alpha_1 INV_t^i + \alpha_2 .t^i \quad (5)$$

Onde:

- ID_t^i é a idade dos bens de capital no ano *t* e no setor *i*;
- INV_t^i é o investimento no ano *t* e no setor *i*;
- α_2 é a constante que indica a obsolescência média e constante de toda a série de tempo considerada; e
- t^i é o ano da série de tempo considerada para o setor *i*, sendo igual a 1 no início da série.

Fizemos $ID_t^i = INV_t^i = t^i = 1$ para todas as séries de todos os setores – com *t* igual a 1990, na série de 1990-2009; e *t* igual a 1995, na série de 1995-2009. A justificativa é a mesma anterior: tornar os dados comparáveis intersetorial e intertemporalmente entre séries diferentes. A equação (5) foi estimada por MQOs.

Calculamos INV_t^i seguindo Jorgenson (1963), da seguinte maneira:

$$INV_t^i = [K_t^i - K_{t-1}^i], \text{ se } [K_t^i - K_{t-1}^i] > 0 \quad (5.1)$$

$$INV_t^i = 0, \text{ se } [K_t^i - K_{t-1}^i] \leq 0 \quad (5.1.1)$$

Onde:

- INV_t^i é o investimento líquido no ano *t* e no setor *i*; e
- K_t^i é o estoque de capital produtivo líquido do setor *i* no ano *t*.

3.2.1 Cálculo da idade média do estoque de capital de cada setor

Hulten (1992) desenvolve teoricamente o processo concreto de incorporação de eficiência técnica nos bens de capital. A ideia central é de que o investimento, ao atualizar tecnologicamente os bens de capital já instalados, aumenta seu estoque em termos de eficiência técnica. Deixando ao leitor o exame do desenvolvimento analítico

de Hulten (1992), chega-se em suma à seguinte equação de incorporação de eficiência técnica via investimento:

$$\psi(t) = [I(t)/K(t)].\phi(t) + \sum_{i=1}^{n} \theta(t-i) \quad (6)$$

Onde:

- $\psi(t)$ é a eficiência técnica média incorporada aos bens de capital;
- $I(t)$, o investimento em unidades físicas apenas de bens de capital;
- $K(t)$, o estoque de capital líquido;
- $\phi(t)$, o nível tecnológico de fronteira no ano t; e
- $\theta(t - 1)$, as eficiências técnicas médias incorporadas em anos anteriores.

A equação (6) expressa o conceito de que a produtividade média de uma coleção de bens de investimento depende tanto da eficiência relativa de cada "geração" quanto da quantidade de investimento sobrevivente destas gerações. Como estamos interessados apenas no investimento corrente, faremos a suposição de que o último termo à direita desta equação é nulo, ou seja, já foi incorporado nos estoques de capital anteriores. Assim, teremos:

$$[\psi(t)/\phi(t)] = [I(t)/K(t)] \quad (7)$$

Se o último termo à direita da equação (7) for maior que 1, isso indica que o investimento em unidades de eficiência é maior que o investimento já instalado. Se for menor que 1, o investimento em unidades de eficiência é menor que o já instalado.

Podemos definir:

$$\psi(t) = m_t \quad (8)$$

$$\phi(t) = n_t \quad (9)$$

Onde m_t e n_t são os números de anos de desenvolvimento técnico no momento t. Essa mensuração está supondo que o progresso técnico se desenvolve progressiva e homogeneamente ao longo dos anos. Esta é uma suposição claramente simplificadora,

mas aceitável para as economias atuais. No século XIX e início do século XX, tivemos um período de inovações mais radicais, que se adequariam à formulação de Schumpeter (1997); entretanto, atualmente temos um desenvolvimento tecnológico preponderantemente linear, que se adequaria à formulação de Schumpeter (1984), base deste trabalho. Desta forma, temos:

$$[\psi(t)/\phi(t)] = \gamma \tag{10}$$

Onde γ é a proporção em anos de avanços de unidades de eficiência técnica do investimento $I(t)$ em comparação com $K(t)$ já existente.

Assim, teremos:

$$ID(t) = [1 - \gamma] \, . \, ID(t - 1) \tag{11}$$

Nosso procedimento foi atribuir *ID(1990)* igual a dez anos, para todos os setores. Isto se justifica por não termos as CNABs da década de 1980 e por Morandi (2011), que as utilizou, assinalar um crescimento negativo do investimento durante esta década. Assim, assumimos que todo o estoque de capital iniciou os anos 1990 com idade de dez anos, devido a investimentos feitos na década de 1970.

Utilizando a equação (11), fomos atualizando as idades dos estoques de capital depois de 1990, por setor, baseando-nos nos estoques de capital calculados também por setor, a cada ano.

3.3 Cálculo da tendência de variação da PTF e da obsolescência setoriais

Como procuramos uma avaliação da PTF comparada à obsolescência, optamos por calcular de maneira análoga a tendência por períodos de uma com a outra. Fizemos isto por setor e em dois períodos, 1990-2009 e 1995-2009. O primeiro é o período total da série, coincidindo com a abertura formal da economia nos anos 1990. O segundo coincide com o momento pós-Plano Real, sinalizando o comportamento produtivo depois de tal plano, já iniciada a abertura comercial. Na subseção seguinte, apresentamos a metodologia utilizada.

3.3.1 A tendência da PTF

Entre as várias possibilidades existentes, optamos por aproximar a tendência no longo prazo da PTF de maneira linear, pois todos os modelos utilizados são lineares. Assim, mantivemos uma homogeneidade de variação intertemporal para o índice construído.

A equação utilizada foi a seguinte:

$$A_t^i = \omega_0^i + \omega_1^i . t \qquad (12)$$

Onde:

- A_t^i é a PTF em nível, calculada pela equação (3), no setor *i*, para o período 1990-2009 ou 1995-2009;
- ω_1^i é a tendência linear (aritmética) de crescimento (positiva) ou decrescimento (negativa) da PTF do setor *i,* para as duas séries de tempo; e
- *t* é a progressão aritmética de razão unitária, iniciando-se em 1990 ou 1995.

Fizemos o cálculo de ω_1^i assumindo $A_t^i = t = 1$, para 1990 (na série 1990-2009), e para 1995 (na série 1995-2009). O motivo é o mesmo dos procedimentos análogos anteriores: comparabilidade intertemporal e intersetorial dos valores de ω_1^i.

3.3.2 A tendência da obsolescência

A tendência de obsolescência é a mesma calculada na equação (5) como α_2. Quando α_2 é menor que zero, a obsolescência está *diminuindo* a idade do estoque de capital, significa que houve atualização tecnológica; quando α_2 é maior que zero, o contrário estaria ocorrendo, a obsolescência estaria *aumentando* a idade do estoque de capital, que ficaria obsoleto. Por isso, para efeito de cálculo do impacto na PTF, chamaremos este índice de crescimento ou decrescimento aritmético da obsolescência de α_t^i, ou seja, α_t^i é igual a $-\alpha_2$ para o setor *i*, em *t* igual a 1990 (na série 1990-2009) ou *t* igual a 1995 (na série 1995-2009). Nas tabelas de resultados, apresentamos α_t^i.

3.4 A PTF final, considerando a obsolescência

O valor da PTF final, considerada a obsolescência, é a seguinte:

$$A^{i}_{f,t} = \omega^{i}_{t} + \alpha^{i}_{t} \tag{13}$$

Onde:

- $A^{i}_{f,t}$ é a tendência da PTF final considerando a obsolescência, para o setor *i*, com *t* igual a 1990 (série 1990-2009) ou *t* igual a 1995 (série 1995-2009);
- ω^{i}_{t} é igual a ω^{i}_{1}, variável calculada na equação (12), para o setor *i*, com *t* igual a 1990 (série 1990-2009) ou *t* igual a 1995 (série 1995-2009); e
- α^{i}_{t} é o valor de obsolescência especificado na subseção 3.3.2.

4 RESULTADOS

Apresentamos nesta seção os resultados deste trabalho. Agrupamos os setores por complexos, a exemplo de Haguenauer *et al.* (2001). Este agrupamento não implicou um procedimento metodológico, como exposto na seção anterior, trata-se apenas de um agrupamento *ex post*, ou seja, poderia ser outro.

Enfatizamos que tanto os valores da PTF quanto da obsolescência apresentados nas tabelas a seguir são taxas percentuais de variação anual, mais especificamente razões de variação de uma progressão aritmética em cada um dos períodos.

4.1 Complexo agroindustrial

Os nove setores do complexo agroindustrial estão descritos no quadro 1.

Apresentamos, na tabela 1, as estatísticas descritivas de evolução do estoque de capital (K) e do pessoal ocupado (PO). Nota-se que o estoque de capital aumentou mais na década de 2000, exceto em *abate de animais e indústria de açúcar*. No primeiro caso, houve significativo aumento do estoque nos anos 1990. No segundo, entretanto, houve retração do capital instalado (estoque líquido produtivo a preços básicos, isto é, já descontada a depreciação e o nível de utilização da capacidade instalada). Quanto ao

pessoal ocupado, não houve uma tendência uniforme para a maioria dos setores. Chama atenção o expressivo aumento durante a década de 2000 nos setores de *beneficiamento de produtos vegetais e indústria de açúcar*.

QUADRO 1
Setores do complexo agroindustrial

Número	Complexo agroindustrial	Sigla utilizada
1	Agropecuária	AGRP
25	Indústria do café	CAFÉ
26	Beneficiamento de produtos vegetais	BENF
27	Abate de animais	ABAT
28	Indústria de laticínios	LATC
29	Indústria de açúcar	AÇUC
30	Fabricação de óleos vegetais	OVEGT
15	Elementos químicos	ELEMQ
17	Papel e gráfica	PGRAF

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Para a definição de cada setor na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) a cinco dígitos, realizada pela Comissão Nacional de Classificação (Concla), acessar: <http://cnae.ibge.gov.br/>.

TABELA 1
Complexo agroindustrial: variação média do estoque de capital e do pessoal ocupado, por setor
(Em % a.a.)

	AGRP		CAFÉ		BENF		ABAT		LATC		AÇUC		OVEGT		ELEMQ		PGRAF	
	K	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*
1990-1999	1,98	2,23	0,07	-10,25	-8,54	-12,81	2,91	1,27	-2,21	10,21	-0,51	2,75	1,38	-6,88	-3,65	2,09	4,79	0,90
2000-2009	3,40	-1,02	7,19	1,15	2,63	18,33	0,18	6,46	2,57	3,04	-11,06	12,58	6,83	3,08	2,12	4,65	3,98	1,81
Média (1990-2009)	2,69	0,59	3,57	-4,73	-3,12	1,57	1,57	3,83	0,25	6,56	-5,94	7,55	4,07	-2,02	-0,81	3,36	4,38	1,35

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Valores básicos a preços constantes de 1995, descontada a depreciação. Calculou-se a média geométrica das variações anuais em cada período.

Na tabela 2, apresentamos os resultados da variação linear da PTF e da obsolescência do capital para cada setor do complexo agroindustrial. Observamos que os setores com maior crescimento da PTF depois de 1990 foram: *agropecuária*; *indústria do café*; e *papel e gráfica*. Depois do Plano Real, além dos anteriores, os setores com crescimento expressivo da PTF foram: *beneficiamento de produtos vegetais*; *abate de animais*; e *indústria de açúcar*.

No início da década de 1990, a obsolescência diminuiu a PTF de maneira expressiva em todo o complexo agroindustrial. Entretanto, após o Plano Real,

a obsolescência passou a aumentar a PTF em praticamente todos os setores, com evolução benigna mais expressiva na *indústria de açúcar*, aproximando-se muito de valores nulos nos demais.

TABELA 2
Complexo agroindustrial: variação média da PTF e da obsolescência do capital, por setor
(Em % a.a.)

	AGRP		CAFÉ		BENF		ABAT		LATC		AÇUC		OVEGT		ELEMQ		PGRAF	
	PTF	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*
1990-2009	10,13	-0,90	9,11	-1,68	1,10	-1,77	0,22	-1,51	0,20	-1,86	1,94	-1,94	0,22	-2,63	2,76	-1,54	5,07	-3,57
1995-2009	6,40	-0,02	7,88	0,05	3,60	0,13	5,95	0,03	0,08	0,03	3,63	1,27	1,55	-0,02	0,16	0,04	4,80	-0,16

Fonte: TRUs 1990 a 2009 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
Obs.: *PTF* – variação linear da produtividade total sem considerar a obsolescência do estoque de capital; e *OBS* – variação linear da obsolescência do estoque de capital.

Conclui-se, portanto, que, depois do Plano Real, a influência negativa da obsolescência diminuiu muito seu efeito sobre a PTF em todos os setores sem exceção, tornando-se benigna ou nula.

4.2 Complexo têxtil

O quadro 2 apresenta os três setores do complexo têxtil analisados neste texto.

QUADRO 2
Setores do complexo têxtil

Número	Complexo têxtil	Sigla utilizada
22	Indústria têxtil	TEXT
23	Artigos do vestuário	VEST
24	Fabricação de calçados	CALÇ

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Para a definição de cada setor na CNAE a cinco dígitos, realizada pela Concla, acessar: <http://cnae.ibge.gov.br/>.

Na tabela 3, notamos que o estoque de capital no setor de *indústria têxtil* aumentou uniformemente de 1990 a 2009, obtendo o melhor crescimento anual no período 1990-2009. Entretanto, em *artigos do vestuário*, a evolução foi precária, sendo negativa no período como um todo, o único resultado negativo entre os três setores. Em *fabricação de calçados*, o aumento do estoque de capital ocorreu na década de 1990, tendo se retraído nos anos 2000, apesar de o período 1990-2009 ter apresentado crescimento anual positivo no todo.

TABELA 3
Complexo têxtil: variação média do estoque de capital e do pessoal ocupado, por setor
(Em % a.a.)

	TEXT		VEST		CALÇ	
	K	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*
1990-1999	2,42	7,28	0,69	-1,52	3,81	0,59
2000-2009	3,04	1,15	-2,71	2,89	-0,55	3,06
Média (1990-2009)	2,73	4,17	-1,02	0,66	1,61	1,81

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Valores básicos a preços constantes de 1995, descontada a depreciação. Calculou-se a média geométrica das variações anuais em cada período.

Na tabela 4, em que são apresentadas a evolução da PTF e da obsolescência para o complexo têxtil, notamos que a taxa de crescimento da produtividade é ligeiramente negativa, praticamente nula, em todos os setores depois de 1990. Entretanto, depois do Plano Real, há expressiva reação, e todas as taxas de evolução da PTF se tornam altas e positivas.

TABELA 4
Complexo têxtil: variação média da PTF e da obsolescência do capital, por setor
(Em % a.a.)

	TEXT		VEST		CALÇ	
	PTF	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*
1990-2009	-0,45	0,22	-0,14	0,76	-0,05	0,71
1995-2009	2,25	-0,03	2,20	0,02	3,79	0,06

Fonte: TRUs 1990 a 2009 do IBGE.
Obs.: *PTF* – variação linear da produtividade total sem considerar a obsolescência do estoque de capital; e *OBS* – variação linear da obsolescência do estoque de capital.

Curiosamente, ao contrário dos demais complexos (como vimos anteriormente e ainda veremos a seguir), a influência positiva da obsolescência não melhora depois do Plano Real, apesar de serem todas praticamente nulas (não aumentam nem diminuem a PTF). Por um lado, talvez isso se deva ao fato de o estoque de capital não ter aumentado do primeiro para o segundo período nos setores de *artigos do vestuário* e *fabricação de calçados*. O único setor a aumentar o estoque na década de 2000 foi o da *indústria têxtil*; entretanto, como a influência da obsolescência neste setor ainda é ligeiramente negativa, talvez haja algum aprimoramento tecnológico marginal a ser feito no capital instalado. Por outro lado, outra conclusão possível é a de que *vestuário* e *calçados* talvez tenham uma especificidade no Brasil em que o aprimoramento tecnológico do capital instalado não seja o quesito fundamental para o crescimento da PTF, podendo este crescimento estar ligado a questões de processo de trabalho, qualidade da matéria-prima, canais de comercialização ou até coordenação de sua cadeia produtiva.

4.3 Complexo metalomecânico

O quadro 3 a seguir detalha os oito setores do complexo metalomecânico a serem analisados neste trabalho.

QUADRO 3
Setores do complexo metalomecânico

Número	Complexo metalomecânico	Sigla utilizada
5	Siderurgia	SID
6	Metalurgia dos não ferrosos	MNF
7	Outros metalúrgicos	OUTM
8	Máquinas e tratores	MAQ
10	Material elétrico	ELETRI
11	Equipamentos eletrônicos	ELETRO
12	Automóveis, caminhões e ônibus	AUTOM
13	Outros veículos e peças	PEÇAS

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Para a definição de cada setor na CNAE a cinco dígitos, realizada pela Concla, acessar: <http://cnae.ibge.gov.br/>.

Apresentamos, na tabela 5, a evolução do estoque de capital e do pessoal ocupado de cada setor do complexo metalomecânico explicitado no quadro 3.

TABELA 5
Complexo metalomecânico: variação média do estoque de capital e do pessoal ocupado, por setor
(Em % a.a.)

	SID		MNF		OUTM		MAQ		ELETRI		ELETRO		AUTOM		PEÇAS	
	K	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*
1990-1999	3,90	-4,80	4,04	-2,04	0,75	-2,19	-2,00	-5,56	1,39	-0,75	-1,34	1,54	-2,53	-2,63	0,55	-2,19
2000-2009	1,32	3,91	3,38	2,72	4,21	3,98	8,30	6,69	3,38	4,89	10,88	3,81	12,11	3,14	5,53	6,86
Média (1990-2009)	2,60	-0,54	3,71	0,31	2,47	0,85	3,02	0,38	2,38	2,03	4,59	2,67	4,53	0,22	3,01	2,23

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Valores básicos a preços constantes de 1995, descontada a depreciação. Calculou-se a média geométrica das variações anuais em cada período.

O setor de *siderurgia* apresentou maior aumento de estoque de capital na década de 1990, mas foi na de 2000 que ostentou a maior taxa de pessoal ocupado. No período de 1990-2009 como um todo, o aumento anual de estoque de capital foi significativo (2,60% a.a.) e houve redução de pessoal ocupado. O setor de *metalurgia dos não ferrosos* apresentou aumento expressivo de estoque de capital ao longo de todo o período 1990-2009 (3,71% a.a.), mas muito modesto ou nenhum aumento de pessoal ocupado.

O setor de *outros metalúrgicos* apresentou um aumento de capital instalado expressivo apenas na década de 2000, o que resultou em um aumento médio – nem muito alto, nem muito baixo – do estoque no período 1990-2009 (2,47% a.a.). O pessoal ocupado se retraiu na década de 1990, mas se expandiu na de 2000. O setor de *máquinas e tratores* teve retração de estoque de capital e de pessoal ocupado na década de 1990, mas expansão significativa dos dois na década de 2000. No período 1990-2009 como um todo, houve expressivo aumento de estoque de capital (3,02% a.a.) e praticamente manutenção do pessoal ocupado.

O setor de *material elétrico* apresentou estoque de capital mais expressivo na década de 2000 que na precedente, com um aumento anual mediano no período 1990-2009 (2,38% a.a.). O pessoal ocupado se expandiu apenas na década de 2000, fechando o período 1990-2009 também com aumento anual modesto. O setor de *equipamentos eletrônicos* apresentou retração de estoque de capital na década de 1990, mas aumento muito expressivo na década de 2000, fechando as duas décadas com crescimento médio anual alto (4,59% a.a.). Já o pessoal ocupado cresceu durante todas as duas décadas (mais na segunda), com um crescimento anual de médio para alto em 1990-2009 (2,67% a.a.).

O setor de *automóveis*, *caminhões* e *ônibus* teve uma retração mediana de estoque de capital e pessoal ocupado na década de 1990, mas possui a mais expressiva expansão do estoque de capital (12,11% a.a.) a partir de 2000 e uma expansão alta do pessoal ocupado no mesmo período (3,14% a.a.). No fechamento das duas décadas, houve aumento bastante significativo do estoque de capital (4,53% a.a.) e praticamente nulo de pessoal ocupado (0,22% a.a.). No setor de *outros veículos e peças* (que inclui autopeças e aviões), o aumento mais expressivo de estoque de capital e pessoal ocupado foi na década de 2000. No período 1990-2009 como um todo, o crescimento das duas variáveis foi mediano.

Podemos dizer que, à exceção do setor de *siderurgia* e *metalurgia dos não ferrosos*, houve retração ou pequena expansão do estoque de capital na década de 1990 e expansão elevada desta variável na década de 2000. O crescimento do pessoal ocupado seguiu a mesma tendência, entretanto em taxas mais modestas na maior parte das vezes.

Na tabela 6, apresentamos os resultados da PTF e da obsolescência para o complexo metalomecânico.

TABELA 6
Complexo metalomecânico: variação média da PTF e da obsolescência do capital, por setor
(Em % a.a.)

	SID		MNF		OUTM		MAQ		ELETRI		ELETRO		AUTOM		PEÇAS	
	PTF	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*
1990-2009	1,92	1,19	8,51	-1,27	2,16	-1,83	0,82	-2,71	5,69	-2,53	-0,27	0,77	0,23	-3,94	2,58	-2,02
1995-2009	3,49	-0,03	3,27	-0,02	0,40	-0,05	1,03	-0,08	2,45	-0,02	0,20	-0,04	2,36	-0,08	0,65	-0,07

Fonte: TRUs 1990 a 2009 do IBGE.
Obs.: *PTF* – variação linear da produtividade total sem considerar a obsolescência do estoque de capital; e *OBS* – variação linear da obsolescência do estoque de capital.

Para o primeiro período (1990-2009), a PTF mostrou-se significativamente crescente nos seguintes setores: *metalurgia dos não ferrosos*; *outros metalúrgicos*; *material elétrico*; e *outros veículos e peças*. Entretanto, neste mesmo período, a obsolescência diminuiu expressivamente o crescimento da PTF em quase todos os setores, exceto *siderurgia* e *equipamentos eletrônicos*. Conclui-se, assim, que, apesar do crescimento da PTF predominar nesse complexo, a obsolescência foi um problema para a maioria dos setores na série ancorada em 1990. Em outras palavras, podemos dizer que há aqui carência de atualização tecnológica do capital instalado, em um complexo em que tal quesito parece-nos importante.

Na série ancorada em 1995, a PTF apresenta um crescimento expressivo em muitos setores: *siderurgia*; *metalurgia dos não ferrosos*; *material elétrico*; e *automóveis, caminhões e ônibus*. Mas a mudança mais importante ocorreu na obsolescência, que se tornou praticamente nula em *todos* os setores, mostrando que, depois do Plano Real e durante a década de 2000, houve uma atualização tecnológica geral dos setores desse complexo.

Há alguns casos que preocupam pelo modesto crescimento da PTF nas duas séries, apesar de sua obsolescência no segundo período ter se tornado praticamente nula. São eles: *máquinas e tratores*; e *equipamentos eletrônicos*. Em nenhum dos dois, houve ausência de investimento em capital fixo na década de 2000. Assim, pode ser que seu atraso e sua necessidade de investimento fossem tão grandes antes de 1990 que o movimento em 2000-2009 não tenha sido suficiente para reverter essa situação – o que é apenas uma suposição, pois este trabalho não tem dados disponíveis sobre esse aspecto.

De qualquer maneira, parece haver uma baixa endogeneidade tecnológica em *máquinas e tratores* juntamente com um enfraquecimento do esforço de inovação (Sarti e Hiratuka, 2010, p. 184). O setor de *equipamentos eletrônicos*, por sua vez, mostra semelhante e baixa densidade tecnológica, mais acentuada que no de *máquinas e tratores*, assemelhando-se com expressiva profundidade a setores de montagem a partir de componentes importados (*op cit*, p. 202-203). Assim, em *equipamentos eletrônicos* a PTF poderia tender (o que é apenas uma suposição) a ser menos expressivamente afetada pelo investimento (que foi alto na década de 2000) que a produtividade do trabalho, pois seu processo produtivo é majoritariamente de montagem.

4.4 Complexo químico

Na tabela 7, apresentamos as estatísticas descritivas do estoque de capital e do pessoal ocupado do complexo químico, cujos setores estão elencados no quadro 4.

QUADRO 4
Setores do complexo químico

Número	Complexo químico	Sigla utilizada
3	Extração de petróleo e gás	EXPET
16	Indústria da borracha	BOR
18	Refino do petróleo e petroquímica	REF
19	Químicos diversos	QUIMD
20	Farmacêutica e de perfumaria	FARM
21	Artigos de plástico	PLAST

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Para a definição de cada setor na CNAE a cinco dígitos, realizada pela Concla, acessar: <http://cnae.ibge.gov.br/>.

TABELA 7
Complexo químico: variação média do estoque de capital e do pessoal ocupado, por setor
(Em % a.a.)

	EXPET		BOR		REF		QUIMD		FARM		PLAST	
	K	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*		
1990-1999	9,83	-3,84	3,24	-2,20	2,08	-2,52	2,52	-4,69	0,78	4,77	-2,04	1,21
2000-2009	7,65	11,64	8,42	4,22	0,83	1,88	4,76	1,39	3,22	2,08	3,13	4,05
Média (1990-2009)	8,74	3,61	5,80	0,96	1,46	-0,34	3,63	-1,70	1,99	3,41	0,51	2,62

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Valores básicos a preços constantes de 1995, descontada a depreciação. Calculou-se a média geométrica das variações anuais em cada período.

Na tabela 7, notamos a altíssima taxa de aumento do capital instalado em *extração de petróleo e gás* nas duas décadas, chegando como o setor de maior investimento na soma dos dois períodos. Seu aumento de pessoal ocupado, entretanto, é oscilante: negativo na década de 1990, mas elevado e positivo na década de 2000.

A *indústria da borracha*, cuja maioria da produção é de pneus, apresentou investimento médio na década de 1990 e acelerado na de 2000, fechando a média dos dois períodos com desempenho alto. Novamente, o pessoal ocupado se retraiu na década de 1990 e cresceu moderadamente na de 2000, fechando os dois períodos com desempenho modesto.

O setor de *refino do petróleo e petroquímica* apresentou, nas décadas de 1990 e 2000, um desempenho de investimento modesto, fechando todo o período com uma média significativa, mas muito inferior à da base de sua cadeia, a extração de petróleo. O comportamento da evolução de seu pessoal ocupado também foi modesto, fechando os dois períodos com ligeira retração.

O setor de *químicos diversos* apresentou uma evolução positiva, significativa e constante de crescimento do investimento durante todas as duas décadas, com crescimento médio alto na soma dos dois períodos. Seu pessoal ocupado, entretanto, se contraiu em média durante 1990-2009.

O setor de *farmacêutica e de perfumaria* apresentou uma evolução de investimento mais oscilante: desempenho médio baixo nos anos 1990 e crescimento modesto nos anos 2000. O resultado da média dos dois períodos foi um desempenho de crescimento do investimento modesto. Contudo, seu pessoal ocupado aumentou nas duas décadas em intensidade de média a alta, fechando o período da mesma maneira.

O setor de *artigos de plástico* exibiu o desempenho mais oscilante de crescimento médio do investimento em todo o complexo: retração na década de 1990 e expansão significativa na de 2000. O desempenho na média dos dois períodos pode ser considerado bastante modesto. A variável pessoal ocupado, por seu turno, aumentou com intensidade moderada nas duas décadas.

O complexo químico como um todo teve um desempenho de formação de capital e emprego bem mais estável e positivo que, por exemplo, o complexo metalomecânico. No químico, provavelmente encontramos a mais estável estrutura de crescimento do capital instalado e do emprego de toda a indústria brasileira.

Na tabela 8, apresentamos os resultados da PTF e da obsolescência desse complexo.

TABELA 8
Complexo químico: variação média da PTF e da obsolescência do capital, por setor
(Em % a.a.)

	EXPET		BOR		REF		QUIMD		FARM		PLAST	
	PTF	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*
1990-2009	9,23	-1,39	2,73	-0,17	0,15	-2,75	0,79	-1,54	13,58	-3,22	0,44	-0,04
1995-2009	6,85	-0,06	2,38	-0,06	0,47	-0,05	1,38	-0,02	2,19	0,02	5,04	-0,03

Fonte: TRUs 1990 a 2009 do IBGE.
Obs.: *PTF* – variação linear da produtividade total sem considerar a obsolescência do estoque de capital; e *OBS* – variação linear da obsolescência do estoque de capital.

No período 1990-2009, os destaques positivos, em ordem decrescente de crescimento da PTF, são: *farmacêutica e de perfumaria*; *extração de petróleo e gás*; e *indústria da borracha*. A obsolescência diminuidora do crescimento da PTF é muito expressiva neste mesmo período em: *extração de petróleo e gás*; *refino do petróleo*; *químicos diversos*; e, principalmente, *farmacêutica e de perfumaria*. O crescimento excepcional da PTF neste último setor certamente não se deve à atualização tecnológica (pois sua obsolescência é a mais expressiva do complexo) ou a investimentos (nos anos 1990, é um dos setores que menos investem). Provavelmente, este desempenho expressivo se deve sobretudo à importação de insumos mais eficientes a partir de 1990. O desempenho muito positivo do crescimento da PTF (considerada a obsolescência) de *extração de petróleo e gás* é causado pelo aumento significativo de investimento e atualização tecnológica (tabela 7).

O período de 1995 a 2009 é de reação em termos de crescimento da PTF, mais para *artigos de plástico* e menos para *químicos diversos*. A influência negativa da obsolescência sobre o crescimento da PTF, entretanto, cai expressivamente em todos os setores, podendo-se dizer que o complexo químico passou por uma atualização tecnológica principalmente depois de 1995. A reação expressiva do crescimento da PTF em *artigos de plásticos* se deve provavelmente ao aumento significativo de investimento neste setor durante a década de 2000.

Pode-se notar que, ao contrário dos demais complexos, o químico não apresenta avanços expressivos de crescimento da PTF depois de 1995. Provavelmente, este fato é resultado de dificuldades de reestruturação da petroquímica brasileira ainda não superadas (Sarti e Hiratuka, 2010, p. 125) e pode ser observado pelo pouco desempenho do investimento no setor de *refino do petróleo*, que inclui a primeira e a segunda geração da petroquímica, no período 1990-2009.

4.5 Complexo da construção civil

O quadro 5 exibe os quatro setores do complexo da construção civil que serão explorados nesta análise.

QUADRO 5
Setores do complexo da construção civil

Número	Complexo da construção civil	Sigla utilizada
2	Extrativa mineral	EXTM
4	Minerais não metálicos	MNM
14	Madeira e mobiliário	MAD
34	Construção civil	CONST

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Para a definição de cada setor na CNAE a cinco dígitos, realizada pela Concla, acessar: <http://cnae.ibge.gov.br/>.

Na tabela 9, apresentamos as estatísticas descritivas do estoque de capital e do pessoal ocupado desse complexo. O setor da *extrativa mineral*, cuja produção principal é o minério de ferro, fornece para a construção civil, a siderurgia e a exportação. Nele, o maior aumento de estoque de capital e pessoal ocupado ocorreu na década de 2000. No período 1990-2009, a média anual do capital instalado foi mediana, e houve retração do pessoal ocupado. O comportamento do setor de *minerais não metálicos* foi semelhante: aumento do capital instalado e do pessoal ocupado na década de 2000. Entretanto, diferentemente da *extrativa mineral*, houve retração do capital nos anos 1990, o que faz a média desta variável (período 1990-2009) ser menor.

O setor de *madeira e mobiliário* praticamente não alterou suas posições de capital instalado e pessoal ocupado na série 1990-2009 como um todo, comportamento similar ao do setor de *construção civil*. Neste, o estoque de capital não inclui construções feitas pelo próprio setor, mas apenas máquinas e equipamentos para produção e alguma instalação para guardá-los.

TABELA 9
Complexo da construção civil: variação média do estoque de capital e do pessoal ocupado, por setor
(Em % a.a.)

	EXTM		MNM		MAD		CONST	
	K	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*	*K*	*PO*
1990-1999	0,46	-4,09	-1,09	-1,59	-0,46	0,58	-0,97	2,93
2000-2009	3,39	1,35	2,78	2,77	0,44	1,27	0,90	2,74
Média (1990-2009)	1,92	-1,41	0,83	0,57	-0,01	0,92	-0,04	2,84

Fonte: Sistemas de Contas Nacionais 2000 – TRU com 43 setores.
Obs.: Valores básicos a preços constantes de 1995, descontada a depreciação. Calculou-se a média geométrica das variações anuais em cada período.

Na tabela 10, apresentamos a evolução da PTF e da obsolescência no complexo da construção civil.

TABELA 10
Complexo da construção civil: variação média da PTF e da obsolescência do capital, por setor
(Em % a.a.)

	EXTM		MNM		MAD		CONST	
	PTF	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*	*PTF*	*OBS*
1990-2009	10,14	-3,67	0,84	-0,84	2,92	0,51	0,72	0,53
1995-2009	4,40	-0,06	1,02	-0,14	-0,08	-0,03	9,68	-0,02

Fonte: TRUs 1990 a 2009 do IBGE.
Obs.: *PTF* – variação linear da produtividade total sem considerar a obsolescência do estoque de capital; e *OBS* – variação linear da obsolescência do estoque de capital.

Nesse complexo, a *extrativa mineral* mostrou elevada taxa de crescimento da PTF no início dos anos 1990, esmorecendo depois de 1995. Entretanto, após 1995 houve importantes atualizações tecnológicas e/ou de qualidade dos minérios extraídos, pois a obsolescência subtrativa da PTF caiu a valores praticamente nulos. O setor de *minerais não metálicos*, por sua vez, manteve um crescimento da PTF modesto, mas constante. Sua obsolescência, baixa desde 1990, praticamente se anulou depois de 1995, o que sugere aprimoramentos tecnológicos de fabricação, principalmente de cerâmicas para acabamento ou alvenaria na construção.

A exemplo da *extrativa mineral*, o setor de *madeira e mobiliário* também apresenta crescimento da PTF depois de 1995 menor que depois de 1990, apesar de esta ter se tornado praticamente nula (e não favoravelmente positiva) na segunda série. Pode ser que este setor esteja sendo substituído por materiais sintéticos e/ou metálicos, tornando-se assim menos prioritário como insumo para o crescimento da produtividade.

Finalmente, a *construção civil* apresentou expressivo aumento da PTF depois de 1995. Acreditamos que isto se deva a aprimoramentos de processos e materiais na construção residencial, ramo do setor da *construção civil* que preponderou no período. Entretanto, no espectro do início da década, sua PTF não cresce tão significativamente, o que indica ter havido expressiva reação depois de 1995. A taxa de obsolescência é baixa em ambas as séries.

5 CONCLUSÃO

A PTF (considerada a obsolescência) dos setores analisados cresceu em média 1,76% a.a. depois de 1990 (numa progressão aritmética), mas com expressiva heterogeneidade setorial, pois seu desvio padrão é de 3,67%. Isto indica terem ocorrido valores muito altos, mas também muito baixos, inclusive negativos. Depois de 1995, há uma significativa reação positiva da PTF, que cresce em média 3,00% a.a. (também numa progressão aritmética), contudo novamente com desvio padrão alto (apesar de menor que o anterior): 2,54%. A heterogeneidade diminuiu, inclusive com ausência de valores negativos do crescimento da PTF.

Um dos fatores que contribuíram para o aumento do crescimento da PTF depois de 1995 foi a reação positiva da obsolescência: se ela subtrai a PTF em 1,35% a.a. em média na série 1990-2009, na série 1995-2009 ela soma em média 0,02% a.a., anulando-se em termos efetivos. É seguro afirmar, portanto, que houve importante atualização tecnológica da estrutura produtiva brasileira depois de 1995, o que em parte é causada pelo aumento do investimento neste período, principalmente na década de 2000.

Finalmente, podemos dizer que o crescimento da PTF dos setores analisados depois de 1995 não é baixo em termos internacionais. Como exemplo comparativo preliminar, podemos citar alguns resultados publicados sobre o Leste Asiático, onde se observam atualmente os mais altos índices de crescimento da produtividade. Como calculam Brandt, Biesebroeck e Zhang (2009), a evolução da PTF na China foi de 3,7% a.a. entre 2001 e 2006, enquanto na Coreia do Sul foi de 3,5% a.a. em período semelhante. Os valores, mesmo se considerarmos que não foi observada a paridade do poder de compra (PPP), são comparáveis aos 3,0% a.a. (em média) do caso brasileiro.

REFERÊNCIAS

BAHIA, L. D. **O efeito na evolução da produtividade do trabalho da indústria brasileira devido a mudanças tecnológicas nas suas cadeias produtivas (1990-2009)**. Brasília: Ipea, 2015. (Texto para Discussão, n. 2068).

BIELSCHOWSKY, R.; SQUEFF, G. C.; VASCONCELOS, L. F. **Evolução dos investimentos nas três frentes de expansão da economia brasileira na década de 2000**. Brasília: Ipea, mar. 2015. (Texto para Discussão, n. 2063).

BLACKORBY, C.; LOVELL, C. A. K.; THURSBY, M. C. Extended Hicks neutral technical change. **The Economic Journal**, v. 86, n. 344, p. 845-852, 1976.

BÖHM-BAWERK, E. **Teoria positiva do capital**. São Paulo: Nova Cultural, 1986.

BONELLI, R.; FONTES, J. **Desafios brasileiros no longo prazo**. Rio de Janeiro: Ibre/FGV, 2013. (Texto para Discussão).

BRANDT, L.; BIESEBROECK, J. van; ZHANG, Y. Creative accounting or creative destruction? Firm-level productivity growth in Chinese manufacturing. Cambridge, United States: NBER, July 2009. (NBER Working Paper, n. 15152).

FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. (Series A, General).

GITTLEMAN, M.; RAA, T. T.; WOLFF, E. N. The Vintage Effect in TFP Growth: an Analysis of the Age Structure of Capital. Cambridge, United States: NBER, June 2003. (NBER Working Paper, n. 9768).

HAGUENAUER, L. *et al.* **Evolução das cadeias produtivas brasileiras na década de 90**. Brasília: Ipea, 2001. (Texto para Discussão, n. 786).

HARCOURT, G. C. **Some Cambridge controversies in the theory of capital**. London: Cambridge University Press, 1974.

HERCOWITZ, Z. The "embodiment" controversy: a review essay. **Journal of Monetary Economics**, v. 41, p. 217-224, 1998.

HICKS, J. R. Mr. Keynes and the "classics": a suggested interpretation. **Econometrica**, v. 5, n. 2, p. 147-159, 1937.

HOWREY, E. P. Technical change, capital longevity, and economic growth. **The American Economic Review**, v. 55, n. 1/2, p. 397-410, 1965.

HULTEN, C. R. Growth accounting when technical change is embodied in capital. **The American Economic Review**, v. 82, n. 4, p. 964-980, 1992.

_____. Total factor productivity: a short biography. *In*: HULTEN, C. R.; DEAN, E. R.; HARPER, M. J. (Eds.). **New developments in productivity analysis**. Chicago: University of Chicago Press, 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de contas nacionais**: Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. (Série Relatórios Metodológicos, n. 24).

JORGENSON, D. W. Capital theory and investment behavior. **The American Economic Review**, v. 53, n. 2, p. 247-259, 1963.

_____. The embodiment hypothesis. **The Journal of Political Economy**, v. 74, n. 1, p. 1-17, 1966.

KEYNES, J. M. **The general theory of employment, interest and money**. 2nd ed. New York: Prometheus Books, 1997.

LEONTIEF, V. **A economia do insumo-produto**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

LIMA, E. L. **Curso de análise**. Rio de Janeiro: Impa, 1999. v. 1.

MAGACHO, G. R. **A indústria de bens de capital no Brasil**: restrição externa e dependência tecnológica no ciclo de crescimento recente. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MAIA, J. B. Z. **Investimento industrial no Brasil nos anos 90**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MCHUGH, R.; LANE, J. The age of capital, the age of utilized capital, and tests of the embodiment hypothesis. **The Review of Economics and Statistics**, v. 69, n. 2, p. 362-367, 1987.

MORANDI, L. **Estimativas de estoque de capital fixo com as novas contas nacionais, Brasil** – 1940-2009. Rio de Janeiro: UFF, 2011. (Texto para Discussão, n. 276).

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Measuring capital** – OECD manual. Paris: OECD, 2009.

POWER, L. The missing link: technology, investment, and productivity. **The Review of Economics and Statistics**, v. 80, n. 2, p. 300-313, May 1998.

ROBINSON, J. The production function and the theory of capital. **Review of Economic Studies,** v. 21, n. 2, p. 88-106, 1953.

SAMUELSON, P. **Fundamentos de análise econômica**. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SARTI, F.; HIRATUKA, C. (Coord.). **Projeto PIB** – perspectivas do investimento na indústria. Rio de Janeiro: Synergia; IE/UFRJ; IE/Unicamp, 2010.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

_____. **History of economic analysis**. New York: Oxford University Press, 1994.

_____. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SMITH, A. **The wealth of nations**. New York: Bantam Classic, 2003.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. **The Review of Economic and Statistics**, v. 39, n. 3, p. 312-320, 1957.

_____. Investment and technical progress. *In*: ARROW, K. J.; KARLIN, S.; SUPPES, P. (Eds.). **Mathematical methods in the social sciences**. Stanford: Stanford University Press, 1960.

_____. Technical progress, capital formation, and economic growth. **The American Economic Review**, v. 52, n. 2, p. 76-86, 1962.

SYVERSON, C. What determines productivity? **Journal of Economic Literature**, v. 49, n. 2, p. 326-365, 2011.

WALRAS, L. **Compêndios dos elementos de economia política pura**. Tradução de João Guilherme Vargas Netto. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

WINSTON, G. C. The theory of capital utilization and idleness. **Journal of Economic Literature**, v. 12, n. 4, p. 1301-1320, 1974.

WOLFF, E. N. Industrial composition, interindustry effects, and the productivity slowdown. **The Review of Economics and Statistics**, v. 67, n. 2, p. 268-277, 1985.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação
Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão
Andrea Bossle de Abreu

Revisão
Camilla de Miranda Mariath Gomes
Carlos Eduardo Gonçalves de Melo
Elaine Oliveira Couto
Laura Vianna Vasconcellos
Luciana Bastos Dias
Luciana Nogueira Duarte
Thais da Conceição Santos Alves (estagiária)
Vivian Barros Volotão Santos (estagiária)

Editoração
Aeromilson Mesquita
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Carlos Henrique Santos Vianna
Glaucia Soares Nascimento (estagiária)
Vânia Guimarães Maciel (estagiária)

Capa
Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico
Renato Rodrigues Bueno

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.
70076-900 – Brasília – DF
Fone: (61) 2026-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em adobe garamond pro 12/16 (texto)
Frutiger 67 bold condensed (títulos, gráficos e tabelas
Rio de Janeiro -RJ

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ISSN 1415-4765

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Ministério do Planejamento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA