

MUDANÇAS TECNOLÓGICAS DO MODELO DE *LEONTIEF*: O CASO BRASILEIRO

Armênio de Souza Rangel

Doutor em Economia pela Universidade de São Paulo – USP

Professor da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo – ECA-USP

armenio@usp.br (Brasil)

Milton de Abreu Campanario

Philosophy Doctor pela Cornell University, Estados Unidos

Professor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA-USP.

campanario@usp.br (Brasil)

RESUMO

O principal objetivo deste artigo é analisar a mudança tecnológica na economia brasileira entre os anos de 2000 e 2005 utilizando o modelo de *Leontief*. No estudo da mudança tecnológica, é utilizado o método da decomposição estrutural. Um setor é mais ou menos produtivo entre diferentes anos se ele necessita mais ou menos insumos para obter a mesma demanda final. Uma matriz é mais ou menos produtiva se ela necessita mais ou menos insumos para obter o mesmo vetor de demanda final. Na comparação de diferentes matrizes, é necessário ponderar os coeficientes de mudança técnica setoriais pela composição do vetor de produção bruta. Os resultados obtidos mostram que a matriz do ano de 2005 é 2,709% mais produtiva do que a matriz do ano de 2000.

Palavras-chave: Mudança tecnológica; Modelo *Leontief*; Método de decomposição estrutural.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é analisar mudanças tecnológicas por meio da utilização do modelo de Leontief. Os estudos existentes, que buscam analisar mudanças estruturais por meio da utilização de matrizes insumo produto, caminharam em duas direções. De um lado, a análise estática procura comparar diferentes matrizes em diferentes pontos do tempo ou entre diferentes países. Por outro lado, encontram-se os estudos que partem do modelo dinâmico de Leontief (1953) para analisar mudanças estruturais no tempo¹. A metodologia aqui sugerida enquadra-se na análise estática e toma como ponto de partida o trabalho de Anne Carter (1967) relativo à economia norte-americana. É apresentada uma metodologia que permite não somente o estudo comparativo de matrizes de diferentes países mas também diferentes matrizes referentes a um mesmo país e relativas a diferentes momentos no tempo. Devido às limitações das informações disponíveis, foram analisadas somente as matrizes de 2000 e 2005 referentes ao Brasil. As mudanças metodológicas introduzidas pelo IBGE conduzem a uma grande dificuldade na comparação intertemporal principalmente no que diz respeito à necessidade do uso de deflatores.

Neste trabalho, mudanças tecnológicas devem ser entendidas, em primeiro lugar, como mudanças nos coeficientes técnicos de produção de modo que a tecnologia de cada um dos setores da economia encontra-se definida em cada uma das colunas ou vetores da matriz de coeficientes técnicos. Desse modo, mudança tecnológica é entendida como “*a change in the magnitudes of the elements of these vectors*” (Leontief 1986), ou seja, mudança nas funções de produção setoriais. Tiebot (1969) define mudança tecnológica como qualquer mudança em algum coeficiente técnico enquanto que Rose (1984) a define como mudança num subconjunto de coeficientes da matriz de coeficientes técnicos. Como será visto, a comparação de um subconjunto de coeficientes nem sempre é satisfatória pois não oferece uma medida de conjunto das mudanças técnicas para a economia como um todo.

Em geral, mudanças nos coeficientes técnicos são o resultado da interação de inúmeros fatores: mudanças nos processos produtivos, utilização de novos insumos, mudanças organizacionais etc. Neste trabalho, mudanças de produtividade devem ser entendidas como o reflexo de mudanças técnicas quaisquer que sejam os fatores explicativos para tais mudanças. Ou seja, o setor A é mais ou menos produtivo do que o setor B, se, para produzir o mesmo produto líquido, ele necessita mais ou menos insumos para obter o mesmo produto líquido. Se o setor A, para obter o mesmo produto líquido que o

¹ Vide Sonis & Hewings (1998).

setor B, utiliza menos insumos então ele é mais produtivo. Essa maior produtividade é expressão de algum tipo de mudança técnica ocorrida. Portanto, mudanças técnicas são detectadas por meio de mudanças na produtividade de cada um dos setores da economia.

Por outro lado, mudança técnica também pode ser entendida como mudança na divisão do trabalho social que tem, como conseqüência, um maior aprofundamento das ligações interindustriais, uma maior dependência entre os setores na economia. Nem sempre é possível separar esses dois aspectos da mudança técnica. De um lado, as relações interindustriais modificam-se como resultado da mudança nas funções de produção setoriais. Mas as relações interindustriais podem se modificar como resultado de uma maior divisão do trabalho embora as funções de produção setoriais possam se manter inalteradas.

Via de regra, a maior parte das mudanças técnicas produzem melhorias incrementais na produtividade, ou seja, melhorias em processos produtivos existentes, produtos e formas de organização sem alteração da estrutura industrial Freeman (1982). Ao longo da história, poucas foram as mudanças técnicas radicais que originaram rupturas significativas com o padrão tecnológico anterior com a introdução de novos processos produtivos, produtos ou novas formas de organização da produção. Como exemplo, pode-se citar a introdução da máquina a vapor no século XVIII e a microeletrônica, a partir dos anos 50. Desse modo, as mudanças técnicas se processam lentamente de modo que as diferenças de produtividade setoriais, ao longo do tempo, são pequenas. Se considerarmos a economia como um todo, as mudanças de produtividade são ainda menores pois convivem, lado a lado, setores com diferentes ritmos de introdução de mudanças técnicas. Logo, ao compararmos duas matrizes de produção entre diferentes datas, é de se esperar que as diferenças de produtividade sejam ainda menores quanto mais próximas estiveram essas matrizes no tempo.

Este trabalho encontra-se dividido em 3 seções. Na primeira, é feita uma revisão bibliográfica dos trabalhos voltados para a análise de mudanças estruturais por meio de matrizes insumo produto. Ao mesmo tempo é apresentada a metodologia aqui proposta de análise de mudanças estruturais. Na segunda seção, é discutida a base de dados utilizada e os resultados da comparação das matrizes de 2000 e 2005. Na última seção, são resumidas as principais conclusões do capítulo.

2 MUDANÇAS TECNOLÓGICAS

2.1 Introdução

Há, pelo menos, dois métodos largamente utilizados na aferição da mudança técnica tendo por base o modelo de Leontief: comparação direta dos coeficientes técnicos e decomposição estrutural.

Leontief (1951) sugeriu aferir a mudança técnica por meio da comparação direta dos coeficientes técnicos. No estudo de mudanças estruturais e comparações entre diferentes economias, Chehery and Watanabe (1958) utilizam esse método e encontram estruturas de produção similares entre Japão (1951), Itália (1950), EUA (1947) e Noruega (1950). Da mesma forma, Simpson and Tsukui (1965) destacam a similaridade entre as economias do Japão e dos EUA e ressaltam a existência de elementos fundamentais nas estruturas produtivas das economias modernas. Com relação aos EUA e Japão, observam a existência de um padrão idêntico de indústrias fortemente relacionadas. Nessa comparação, triangularizam as duas matrizes eliminando os coeficientes pequenos.

Bezdek (1984) analisa as mudanças técnicas utilizando as matrizes para os anos de 1947, 1958, 1963, 1967 e 1972. Analisa as mudanças absolutas totais dos coeficientes das colunas bem como a média dessas mudanças. Além disso, analisa a média da mudança dos coeficientes tomados individualmente. Dessa análise, Bezdek tira duas conclusões: os coeficientes intermediários são mais estáveis do que os da demanda final e os coeficientes são mais estáveis quanto maior for o nível de agregação dos setores da matriz de coeficientes técnicos.

Esse método é, no entanto, parcial. Ele permite apenas a comparação de coeficientes individualizados por meio da diferença entre os mesmos.

2.2 Método da decomposição estrutural

No estudo das mudanças estruturais, o método da decomposição estrutural ² tem sido largamente utilizado consistindo na decomposição das fontes de variação do valor bruto da produção, fazendo-se variar cada um dos fatores explicativos e mantendo-se todos os demais fatores constantes. Considere o modelo de Leontief:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{Y} = \mathbf{B}\mathbf{Y} \quad (1)$$

² A respeito, vide Lahr & Dietzenbacher (2001).

A variação total da produção bruta ΔX pode ser decomposta nas seguintes parcelas:

$$\Delta X = B\Delta Y + Y\Delta B + \Delta B\Delta Y$$

As mudanças no valor da produção ΔX devido à variação da demanda final ΔY podem ser

estimadas fixando-se a matriz de coeficientes técnicos $B = (I - A)^{-1}$ para um dado ano:

$$\Delta X = B\Delta Y$$

Já as mudanças no valor da produção devido às mudanças nos coeficientes técnicos são obtidas fixando-se o vetor da demanda final aplicado a diferentes matrizes de insumos diretos e indiretos:

$$\Delta X = \Delta B Y$$

Por esse método, a mudança técnica é aferida pela diferença dos coeficientes técnicos entre duas matrizes que, para obter o mesmo produto líquido, utilizam quantidades diferentes de insumos intermediários. Quanto maior a quantidade desses insumos menor a produtividade. Em sua grande

maioria, as análises desenvolvidas abstraem a variação conjunta $\Delta B\Delta Y$ na explicação das variações no

valor da produção bruta. Em geral, as mudanças técnicas ΔB são pequenas de modo que é uma

aproximação razoável não levar em consideração o termo $\Delta B \Delta Y$. Se levarmos em consideração a variação conjunta, a variação total da produção como decorrência de alterações na demanda final é dada por

$$\Delta X = (B + \Delta B)\Delta Y$$

e devido à mudança técnica

$$\Delta X = \Delta B(Y + \Delta Y)$$

Guilhoto et alii (2001), analisam as mudanças estruturais ocorridas, nas economias do Brasil e dos EUA, devido às mudanças na demanda final e na tecnologia, considerando o termo de variação conjunta, denominado de interação sinérgica entre a demanda final e tecnologia.

Em geral, os trabalhos que utilizam esse método estão preocupados em aferir não somente o impacto de mudanças técnicas sobre o valor bruto da produção mas, também, a importância de outros fatores explicativos como mudanças na demanda final, comércio exterior etc.

Vaccara & Simon (1968) procuram decompor as mudanças na produção bruta devido à demanda final e devido às mudanças nos elementos constituintes da matriz inversa de Leontief. Os bens intermediários necessários para a produção bruta do ano de 1958 são calculados com os coeficientes técnicos dos anos de 1947, 1958 e 1961.

Bezdek & Wendling (1976) analisaram as mudanças no valor bruto da produção da economia norte-americana, no período de 1947 a 1966, separando as mudanças devido aos coeficientes técnicos das mudanças devido à demanda final. Nas mudanças devido à demanda final, é fixada a matriz de insumos diretos e indiretos de 1958 fazendo-se variar o vetor de demanda final. Nas mudanças referentes aos coeficientes técnicos, são fixadas as produções brutas e o vetor de demanda final. Mesma metodologia é adotada por Skolka (1989) ao analisar as mudanças estruturais da economia austríaca entre os anos de 1964 e 1976. Além de analisar as mudanças estruturais devido à mudança nos coeficientes técnicos e na demanda final, Skolka analisou também duas outras fontes de mudanças do valor da produção: comércio exterior e produtividade do trabalho.

Bezdek e Dunham (1976) analisaram o impacto de mudanças na composição do produto com relação à estabilidade dos coeficientes técnicos. A principal conclusão do trabalho diz respeito mudanças na composição do produto ocorridas entre 1958 e 1963, na economia norte-americana, parecem não explicar grande parte das mudanças nos coeficientes técnicos.

Feldman & Palmer (1987) procuram decompor as fontes de mudança estrutural na economia dos EUA, entre os anos de 1963 e 1978, em mudanças devido à composição da demanda final e mudanças devido aos coeficientes técnicos. A principal conclusão indica que grande parte das mudanças estruturais se devem às mudanças na composição da demanda final. Este estudo é, até certo ponto, coerente com os resultados encontrados por Vaccara & Simon (1968). No entanto, no caso de algumas indústrias em declínio, as mudanças foram determinadas principalmente por mudanças nos coeficientes técnicos. No caso da indústria química, setor emergente, 95% da mudança pode ser atribuída aos coeficientes técnicos.

Por meio da análise da decomposição estrutural, é possível de se identificar quais os setores da economia que experimentam as maiores mudanças entre dois momentos no tempo. Ao mesmo tempo, é possível de se afirmar qual ou quais os coeficientes são responsáveis por essa mudança. Por outro lado, também é possível de se afirmar qual das duas matrizes é a mais produtiva. No entanto, não é possível por esse método determinar-se quais os coeficientes são mais relevantes do ponto-de-vista dos impactos da mudança técnica nos demais setores da economia. Ou seja, quais são os coeficientes com maior poder de afetar os demais coeficientes, quais os coeficientes com maior campo de influência. O objetivo do método do campo de influência é determinar os coeficientes mais relevantes, ou seja, com maior poder de influência ou campo de influência. Sonis e Hewings (1989) apresentam metodologia elaborada do conceito de campo de influência. Em certo sentido, o método do campo de influência tem sido um instrumento complementar ao método da decomposição estrutural no estudo das mudanças técnicas.

2.3 Avaliação de mudanças técnicas

Vimos que, para aferir especificamente o impacto das mudanças técnicas, devemos fixar o vetor de demanda final, fazendo variar a matriz de coeficientes técnicos. Anne Carter (1967) realizou trabalho pioneiro analisando as mudanças tecnológicas ocorridas na economia norte americana comparando as matrizes de 1947 e 1958. Na metodologia por ela adotada, procura-se determinar a quantidade de insumos diretos e indiretos necessária para produzir o mesmo vetor de demanda final com os coeficientes técnicos referentes a diferentes anos. Dado o vetor de demanda final referente ao

ano de 1962 e os coeficientes da matriz inversa dos anos de 1947 e 1958, obtém-se o vetor de produção bruta setorial. Fazendo-se a diferença entre dois vetores de produção bruta, determina-se o total de requisitos diretos e indiretos necessários para produzir o mesmo vetor de demanda final. Quanto maiores forem esses requisitos, menos produtivo é o setor. Agregando-se todos os setores, determina-se qual das duas matrizes é a mais produtiva. As mudanças foram analisadas fazendo-se a soma do valor absoluto das diferenças no valor da produção bruta entre essas duas matrizes. Essas mudanças foram estimadas em 12% para esse período, para a economia como um todo. Ou seja, a matriz de 1958 é 12% mais produtiva do que a de 1947. As maiores mudanças setoriais anuais observadas foram: siderurgia (-3,0%), mineração de carvão (-5,0%), componentes eletrônicos (+5,0%); plásticos e sintéticos (+3,0%).

Considere duas matrizes de coeficientes diretos A e B e um mesmo vetor de demanda final Y . As produções brutas necessárias para obter o mesmo vetor de demanda final com essas duas matrizes são dadas por

$$X' = (I - A)^{-1}Y$$

e

$$X = (I - B)^{-1}Y$$

Fazendo-se a diferença entre os dois vetores de produção bruta, obtemos:

$$\Delta X = [(I - A)^{-1} - (I - B)^{-1}]Y$$

Se $\Delta X_i > 0$, ou seja, se $X'_i > X_i$ conclui-se que o setor i da matriz A é menos produtivo do que o mesmo setor da matriz B . Ou seja, por meio da matriz A são necessários mais insumos para se obter o mesmo produto líquido do setor i . Por esse método, é possível realizar comparações entre setores de duas matrizes tecnológicas. No entanto, é problemática a comparação das duas matrizes como um todo pois a soma das produções brutas setoriais depende da composição da demanda final. Carter (1967) utilizou o vetor de demanda final referente ao ano de 1962. Provavelmente, se tivesse utilizado um outro vetor de demanda final, com diferente composição, talvez o resultado possa ser diferente.

Feldman, McClain & Palmer (1987), baseando-se em trabalho de Carter (1980), utilizam a metodologia denominada de *rowscaler*. Sejam A e B duas matrizes tecnológicas e Y o vetor de demanda final. A produção bruta X' necessária para obter esse vetor de demanda final com a matriz B é dada por

$$X = BX + Y \quad (2)$$

Seja X , o vetor de produção bruta que seria obtido com novos coeficientes:

$$X' = AX + Y \quad (3)$$

Considerando a mesma linha dos vetores brutos de produção das duas matrizes podemos escrever a razão entre as produções brutas:

$$r_i = \frac{X'_i}{X_i}$$

Se $X'_i > X_i$, conclui-se que os coeficientes da linha i da matriz A são menores do que os da

matriz B , ou seja, o setor i é menos produtivo. Substituindo (2) em (3), obtemos a relação entre as produções brutas necessárias para se obter o mesmo vetor de demanda final:

$$X' = [I + (A - B)]X$$

2.4 Método alternativo de decomposição estrutural

O método utilizado por Feldman, McClain & Palmer (1987), no entanto, envolve um forte inconveniente, qual seja, as diferenças entre os vetores de produção bruta são expressos em termos de diferenças nos coeficientes diretos de produção sem levar em consideração os impactos indiretos.

Sejam A e B duas matrizes tecnológicas e Y o vetor de demanda final. A produção bruta X' necessária

para obter esse vetor de demanda final com a matriz A é dada por

$$X' = AX + Y \quad (4)$$

Seja X o vetor de produção bruta que seria obtido com a matriz B para obter o mesmo vetor de

demanda final Y

$$X = BX + Y \quad (5)$$

Substituindo (5) em (4) obtemos:

$$X' = (I - A)^{-1}(I - B)X \quad (6)$$

Com esse procedimento, fica estabelecida a relação entre as duas matrizes tecnológicas e as produções brutas necessárias para a obtenção do mesmo produto líquido.

Se $A = B$ segue-se que $(I - A)^{-1}(I - B) = I$ e, portanto, $X = X'$. Nesse caso, para se obter o mesmo produto líquido são necessárias as mesmas quantidades de bens intermediários. A tecnologia de produção é a mesma, ou seja, não há qualquer diferença tecnológica entre os diferentes setores das

duas matrizes. Se $A \neq B$ segue-se que $(I - A)^{-1}(I - B) \neq I$. Nesse caso, $X \neq X'$, ou seja, os dois vetores de produções brutas são diferentes de modo que as duas matrizes são tecnologicamente diferentes sendo necessárias diferentes quantidades de bens intermediários para se obter o mesmo produto líquido.

Fazendo $r = (I - A)^{-1}(I - B)$, a equação (6) pode ser reescrita de forma compacta:

$$X' = rX$$

Sendo $[y_{ij}]$ os coeficientes da matriz r que estabelecem a relação entre as produções brutas X e

X' . Adotando-se o vetor X como numerário do sistema obtém-se $X' = r$. Nesse caso, cada elemento do

vetor X' , que podemos denominar de coeficientes de mudança técnica, é obtido pela soma dos coeficientes das linhas da matriz, ou seja:

$$X'_i = \sum_{j=1}^n y_{ij}$$

Desse modo, se $X'_i > 1$ o setor i da matriz A é menos produtivo do que o mesmo setor da matriz

B ; se $X'_i < 1$ o setor i da matriz A é mais produtivo do que o correspondente setor da matriz B e se

$X'_i = 1$ o setor i da matriz A é tão produtivo quanto o correspondente setor da matriz B .

Esse procedimento permite que sejam comparados os mesmos setores de diferentes matrizes de forma a determinar se um dado setor é mais ou menos produtivo do que o respectivo setor da outra

matriz. Apesar da comparação poder ser feita a nível de setores ainda não há meios de se afirmar se uma das matrizes é mais ou menos produtiva do que a outra. Somente no caso extremo em que todos os setores de uma das matrizes forem mais produtivos do que os respectivos setores da outra matriz, é possível afirmar, de forma inequívoca, que uma das matrizes é mais produtiva do que a outra. A razão disso reside no fato de que a agregação depende da composição do vetor de produção bruta que, por sua vez, depende da composição da demanda final que é exógena ao sistema. Diferentes composições podem conduzir a resultados diferentes. Setores de baixa produtividade tendem a reduzir o seu peso na economia como um todo. Por outro lado, setores de elevada produtividade tendem a elevar a sua participação. Desse modo, imputar a mesma participação aos setores produtivos entre dois anos diferentes pode conduzir a distorções na análise. Anne Carter (1967), por exemplo, impôs a mesma composição da demanda final do ano de 1962 para os anos de 1947 e 1958. Desse modo, a utilização de mesma composição da demanda final só nos permite comparar setores e não as matrizes como um todo. Parece evidente que devemos impor um *mix* das participações entre dois diferentes anos de forma que as diferentes participações não causem distorções na análise. Um procedimento imediato consiste em estimar um vetor de participações na produção bruta que seja a média dos vetores para dois anos diferentes. Desse modo, uma matriz é mais ou menos produtiva do que outra se para obter o mesmo vetor de produção bruta necessita mais ou menos insumos.

3 RESULTADOS OBTIDOS

Foram utilizadas as matrizes do IBGE para os anos de 2000 e 2005. Essas matrizes estão organizadas em 55 setores e a tabela dos deflatores das Contas Nacionais, para o período de 2000 a 2005, em 54 setores. Os setores agricultura, silvicultura, exploração florestal e pecuária e pesca dessas matrizes foram agregados no setor agropecuária de forma a se obter matrizes a 54 setores, compatíveis com a tabela dos deflatores.

Comparações intertemporais de matrizes introduzem uma grande dificuldade pois os coeficientes técnicos são medidos por meio de fluxos monetários dependendo, portanto, dos preços relativos. Devido à impossibilidade prática de se medir esses coeficientes em unidades físicas, eles são

medidos em valor a_{ij} podendo ser escritos como o produto dos verdadeiros coeficientes técnicos a_{ij}^* ,

medidos em unidades físicas, pelos preços relativos $P_i P_j^{-1}$

$$a_{ij} = a_{ij}^* \frac{P_i}{P_j}$$

Se $P_i P_j^{-1}$ se eleva, os coeficientes em valor a_{ij} se elevam apesar do fato de que os coeficientes

em unidades físicas a_{ij}^* possam se manter constantes. Por essa razão, os coeficientes em valor devem

ser multiplicados pelo inverso do relativo de preços $P_i P_j^{-1}$ de forma a se manter o coeficiente em unidades físicas invariante com relação a movimentos de preços relativos. Os preços utilizados na correção dos coeficientes técnicos são índices obtidos a partir das variações de preços medidas pelo deflator interno do PIB entre os anos de 2000 e 2005 tomando-se o ano de 2000 com base, ou seja,

fazendo-se, para o ano de 2000, $P_i P_j^{-1} = 1$. Sendo P uma matriz diagonal de preços, os coeficientes da

matriz A , referente ao ano de 2005, foram corrigidos pelas mudanças de preços relativos de modo que a equação (6) fica:

$$X' = [I - (P^{-1}AP)]^{-1}(I - B)X$$

Na Tabela 1, os resultados setoriais foram agregados em cinco setores segundo a composição da produção bruta do ano de 2000 e 2005. A partir dos coeficientes de mudança técnica para os anos de 2000 e 2005, foram obtidas as médias dos mesmos.

Os resultados obtidos indicam que a matriz de 2005 é mais produtiva do que a matriz do ano 2000, ou seja, a produção bruta do ano de 2005 necessária para produzir o mesmo vetor de demanda final é de 0,97291 da produção bruta necessária no ano de 2000 (Tabela 1). Ou seja, necessita-se menos insumos para se obter o mesmo vetor de demanda final. Há um ganho de produtividade da ordem de 2,709%. Os setores de agricultura, silvicultura e exploração florestal, indústria extrativa e indústria de transformação necessitam de menos insumos, ou seja, elevam a produtividade enquanto que nos setores de construção civil, SIUP e serviços há uma queda de produtividade. Esse resultado é válido seja adotando-se a composição da produção bruta do ano de 2000, seja a de 2005. Isso decorre do fato de que as matrizes estão muito próximas no tempo sendo a composição da produção bruta muito semelhante entre um ano e outro: o coeficiente de correlação é de 0,981.

Tabela 1 – Coeficientes de mudança técnica agregados

Setor	2000	2005	Média
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	1,10588	1,10588	1,10588
Indústria Extrativa	1,03940	1,03160	1,03550
Indústria de transformação	0,97676	0,97889	0,97782
Construção	0,94743	0,94743	0,94743
SIUP	1,18261	1,18261	1,18261
Serviços	0,94515	0,94288	0,94401
Total	0,97196	0,97387	0,97291

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela 2, os coeficientes de mudança técnica encontram-se desagregados em 54 setores. Há que se destacar o setor de intermediação financeira e seguros em que o coeficiente de mudança técnica se reduz de forma acentuada para 0,51353 indicando um ganho de produtividade de 48,65%. Da mesma forma há que destacar os setores de artigos de plástico (0,80238), refino de petróleo e coque (0,85061), máquinas, aparelhos e materiais elétricos (0,86443) e material eletrônico e equipamentos de comunicação (0,86758). Em contrapartida, constata-se perdas de produtividade acentuadas nos

setores de celulose e produtos de papel (1,26661); SIUP (1,18261); outros equipamentos de transporte (1,18008) e petróleo e gás natural (1,14258).

Tabela 2 – Coeficientes de mudança técnica setoriais

N	Setores	Coeficientes	Variação %	% VBP 2000	% VBP 2005
1	Intermediação financeira e seguros	0,51353	-48,65	0,055536	0,052640
2	Artigos de borracha e plástico	0,80238	-19,76	0,012129	0,012725
3	Refino de petróleo e coque	0,85061	-14,94	0,025812	0,032405
4	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,86443	-13,56	0,007477	0,008051
5	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,86758	-13,24	0,011336	0,009676
6	Metalurgia de metais não-ferrosos	0,88235	-11,76	0,006028	0,006672
7	Serviços prestados às empresas	0,88787	-11,21	0,040588	0,036869
8	Fabricação de aço e derivados	0,90951	-9,05	0,011609	0,019405
9	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,94101	-5,90	0,002535	0,002223
10	Alimentos e bebidas	0,94118	-5,88	0,061670	0,067948
11	Produtos farmacêuticos	0,94290	-5,71	0,008250	0,007245
12	Construção	0,94743	-5,26	0,056241	0,044279
13	Móveis e produtos das indústrias diversas	0,94797	-5,20	0,009913	0,008693
14	Produtos e preparados químicos diversos	0,95064	-4,94	0,003593	0,003438
15	Serviços de manutenção e reparação	0,95222	-4,78	0,010294	0,006722
16	Jornais, revistas, discos	0,95597	-4,40	0,010291	0,007753
17	Outros serviços	0,96616	-3,38	0,033842	0,028943
18	Administração pública e seguridade social	0,97168	-2,83	0,075078	0,077881
19	Serviços de alojamento e alimentação	0,97586	-2,41	0,021397	0,018418
20	Comércio	0,97737	-2,26	0,077092	0,077744
21	Artigos do vestuário e acessórios	0,97867	-2,13	0,010168	0,007400
22	Eletrodomésticos	0,98644	-1,36	0,002555	0,002525
23	Defensivos agrícolas	0,99109	-0,89	0,002598	0,003095
24	Outros produtos de minerais não-metálicos	0,99196	-0,80	0,007196	0,006740
25	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	0,99410	-0,59	0,010910	0,013959
26	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,99445	-0,55	0,003641	0,003136
27	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,99576	-0,42	0,002905	0,002802
28	Produtos do fumo	0,99678	-0,32	0,002204	0,002514
29	Educação pública	0,99922	-0,08	0,023788	0,020905
30	Saúde pública	0,99989	-0,01	0,014513	0,015528
31	Transporte, armazenagem e correio	1,00137	0,14	0,046040	0,047772
32	Saúde mercantil	1,00547	0,55	0,020033	0,017405
33	Álcool	1,00710	0,71	0,004413	0,003250
34	Peças e acessórios para veículos automotores	1,00777	0,78	0,008730	0,014739
35	Automóveis, camionetas e utilitários	1,00816	0,82	0,012649	0,014019
36	Perfumaria, higiene e limpeza	1,00845	0,84	0,005854	0,004627
37	Educação mercantil	1,01010	1,01	0,011775	0,009521
1	Minério de ferro	1,01396	1,40	0,003600	0,006225
2	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	1,01718	1,72	0,012943	0,015995
3	Artefatos de couro e calçados	1,02179	2,18	0,006614	0,006210
4	Cimento	1,03972	3,97	0,002216	0,001763
5	Fabricação de resina e elastômeros	1,04029	4,03	0,005529	0,006338
6	Têxteis	1,04267	4,27	0,011114	0,008925

7	Caminhões e ônibus	1,04416	4,42	0,003155	0,005201
8	Serviços de informação	1,04772	4,77	0,035170	0,037043
9	Outros da indústria extrativas	1,06585	6,59	0,003464	0,003207
10	Produtos de madeira - exclusive móveis	1,07903	7,90	0,004768	0,005181
11	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	1,10588	10,59	0,047795	0,051358
12	Serviços imobiliários e aluguel	1,11242	11,24	0,060545	0,046547
13	Produtos químicos	1,11833	11,83	0,013088	0,016120
14	Petróleo e gás natural	1,14258	14,26	0,010460	0,018802
15	Outros equipamentos de transporte	1,18008	18,01	0,004775	0,006486
16	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	1,18261	18,26	0,033315	0,035027
17	Celulose e produtos de papel	1,26661	26,66	0,010767	0,009905
Total				1,000000	1,000000

Fonte: Elaborado pelos autores

4 CONCLUSÕES

O método da decomposição estrutural tem sido largamente utilizado no estudo das mudanças técnicas. Por esse método, duas matrizes de produção são comparadas fixando-se o vetor de demanda final e, por conseqüência, a composição do vetor de produção bruta. Um dado setor da economia é mais ou menos produtivo em diferentes pontos do tempo se, para a obtenção de um mesmo vetor de demanda final, necessita mais ou menos insumos para obtê-lo. Esse conceito de mudança técnica leva em consideração todos os coeficientes técnicos e não se restringe à comparação parcial de subconjuntos de coeficientes técnicos.

A metodologia aqui adotada permite a determinação da mudança técnica de um dado setor ao longo do tempo e, ao mesmo, permite afirmar se uma dada matriz é mais ou menos produtiva do que outra qualquer. Para isso, é necessário ponderar os coeficientes de mudança técnica setoriais pela composição do vetor de produção bruta. Na comparação de dois diferentes anos, depara-se com composições do vetor de produção bruta diferentes em função de mudanças no vetor de demanda final. O ideal é adotar a composição média entre dois diferentes anos.

Os resultados obtidos indicam que a matriz de 2005 é mais produtiva do que a matriz do ano 2000, ou seja, a produção bruta do ano de 2005 necessária para produzir o mesmo vetor de demanda final é de 0,97291 da produção bruta necessária no ano de 2000. Ou seja, necessita-se menos insumos para se obter o mesmo vetor de demanda final. Há um ganho de produtividade da ordem de 2,709%. Os setores de agricultura, silvicultura e exploração florestal, indústria extrativa e indústria de transformação necessitam de menos insumos, ou seja, elevam a produtividade enquanto que nos setores de construção civil, SIUP e serviços há uma queda de produtividade. Esse resultado é válido

seja adotando-se a composição da produção bruta do ano de 2000, seja a de 2005. Isso decorre do fato de que as matrizes estão muito próximas no tempo sendo a composição da produção bruta muito semelhante entre esses dois anos. Se a composição do vetor produção bruta fosse muito diferente, é possível que, adotando-se a ponderação de 2000 ou de 2005, obtivéssemos resultados diferentes. Neste caso, a comparação deveria ser feita utilizando-se a média das composições entre os dois diferentes anos.

REFERÊNCIAS

BEZDEK, ROGER H. & DUNHAM, CONSTANCE R.(1976). On the Relationship between Changes in Inpu-Output Coefficients and Changes in Product Mix. *The Review of Economics and Statistics* Vol.58, No. 3 (Aug 1976, pp.375-379).

BEZDEK, R.H. (1978). Postwar structural and technological change in the American Economy. *Int.J.Manag.Sci*, 6, 211-225.

BEZDEK, R.H. (1984). Tests of Three Hypotheses Relating to the Leontief Input-Output Model Author(s): Roger H. Bezdek Source: *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 147, No. 3 (1984), pp. 499-509.

BEZDEK, ROGER H. & WENDLING, ROBERT M. (1976). Disaggregation of Structural Change in the American Economy: 1947-1966. Bureau of Economic Analysis. Department of commerce, Washington, D.C.

CARTER, ANNE P. (1967). Changes in the Structure of The American Economy,1947 to 1958 and 1962. *The Review of Economics and Statistics*. Vol.49, No 2 (May,1967), pp.209-224.

CARTER, ANNE P. (1980). Changes in Input-Output structures Since 1972. *Data Resources Interindustry Review* 1980.

CHENERY, H.B. & T.WATANABE (1958). International comparisons of the Structure of Production. *Econometrica* 26:487-521.

FELDMAN, J., DAVID MCCLAIN & KAREN PALMER. (1987) Sources of Structural Change in the United States 1963-78. An Input-Output Perspective. *The Review of Economics and Statistics*, Vol.69. No 3 (Aug, 1987), pp.503-510.

FREEMAN, C.(1982). *The Economics of Industrial Innovation*. Pinter, London, 1982. 2a edição.

GUILHOTO, J.J.M., G.J.D. HEWINGS, M. SONIS, E J. GUO (2001). Economic Structural Change Over Time: Brazil and United States Compared. *Journal of Policy Modeling* 23 (2001) 703-711.

- LAHR, M.L. E E. DIETZENBACHER (eds) (2001). *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions*. Houdmills: Palgrave.
- LEONTIEF, W. (1951). *The Structure of the American Economy*. Segunda Edição Ampliada. New York: Oxford University Press.
- LEONTIEF, WASSILY. (1953). *Dynamic Analysis*. IN: W.Leontief and allii. ed. *Studies in the structure of The american Economy: Theoretical and Empirical Explorations in Input-Output Analysis*. New York.Oxfor University Press.
- LEONTIEF, W. (1986). *Input-Output Economics*. 2a ed. New York: Oxford University Press.
- ROSE, A.Z. (1984). *Technological Change and Input-Output Analisys: An Appraisal*. *Socio-Economic Planning Sciences*, 18, 305-18.
- SIMPSON, DAVID & TSUKUI, JINKICHI.(1965). *The Fundamental Structure of Input-Output Tables, An International Comparison*. *The Review of Economics and Statistics*, vol.47, No. 4 (Nov.,1965), pp.434-446.
- SKOLKA, JIRI. (1989). *Input-Output Structural Decomposition Analysis for Austria*. *Journal of Policy modeling*, 11(1):45-66 (1989)
- SONIS, MICHAEL & GEOFFREY J.D. HEWINGS (1998). *Temporal Leontief Inverse*. *Macroeconomic Dynamics*, 2, 89-114.
- SONIS, M. E G.J.D. HEWINGS (1989). *Error and Sensitivity Input-Output Analysis: a New Approach*. Em R.E. Miller, K.R. Polenske e A.Z. Rose (eds.) *Frontiers of Input-Output Analysis*. New York, Oxford University Press.
- TIEBOT, CHARLES M.(1969). *An empirical Regional Input-Output Projection Model: The State of Washington State 1980*. *The Review of Economics and Statistics*. Vol.51, No. 3, (Aug.,1969) , pp.334-340
- VACCARA, BEATRICE & NANCY SIMON (1968).*Factors affecting the Postwar IOndustrial Composition of Income and Product*. IN: John kendrick (ed.). *The Industrial Composition of Income and Product*. National Bureau of Economic Research and Columbia University Press. New York.

TECHNOLOGICAL CHANGE IN THE LEONTIEF MODEL: THE BRAZILIAN CASE

ABSTRACT

The main purpose of this article is to analyze the technological change in the Brazilian economy between 2000 e 2005 years using the Leontief model. The method of structural decomposition is used to analyze the technological change. One sector is more o less productive in deferent's years if it requires more or less inputs to produce the same final demand. One matrix is more or less productive if it requires more or less inputs to produce the same vector of final demand. To compare two matrices it is necessary to weight the sectoral coefficients of technological change by the composition of the vector of gross production. The results obtained shows that the matrix of the year of 2005 is 2,709% more productive than the matrix of 2000 year.

Keywords: Technological change; Leontief model; Structural decomposition method JEL
Classification: C67, L60, O3.

Data do recebimento do artigo: 10/09/2013

Data do aceite de publicação: 15/12/2013