

O SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE VIA INDICADORES DE INSUMO-PRODUTO E O MODELO HÍBRIDO PARA OS ANOS DE 1997 E 2002 *

Vinicius de Azevedo Couto Firme**

Fernando Salgueiro Perobelli***

Este trabalho analisa as mudanças estruturais ocorridas no setor energético brasileiro nos anos de 1997 e 2002. Para tanto, utiliza as matrizes de insumo-produto estimadas por Guilhoto e Sesso (2005) para ambos os anos. Cabe ressaltar que, devido à necessidade de compatibilização dos dados de energia (fluxos físicos) constantes no Balanço Energético Nacional (BEN) e a matriz de insumo-produto para o Brasil, este artigo apresentará resultados para quatorze setores produtivos. A análise setorial se baseará em duas partes. A primeira será composta por uma análise exploratória do setor, mediante utilização dos indicadores clássicos de insumo-produto (isto é, setor-chave, análise dos multiplicados de emprego, renda e produção). Na segunda seção, a análise tomará por base o modelo híbrido de insumo-produto. O modelo híbrido permitirá verificar quais os requerimentos diretos, indiretos e totais do setor de energia. Os resultados deste artigo permitirão um melhor entendimento do setor de energia no Brasil.

Palavras-chave: insumo-produto; setor energético; modelos híbridos.

THE BRAZILIAN ENERGY SECTOR: AN ANALYSIS USING INPUT-OUTPUT INDICATORS AND THE HYBRID MODEL FOR THE YEARS 1997 AND 2002

This paper analyzes the structural changes into the Brazilian energy sector for the years of 1997 and 2002. In order to reach this aim, we used the Guilhoto and Sesso (2005) estimated input-output matrices for both years. In order to make the National Energy Balance and the Input-output matrix compatible we used an input-output matrix for 14 sectors. The sectoral analysis will be divided in two parts. The first will be composed by an exploratory analysis of energy sector. We will use the classical indicators (e.g. key-sector, employment multiplier, income and production multiplier). At the second part, we will make a requirement analysis (total, direct and indirect) for the energy sector. The results will help the policy makers to better understand the energy sector in Brazil.

Keywords: input-output; energetic sector; hybrid models.

* Pesquisador do Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

** Professor do Programa de Pós-graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora; pesquisador em produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

*** Os autores agradecem a participação de Joaquim J. M. Guilhoto pela disponibilização das matrizes de insumo-produto para a realização deste trabalho.

LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA DE BRASIL: UN ANÁLISIS A TRAVÉS DE INDICADORES DE INSUMO-PRODUCTO Y EL MODELO HÍBRIDO PARA LOS AÑOS 1997 Y 2002

Este artículo analiza los cambios estructurales en el sector energético brasileño en los años 1997 y 2002. Para ello, hacer uso de matrices de insumo-producto estimado por Guilhoto y Sesso (2005) para ambos años. Cabe señalar que debido a la necesidad de conciliar los datos de la energía (flujos físicos) que figura en el Balance Energético Nacional (BEN) y la matriz de insumo-producto para Brasil, en este documento se presentan los resultados para 14 sectores industriales. Un análisis sectorial se basará en dos partes. La primera consistirá en un análisis exploratorio de la industria a través del uso de los indicadores clásicos de la entrada-salida (el sector es clave, el análisis del empleo se multiplicaron, los ingresos y la producción). En la segunda sección el análisis se basará en el híbrido de insumo-producto. El modelo híbrido, que verificará los requisitos directa del sector, el consumo indirecto y total. Los resultados de este artículo ayudará a entender mejor el sector de la energía en Brasil.

Palavras-clave: de entrada-salida; sector de la energía; los modelos híbridos.

L'INDUSTRIE DE L'ÉNERGIE BRÉSILIENNE: UNE ANALYSE EN UTILISANT DES ENTRÉES-SORTIES DES INDICATEURS ET LE MODÈLE HYBRIDE POUR LES ANNÉES 1997 ET 2002

Cet article analyse les changements structurels dans le secteur énergétique brésilien dans les années 1997 et 2002. Pour ce faire, utiliser des matrices entrées-sorties estimée par Guilhoto et Sesso (2005) pour deux ans. Il est à noter qu'en raison de la nécessité de concilier les données de l'énergie (flux physiques) contenues dans le bilan énergétique national (BEN) et la matrice d'entrée-sortie pour le Brésil, ce document présente les résultats pour 14 secteurs industriels. Une analyse sectorielle sera basé en deux parties. La première consistera en une analyse exploratoire de l'industrie grâce à l'utilisation des indicateurs classiques d'entrées-sorties (ie secteur clé, l'analyse de l'emploi, des revenus multipliés et production). Dans la deuxième section de l'analyse sera fondée sur les hybrides d'entrée-sortie. Le modèle hybride qui permettra de vérifier les exigences directes, indirectes et secteur de l'énergie totale. Les résultats de cet article sera de mieux comprendre le secteur de l'énergie au Brésil.

Mots-clés: entrées-sorties; secteur de l'énergie; des modèles hybrides.

JEL: C67; D57; Q40.

1 INTRODUÇÃO

A energia é um insumo de uso generalizado na economia. Em decorrência disto, sua indisponibilidade pode produzir efeitos econômicos adversos de curto e de longo prazo. Esta carência relativa à disponibilidade de energia pode ser proveniente da falta de planejamento e investimento direcionados ao setor e, mais a longo prazo, da dificuldade em obter novas fontes renováveis de energia.¹

1. A possibilidade de investimentos em novas fontes de energia não será tratada neste trabalho.

No âmbito brasileiro, considerando o período de 1996 a 2002, pode-se concluir que, em média, mais de 48% dos recursos energéticos do país são oriundos de fontes não renováveis. Isto equivale a mais de 500 milhões de toneladas de equivalentes de petróleo (TEP)² produzidas no período. Pode-se destacar o petróleo, produto que responde, em média, por mais de 38% da energia primária do país. No caso das fontes renováveis, pode-se destacar a participação da energia hidráulica, que manteve uma média de quase 17% da produção total de energia primária do país. Lenha e produtos da cana-de-açúcar somados representaram quase um terço da energia total produzida no período (tabela 1).

TABELA 1
Produção e percentual por fonte de energia primária (1996-2002)

Ano	Energia não renovável										Total não renovável (a)	
	Petróleo		Gás natural		Carvão vapor		Carvão metalúrgico		Urânio (U ₃ O ₈)		Produção	%
	Produção	%	Produção	%	Produção	%	Produção	%	Produção	%		
1996	40,52	33,00	9,09	7,40	1,79	1,46	0,09	0,07	0,00	0,00	51,49	41,93
1997	43,59	33,43	9,75	7,48	2,11	1,62	0,06	0,04	0,00	0,00	55,51	42,58
1998	50,51	36,54	10,71	7,75	2,07	1,49	0,01	0,01	0,02	0,02	63,32	45,81
1999	56,61	38,67	11,81	8,07	2,11	1,44	0,02	0,01	0,00	0,00	70,55	48,19
2000	63,85	41,64	13,18	8,60	2,60	1,70	0,01	0,01	0,13	0,09	79,78	52,03
2001	66,74	42,68	13,89	8,88	2,17	1,39	0,01	0,01	0,67	0,43	83,49	53,39
2002	75,12	43,11	15,45	8,87	1,94	1,11	0,06	0,04	3,34	1,91	95,91	55,03
Soma e média	396,95	38,85	83,89	8,21	14,79	1,45	0,26	0,03	4,16	0,41	500,05	48,94

Ano	Energia renovável										Energia total (a+b)	
	Energia hidráulica		Lenha		Produtos da cana-de-açúcar		Outras		Total renovável (b)		Produção	%
	Produção	%	Produção	%	Produção	%	Produção	%	Produção	%		
1996	22,85	18,61	21,97	17,89	23,40	19,05	3,09	2,51	71,30	58,07	122,79	100
1997	23,98	18,39	21,66	16,62	25,94	19,90	3,28	2,52	74,87	57,42	130,38	100
1998	25,06	18,12	21,26	15,38	25,16	18,20	3,45	2,49	74,92	54,19	138,24	100
1999	25,19	17,20	22,13	15,11	24,58	16,79	3,97	2,71	75,86	51,81	146,41	100
2000	26,17	17,07	23,05	15,04	19,89	12,97	4,44	2,89	73,56	47,97	153,33	100
2001	23,03	14,73	22,44	14,35	22,80	14,58	4,63	2,96	72,90	46,61	156,39	100
2002	24,59	14,11	23,54	13,51	25,27	14,50	4,95	2,84	78,36	44,97	174,27	100
Soma e média	170,86	16,72	156,05	15,27	167,03	16,35	27,81	2,72	521,76	51,06	1.021,81	100

Elaboração dos autores.

Fonte: Brasil (2008).

Obs: 1. A produção está cotada em milhões de toneladas equivalentes de petróleo.

2. A participação relaciona o total produzido por uma determinada fonte de energia em um ano com a produção total obtida neste mesmo ano (fontes não renováveis mais renováveis).

3. A célula denominada *Soma e média* revela a produção acumulada entre 1996 e 2002 por fonte de energia e a participação média de cada uma destas fontes no mesmo período.

2. A tonelada equivalente de petróleo (TEP) é a unidade comum na qual se convertem as unidades de medida das diferentes formas de energia utilizadas no Balanço Energético Nacional (BEN). Os fatores de conversão são calculados com base no poder calorífico superior de cada energético em relação ao do petróleo, de 10.800 kcal/kg (Patusco, 2011).

Alguns autores argumentam que as matrizes de insumo-produto, convertidas em unidades híbridas, estariam entre as opções mais consistentes para analisar os encadeamentos do setor energético com os demais setores da economia (Bullard e Herendeen, 1975; Casler e Blair, 1997; Miller e Blair, 2009). Já existe certo avanço no que se refere ao uso deste método: alguns artigos utilizam matrizes inter-regionais para analisar o setor energético. Desta forma seria possível verificar as interdependências energéticas entre setores de regiões distintas. Perobelli *et al.* (2007) utilizaram um modelo híbrido inter-regional de insumo-produto com incorporação de um setor de energia visando analisar as interações energéticas entre o estado de Minas Gerais e o restante do Brasil.

Além disso, existem outras formas de se utilizarem modelos de insumo-produto híbridos para o setor energético. Carvalho e Perobelli (2008) quantificaram as emissões de CO₂ decorrentes do consumo de combustíveis energéticos, considerando um modelo de insumo-produto inter-regional híbrido para São Paulo e o restante do Brasil utilizando a matriz de 1996. Note-se que tal método poderia ser aplicado para diferentes finalidades: Machado (2002) avaliou os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de CO₂ por parte da economia brasileira utilizando um modelo de insumo-produto híbrido, em formato produto por atividade, aplicado aos anos de 1985, 1990 e 1995. Lenzen (1998) calculou as necessidades primárias diretas e indiretas de energia e os gases do efeito estufa (GEE) incorporados no consumo final da Austrália utilizando um modelo de insumo-produto em unidades monetárias e um modelo em unidades híbridas para o período de 1992-1993. Guilhoto e Hilgemberg (2006) aplicaram esta metodologia para estudar a emissão de CO₂ no Brasil para 1999 utilizando uma matriz inter-regional com desagregação para diversas regiões do Brasil.

Existe também outro método que possibilita a estimação e previsão de demanda de energia desagregada por setor. Tal procedimento une as ferramentas dos modelos de insumo-produto e econometria. Mattos *et al.* (2008) utilizam um modelo do tipo econométrico mais insumo-produto para realizar previsões de longo prazo do consumo de energia por setor de atividade no Brasil. São feitas previsões anuais para 2005-2010. A metodologia integra modelos econométricos de séries temporais com modelos de insumo-produto. Souza (2008) consegue mensurar os impactos setoriais, regionais e totais do consumo de energia elétrica, resultantes da variação do componente exportação da demanda final de Minas Gerais e do restante do Brasil, por meio da integração de modelos econométricos de séries temporais com modelos de insumo-produto.

Este trabalho tem por finalidade analisar a evolução do setor energético em 1997 e 2002 utilizando os instrumentos dos modelos de insumo-produto, visando fornecer informações sobre este setor para os agentes econômicos. Para tanto, serão utilizadas ferramentas que permitam obter resultados acerca do impacto deste setor

sobre o produto nacional, o emprego e a renda. Além disto, será verificada a ligação deste setor com os demais setores produtivos da economia brasileira, no que diz respeito à oferta e à demanda intersetoriais, pois, segundo Hirschman (1961), um setor que demanda e é demandado pelos demais setores acima da média apresenta características de um “setor-chave” ao crescimento de uma economia. Por último, serão verificados os requerimentos de energia dos setores produtivos brasileiros. Esta última análise permitirá que crescimentos em setores específicos da economia, que apresentem poder de pressão sobre o setor energético, venham acompanhados de maiores investimentos na geração de energia.

2 SETOR ENERGÉTICO E O CENÁRIO ECONÔMICO BRASILEIRO³

Observando a conjuntura econômica brasileira, desde o período que antecedeu os anos analisados, até 2002, pode-se verificar que de 1993 a 1997, com a estabilização da economia, estabeleceu-se um novo ciclo de desenvolvimento, o qual elevou os índices de expansão da economia e do consumo de energia. Neste período, o produto interno bruto (PIB) cresceu a 3,9% ao ano (a.a.) e a oferta interna de energia (OIE) cresceu a 4,8% a.a., com os derivados de petróleo apresentando taxa média de crescimento de 7% a.a.; a eletricidade, de 5,1% a.a.; e a biomassa, de 2% a.a.; correspondendo, respectivamente, a elasticidades de 1,79, 1,31 e 0,52 em relação ao PIB. As taxas de crescimento do consumo da eletricidade residencial e comercial foram de, respectivamente, 8,4% a.a. e 8,6% a.a.; da gasolina automotiva, de 13,8% a.a.; e do querosene de aviação, de 9,4% a.a. Estes foram os grandes indutores das altas taxas de consumo de energia, por conta da melhor distribuição de renda proporcionada pelo Plano Real. Neste período, as exportações de produtos intensivos em energia estagnaram ou regrediram.

Em 1998 e 1999, em razão de sucessivas crises externas, principalmente a crise cambial nos países asiáticos, que acabou contaminando a economia nacional, o governo brasileiro foi obrigado a tomar medidas que levaram a uma forte retração no crescimento econômico, tendo o PIB apresentado um crescimento de apenas 0,13% em 1998 e de 0,81% em 1999. O baixo desempenho da economia teve reflexos no consumo de energia de 1999, notadamente quanto às energias associadas ao uso individual, como o álcool hidratado, com queda de -8,6% no consumo; a gasolina automotiva, com queda de -6,3%; o querosene de aviação, com queda de -6,3%; e a energia elétrica residencial, com apenas 2,4% de crescimento. Neste mesmo ano, a OIE cresceu 2%.

Em 2000, após a desvalorização da moeda, ocorrida no ano anterior, a economia demonstrou sinais de recuperação, com o crescimento do PIB de

3. Esta seção foi baseada nos dados do Balanço Energético Nacional (BEN) do Ministério de Minas e Energia – MME (Brasil, 2006, p. 26-27).

4,36%, alavancado por desempenhos expressivos dos setores de comunicação (15,6%), extrativa mineral (11,5%) e indústria de transformação (4,8%). Em termos de consumo de energia, este ano mostrou-se atípico, tendo a OIE crescido apenas 0,7%, em razão do fraco desempenho de setores industriais intensivos em energia e também da continuidade do baixo consumo da energia associada ao uso individual da população.

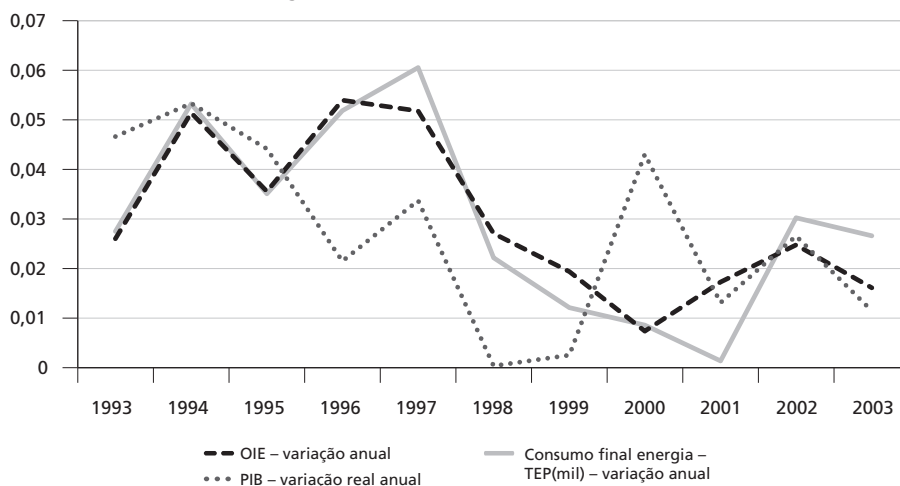
Em 2001, mais uma vez, a economia brasileira se retraiu, resultado do desaquecimento da economia americana, agravado pelos atentados terroristas, o qual contaminou as principais economias mundiais, e também pela crise de abastecimento de eletricidade que se estabeleceu no país. O PIB cresceu 1,42% e a OIE apresentou desempenho um pouco melhor que o anterior, de 1,7%. O consumo de energia elétrica do país decresceu -6,6%, em decorrência do contingenciamento de carga com os setores intensivos em energia, como aço, alumínio e ferroligas, sendo bastante afetados. O setor residencial também apresentou significativa retração no consumo, de -11,8%. O ano de 2001 encerrou com um consumo de derivados de petróleo igual ao do ano anterior e com consumo de álcool retraído em -7,9%.

Em 2002, a economia brasileira cresceu 1,52%, um resultado semelhante ao de 2001, tendo no setor agropecuário a melhor performance (5,3%). Em consequência da alta do câmbio e do término do contingenciamento da eletricidade, os setores exportadores voltaram a crescer, tendo reflexos na OIE, que apresentou crescimento de 2,5%, mesmo estando influenciada por desempenhos negativos dos derivados de petróleo, que retraíram -2,7%, e da eletricidade residencial, que regrediu 1,4%.

Um resumo das questões aqui tratadas pode ser observado no gráfico 1, no qual se pode notar que a taxa de variação do consumo final de energia diminui após 1997. Neste ano, o crescimento registrado foi de mais de 6%, caindo para pouco mais de 2% em 1998, 1,2% em 1999, 0,86% em 2000 e apenas 0,14% em 2001. Este decréscimo acentuado tem forte correlação com a diminuição de consumo observada no setor elétrico. Após 2001, o consumo apresenta uma pequena retomada no crescimento. A OIE acompanhou a taxa de variação do consumo final de energia até 1996. Em 1997, o consumo de energia superou a oferta interna, no entanto, ambas obtiveram um nível elevado de crescimento. Após 1997, esta passou a crescer a taxas decrescentes até 2000. Isto se deveu, em parte, ao baixo crescimento verificado no PIB brasileiro. Desde 1996, o PIB vinha crescendo a taxas inferiores ao consumo final de energia e à oferta interna, atingindo valores críticos de crescimento em 1998 e 1999, fato este que pressionou para baixo tanto o consumo quanto a oferta interna de energia. Em 2002, tanto o PIB quanto a OIE e o consumo interno apresentaram um pequeno crescimento em relação ao ano anterior.

GRÁFICO 1

Taxa de variação anual do produto interno bruto (PIB), oferta interna de energia e consumo final de energia (1993-2003)



Fonte: Brasil (2006; 2008); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Sistema de Contas Nacionais (SCN).

Obs.: o consumo final de energia foi obtido em Brasil (2008); a oferta interna de energia (OIE), em Brasil (2006); e o produto interno bruto (PIB), no SCN/IBGE.

3 METODOLOGIA⁴

Segundo Bullard e Herendeen (1975), Casler e Blair (1997) e Miller e Blair (2009), o modelo de insumo-produto em unidades híbridas é a formulação mais consistente para a aplicação de modelos de insumo-produto de natureza físico-econômica envolvendo uso de energia. Hawdon e Pearson (1995) e Zhang e Folmer (1998) apontam algumas vantagens no uso da estrutura de insumo-produto para analisar questões relativas ao setor energético: *i*) permite uma desagregação setorial maior que os modelos de otimização dinâmica e os modelos macroeconômicos; *ii*) permite a incorporação de fluxos de energia intersetoriais tanto em termos físicos quanto monetários; e *iii*) possibilita implementar análises de impacto. Entretanto, estes modelos também apresentam algumas limitações, quais sejam: *i*) coeficientes fixos de insumo-produto; *ii*) retornos constantes de escala; e *iii*) demanda final determinada exogenamente. É importante salientar que tais limitações não invalidam os resultados do modelo.

4. Todos os índices relacionados aos multiplicadores de emprego, produto e renda, de *linkages* para frente e para trás e de requerimentos do setor energético foram obtidos com base na matriz híbrida.

3.1 Modelo híbrido de insumo-produto

O modelo de insumo-produto híbrido apresentado nesta subseção é proveniente das abordagens utilizadas por autores como Hilgemberg (2004) e Miller e Blair (2009). O modelo de energia em unidades híbridas baseia-se em um conjunto de matrizes análogo ao do modelo convencional, isto é: matriz de transações ou fluxo de energia (medida em unidades físicas), matriz de requerimentos diretos de energia e matriz de requerimentos totais de energia (Miller e Blair, 2009). O procedimento consiste em substituir, na matriz de transações interindustriais (Z), a linha que representa os fluxos de energia em unidades monetárias pelo vetor coluna, que representa os fluxos físicos de energia (E), obtido a partir da matriz do balanço energético nacional. Ou seja, após esta substituição, tem-se uma nova matriz de fluxos interindustriais (Z^*), a qual representa os fluxos interindustriais de energia em unidades físicas e os demais fluxos em unidades monetárias.

Considere-se um modelo regional com quatro setores, em que um setor é, por hipótese, um setor de energia primária, cujos fluxos de produção para os demais setores são medidos em TEP (tonelada equivalente de petróleo). Neste caso, é possível expressar o modelo como:

$$Z = \begin{bmatrix} \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad E = [TEP \quad TEP \quad TEP \quad TEP] \quad (1)$$

Portanto, as matrizes em unidades híbridas serão representadas por um asterisco sobrescrito, como se segue:

$$Z^* = \begin{bmatrix} TEP & TEP & TEP & TEP \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad (2)$$

O mesmo procedimento deve ser utilizado para a produção total (X) e demanda final (Y) por setor:

$$Y^* = \begin{bmatrix} TEP \\ \$ \\ \$ \\ \$ \end{bmatrix} \quad X^* = \begin{bmatrix} TEP \\ \$ \\ \$ \\ \$ \end{bmatrix} \quad (3)$$

A matriz de coeficientes técnicos tradicional (A) pode ser representada como:

$$A = Z(\hat{X})^{-1} \quad (4)$$

Os elementos de (A^*) representam os coeficientes técnicos (ou coeficientes de requerimentos diretos) por unidade (física ou monetária). Em outras palavras, (A^*) é a matriz híbrida de coeficientes técnicos.

$$A^* = Z^*(\hat{X}^*)^{-1} = \begin{bmatrix} \overline{TEP} & \overline{TEP} & \overline{TEP} & \overline{TEP} \\ \overline{TEP} & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \overline{TEP} & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \overline{TEP} & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \overline{TEP} & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad (5)$$

A matriz inversa de Leontief, $B^* = (I - A^*)^{-1}$, apresentará a mesma estrutura da matriz A^* e será utilizada nos cálculos dos multiplicadores, *linkages* e requerimentos a seguir.

3.1.1 Multiplicadores⁵

Nesta subseção serão apresentados os cálculos para o multiplicador de produção, o multiplicador simples de emprego, o multiplicador de emprego do tipo 1 e o multiplicador de renda.

- a) O multiplicador de produção para o setor j é o valor total da produção em todos os setores da economia necessário para satisfazer uma unidade monetária adicional da demanda final pela produção do setor j . Formalmente este multiplicador é o somatório dos efeitos direto, indireto e inicial.

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

$$\Delta Y(1) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}; \Delta Y(2) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Em que:

$\Delta Y(1)$ indica uma mudança somente no valor da demanda final para o produto do setor 1.

5. Todos os multiplicadores estão explicitados em Miller e Blair (1985).

$\Delta Y(2)$ indica uma mudança somente no valor da demanda final para o produto do setor 2.

Logo, pode-se concluir que:

$$\begin{aligned}\Delta X(1) &= (I - A)^{-1} \Delta Y(1) = \begin{pmatrix} \alpha_{11} \\ \alpha_{21} \end{pmatrix} \\ \Delta X(2) &= (I - A)^{-1} \Delta Y(2) = \begin{pmatrix} \alpha_{21} \\ \alpha_{22} \end{pmatrix}\end{aligned}\quad (7)$$

$$O_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}$$

Portanto, em termos formais, o multiplicador de produto simples para o setor j , O_j dado na equação (7), é o somatório dos elementos da coluna da matriz inversa de Leontief. Este coeficiente mensura o impacto para todos os setores da economia de um valor adicional na demanda final do produto de um setor.

- b) O multiplicador de emprego capta o número de empregos criados no setor j devido a um aumento de uma unidade na produção do mesmo setor decorrente de uma variação de uma unidade, em valor, da demanda final.

Primeiramente, deve-se estimar a relação entre o valor bruto da produção (VBP) de um determinado setor e o emprego gerado neste setor. Em termos formais, tem-se:

$$\begin{aligned}E(n+1, j) &= [e_1 \ e_2] \rightarrow \text{vetor de conversão} \\ e_j &= \frac{\text{pessoal ocupado no setor } j}{\text{VBP do setor } j}\end{aligned}\quad (8)$$

Logo, o multiplicador simples de emprego será dado da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}\xi &= \hat{E}X = \hat{E}[(I - A)^{-1}Y] \\ \xi &= \begin{bmatrix} e_1 & 0 \\ 0 & e_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 X_1 \\ e_2 X_2 \end{bmatrix}\end{aligned}\quad (9)$$

$$\xi_j = e_1 X_1 + e_2 X_2$$

- b.1) Há também o multiplicador de emprego do tipo 1, segundo o qual, para cada emprego criado no setor j , há um total de W_j empregos criados na economia como um todo. Formalmente:

$$W_j = \frac{\xi_j}{e_j} \quad (10)$$

- c) O multiplicador de renda é calculado de forma análoga ao de emprego simples.⁶ Ele busca determinar quais os impactos de variações nos gastos com demanda final sobre a renda recebida pelas famílias (oferta de trabalho) em vez de calcular o impacto sobre a produção setorial.

Primeiramente, deve-se estimar a relação entre o valor da produção de um determinado setor e a renda (salário) gerada neste setor. Em termos formais, tem-se:

$W(n+1, j) = [\omega_1 \ \omega_2] \rightarrow$ vetor de conversão da renda

$$\omega_j = \frac{\text{renda gerada no setor } j}{\text{VBP do setor } j} \quad (11)$$

Logo, o multiplicador da renda será dado da seguinte maneira:

$$\mathfrak{R} = \hat{W}X = \hat{W} [(I - A)^{-1} Y]$$

$$\mathfrak{R} = \begin{bmatrix} \omega_1 & 0 \\ 0 & \omega_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_1 X_1 \\ \omega_2 X_2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\mathfrak{R}_j = \omega_1 X_1 + \omega_2 X_2$$

3.1.2 Linkages para frente e para trás

Segundo Hirschman (1961), o desenvolvimento significa a transformação de um determinado estágio da economia em outro mais evoluído. O autor afirma que o desenvolvimento econômico se manifesta segundo a lógica de um desenvolvimento não equilibrado, em que ocorrem avanços desiguais entre os diversos setores da economia. Em outras palavras, quando um setor tem um avanço, os demais buscam alcançá-lo. Este processo, em que um desequilíbrio gerado em um determinado setor desencadeia alterações nos demais setores, é que gera desenvolvimento econômico. Segundo ele, alguns setores da economia têm a capacidade de induzir novos investimentos, devido à sua forte ligação com os demais setores da economia.

6. Apresentado no tópico (b).

Essas ligações, ou *linkages*, podem gerar efeitos para frente ou para trás. Segundo Toyoshima e Ferreira (2002), investimentos realizados sobre um setor que apresenta elevados *linkages* para frente geram efeitos positivos sobre os demais setores compradores, ou seja, trata-se de um setor que é muito demandado na economia. Já no caso daqueles que apresentam *linkages* para trás, os efeitos positivos se dariam sobre os vendedores, logo, trata-se de um setor com alto poder de demanda sobre os demais. Para tanto, é necessário calcular os índices de ligação para frente (*forward linkage effects*) e para trás (*backward linkage effects*), propostos por Rasmussen (1956) e Hirschman (1961), como se segue.

- *Linkages* para trás (poder de dispersão) – U_j : determina o quanto um setor demanda dos demais setores da economia.
- *Linkages* para frente (sensibilidade da dispersão) – U_i : determina o quanto este setor é demandado pelos demais setores da economia.

Denotando (B) como a matriz inversa de Leontief, tem-se:

- b_{ij} – elemento típico da matriz inversa de Leontief;
- $b_{.j}$ – soma das linhas de B ;
- $b_{i.}$ – soma das colunas de B ;
- $b_{..}$ – soma total da matriz B ; e
- B^* – valor médio de todos os elementos de B , ou seja:

$$B^* = \frac{b_{..}}{n^2} \quad (13)$$

Logo, os índices de ligação para frente e para trás são respectivamente (14) e (15):

$$U_i = \frac{b_{i.}/n}{B^*} \text{ índice de ligação para frente} \quad (14)$$

$$U_j = \frac{b_{.j}/n}{B^*} \text{ índice de ligação para trás} \quad (15)$$

Em que:

- n – é o número de setores;
- $b_{i.}/n$ – é o valor médio dos elementos na coluna j ; e

c) $\frac{b_{.j}}{n}$ – é o valor médio dos elementos na linha i .

3.1.3 Setor-chave

Hirschman (1961) afirma que os setores que apresentam elevado grau de encadeamento na cadeia produtiva – propagando, assim, efeitos para frente e para trás acima da média – são considerados setores-chave para o crescimento. Os setores-chave são considerados, de acordo com a literatura, como os prioritários na promoção do crescimento econômico regional. Estes setores são encontrados da seguinte forma:

- se $U_j > 1$, então, uma mudança unitária na demanda final do setor j cria um aumento acima da média na economia, ou seja, o setor j gera uma resposta dos outros setores acima da média;
- se $U_i > 1$, então, uma mudança unitária na demanda final de todos os setores cria um aumento acima da média no setor i – o setor i tem uma dependência acima da média da produção dos outros setores; e
- se U_j e $U_i > 1$ – *setor-chave*.

3.1.4 Requerimentos de energia do setor energético⁷

Para se obterem os requerimentos de energia, é necessário subtrair B^* da matriz identidade, da seguinte forma:

$$R^* = B^* - I^* \quad (16)$$

Em que R é uma matriz de coeficientes de requerimento líquido total. A matriz de coeficientes de requerimento indireto será dada por:

$$Q^* = R^* - A^* \quad (17)$$

As matrizes A^* , R^* e Q^* proveem informações numéricas sobre o grau de dependência direta, total e indireta das atividades produtivas entre os setores. Os coeficientes da matriz A^* de requerimentos diretos de energia proveem informações sobre os efeitos imediatos, dada uma variação da demanda final, enquanto a matriz Q^* de requerimentos indiretos de energia capta os efeitos secundários de uma mudança da demanda final.

O interesse é extrair tanto da matriz A^* como da matriz R^* apenas as informações de requerimento relativas ao setor de energia. A matriz de requerimentos diretos de energia e a matriz de requerimentos totais de energia são obtidas

7. A metodologia para requerimentos de energia apresentada neste trabalho foi uma adaptação, para o contexto regional, do modelo inter-regional utilizado por Hilgemberg (2004).

extraindo-se, respectivamente, as linhas dos fluxos de energia de A^* e $(I - A^*)^{-1}$. Torna-se necessário criar uma matriz F^* com dimensão $n \times n$, na qual seus elementos que representam fluxos de energia (em TEP) são alocados ao longo da diagonal principal e os demais elementos são zeros.

$$F^* = \begin{bmatrix} TEP & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

Fazendo $F^*(\hat{X}^*)^{-1}$, obtém-se um vetor de zeros e números 1, no qual os números 1 denotam a localização do setor de energia. Pós-multiplicando as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais de energia por $F^*(\hat{X}^*)^{-1}$ recuperam-se apenas os coeficientes de energia, ou seja, a intensidade de energia.

Logo, δ representa os requerimentos diretos e α os requerimentos totais:

$$\delta = F^*(\hat{X}^*)^{-1} A^* \quad (19)$$

$$\alpha = F^*(\hat{X}^*)^{-1} (I - A^*)^{-1} \quad (20)$$

Os requerimentos indiretos de energia, g , são obtidos através da diferença entre os requerimentos totais (B^*) e os requerimentos diretos (5):

$$\gamma = F^*(\hat{X}^*)^{-1} [(I - A^*)^{-1} - A^*] \quad (21)$$

3.2 Base de dados

A base de dados utilizada neste artigo pode ser dividida em duas partes. Primeiramente, utilizaram as matrizes de insumo-produto estimadas por Guilhoto e Sesso (2005) referentes a 1997 e 2002. Tais matrizes apresentavam uma desagregação setorial para 42 setores produtivos e oitenta produtos (42 x 80). Destes, três setores passaram a compor o “setor energético” (petróleo e gás; refino do petróleo; e serviço industrial de utilidade pública – SIUP) e dez produtos passaram a constituir o “produto energia” (petróleo e gás; carvão e outros; álcool de cana e cereais; gasolina pura; óleos combustíveis; produtos do refino; produtos petroquímicos básicos; resinas; gasolina – álcool; e SIUP). A agregação destes setores e produtos gerou novas matrizes (40 x 71), que possibilitaram a obtenção das matrizes de consumo intermediário por setor (40 x 40) para 1997 e 2002.

O segundo passo foi utilizar os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) referentes a 1997 e 2002 para obter os valores não monetários (cotados em TEP) que iriam compor o modelo híbrido. No entanto, o BEN apresentava uma desagregação setorial diferente das matrizes de consumo intersetoriais (40 x 40). Logo, surgiu a necessidade de compatibilização entre as duas bases, o que gerou uma matriz final com desagregação para quatorze setores produtivos (mais detalhes sobre a agregação e compatibilização dos dados no apêndice A).

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos seguirá o mesmo ordenamento da seção 3.

4.1 Multiplicadores

A seguir serão apresentadas as análises dos resultados obtidos para os multiplicadores *produção, emprego, emprego tipo 1 e renda*.

a) Produção

O setor energético não apresenta um grande multiplicador de produção em relação aos demais setores da economia. Em 1997, a média deste índice, considerando todos os quatorze setores analisados, foi de 2,09. Este resultado deveu-se, principalmente, ao setor siderúrgico, que apresentou o maior multiplicador (3,51), seguido de transporte (2,86) e metais não ferrosos e outras metalurgias (2,54). Enquanto isto, o setor energético obteve um índice abaixo da média, apenas 1,38. Em 2002, a média brasileira destes setores caiu para 2,00. O setor energético, embora ainda permaneça abaixo da média, obteve elevação em seu multiplicador quando comparado a 1997. Passou de 1,38 em 1997 para 1,78 em 2002. No entanto, esta elevação não se refletiu em crescimento da média global para 2002, pois setores importantes como siderurgia e transportes apresentaram uma queda acentuada em seus coeficientes, assumindo valores de 2,81 e 2,51, respectivamente.

No entanto, existem outras formas de medir a importância de um setor para a economia. Através de instrumentos de insumo-produto pode-se captar o impacto que os setores geram sobre o emprego e a renda. Portanto, procurar-se-á, agora, analisar os impactos gerados no emprego, por setor, diante de uma variação exógena, de uma unidade de demanda final ocorrida em cada setor.⁸

8. Para melhor entendimento do impacto no emprego, o coeficiente multiplicador de emprego apresentado estará multiplicado por mil unidades monetárias e apresentará apenas duas casas decimais.

b) Emprego

Em 1997, a média do multiplicador de emprego simples para os quatorze setores da economia foi de 64,56. Isto quer dizer que, em média, quando são investidas mil unidades monetárias na economia, são gerados pouco mais de 64 novos postos de trabalho. Entre os setores que mais geram empregos, pode-se citar a agropecuária (160,36) e o de têxtil e vestuário (105,17). O setor energético, em 1997, apresentou o pior índice entre os setores analisados, com apenas 14,67, ou seja, se fossem investidas mil unidades monetárias no setor, seriam geradas pouco mais de quatorze vagas de trabalho na economia. Em 2002, a média de empregos criados, a cada mil unidades monetárias investidas por setor, diminuiu para 39,91, em parte devido à diminuição do multiplicador dos setores agrícola e de têxtil e vestuário, com índices de 78,12 e 70,31, respectivamente. O setor de alimentos e bebidas também apresentou intensa diminuição em seu multiplicador de emprego no período, passando de 94,44 em 1997 para 51,90 em 2002. O setor energético foi o único a obter crescimento do índice no período analisado, fechando 2002 com 22,96.

A mecanização do processo produtivo dos principais setores da economia, associada aos efeitos nocivos produzidos pelo “apagão”, pode ter sido responsável pela diminuição observada no multiplicador de emprego neste período. A elevação do índice apenas no setor energético pode estar correlacionada com os investimentos realizados no setor de energia elétrica, visando evitar futuros racionamentos.

Os resultados encontrados pelo multiplicador de emprego simples consideram o impacto gerado no emprego devido a uma variação na demanda final. Outra abordagem com relação a este tema pode ser adotada através da mensuração do impacto no emprego total da economia gerado pela criação de 1 nova unidade de emprego no setor j . Este método é chamado de multiplicador de emprego do tipo 1.

b.1) Emprego tipo 1

Neste caso, em 1997, o setor energético configura-se como um dos mais importantes setores geradores de emprego, com um índice de 5,25, valor superior à média nacional (4,09), perdendo apenas para o setor siderúrgico (16,78), de alimentos e bebidas (7,82) e indústria química (7,15). Isto implica que se fosse criada uma unidade de emprego no setor energético, por exemplo, resultaria em mais de cinco unidades de trabalho no restante da economia (lembrando que 5,25 pode ser subdividido em: 1 unidade criada no próprio setor energético e 4,25 geradas nos demais setores). Em 2002, o índice do multiplicador de emprego tipo 1 sobe na economia brasileira, atingindo uma média de 4,56. Este resultado decorreu, em parte, da elevação ocorrida no índice do setor energético, que passou do quarto melhor índice em 1997 ao segundo em 2002, com 8,14, ultrapassando os setores de alimentos e bebidas (7,93)

e químico (7,62). O setor siderúrgico também apresentou crescimento no período, mantendo o maior índice de multiplicador de emprego tipo 1, com 18,78.

c) Renda⁹

Analisando o multiplicador de renda para os quatorze setores entre 1997 e 2002, foi possível perceber uma diminuição média no período analisado, de 232,28 em 1997 para 187,39 em 2002. Portanto, pode-se constatar que novos investimentos realizados em 2002 iriam gerar menor impacto sobre a renda dos trabalhadores que aqueles realizados em 1997. O setor energético apresentou um multiplicador de renda inferior à média nacional em 1997. Porém, em 2002, o crescimento verificado para este setor fez seu índice ultrapassar a média dos demais. O setor energético foi o único que apresentou índices crescentes no período.¹⁰ Passou de 124,11 em 1997 para 188,73 em 2002. Os setores que apresentaram maiores índices foram serviços públicos e transportes, com 480,57 e 377,11 em 1997 e 439,54 e 295,08 em 2002, respectivamente.

4.2 *Linkages* para frente e para trás

Verifica-se, através da matriz de insumo-produto de 1997 e 2002, com agregação em quatorze setores produtivos, que o setor energético nacional, em 1997, apresentava o maior índice de ligações para frente (2,36), seguido pelo setor de transportes (1,79). Logo, se tratava de um setor fortemente demandado pelos demais setores. Em outras palavras, uma mudança unitária na demanda final de todos os setores cria um aumento acima da média no setor energético. Já em 2002, a importância do setor energético, no que se refere aos efeitos para frente, diminuiu em relação a 1997, ficando em 1,59, sendo ultrapassado pelo setor de transportes, com 1,91. Este resultado decrescente pode ter tido influência do efeito “apagão” ocorrido no setor elétrico¹¹ entre junho de 2001 e fevereiro de 2002 (gráfico 2).

Nesse período, tanto o consumo quanto a produção de energia decresceram devido às medidas adotadas pelo governo para restringir o consumo, visando evitar um possível blecaute nacional. Segundo Bardelin (2004), a oferta de energia não seria suficiente para suprir o consumo. No entanto, esta visão simplória pode esconder outras questões importantes relacionadas à crise do setor. Entre elas, pode-se citar a elevada dependência dos recursos hídricos¹² na geração de energia elétrica no Brasil, fator que deixa o país dependente da sazonalidade das chuvas para suprir seus reservatórios. O racionamento de energia gerou uma diminuição do consumo

9. Os índices obtidos foram multiplicados por mil.

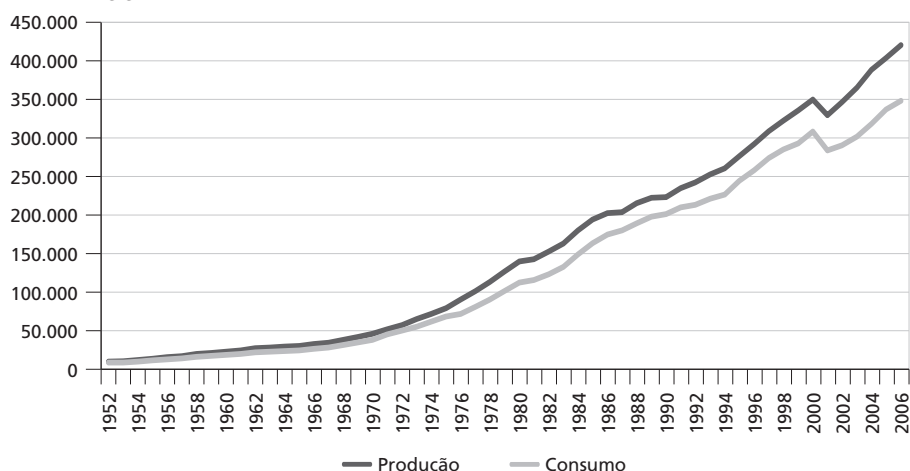
10. Fato que pode estar relacionado com a reestruturação do setor no período que se seguiu ao racionamento de energia.

11. Lembrando que o setor de energia elétrica é apenas um dos componentes do setor energético analisado neste trabalho. Detalhes sobre os demais componentes estão dispostos no apêndice A.

12. Mais de 90% da matriz energética, entre 1997 e 2002, segundo dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

por parte dos demais setores da economia. Esta diminuição pode ter influenciado o resultado obtido no índice de ligações para frente do setor energético entre 1997 e 2002, visto que demandar mais deste setor se tornou mais oneroso.

GRÁFICO 2
Evolução histórica anual do consumo e produção de energia elétrica (1952 e 2006)
(Em gigawatts-hora – GWh)



Fonte: Eletrobrás.

Com relação ao índice de ligações para trás, o setor energético não é um dos mais importantes na economia brasileira, ficando abaixo da média nacional entre os setores (média = 1), tanto em 1997 (0,66) quanto em 2002 (0,89). Portanto, não é um dos setores que mais demandam dos demais setores (apesar de ter apresentado forte crescimento no período analisado, aproximadamente 35%).¹³ Em outras palavras, o aumento do nível de atividade do setor energético gera uma elevação na demanda por insumos de outros setores abaixo da média.

4.3 Setor-chave

Os resultados obtidos para os *linkages* do setor energético (subseção 4.2) sugerem que este setor não apresenta características de um setor-chave para a economia, mas isto não implica que ele não seja importante para o crescimento. A importância de um setor, baseada apenas pela ótica do método de setor-chave,

13. O crescimento verificado no índice de ligações para trás, entre 1997 e 2002, pode estar correlacionado com as realizações efetuadas pelo governo federal durante o "apagão". Segundo Bardelin (2004), o racionamento de energia elétrica trouxe uma nova realidade ao setor, uma vez que foram criadas medidas e efetuados investimentos que visavam combater futuras crises de abastecimento. Entre estas medidas está o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico, criado pela Resolução GCE nº 18, em junho de 2001, com o objetivo de revitalizar o setor energético brasileiro. Mais detalhes, ver Bardelin (2004).

pode esconder aspectos importantes de cada setor. Nesta análise, apenas o setor siderúrgico apresentou características de um setor-chave, tanto em 1997 quanto em 2002.¹⁴ Em outras palavras, somente um dos quatorze setores analisados conseguiu manter um coeficiente superior à unidade no que se refere aos *linkages* para frente e para trás neste período. No entanto, como mencionado, o setor energético é um dos setores com maior índice de ligações para frente (embora apresente uma fraca ligação para trás) e de elevada importância para o crescimento. Analisando a média dos índices de ligações para frente e para trás¹⁵ dos quatorze setores, em 1997 e 2002, nota-se que o setor energético é importante para a economia.¹⁶ Em 1997, sua média superou a de todos os demais setores, obtendo um índice de 1,51, seguido por siderurgia (1,39) e transportes (1,20). Já em 2002, devido à diminuição verificada em seu índice de ligações para frente, o setor energético apresentou uma queda na média de *linkages*, passando para 1,24, índice este inferior ao do setor de transportes (1,31) e da siderurgia (1,27).

Os resultados obtidos neste trabalho, considerando os *linkages* dos setores, corroboram as expectativas de Myrdal (1972) para infraestrutura, ou seja, aqueles setores necessários para garantir o crescimento continuado. Segundo ele, os planejadores de políticas públicas deveriam priorizar investimentos em setores como: energia, transportes e agropecuária.¹⁷ De acordo com Toyoshima e Ferreira (2002), a importância em infraestrutura mínima já é reconhecida como uma pré-condição ao desenvolvimento. Torres e Puga (2006) ressaltam a importância da expansão e melhoria da infraestrutura para o crescimento econômico. Além de ser um fator de atração de investimentos externos, a infraestrutura exerce resultados diretos no desenvolvimento humano, pois tem efeitos permanentes sobre a determinação de renda *per capita* e sobre a produtividade de um país. Pêgo Filho *et al.* (1999) afirmam que uma melhoria na infraestrutura pode ser decisiva na inserção de um país no mundo globalizado.

4.4 Requerimentos de energia do setor energético

Nesta subseção será analisada a evolução, entre 1997 e 2002, dos requerimentos totais de energia provenientes do setor energético, sendo estes subdivididos em diretos e indiretos. A utilização do modelo híbrido de insumo-produto gera resultados em unidades físicas (TEP), com desagregação para quatorze setores produtivos. Isto permitirá a mensuração, em unidades físicas, da pressão exercida

14. Em 1997, o setor siderúrgico obteve índice de ligações para frente de 1,09 e 1,68 para trás. Em 2002, estes valores foram 1,14 e 1,41 respectivamente.

15. Índices para 1997 e 2002, nesta ordem.

16. Note que a utilização da média dos *linkages* difere da análise de setor-chave padrão definida por Hirschman (1961) – subseção 3.1.3. No entanto, foi utilizada neste trabalho para destacar a importância do setor energético.

17. Cabe salientar que o setor agropecuário obteve índices de ligações para frente acima da média em 1997 (1,08) e em 2002 (1,14).

pelos quatorze setores da economia sobre o setor energético e sua evolução durante o período analisado. Observando a tabela 2, pode-se perceber que a média de requerimentos totais de energia, proveniente do setor energético, diminuiu de 1997 (0,28) para 2002 (0,156). Isto quer dizer que, em média, os quatorze setores produtivos analisados estão demandando menos energia do setor energético em 2002 que demandavam em 1997. O mesmo comportamento pode ser verificado na média dos requerimentos diretos e indiretos, que passaram de aproximadamente 0,15 em 1997 para 0,08 em 2002; e 0,13 em 1997 para 0,07 em 2002, respectivamente.

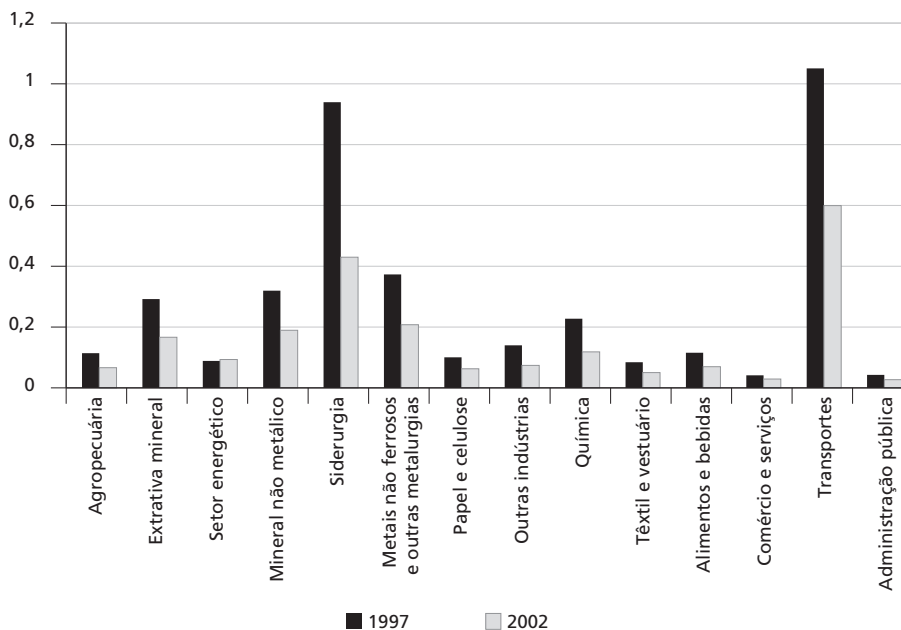
TABELA 2
Evolução de requerimentos totais (RT), diretos (RD) e indiretos (RI) de energia do setor energético (1997-2002)

	RT 1997	RT 2002	RD 1997	RD 2002	RI 1997	RI 2002
Agropecuária	0,114	0,066	0,051	0,027	0,062	0,039
Extrativa mineral	0,292	0,166	0,163	0,106	0,129	0,060
Setor energético	0,089	0,093	0,004	0,004	0,085	0,089
Mineral não metálico	0,319	0,189	0,175	0,107	0,145	0,082
Siderurgia	0,939	0,429	0,458	0,221	0,481	0,208
Metais não ferrosos e outras metalurgias	0,373	0,208	0,097	0,056	0,276	0,152
Outras indústrias	0,100	0,062	0,011	0,007	0,089	0,055
Papel e celulose	0,140	0,074	0,057	0,031	0,083	0,043
Química	0,227	0,118	0,122	0,065	0,105	0,053
Têxtil e vestuário	0,084	0,050	0,024	0,012	0,060	0,038
Alimentos e bebidas	0,115	0,070	0,019	0,011	0,096	0,058
Comércio e serviços	0,041	0,029	0,009	0,007	0,032	0,022
Transportes	1,050	0,599	0,852	0,488	0,198	0,111
Administração pública	0,042	0,027	0,015	0,010	0,028	0,017
Média	0,280	0,156	0,147	0,082	0,134	0,073

Elaboração dos autores.

O gráfico 3 apresenta a evolução dos requerimentos totais de energia do setor energético que cada setor obteve em 1997 e 2002. Por meio deste gráfico, pode-se concluir que o setor siderúrgico e o de transportes apresentam os maiores índices de requerimento total: 0,94 em 1997 e 0,43 em 2002; e 1,05 em 1997 e 0,6 em 2002, respectivamente. A partir desta análise, conclui-se que são os setores com maior poder de pressionar o setor energético, apesar de apresentarem substancial diminuição no período analisado. Portanto, um crescimento na siderurgia ou no setor de transportes pode demandar investimentos em energia.

GRÁFICO 3
Evolução dos requerimentos totais de energia do setor energético (1997-2002)



Elaboração dos autores.

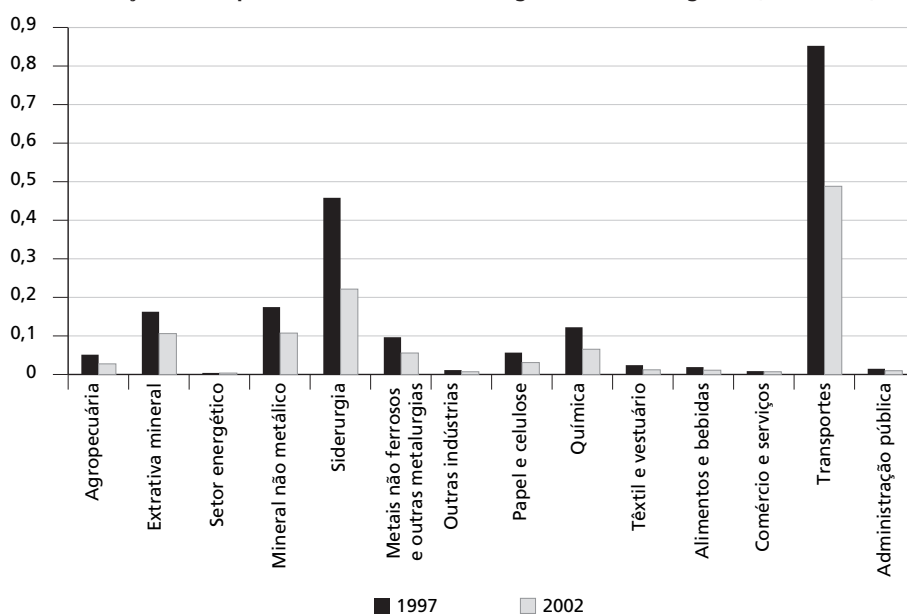
No entanto, somente a análise da composição dos requerimentos (diretos e indiretos) fornecerá o verdadeiro indício da capacidade de pressão que estes setores podem exercer sobre o setor energético. Cabe salientar também que o único setor que obteve índice de requerimentos totais crescente, no período analisado, foi justamente o setor energético (gráfico 3). Isto significa que este setor passou a consumir mais energia em 2002 que em 1997. Uma hipótese pode ser a de que os investimentos realizados no setor elétrico no período do “apagão” tenham gerado efeitos positivos no que diz respeito à demanda deste setor por energia.

Ao analisar os requerimentos diretos de energia do setor energético, gráfico 4, nota-se que, com exceção do setor energético, que se manteve constante, todos os demais setores apresentaram diminuição em seus índices. Mais uma vez, a siderurgia e o setor de transportes despontaram como os setores com maiores requerimentos diretos, com 0,46 em 1997 e 0,22 em 2002; e 0,85 em 1997 e 0,49 em 2002, respectivamente. Outros setores apresentaram índices intermediários de requerimentos diretos, são eles: minerais não metálicos (0,17) e (0,11);¹⁸ extrativo mineral (0,16) e (0,11); químico (0,12) e (0,06); e metais não ferrosos e outras

18. Índices para 1997 e 2002, nesta ordem.

metalurgias (0,10) e (0,06), os quais também têm capacidade de gerar efeitos diretos sobre o setor energético, porém com menos intensidade. O setor energético praticamente não apresentou requerimentos diretos de energia. Seus requerimentos diretos não respondem nem por 5%, tanto em 1997 quanto em 2002, dos requerimentos totais de energia apresentados por este setor.

GRÁFICO 4
Evolução dos requerimentos diretos de energia do setor energético (1997-2002)



Elaboração dos autores.

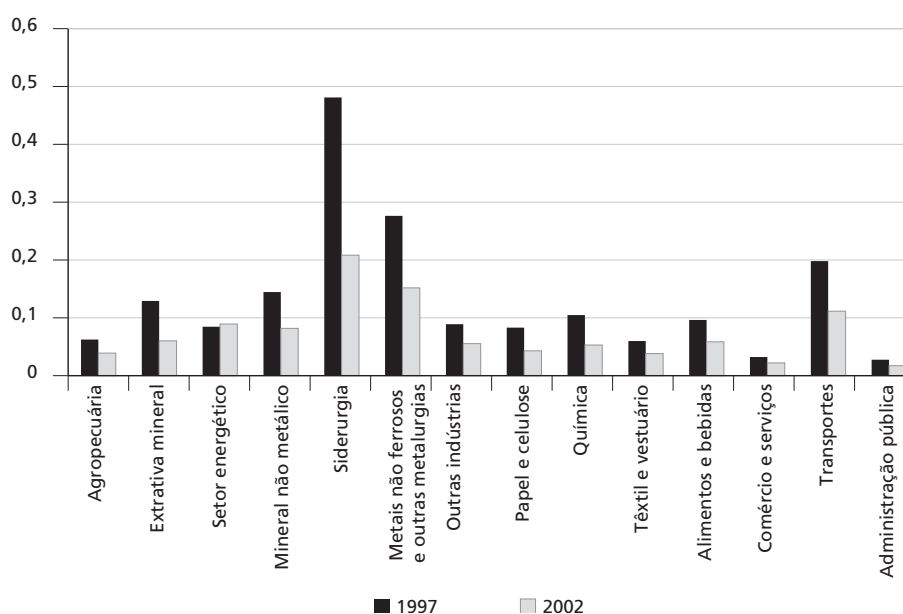
O elevado índice de requerimentos diretos de energia obtidos pelo setor de transporte e siderúrgico está condizente com os dados apresentados pelo BEN. O setor de transportes é um grande consumidor de óleo diesel, gasolina e álcool etílico, enquanto a siderurgia demanda elevadas quantidades de carvão mineral, carvão vegetal e lenha.¹⁹

Analisando os requerimentos indiretos (gráfico 5), percebe-se uma mudança no ordenamento dos setores. Mais uma vez, a siderurgia se destacou, apresentando um elevado índice de requerimentos indiretos: 0,48 em 1997 e 0,21 em 2002. O setor de transportes, no entanto, que apresentou o maior índice de requerimentos totais e diretos, não apresenta importância tão elevada quando se trata de requerimentos indiretos. O setor obteve 0,2 em 1997 e 0,11 em 2002, ficando atrás do setor de metais não

19. Cabe ressaltar que todos estes produtos são componentes do setor energético. Ver agregação no apêndice A.

ferrosos e outras metalurgias, com 0,28 em 1997 e 0,15 em 2002. Pode-se observar que a maioria dos demais setores exerce uma pressão intermediária sobre os requerimentos indiretos do setor energético. Novamente, o setor energético obteve crescimento em seu índice de requerimentos. Desta vez, o requerimento indireto do setor de energia passou de 0,85 em 1997 para 0,89 em 2002.

GRÁFICO 5
Evolução dos requerimentos indiretos de energia do setor energético (1997-2002)



Elaboração dos autores.

Segundo Perobelli *et al.* (2007): quanto menor a relação requerimentos diretos *versus* indiretos, maior o poder de multiplicação que a atividade de um dado setor exerce sobre o consumo de energia dentro de uma região. Setores com alto peso na demanda de energia da região e que, ao mesmo tempo, apresentam uma baixa relação requerimentos diretos *versus* indiretos tendem a produzir as mais fortes pressões de demanda sobre o setor de energia da região. Em outro extremo, estariam setores com baixo peso na demanda de energia da região e com alta relação requerimentos diretos *versus* indiretos, que, neste caso, produziriam pequenas pressões sobre o setor de energia da região. Entre ambos os extremos, configuram-se setores com graus variados, intermediários, de importância na pressão que exercem.

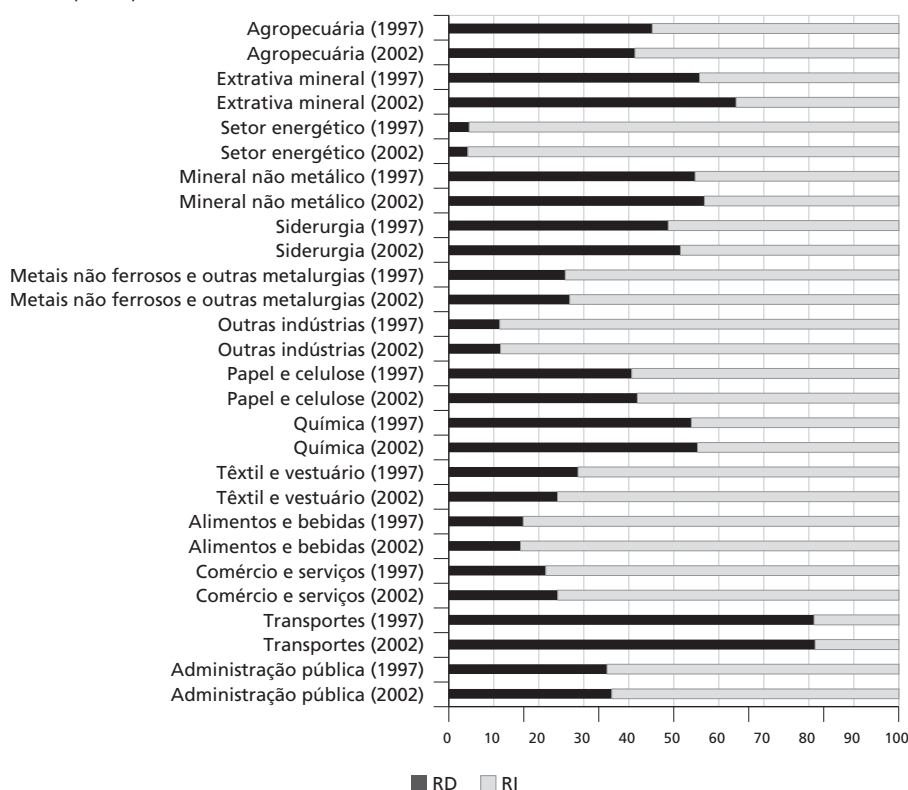
O gráfico 6 fornece a relação percentual de requerimentos diretos e indiretos de cada setor em 1997 e 2002. Pode-se perceber que o setor energético apresenta

a menor relação requerimento direto *versus* indireto entre os demais setores. Em ambos os períodos analisados, os requerimentos indiretos do setor ficaram acima de 95%. Isto significa que este setor possui elevado poder de multiplicação sobre o consumo de energia. Voltando ao gráfico 3, no entanto, nota-se que, apesar de o setor energético possuir elevado poder multiplicador, seus requerimentos totais de energia são modestos quando comparados com os de outros setores. Um setor que apresente alto nível de requerimentos totais e baixa relação entre requerimentos diretos *versus* indiretos reúne as condições necessárias para impor uma forte pressão de demanda sobre o setor energético. Setores como: outras indústrias, alimentos e bebidas, comércio e serviços, têxtil e vestuário, e metais não ferrosos e outras metalurgias apresentam requerimentos indiretos superiores a 60% do total de requerimentos. Detêm, portanto, elevado poder multiplicador. O único entre os citados, porém, capaz de gerar uma pressão moderada sobre a demanda de energia seria o setor de metais não ferrosos e outras metalurgias, por apresentar um total de requerimentos acima da média dos setores.

GRÁFICO 6

Participação setorial de requerimentos diretos (RD) e indiretos (RI) nos requerimentos totais de energia do setor energético (1997 e 2002)

(Em %)



Elaboração dos autores com base nos resultados obtidos.

Cabe ressaltar, ainda, por meio do gráfico 6, que dois casos interessantes ocorrem com os seguintes setores: siderúrgico e de transportes. O setor de transportes apresentou o maior nível de requerimentos totais, tanto em 1997 quanto em 2002. Porém, 81,13% deste total correspondia a requerimentos diretos em 1997. Este valor ainda obteve pequeno crescimento em 2002, atingindo 81,41%. Este setor, portanto, demanda muita energia do setor energético, mas apresenta um baixo poder multiplicador. Já o setor siderúrgico mostrou-se um dos mais propícios a pressionar a demanda de energia. Isto é explicado pelo elevado índice de requerimentos totais (tabela 1) e por sua relação entre requerimentos diretos e indiretos (ambas próximas de 50%). Em 1997, seu requerimento indireto era de 51,23%, diminuindo em 2002 para 48,50%. A redução verificada entre 1997 e 2002 para a siderurgia diminuiu seu multiplicador, mas não a ponto de o setor perder sua importância com relação à capacidade de pressionar a demanda de energia do setor energético.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho utilizou as matrizes de insumo-produto brasileira, agregadas em quatorze setores produtivos, utilizando unidades híbridas (TEP), para os anos de 1997 e 2002, no intuito de comparar as variações ocorridas no setor energético.

Verificou-se que, mesmo havendo uma diminuição global nos multiplicadores de produção, renda e emprego no período analisado, o setor energético apresentou crescimento nos índices de todos os seus multiplicadores. O único multiplicador que apresentou um crescimento médio no período foi o de emprego tipo 1. Também neste, o setor energético se sobressaiu. Uma hipótese levantada foi a de que os investimentos realizados no setor visando evitar novos racionamentos de energia elétrica tenham contribuído para tais resultados neste setor. A elevação dos multiplicadores de produto e emprego no setor energético, no entanto, não foi suficiente para que este atingisse índices superiores à média nacional. Somente no caso do multiplicador de renda este fato foi constatado. Em 1997, o setor energético apresentava um multiplicador inferior à média nacional e em 2002 seu índice ultrapassou a média dos demais setores. O índice relacionado ao emprego tipo 1 para o setor energético era superior à média em 1997 e cresceu ainda mais em 2002.

Com relação aos *linkages* do setor energético, os resultados apresentados fornecem indícios de que o setor apresentava um forte índice de ligações para frente em 1997. Logo, tratava-se de um setor demasiadamente demandado pelos demais setores. Este resultado corrobora a ideia de que a energia é um insumo básico à economia. Em 2002, este índice diminuiu (provavelmente devido às políticas de racionamento energético adotadas pelo governo) e o

setor energético foi ultrapassado pelo setor de transportes, no que se refere aos *linkages* para frente. Já o índice de ligações para trás do setor energético apresentou-se abaixo da média nacional em ambos os anos analisados. Não se configura, portanto, como um setor que proporciona elevada demanda sobre os demais. Cabe destacar, no entanto, que o setor energético apresentou crescimento em seu índice de ligações para trás de 1997 para 2002. Mais uma vez, acredita-se que os investimentos realizados sobre o setor energético tenham elevado a pressão de demanda do setor energético sobre os demais. Outra questão importante está relacionada ao critério dos setores-chave. Analisando somente pela ótica proposta por Hirschman (1961), não se percebe a relevância do setor energético nos anos analisados. Analisando a média de *linkages* para frente e para trás para os quatorze setores desagregados, no entanto, constatou-se que em 1997 o setor energético apresentou a maior média entre os demais, obtendo o terceiro maior índice em 2002, ficando atrás do setor de transportes e siderurgia respectivamente.

Os resultados dos requerimentos de energia do setor energético apontaram para uma diminuição generalizada dos requerimentos totais de uma ordem de mais de 44% de 1997 para 2002. O único setor que aumentou seus requerimentos foi justamente o setor energético. Setores como siderurgia e transportes obtiveram quedas acentuadas em seus requerimentos totais, quando relacionados com os demais setores no período. Ainda são, no entanto, os setores que mais requerem energia. Como destacaram Perobelli *et al.* (2007), esta análise deve ser aprofundada em requerimentos diretos e indiretos para que se possa traçar um perfil dos setores que realmente têm grande poder de pressão sobre o setor energético. Em primeira análise, pode-se acreditar que o setor de transportes é o grande responsável por tal pressão sobre o setor energético, seguido pela siderurgia. Análise mais detalhada, porém, indica que, nos períodos em questão, mais de 80% do total de requerimentos do setor de transportes são oriundos de requerimentos diretos. Sendo assim, trata-se de um setor com baixo poder multiplicador – lembrando que quanto maior a relação requerimentos diretos *versus* indiretos, menor o poder de multiplicação que a atividade de um dado setor exerce sobre o consumo de energia dentro de uma região. Na outra ponta está o setor de metais não ferrosos e outras metalurgias, o qual apresentou mais de 70% de seus requerimentos compostos por requerimentos indiretos e, portanto, apresenta elevado poder multiplicador. Entretanto, porque seus requerimentos totais são apenas medianos, seu poder multiplicador não é convertido em grande escala para a economia. O setor siderúrgico apresenta elevado índice de requerimentos totais, sendo estes bem divididos em diretos e indiretos, tornando-o, portanto, um dos setores que

apresentam maior poder de pressão sobre o setor energético. Investimentos realizados na siderurgia devem ser efetuados de forma planejada, visando minimizar ou conter possíveis pressões de demanda de energia.

Como foi verificado, os três setores com maior poder de pressão de demanda sobre o setor energético são: transportes, siderurgia e metais não ferrosos e outras metalurgias, respectivamente. Observando o problema dos requerimentos de energia dos setores analisados neste artigo pela ótica da pressão de demanda exercida sobre recursos energéticos não renováveis, porém, nota-se a relevância do setor de transportes, uma vez que, além de ser o setor que mais requer energia, também está entre os que mais utilizam fontes não renováveis. Segundo os dados do BEN (Brasil, 2008), em 1997, 47% da demanda deste setor por energia era oriunda de óleo diesel; em 2002, este percentual subiu para 52,5%. Além disso, a gasolina, embora tenha diminuído sua participação como fonte de energia no período analisado, ainda foi responsável por 25% do consumo total deste setor. O setor siderúrgico também está entre os principais consumidores de fontes não renováveis. Mais de 40% da energia necessária para produzir ferro gusa e aço (elementos básicos do setor) provêm do coque de carvão mineral. Já o setor de metais não ferrosos e outras metalurgias esconde seu verdadeiro poder de pressão sobre as fontes não renováveis de energia. Uma análise superficial sobre o setor poderia indicar que ele não é um problema substancial, uma vez que aproximadamente 60% da energia consumida por este é oriunda de eletricidade,²⁰ a qual, no Brasil, é produzida, em sua maioria, por hidrelétricas. Conforme mencionado neste trabalho, no entanto, o crescimento do setor de metais não ferrosos e outras metalurgias gera uma demanda direta de energia relativamente modesta, embora seu impacto indireto seja elevado.

Este estudo não engloba todas as alternativas metodológicas possíveis para se analisar o setor energético. Além disso, o IBGE já disponibilizou as matrizes de insumo-produto referentes a 2000 e 2005. Existem ainda, portanto, algumas possibilidades de trabalhos futuros, entre as quais a atualização deste artigo utilizando as novas matrizes do IBGE, que permitem a atualização ou mesmo elaboração de matrizes inter-regionais, o que possibilitaria a obtenção de resultados com maior desagregação regional que o obtido neste artigo. Por fim, tem-se a opção de unir estas matrizes com modelos econométricos.

20. Esse valor corresponde à média entre 1997 e 2002. Mais detalhes no BEM 2008 (Brasil, 2008).

REFERÊNCIAS

- BARDELIN, C. E. A. **Os efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional, 2006**. Brasília: MME, 2006. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/BEN_2006_Versao_Completa.pdf>.
- _____. _____. **Balanco Energético Nacional, 2008**. Brasília: MME, 2008. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2008.pdf>.
- BULLARD, C. W.; HERENDEEN, R. A. The energy cost of goods and services. **Energy Policy**, v. 3, n. 4, p. 268-278, 1975.
- CARVALHO, T. S.; PEROBELLI, F. S. Avaliação da intensidade de emissões de CO2 setoriais e na estrutura de exportações: um modelo inter-regional de insumo-produto São Paulo/restante do Brasil. **Revista de economia aplicada**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 1, jan./mar. 2009.
- CASLER, S. D.; BLAIR, P. D. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. **Ecological economics**, v. 22, p. 19-27, 1997.
- GUILHOTO, J. J. M.; HILGEMBERG, E. M. **Uso de combustíveis e emissões de CO2 no Brasil**: um modelo inter-regional de insumo-produto. Belo Horizonte: Nova Economia, 2006.
- GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimacão da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia aplicada**, v. 9, n. 2, p. 277-299, abr.-jun. 2005.
- HAWDON, D.; PEARSON, P. Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK. **Energy economics**, v. 17, n. 1, p. 73-86, 1995.
- HILGEMBERG, E. M. **Quantificaco e efeitos econmicos do controle de emissões de CO2 decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil**: um modelo inter-regional de insumo-produto. Tese (Doutorado) – Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- HIRSCHMAN, A. O. **Estratégia do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.
- LENZEN, M. Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input-output analysis. **Energy policy**, v. 26, n. 6, p. 495-506, 1998.

MACHADO, G. V. **Meio ambiente e comércio exterior: impactos da especialização comercial brasileira sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país.** 2002. 192 f. Tese (Doutorado) – Ciências em Planejamento Energético, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002

MATTOS, R. S. *et al.* Integração de modelos econométrico e de insumo-produto para previsões de longo prazo da demanda de energia no Brasil. **Estudos econômicos**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 675-699, out.-dez. 2008.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions.** 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MYRDAL, G. **Teoria econômica e regiões subdesenvolvidas.** 3 ed. Rio de Janeiro: Saga, 1972.

PATUSCO, J. A. M. Eletricidade no balanço energético nacional. **Revista de economia & energia**, n. 1, 1998. (Nota Técnica). Disponível em: <<http://ecen.com/eee11/eletrben.htm>>.

PÊGO FILHO, B.; CÂNDIDO JÚNIOR, J. O.; PEREIRA, F. **Investimento e financiamento da infraestrutura no Brasil: 1990/2002.** Brasília: Ipea, out. 1999. (Texto para Discussão, n. 680).

PEROBELLI, F. S.; MATTOS, R. S.; FARIA, W. R. A interdependência energética entre o estado de Minas Gerais e o restante do Brasil: uma análise inter-regional de insumo-produto. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 1, jan./mar. 2007.

RASMUSSEN, P. N. **Studies in intersectoral relations.** Amsterdam: North-Holland, 1956.

SOUZA, R. M. **Exportações e consumo de energia elétrica: uma análise baseada na integração de modelos econométricos e de insumo-produto inter-regional para Minas Gerais e o restante do Brasil.** Dissertação (Mestrado) – Economia Aplicada – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

TORRES FILHO, E. T.; PUGA, F. P. Os rumos dos investimentos em infraestrutura. **Visão do desenvolvimento**, Rio de Janeiro, n. 20, nov. 2006.

TOYOSHIMA, S.; FERREIRA, M. J. Encadeamento do setor de transportes na economia brasileira. **Planejamento e políticas públicas**, n. 25, dez. 2002.

ZHANG, Z.; FOLMER, H. Economic modelling approaches to cost estimates for the control of carbon dioxide emissions. **Energy economics**, n. 20, p. 101-120, 1998.

APÊNDICE A

TABELA A.1
Compatibilização dos setores do BEN com as matrizes de insumo produto

Agregação das matrizes de insumo-produto (40 x 40 ¹ → 14 x 14)		Agregação das matrizes (14 x 14) com o BEN	
1	Agropecuária Agropecuária	9	Química Elementos químicos
2	Mineração e pelotização Extrativa mineral	10	Têxtil e vestuário Químicos diversos
3	Setor energético Setor energético	11	Alimentos e bebidas Indústria têxtil
4	Minerais não metálicos Mineral não metálico		Artigos do vestuário
5	Ferro e aço Siderurgia		Fabricação de calçados
6	Metais não ferrosos e outras metalurgias Metais não ferrosos		Beneficiamentos de produtos vegetais
	Outros metalúrgicos		Abate de animais
7	Outras indústrias Máquinas e equipamentos		Indústria de laticínios
	Material elétrico		Fabricação de açúcar
	Equipamentos eletrônicos		Fabricação de óleos vegetais
	Automóveis/caminhões/ônibus	12	Comércio e serviços Outros produtos alimentícios
	Peças e outros veículos		Comércio
	Madeira e mobiliário		Instituições financeiras
	Farmacêutica e veterinária		Serviços prestados à família
	Artigos plásticos		Serviços prestados à empresa
	Indústrias diversas		Aluguel de imóveis
	Construção civil	13	Transporte Transportes
	Comunicações	14	Serviços públicos Administração pública
8	Papel e celulose Celulose, papel e gráfica		
	Indústria da borracha		
		1	Agropecuária Agropecuária
		2	Mineração e pelotização Mineração e pelotização
		3	Setor energético Setor energético
		4	Minerais não metálicos Não ferrosos e outras metalurgias
		5	Ferro e aço Ferro gusa e aço
			Ferro ligas
		6	Metais não ferrosos e outras metalurgias Cimento
			Cerâmica
		7	Outras indústrias Outras indústrias
		8	Papel e celulose Papel e celulose
		9	Química Química
		10	Têxtil e vestuário Têxtil
		11	Alimentos e bebidas Alimentos e bebidas
		12	Comércio e serviços Comercial
		13	Transporte Rodoviário
			Ferrovário
			Aéreo
			Hidroviário
		14	Serviços públicos Público

(Continua)

(Continuação)

Agregação das matrizes de insumo-produto (40 x 40 ¹ → 14 x 14)	Agregação das matrizes (14 x 14) com o BEN
	Demanda final
	Residencial
	Consumo não identificado

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Ambas as matrizes de insumo-produto para o Brasil, em 1997 e 2002, estão desagregadas em 42 setores produtivos.

No entanto, para compor o setor energético, utilizou-se a agregação a seguir.

Os setores: 1) petróleo e gás, 2) refino do petróleo e 3) SIUP da matriz de produção (42 setores X 80 produtos) e da matriz de usos e recursos (80 produtos X 42 setores) para os respectivos anos passaram a compor o *setor energético*. Da mesma forma, os produtos: 1) petróleo e gás, 2) carvão e outros, 3) álcool de cana e cereais, 4) gasolina pura, 5) óleos combustíveis, 6) produtos do refino, 7) produtos petroquímicos básicos, 8) resinas, 9) gasolina – álcool e 10) serviços de utilidade pública (SIUP) passaram a constituir o *produto energia*. O resultado obtido destas agregações são matrizes de *produção* e *usos e recursos*, para 1997 e 2002, com desagregação para quarenta setores e 71 produtos. Através destas, pode-se obter a matriz de consumo intermediário por setor, para ambos os anos, com abertura para quarenta setores produtivos.

