

DESAGREGAÇÃO SETORIAL DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL A PARTIR DOS DADOS DA MATRIZ INSUMO-PRODUTO: UMA AVALIAÇÃO METODOLÓGICA

MARCO ANTONIO MONTOYA *
RICARDO LUIS LOPES †
JOAQUIM JOSÉ MARTINS GUILHOTO ‡

Resumo

O artigo propõe e avalia três metodologias para estimar matrizes energéticas nacionais mais desagregadas a partir dos dados da matriz insumo-produto (MIP). Para avaliar os resultados, foram construídas três matrizes insumo-produto híbridas. As análises de correlação e de acuidade dos multiplicadores, índices de ligação setoriais, requerimentos de energia e emissões de CO₂ mostraram convergência de resultados nos métodos *Base BEN* e *Base MIP Ajustada*. Conclui-se, portanto, que o uso de coeficientes insumo-produto, como ponderadores de expansão do consumo setorial de energia, permite estimar matrizes energéticas consistentes e que são válidas as análises estruturais da economia realizadas com base nelas.

Palavras-chave: Matriz Energética; Insumo-Produto; Brasil.

Abstract

This paper proposes and evaluates three methods for estimating more disaggregated national energy matrices from input-output matrix (IPM) data. To evaluate the results three hybrid input-output matrices were built. Correlation and acuity of multipliers analyses, binding sectorial indices, energy requirements and CO₂ emissions showed convergence results in *BEN Base* and *Base Adjusted MIP* methods. We conclude, therefore, that the use of input-output coefficients as weights for sectorial energy consumption expansion allows to estimate consistent energy matrices and that the structural analyzes of the economy based on them are valid.

Keywords: Energy Matrix; Input-Output; Brazil.

JEL classification: C67, D57, C80.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-8050/ea463>

* Professor Titular da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade de Passo Fundo FEAC-UPF. E-mail: montoya@upf.br

† Professor Associado. Departamento de Economia, Universidade Estadual de Maringá. E-mail: rllopes@uem.br

‡ Professor Titular. Departamento de Economia, FEA-Universidade de São Paulo. REAL, University of Illinois, e Pesquisador CNPq. E-mail: guilhoto@usp.br

1 Introdução

Para Forssell & Polenske (1998) e Abdallah & Montoya (1998), a preocupação com a interação entre meio ambiente e a atividade econômica se intensificou nas últimas décadas. Tal preocupação levou ao desenvolvimento de modelos de insumo-produto que incluem essas interações. Entre os modelos, pode-se citar os de Cumberland (1966), Daly (1968), Isard et al. (1968) e Leontief (1970).

A utilização conjunta das informações do consumo energético, em unidades físicas, e das atividades econômicas, em unidades monetárias, para avaliar o consumo setorial de energia e suas implicações sobre o meio ambiente vem ganhando importância, em particular, por meio da construção de sistemas insumo-produto híbridos. Segundo Bullard III & Herendeen (1975), Miller & Blair (2009) e Casler & Blair (1997), o modelo de insumo-produto em unidades híbridas é a formulação mais consistente para aplicação de modelos de insumo-produto de natureza físico-econômica envolvendo uso de energia. Hawdon & Pearson (1995) apontam que o uso da estrutura de insumo-produto para analisar questões relativas ao setor energético permite: a) uma desagregação setorial maior do que os modelos de otimização dinâmica e os modelos macroeconômicos, b) a incorporação de fluxos de energia entre setores tanto em termos físicos quanto monetários e c) a programação de análises de impacto sobre o meio ambiente.

O Balanço Energético Nacional (BEN) é o documento sobre fluxos físicos anuais do setor energético brasileiro publicado regularmente desde 1970 pelo Ministério de Minas e Energia (MME) por meio da Empresa de Pesquisa de Energia (EPE). A matriz energética está composta por um conjunto total de 47 atividades e 24 fontes de energia. As atividades compreendem produção, estoques, comércio externo, transformação, distribuição e consumo final, este dividido em setores econômicos. Trata-se, portanto, de uma das mais completas e sistematizadas bases continuadas de dados energéticos disponível no país, constituindo-se em uma referência fundamental para qualquer estudo do planejamento do setor energético brasileiro.

Por outro lado, a matriz nacional de insumo-produto (MIP) representa um sistema econômico integrado de fluxos e transferências de insumos e produtos de um setor a outro, para serem processados ou destinados ao consumo final. Sua publicação, de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), teve início no ano de 1970, apresentando uma periodicidade quinquenal até 1990, quando passou a ser anual. A divulgação apresenta uma defasagem de, no mínimo, três anos, por questões de prazo entre a coleta dos dados setoriais e o tempo necessário para sua elaboração e consolidação. Seu uso revela-se de extrema importância, uma vez que permite gerar informações fundamentais para o planejamento econômico nacional tanto no enfoque macro como no microeconômico.

Entretanto, a utilização conjunta do BEN com a MIP demonstra uma séria limitação na análise de impactos ambientais, a qual consiste na falta de dados mais desagregados do consumo setorial de energia em unidades físicas. No Brasil, embora o BEN e a MIP apresentem setores consumidores compatíveis com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 2.0 do IBGE, o nível de agregação é diferente, já que a matriz energética apresenta

22 setores¹ consumidores em unidades físicas e a MIP, 56 setores em unidades monetárias. Em decorrência disso, a compatibilização das informações gera um número de setores consumidores reduzido, o que afeta os resultados e as análises do sistema.

Para superar esse problema, torna-se necessário elaborar um sistema de desagregação dos setores consumidores da matriz energética compatível com o número de setores consumidores que a MIP apresenta. Assim, o presente estudo tem como objetivo propor e avaliar, com base nos dados da MIP, um conjunto de métodos alternativos que permitam elaborar uma matriz energética mais desagregada para o país.

O artigo está dividido da seguinte maneira: na seção 2, são apresentados três critérios metodológicos para desagregar os setores consumidores de energia; a seção 3 descreve o processo de construção do modelo insumo-produto híbrido, bem como os métodos de estimação dos indicadores; a seção 4 avalia, estatisticamente, de forma comparativa, os multiplicadores de produção, os índices de ligações setoriais, os requerimentos setoriais de energia e o volume das emissões de CO₂, de modo a estabelecer a metodologia mais adequada para estimar matrizes energéticas com o consumo setorial mais desagregado; na última seção, são apresentadas as principais conclusões obtidas no decorrer da análise.

2 Desagregação do consumo setorial da matriz energética a partir dos dados da matriz insumo-produto

O procedimento usual para avaliar o consumo energético setorial e suas emissões de gases consiste em estimar o uso de energia das indústrias e dos consumidores finais, por meio de um modelo insumo-produto de energia em unidades híbridas, e, posteriormente, utilizar coeficientes de conversão sobre a intensidade do consumo de energia.

Para o ano de 2008, a matriz insumo-produto do país, estimada com base na metodologia desenvolvida por Guilhoto & Sesso (2005), apresenta uma Tabela de Recursos e Usos composta por 110 produtos e 56 setores consumidores. Já a matriz energética do BEN apresenta 24 fontes de energia e 21 setores consumidores intermediários. Assim, considerando que o maior nível de desagregação setorial do consumo de energia por parte das indústrias determinará a qualidade e a abrangência das análises da MIP híbrida, torna-se necessário desagregar os setores consumidores da matriz energética. A questão-chave é compatibilizar os setores consumidores das duas bases de dados e, seguidamente, estimar o consumo setorial da matriz energética em nível de 56 setores, ou seja, o mesmo número de setores que apresenta a MIP.

Inicialmente, para a compatibilização dos setores consumidores, levou-se em consideração a CNAE 2.0, bem como o grau de homogeneidade de suas atividades. Como resultado, obteve-se, pelo lado setorial da matriz energética, uma agregação de 15 grandes setores consumidores com seus respectivos subsetores, que perfazem um total de 56, tal qual a estrutura da MIP do país (Apêndice A).

Na sequência, para estimar o consumo de energia dos 56 subsetores, esta pesquisa utiliza, como fator de expansão, o peso dos fluxos monetários apresentados na Tabela de Recursos e Usos por origem e destino, que contém tam-

¹Inclui o setor residencial.

bém as importações. A hipótese central é que o consumo de energia dos subse-
tores em tep² está proporcionalmente relacionado com seus respectivos fluxos
monetários contidos na MIP.

O método para estabelecer o fator de expansão compõe-se de duas etapas.
A primeira consiste em compatibilizar as fontes de energia da matriz energé-
tica com os produtos da Tabela de Recursos e Usos da MIP, com o objetivo
de identificar em que fluxos dos produtos está contida cada fonte de energia
(Apêndice C). A segunda etapa consiste em estimar uma matriz de coeficien-
tes a ser multiplicada pelos valores do consumo setorial de energia, de modo
a alocar os valores entre seus subse-
tores da matriz energética ampliada.

Cabe salientar que uma avaliação mais particularizada das duas bases de
dados devidamente compatibilizadas permite verificar que, em alguns casos,
os fluxos de consumo que a matriz energética do BEN apresenta não são ob-
servados na MIP, e vice-versa. Por exemplo, no BEN, todo consumo de álcool
e gasolina é alocado em sua totalidade para o setor de transporte; já na MIP,
o álcool é consumido por diversos setores da economia e a gasolina somente
é utilizada pelo setor do refino de petróleo e coque. Então, torna-se neces-
sário, para esses produtos energéticos, ponderações de distribuição distintas
das demais fontes energéticas. No caso, observa-se, na MIP, que a gasolina é
consumida na forma de gasoálcool pelos diversos setores da economia; logo,
os fluxos que esse produto apresenta, nas Tabelas de Usos e Recursos, cons-
tituem um critério de distribuição do consumo da gasolina no BEN. Sendo
assim, a utilização total ou parcial de informações na construção da matriz
de coeficientes de expansão, de acordo com a disponibilidade e consistência
dos dados, gera três alternativas metodológicas de estimação do consumo de
energia nos subse-
tores.

Para fins didáticos, a matriz energética (Tabela 1) e a matriz de recursos
e usos, que inclui as importações (Tabela 2), são apresentadas considerando
apenas o setor agropecuário e o setor energético, com seus respectivos subse-
tores.

2.1 Primeira proposta metodológica (Base BEN)

Como fator de expansão, foram utilizados dois critérios: 1) o consumo de en-
ergia de cada setor, em tep, foi multiplicado pelo coeficiente que representa a
participação do subsetor no consumo total do setor, em R\$; e 2) na ausência
deles, ou seja, para os setores que apresentam consumo de energia, em tep,
mas não apresentam coeficientes de expansão, em R\$, foi utilizado o coefici-
ente que representa a participação total do subsetor no consumo total do setor,
em R\$.

Com esses critérios, somente ocorrerá consumo da fonte energética se esta
for observada no BEN. Isso permitirá manter inalterada a estrutura de con-
sumo setorial publicada pela EPE; ou seja, tanto o consumo total de energia
como o consumo setorial permanecem inalterados. A estimativa desses coefi-
cientes (α_{ik}) é dada por:

$$\alpha_{ik} = \frac{Z_{ik}}{\sum_{k=1}^n Z_{ik}} \quad (1)$$

Em que:

²Tonelada equivalente petróleo

Tabela 1: Fontes de energia e consumo setorial na matriz energética do ano de 2008 em 1.000 tep

Fontes de energia	Setores			Consumo Setorial Total	Residencial	Consumo final energético
	Agropecuário	Energético	Demais Setores			
Gás natural	2	4926	10785	15713	229	15942
Carvão vapor	0	0	3046	3046	0	3046
Demais fontes primárias	2538	13305	27286	43128	7706	50834
Energia primária total	2540	18231	41117	61888	7935	69823
Óleo diesel	5685	152	31990	37827	0	37827
GLP	22	19	1501	1543	6043	7585
Demais fontes secundárias	1663	6277	79512	87452	8760	96212
Energia secundária total	7371	6448	113003	126822	14803	141625
Total	9911	24679	154120	188710	22738	211448

Fonte: EPE (2012).

Tabela 2: Produtos e setores da matriz de recursos e usos compatíveis com a matriz energética do ano de 2008 em R\$ 1.000.000

Produtos	Setores									
	Agropecuário			Energético				Total	Demais setores	Total da atividade
	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	Pecuária e pesca	Total	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Alcool	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana			
Petróleo e gás natural	0	0	0	4117	104798	0	9852	118767	141	118908
Carvão mineral	0	0	0	0	44	0	0	44	6774	6818
Demais Produto das Fontes Primária	3583	637	4220	0	0	277	188	464	25884	30568
Total fonte primária	3583	637	4220	4117	104842	277	10040	119275	32799	156294
Óleo diesel	5201	2036	7238	781	61	139	2062	3043	46971	57251
Gás liquefeito de petróleo	52	103	155	0	0	0	0	0	738	893
Demais Produtos das Fontes Secundárias	2784	1681	4466	5111	8024	597	70834	84567	298940	387973
Total fonte secundária	8038	3820	11858	5892	8085	736	72896	8761	346650	446118
Total	11621	4458	16078	10009	112927	1013	82936	206885	379448	602411
Total Consumo Setorial na MIP	71631	46837	118469	50915	142119	12805	73887	279726	2104316	2502511

Fonte: Guilloto & Sesso (2005).

Z_{ik} valor do produto i que é vendido para o subsetor k ;
 $\sum_{k=1}^n Z_{ik}$ representa o valor total do produto i vendido para o subsetor, em que n representa o número de sub setores.

Logo, a matriz do consumo setorial de Energia (E_I) em tep é obtida por meio de:

$$E_I = CS * \alpha_{ik} \quad (2)$$

Em que:

CS representa o consumo de cada setor.

Com base na Tabela 2, pode-se calcular a matriz de coeficientes (α_{ik}) apresentados na Tabela 3

O cálculo do valor a ser apropriado em cada subsetor será dado por (E_I), ou seja, pelos coeficientes obtidos na Tabela 3 multiplicados pelos valores do consumo de energia de cada setor encontrados na Tabela 1. Como resultado, a Tabela 4 apresenta a distribuição do consumo de energia entre os subsetores.

Embora o setor agropecuário consuma 2 tep de petróleo e gás natural e o setor energético, 19 tep de gás liquefeito de petróleo, nos resultados preliminares da Tabela 4 apresentavam consumo zero. Isso porque a matriz de recursos e usos para seus subsetores não apresenta coeficientes. Assim, alternativamente, foi utilizado o segundo critério de expansão, ou seja, o coeficiente que representa a participação total do subsetor no consumo total do setor, em R\$ (última linha da Tabela 3).

Pelos resultados, fica evidente, com esse método de estimação, que a estrutura da matriz energética é preservada, isso porque as linhas e colunas do consumo setorial da Tabela 1 coincidem com os valores linha e coluna de cada consumo setorial total da Tabela 4. Logo, trata-se de uma alternativa de manter coerência entre os dados do BEN e os da MIP, respeitando a estrutura de consumo da matriz energética nacional.

2.2 Segunda proposta metodológica (Base MIP pura)

Como fator de expansão, foi utilizado o seguinte critério: o total de cada fonte de energia, em tep, foi multiplicado pelo coeficiente que representa a participação do setor no consumo total da atividade, em R\$. Com esse critério, os fluxos da BEN são desconsiderados, tendo em vista que somente ocorrerá consumo da fonte energética se esta for observada na MIP. A estimativa desses coeficientes (α_{ij}) é dada por:

$$\alpha_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\sum_{k=1}^n Z_{ik}} \quad (3)$$

Em que:

Z_{ij} valor do produto i que é vendido para o setor j ;

$\sum_{k=1}^n Z_{ik}$ valor total do produto i vendido para o todos os setores da economia ou total da atividade, em que n representa o número de setores da economia.

Logo, a matriz do consumo setorial de Energia (E_{II}) em tep é obtida por meio de:

$$E_{II} = CST * \alpha_{ij} \quad (4)$$

Em que:

Tabela 3: Matriz de coeficientes (α_{ik}) calculados a partir dos dados da Tabela

Produtos	Setores								Demais setores
	Agropecuário			Energético				Total	
	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	Pecuária e pesca	Total	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Alcool	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana		
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0000	0,0347	0,8824	0,0000	0,0830	1,0000	1,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Demais produtos das fontes primárias	0,8490	0,1510	1,0000	0,0000	0,0000	0,5959	0,4041	1,0000	1,0000
Total de fonte primária	0,8490	0,1510	1,0000	0,0345	0,8790	0,0023	0,0842	1,0000	1,0000
Óleo diesel	0,7187	0,2813	1,0000	0,2567	0,0200	0,0457	0,6776	1,0000	1,0000
Gás liquefeito de petróleo	0,3359	0,6641	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Demais produtos das fontes secundárias	0,6235	0,3765	1,0000	0,0604	0,0949	0,0071	0,8376	1,0000	1,0000
Total de fonte secundária	0,6778	0,3222	1,0000	0,0673	0,0923	0,0084	0,8321	1,0000	1,0000
Total	0,7227	0,2773	1,0000	0,0484	0,5458	0,0049	0,4009	1,0000	1,0000
Total Consumo Setorial na MIP	0,6046	0,3954	1,0000	0,1820	0,5081	0,0458	0,2641	1,0000	1,0000

Fonte: Cálculo dos autores.

Tabela 4: Distribuição setorial do consumo de energia utilizando os coeficientes da Tabela 3 e a coluna de cada consumo setorial da Tabela 1 - em 1.000 tep

Produtos	Setores									
	Agropecuário			Energético				Total	Demais setores	Total da atividade
	Agricultura, silvicultura e exploração florestal	Pecuária e pesca	Total	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana			
Petróleo e gás natural	1	1	2	171	4347	0	409	4926	10785	15713
Carvão mineral	0	0	0	0	0	0	0	0	3046	3046
Demais produtos das fontes primárias	2154	383	2538	0	0	7928	5377	13305	27286	43128
Total fonte primária	2156	384	2540	629	16025	42	1535	18231	41117	61888
Óleo diesel	4086	1599	5685	39	3	7	103	152	31990	37827
Gás liquefeito de petróleo	7	15	22	3	10	1	5	19	1501	1543
Demais produtos das fontes secundárias	1037	626	1663	379	596	44	5258	6277	79512	87452
Total fonte secundária	4996	2375	7371	434	595	54	5365	6448	113003	126822
Total	7163	2748	9911	1194	13471	121	9893	24679	154120	188710

Fonte: Cálculo dos autores.

CST representa o consumo de setorial total de energia.

Com base na Tabela 2, pode-se calcular, também, a matriz de coeficientes (α_{ik}) contida na Tabela 5.

O cálculo do valor a ser apropriado em cada subsetor será dado por E_{II} , ou seja, pelos coeficientes obtidos na Tabela 5 multiplicados pelos valores do consumo setorial total de cada fonte de energia, encontrados na Tabela 1. Como resultado, a Tabela 6 apresenta a distribuição do consumo de energia entre os subsetores.

Os resultados desse método de estimação (Tabela 6), quando comparados com a Tabela 1, mostram consistência com os valores totais de cada fonte de energia da matriz energética. Contudo, os resultados do consumo de cada setor diferem significativamente, isto é, a estrutura de distribuição setorial da matriz energética não é preservada.

2.3 Terceira proposta metodológica (Base MIP ajustada)

Essa terceira metodologia propõe a adequação do consumo de algumas fontes energéticas com os dados da matriz insumo-produto. Ela utiliza os coeficientes da Tabela 3, referentes à primeira proposta metodológica, porém, quando ocorre o consumo setorial pelos dados do BEN e não há consumo pelos dados da MIP, em vez de utilizar o coeficiente que representa a participação total do subsetor no consumo total do setor, são incorporados os ajustes setoriais apresentados abaixo:

- a) Gás natural: para essa fonte energética, optou-se por testar um novo ponderador. No lugar do setor de petróleo e gás, utilizou-se o SIUP, que também contempla o consumo de gás;
- b) Carvão vapor: os setores alimentos e bebidas e não ferrosos e outros da metalurgia apresentam consumo pela utilização do ponderador. No entanto, pela MIP não existe consumo de carvão por tais setores. A opção foi de alocar o consumo de tais setores para o setor energético. Então, o consumo do setor energético dados pelo BEN fica sendo o consumo de carvão vapor pelo setor energético mais os consumos da mesma fonte dos setores acima;
- c) Lenha: os setores ferro-gusa e aço e ferro-liga apresentam consumo de lenha, mas pela MIP não ocorre consumo nesses setores. A opção foi de adicionar tal consumo aos já registrados no setor outras indústrias (BEN) e realizar a alocação conforme a metodologia 1;
- d) Outras fontes primárias: nesse caso, observa-se que pelo BEN ocorre consumo no setor de cimento, mas não no setor de cerâmica, o contrário do que é observado pela MIP. A opção, nesse caso, foi de transferir o consumo do setor de cimento para o de cerâmica;
- e) Óleo diesel: nessa fonte, não se observa consumo residencial de tal fonte, contrariando os dados da MIP. A opção foi de alocar o consumo do setor transporte (BEN) entre as porções observadas nos setores de transporte e consumo das famílias (MIP);
- f) Óleo combustível: aqui o problema está no setor público, que, pelos dados do BEN, realiza consumo de tal fonte. No entanto, pelos dados

Tabela 5: Matriz de coeficientes (α_{ij}) calculados a partir dos dados da Tabela 2

Produtos	Setores						Demais setores	Total da atividade
	Agropecuário		Energético					
	Agricultura, silvicultura e exploração florestal	Pecuária e pesca	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Alcool	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana		
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0346	0,8813	0,0000	0,0829	0,0012	1,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0064	0,0000	0,0000	0,9936	1,0000
Demais produtos das fontes primárias	0,1172	0,0209	0,0000	0,0000	0,0090	0,0061	0,8468	1,0000
Total fonte primária	0,0229	0,0041	0,0263	0,6708	0,0018	0,0642	0,2099	1,0000
Óleo diesel	0,0909	0,0356	0,0136	0,0011	0,0024	0,0360	0,8204	1,0000
Gás liquefeito de petróleo	0,0582	0,1151	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8267	1,0000
Demais produtos das fontes secundárias	0,0072	0,0043	0,0132	0,0207	0,0015	0,1826	0,7705	1,0000
Total fonte secundária	0,0180	0,0086	0,0132	0,0181	0,0017	0,1634	0,7770	1,0000
Total	0,0193	0,0074	0,0166	0,1875	0,0017	0,1377	0,6299	1,0000

Fonte: Cálculo dos autores.

Tabela 6: Distribuição setorial do consumo de energia utilizando os coeficientes da Tabela 5 e a coluna do consumo setorial total da Tabela 1 — em 1.000 tep

Produtos	Setores						Demais setores	Total da atividade
	Agropecuário		Energético					
	Agricultura, silvicultura e exploração florestal	Pecuária e pesca	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Alcool	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana		
Petróleo e gás natural	0	0	544	13848	0	1302	19	15713
Carvão mineral	0	0	0	20	0	0	3027	3046
Demais produtos das fontes primárias	5055	899	0	0	390	265	36519	43128
Total fonte primária	1419	252	1630	41514	110	3975	12987	61888
Óleo diesel	3437	1345	516	40	92	1362	31035	37827
Gás liquefeito de petróleo	90	178	0	0	0	0	1275	1543
Demais produtos das fontes secundárias	628	379	1152	1809	135	15967	67383	87452
Total fonte secundária	2285	1086	1675	2298	209	20723	98545	126822
Total	3640	1396	3135	35375	317	25980	118865	188710

Fonte: Cálculo dos autores.

da MIP não se observa consumo em nenhum dos setores que compõem o setor público. A opção foi de alocar tal consumo para o setor energético, somando-o ao valor original observado, e realizar a distribuição conforme a metodologia 1;

- g) GLP: aqui foram encontrados dois problemas. O primeiro se refere ao consumo dos setores cimento e cerâmica, problema semelhante ao encontrado em “outras fontes primárias”, cujo procedimento foi o mesmo. Segundo, os setores do BEN energético, mineração e pelotização, têxtil, papel e celulose, ferro-gusa e aço, ferro-liga, não ferrosos e outras da metalurgia e outras indústrias apresentam consumo de tal fonte, ao contrário de seus correspondentes na MIP. Como esses setores têm o cozimento como principal função, optou-se por alocar o seu consumo para o setor de serviços de alojamento e alimentação;
- h) Carvão vegetal: nesse caso, ocorre um problema semelhante ao encontrado em “outras fontes primárias”, entre os setores de cimento e cerâmica, adotando-se o mesmo procedimento;
- i) Álcool: aqui, pelo BEN, somente ocorre consumo no setor de transporte, diferentemente do observado na MIP (031001-álcool). A opção aqui foi calcular a participação no consumo setorial e residencial, ou seja, a soma do consumo intermediário e consumo residencial, e aplicá-la na distribuição da fonte álcool;
- j) Gasolina: situação semelhante à do álcool ocorre com essa fonte. A opção adotada foi a mesma, utilizando-se a linha 030903-gasoálcool. Nesse caso, o objetivo foi distribuir o consumo final de gasolina entre os setores, observando-se que, pela MIP, somente o gasoálcool é consumido pelo demais setores da economia, sendo a gasolina utilizada somente pelo setor do refino de petróleo e coque.

Como resultado, a Tabela 7 apresenta a nova distribuição do consumo setorial de energia.

Com esses ajustes, agora somente ocorrerá consumo da fonte energética se esta for observada pelos dados da MIP. Isso provocará uma alteração no consumo setorial publicado pela EPE, responsável pelo BEN, mas o consumo total energético de cada fonte permanece inalterado. Esse terceiro método é outra tentativa de se manter uma coerência entre a matriz de insumo-produto e o Balanço Energético Nacional. Cabe salientar, finalmente, que nesse caso o total consumido pelas atividades intermediárias (170.522 tep) não coincide com o consumo (188.710 tep) dos métodos 1 e 2. A explicação é que parte do consumo de algumas fontes é alocada para o consumo residencial, tais como óleo diesel e álcool. Contudo, o consumo total energético é preservado.

A questão a seguir é: como testar a consistência dos novos dados gerados? Os indicadores econômicos e energéticos calculados para cada setor pelos três métodos são convergentes ou divergentes no sistema econômico?

Tabela 7: Distribuição setorial do consumo de energia utilizando os coeficientes da Tabela 3 ajustados aos indicadores da MIP quando existe consumo setorial - em 1.000 tep

Produtos	Setores									
	Agropecuário			Energético				Total	Demais setores	Total da atividade
	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	Pecuária e pesca	Total	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Alcool	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana			
Petróleo e gás natural	1	1	2	284	115	30	4497	4926	10785	15713
Carvão mineral	0	0	0	0	66	0	0	66	2981	3046
Demais produtos das fontes primárias	2154	383	2538	0	0	7928	5377	13305	27286	43128
Total fonte primária	2156	384	2540	284	181	7958	9874	18297	41051	61888
Óleo diesel	4086	1599	5685	39	3	7	103	152	28868	34706
Gás liquefeito de petróleo	66	50	117	0	29	6	314	348	3984	4450
Demais produtos das fontes secundárias	951	801	1752	131	6326	130	2352	8939	58788	69479
Total fonte secundária	5103	2451	7554	170	6358	143	2768	9439	91641	108634
Total	7259	2835	10094	454	6539	8101	12643	27736	132692	170522

Fonte: Cálculo dos autores.

3 Aplicação da metodologia na construção da matriz insumo-produto híbrida e análise comparativa de indicadores econômicos

Considerando que não dispomos de uma matriz energética oficial mais desagregada para comparar resultados, acreditamos que a convergência dos indicadores energético-econômicos calculados para cada setor pelos três métodos propostos constitui uma análise plausível para avaliar a consistência dos dados. Partindo desse pressuposto, com o objetivo de avaliar comparativamente os resultados do consumo setorial de energia, foi construída uma matriz insumo-produto híbrida com cada metodologia proposta, e foram calculados multiplicadores setoriais, índices intersetoriais, requerimentos setoriais de energia e suas emissões de gases de efeito estufa, medidos em CO₂-eq³ (referido, simplesmente, como CO₂ deste ponto em diante). O referencial teórico e cálculos são apresentados a seguir.

3.1 Processo de construção da matriz insumo-produto híbrida

A estrutura do modelo insumo-produto híbrido apresentado nesta seção é proveniente das abordagens utilizadas para modelos inter-regionais, porém adaptada para um contexto regional. A utilização de unidades híbridas no modelo considera tanto a energia consumida no processo de produção de uma indústria quanto a energia empregada na produção dos insumos utilizados por ela; ou seja, a análise constitui um processo que rastreia os insumos até os recursos primários usados na sua produção. A primeira rodada dos insumos de energia revelará os requerimentos diretos de energia. As rodadas subsequentes de insumos energéticos definirão os requerimentos indiretos de energia. Logo, a soma desses dois requerimentos será o requerimento total de energia, cujo cálculo é algumas vezes chamado de intensidade de energia ((Miller & Blair 2009)).

A construção de um modelo de insumo-produto híbrido tem início com uma matriz de fluxos de energia em unidades físicas. Em uma economia composta por n setores, dos quais m são setores de energia, a matriz de fluxos de energia será E ($m \times n$) — assumindo-se que a energia consumida pela demanda final (em unidades físicas) será representada por E_y , o consumo de energia total na economia será representado por F (E_y e F são ambos os vetores coluna com m -elementos), e i será um vetor ($n \times 1$), cujos elementos são todos número “um”, e dado por: $E_i + E_y = F$.

Isso significa que a soma de energia (de cada tipo descrito pelas filas de E) consumida pelos setores interindustriais, mais o consumo da demanda final, é a quantia total de energia consumida (e produzida) pela economia.

$$E = \begin{bmatrix} tep & tep & tep \\ tep & tep & tep \end{bmatrix} \quad (5)$$

Com a matriz E construída, é possível construir uma matriz de transações interindustriais em unidades híbridas. O procedimento consiste em substituir, na matriz de transações interindustriais (Z), as linhas que representam

³Dióxido de carbono equivalente, que, no caso, representa a soma de emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, considerando seu potencial de aquecimento global, 1, 21 e 310, respectivamente, conforme UNFCCC (2010).

os fluxos de energia em unidades monetárias pelas linhas que representam os fluxos *físicos* de energia, obtidos com base na matriz E. Após a substituição, temos a 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, por exemplo, o caso de quatro setores, onde o primeiro é um setor de energia:

$$Z = \begin{bmatrix} \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad (6)$$

Será substituída pela matriz de transações interindustriais híbridas descrita por:

$$Z^* = \begin{bmatrix} tep & tep & tep \\ \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad (7)$$

Consequentemente, obtém-se:

$$Z_i^* = \begin{cases} Z_i & \text{para linhas que não são fluxos de energia} \\ E_k & \text{para linhas que são fluxos de energia} \end{cases}$$

$$Y_i^* = \begin{cases} Y_j & \text{para linhas que não são fluxos de energia} \\ e_{kj} & \text{para linhas que são fluxos de energia} \end{cases}$$

$$X_i^* = \begin{cases} X_j & \text{para linhas que não são fluxos de energia} \\ F_k & \text{para linhas que são fluxos de energia} \end{cases}$$

$$F_i^* = \begin{cases} 0 & \text{para linhas que não são fluxos de energia} \\ F_k & \text{para linhas que são fluxos de energia} \end{cases}$$

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

$$X^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \\ \$ \\ \$ \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$Y^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \\ \$ \\ \$ \end{bmatrix} \quad (9)$$

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

$$A^* = Z^* \widehat{X}^{-1} \quad (10)$$

Logo,

$$A^* = Z^* \widehat{X}^{-1} = \begin{bmatrix} tep/tep & tep/\$ & tep/\$ & tep/\$ \\ \$/tep & \$/\$ & \$/\$ & \$/\$ \\ \$/tep & \$/\$ & \$/\$ & \$/\$ \\ \$/tep & \$/\$ & \$/\$ & \$/\$ \end{bmatrix}$$

As matrizes correspondentes, $A^* = Z^* \widehat{X}^{-1}$ e $(I - A^*)^{-1}$, partiram diretamente dessas definições. Entretanto, algumas das características dessas matrizes diferem do modelo tradicional de Leontief. Por exemplo, a soma da coluna A^* não é, necessariamente, menor que a unidade como no modelo tradicional.

Na estrutura da matriz de insumo-produto, o cálculo dos requerimentos de energia total, às vezes chamados de intensidade de energia, é análogo ao cálculo da exigência total em unidades monetárias da indústria do modelo tradicional de insumo-produto de Leontief.

A matriz $(I - A^*)^{-1}$ tem as mesmas unidades de A^* , porém ela representa os requerimentos (em *tep* ou unidades monetárias) por unidade (*tep* ou unidades monetárias) de demanda final (requerimento total), enquanto representa o requerimento por unidade de produto total (requerimento direto).

3.2 Índices de ligações de Rasmussen-Hirschman e requerimentos de energia no sistema econômico

Os índices de ligações de Rasmussen (1956) e Hirschman (1958) permitem identificar os setores que têm maior poder de encadeamento na economia. Os índices de ligações para trás mostram a pressão que exerce a demanda de um setor sobre os diversos setores da economia, e os índices de ligações para frente mostram a pressão que exerce a demanda dos diversos setores sobre um setor. Índices maiores do que 1 indicam setores acima da média e, portanto, setores-chave com poder de encadeamento para o crescimento da economia.

Desse modo, definimos b_{ij} como sendo um elemento da matriz inversa de Leontief $(I - A^*)^{-1}$ ou simbolizado também como B ; B^* como sendo a média de todos os elementos de B , B_j e B_i como sendo, respectivamente, a soma de uma coluna e de uma linha típica de B . Temos, então, na equações 11, o índice de ligação para trás e, na equação 12, o índice de ligação para frente.

$$U_j = \frac{\left[\frac{B_j}{n} \right]}{B^*} \quad (11)$$

$$U_i = \frac{\left[\frac{B_i}{n} \right]}{B^*} \quad (12)$$

3.3 Requerimentos setoriais de energia no sistema econômico

Para obter a matriz de requerimentos diretos de energia e a matriz de requerimentos totais de energia, extraem-se, respectivamente, as linhas dos fluxos de energia de A^* e $(I - A^*)^{-1}$.

Para isso, é necessário criar a matriz F^* com dimensão (nxn) , na qual os elementos de F^* que representam fluxos de energia são colocados ao longo da diagonal principal, e os demais elementos são zero.

$$F^* = \begin{bmatrix} tep & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & tep & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Com fins de adaptar o modelo inter-regional para um modelo regional, os elementos da diagonal principal da matriz F^* em sua totalidade passam a ser constituídos por fluxos de energia.

$$F^* = \begin{bmatrix} tep & 0 & 0 & 0 \\ 0 & tep & 0 & 0 \\ 0 & 0 & tep & 0 \\ 0 & 0 & 0 & tep \end{bmatrix}$$

A matriz F^* é composta por n elementos (representando o número de setores da economia, inclusive os setores energéticos), onde os elementos representativos dos setores de energia (m de n elementos) correspondem ao total produzido de energia (em unidades físicas) por esses setores, e os demais elementos seriam zero.

Fazendo $F^* \widehat{X}^{-1}$, obtém-se a matriz de coeficientes de consumo de energia cujos vetores constituem-se de zeros e números, no qual os números denotam as localizações do setor de energia. Assim, a multiplicação de $F^* \widehat{X}^{-1}$ pelas matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais de energia permite recuperar apenas a intensidade de energia.

Logo, os coeficientes resultantes representam os requerimentos diretos (δ) e os requerimentos totais (α):

$$\delta = F^* \widehat{X}^{-1} A^* \quad (14)$$

$$\alpha = F^* \widehat{X}^{-1} (I - A^*)^{-1} \quad (15)$$

Os requerimentos indiretos de energia (γ) são obtidos da diferença entre δ e α :

$$\gamma = F^* \widehat{X}^{-1} [(I - A^*)^{-1} - A^*] \quad (16)$$

3.4 Emissão de CO₂ no sistema econômico

Assumindo que as emissões de CO₂ estão linearmente relacionadas com os requerimentos de energia, é possível obter tanto as emissões diretas de carbono quanto as emissões indiretas e totais.

Sendo c a matriz dos coeficientes que convertem a utilização de energia em emissões, de modo tal que os elementos da diagonal principal sejam os coeficientes de conversão para cada setor e os demais sejam zero, podemos reescrever a matriz da seguinte forma:

$$c = \begin{bmatrix} c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c \end{bmatrix}$$

Logo, as emissões diretas, totais e indiretas serão respectivamente:

$$\delta_{CO_2} = cF^* \widehat{X}^{-1} A^* \quad (17)$$

$$\alpha_{CO_2} = cF^* \widehat{X}^{-1} (I - A^*)^{-1} \quad (18)$$

$$\gamma_{CO_2} = cF^* \widehat{X}^{-1} [(I - A^*)^{-1} - A^*] \quad (19)$$

Observada a função de produção subjacente ao modelo de insumo-produto e considerando a hipótese de que a tecnologia é dada, a única maneira de um determinado setor reduzir sua emissão é reduzir, na mesma proporção, sua produção. Isso fará, necessariamente, que sua demanda pela produção dos demais setores diminua.

O impacto total na economia, contudo, depende de como os demais setores serão capazes de lidar com a queda na demanda do setor que sofreu a restrição. Pode-se imaginar que os demais setores serão capazes de redirecionar sua produção para a demanda final, fazendo com que o impacto na atividade econômica seja menor. Contrariamente, pode-se supor que a demanda final não será capaz de absorver a produção que antes era destinada ao setor afetado, situação que provocará um maior impacto na economia ((Hilgemberg & Guilhoto 2006)).

3.5 Base de dados

Para a construção do modelo insumo-produto em unidades híbridas, foram usados dados da matriz insumo-produto do Brasil de 2008 — unidades monetárias (milhões de reais) — estimada por Guilhoto & Sesso (2005) e da matriz energética do Brasil de 2008 — unidades físicas (mil tep) (EPE 2012).

As matrizes energéticas estimadas apresentam 56 setores consumidores semelhantes aos que apresenta a MIP nacional (Apêndice A). Entretanto, com fins de construir a matriz híbrida, a agregação setorial foi de 53 x 53 setores, como mostram as figuras e tabelas de resultados, uma vez que o setor energético agregou ou está composto, em unidades físicas, pelo petróleo e gás natural (setor 4); refino de petróleo e coque (setor 14); álcool (setor 15); eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana (setor 40). Essa agregação setorial que evidencia somente as fontes de energia permite avaliar o uso setorial de energia e suas correspondentes emissões de CO₂.

Seguidamente, em razão da substituição da linha dos fluxos do setor energia em unidades monetárias por unidades físicas, foi necessário balancear a matriz insumo-produto. Para isso, conforme Figueiredo et al. (2012), inicialmente, fez-se uma participação percentual da produção intersetorial pelo total do consumo intermediário, excluindo os valores do setor energia e depois multiplicando essa participação pelo consumo intermediário total, para que a matriz ficasse balanceada, porém sem a linha do setor energia em unidades monetárias.

Finalmente, para fazer a conversão dos coeficientes de energia em emissões de CO₂ causadas pelo consumo setorial de energia na economia, foram utilizados os coeficientes de conversão (Apêndice B) encontrados no “Banco de dados” (E&E 2000). Eles representam a quantidade total de CO₂ medido em Gg/1000 tep emitidas na atmosfera.

4 Avaliação comparativa dos índices de ligações, requerimentos de energia e emissões de CO₂ gerados com base nas três metodologias

A comparação entre os resultados obtidos das matrizes híbridas, conforme Guilhoto & Sesso (2005), foi dividida em uma análise da correlação dos valores e classificação dos setores e, em outra, de acuidade, a qual busca avaliar as diferenças entre os valores. Essa análise permitirá verificar se existe convergência ou divergência de resultados entre os três métodos de estimar matrizes energéticas mais desagregadas.

4.1 Análise de correlação

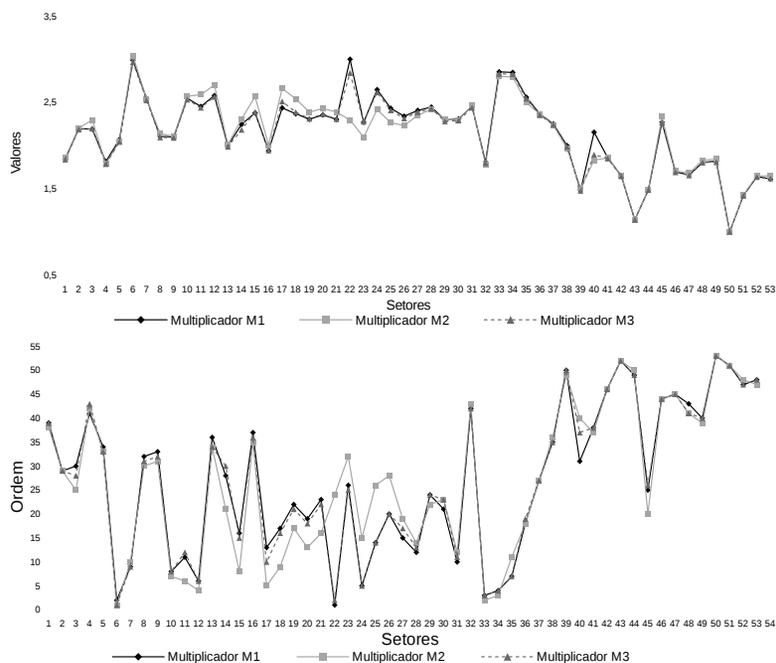
O estudo dos processos de interdependência setoriais utilizando indicadores físico-econômicos justifica-se, na medida em que permite avaliar os possíveis efeitos econômicos do consumo de energia e suas implicações inerentes às emissões de CO₂. Porém, dada a abrangência dessas interdependências em um sistema econômico, torna-se necessário delimitar um campo analítico próprio para o problema. A teoria do insumo-produto atende a essa necessidade analítica, e seu quadro simplificado, que apresenta propriedades sistêmicas, constitui-se na base empírica fundamental para identificar as ligações setoriais mais importantes para o desenvolvimento do país. Faz-se, então, necessário, em um primeiro momento, avaliar a consistência dos indicadores da matriz insumo-produto híbrida gerados com base nas metodologias de expansão do consumo setorial de energia.

Os multiplicadores de produção, os índices de ligações para frente e para trás, os requerimentos de energia e as emissões de CO₂ são mostrados nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Entretanto, para um melhor entendimento dos dados apresentados, é importante uma breve descrição de sua organização. Note-se que existem em cada figura dois indicadores (valores e ordens de importância organizados de maior a menor) para cada setor (53 setores) e para cada metodologia de expansão (métodos M1, M2 e M3), o que perfaz um total de 318 observações. Assim, para fins de uma análise comparativa e considerando o elevado volume de informações, optou-se por apresentar em cada figura dois gráficos, um para valores e outro para a ordem, que superpõem os indicadores de cada metodologia. Feitas essas considerações, é possível visualizar a maior ou menor convergência dos resultados.

Analisando comparativamente os valores dos indicadores que constam nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5, três padrões distintos emergem entre os valores e a ordem de cada metodologia: a) uma maior proximidade dos três métodos nos multiplicadores de produção tipo I, nos índices de ligações para frente e nos índices de ligações para trás; b) menor proximidade nos requerimentos de energia e emissões de CO₂ entre os métodos 1 e 2 e entre os métodos 2 e 3; e c) uma maior proximidade dos métodos 1 e 3 nos requerimentos de energia e emissões de CO₂.

Nota-se que, embora os valores dos índices setoriais calculados utilizando as três metodologias propostas sejam próximos, fica evidente que os indicadores do método 1 e do método 3 guardam maiores semelhanças para a maioria dos setores. Em particular, a maior proximidade entre os métodos 1 e 3 aparece no multiplicador tipo I, nas ligações para trás de Rasmussen e Hischman, nos requerimentos de energia e nas emissões setoriais.

Os indicadores físico-econômicos citados são importantes na identificação de setores-chave para o crescimento e consumo de energia na economia, setores que deveriam ser privilegiados para investimentos e que seriam capazes de gerar crescimento econômico com respeito ao meio ambiente. A ordenação ou classificação dos setores de acordo com os valores dos indicadores é o principal fator de escolha dos setores-chave.



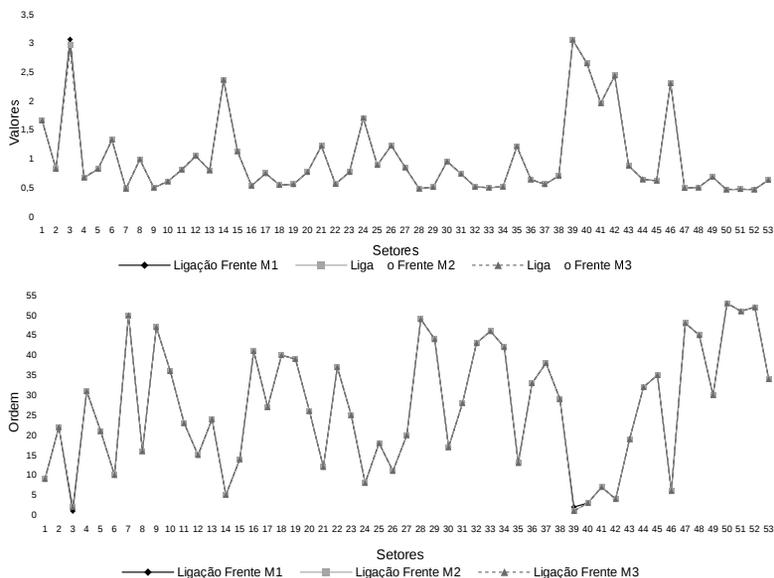
Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 1: Multiplicador de produção tipo I da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial

Para avaliar estatisticamente as três metodologias, foram calculados os índices de correlação de Pearson para as séries de valores e de Spearman para as séries de ordenações. Para mais detalhes, ver Hoffmann (1991).

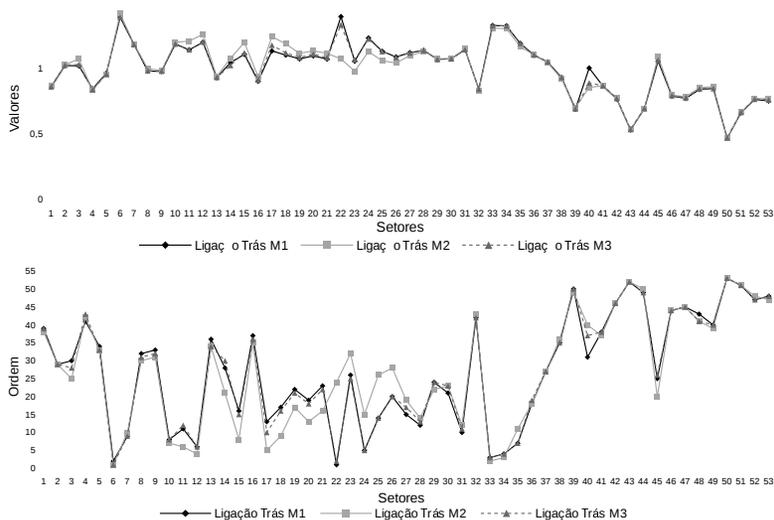
A Tabela 8 apresenta os índices de correlação para os indicadores físico-econômicos calculados. Os valores do índice de Pearson para o multiplicador de produção e índice de ligações para frente e para trás são muito próximos de um, o que indica uma relação próxima entre os valores dos indicadores econômicos calculados com os três métodos. Entretanto, nos valores dos indicadores energéticos como requerimento setorial de energia e emissões de CO₂, somente as correlações do método 1 e do método 3 são os mais próximos de um. Esse fato reafirma a proximidade desses dois métodos, observada nas Figuras 1, 2, 3 e 4, e, de certa forma, mostra uma convergência maior de resultados dessas duas propostas metodológicas.

Os valores do índice de Spearman corroboram a elevada correlação entre o método 1 e o método 3. Por um lado, todos os indicadores gerados com base nesses dois métodos são significativos ao nível $\alpha = 0,01$ (teste unilateral, H₀: correlação é igual a zero) — rejeitando-se a hipótese de que não existe relação entre as classificações ou rankings (quanto maior o índice de Spearman frente aos valores críticos, melhor significância). Por outro lado, embora as correla-



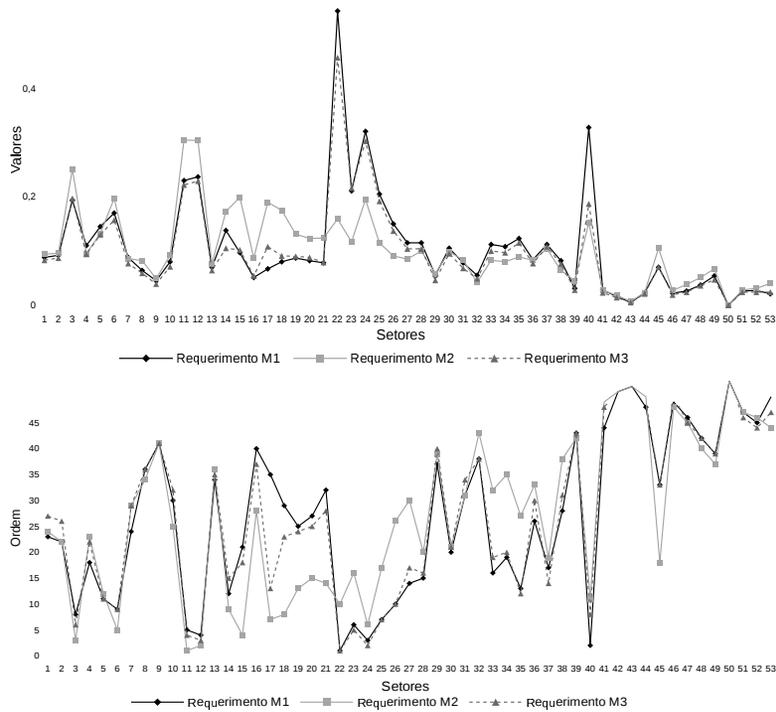
Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 2: Índices de ligações de Rasmussen-Hischman para Frente da MIP híbrida com base nas Metodologias de Expansão Setorial



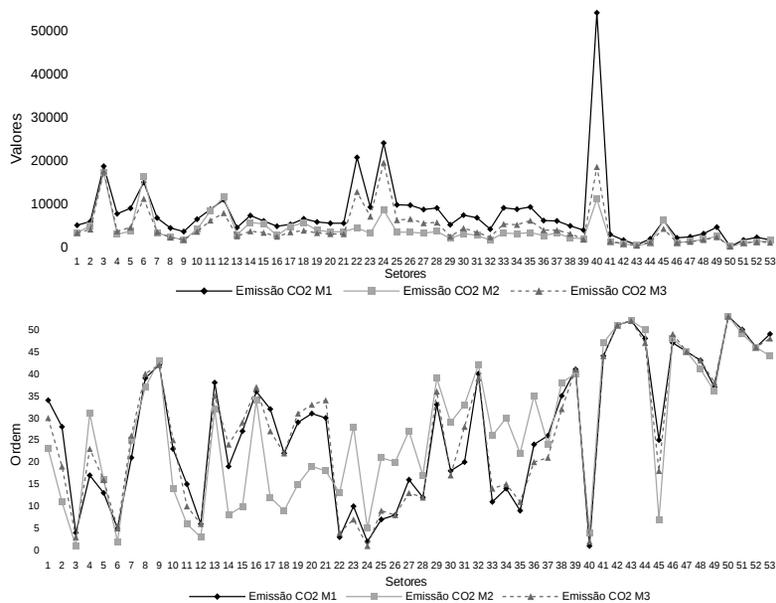
Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 3: Índices de ligações de Rasmussen-Hischman para trás da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial



Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 4: Requerimento setorial total de energia da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial



Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 5: Emissão setorial total de CO₂ da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial

Tabela 8: Índices de correlação de Pearson para valores e índice de correlação ordinal de Spearman para ordenação e teste-t

Indicadores	Métodos	Índice de correlação		
		Pearson	Spearman	
		Para valores	Para ordem	Significância unilateral $\alpha = 0,01$
Multiplicador de produção	Método 1 e Método 2	0,9523	0,4772	sim
	Método 1 e Método 3	0,9951	0,9679	sim
	Método 2 e Método 3	0,9693	0,5513	sim
Índice de ligações para frente	Método 1 e Método 2	0,9999	0,9993	sim
	Método 1 e Método 3	0,9993	0,9993	sim
	Método 2 e Método 3	0,9998	1,0000	sim
Índice de ligações para trás	Método 1 e Método 2	0,9523	0,4772	sim
	Método 1 e Método 3	0,9951	0,9679	sim
	Método 2 e Método 3	0,9693	0,5513	sim
Requerimento setorial de energia	Método 1 e Método 2	0,6424	-0,6118	não
	Método 1 e Método 3	0,9756	0,7172	sim
	Método 2 e Método 3	0,7120	-0,0207	não
Emissão Setorial de CO2	Método 1 e Método 2	0,6301	-0,6880	não
	Método 1 e Método 3	0,8763	0,8198	sim
	Método 2 e Método 3	0,7880	-0,5128	não

Fonte: Cálculo dos autores.

ções dos métodos 1 e 2 e 2 e 3 apresentem significância no multiplicador e nos índices de ligações para trás e para frente, eles não são significativos nos indicadores de requerimentos de energia e emissões de CO₂.

4.2 Análise de acuidade

A análise de correlação mostrou que há uma relação próxima das séries de resultados dos indicadores econômicos e energéticos das matrizes de insumo-produto híbridas estimadas, em particular os resultados dos métodos 1 e 3. No entanto, essa avaliação pode esconder grandes diferenças dos indicadores, tornando-se importante verificar as diferenças dos valores individuais calculados para os setores.

As Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 mostram as diferenças dos valores obtidos dos indicadores físico-econômicos da matriz de insumo-produto híbrida do Brasil estimado para o ano de 2008, com base nos três métodos de expansão setorial do consumo de energia. É importante notar que os percentuais dos desvios calculados entre os métodos podem ser positivos ou negativos, tendo sido calculados para cada setor com base na média dos índices. Assim, nos gráficos, quanto menor a diferença dos métodos, mais próximos do eixo zero localizam-se os valores e os percentuais, e quanto maior a diferença entre os métodos, mais os resultados se afastam do eixo zero.

A Figura 6 apresenta as diferenças dos valores do multiplicador de produção obtidos pelos três métodos. Observa-se que, dentre as três séries de resultados, as diferenças entre os métodos 1 e 3 são as menores. Verifica-se que apenas o setor 40 (transporte, armazenagem e correio) e 22 (cimento) possuem erros de 8,45% e 3,80% respectivamente. O erro permanece abaixo de 1,99% para 50 dos 53 setores da economia.

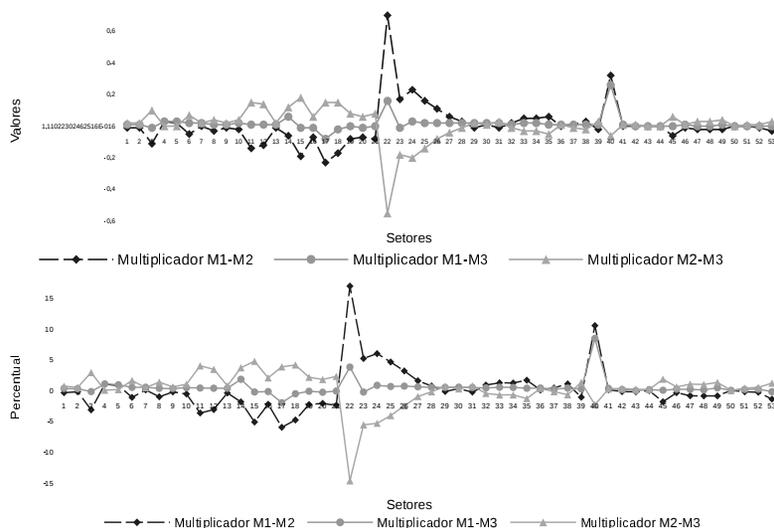
As Figuras 7 e 8 apresentam os índices de ligações de Rasmussen-Hirschman. Verifica-se que, para os três métodos, os índices de ligações para frente (Figura 7) evidenciam pequenas variações (erros abaixo de 0,5%) na maioria dos setores, exceto para o setor 3 (energético), cuja diferença entre os métodos 1 e 3 chega a 4,34%. Já para os índices de ligações para trás (Figura 8), as diferenças entre os três métodos são relativamente mais elevadas. Contudo, as variações entre os métodos 1 e 3 são as menores encontradas entre as três séries (erro abaixo de 1,00% para 90,5% dos resultados), chegando o setor 39 (comércio) a um máximo de 7,88%. Note-se que a diferença entre os métodos 1 e 2 alcança um erro de 37,63% no setor 22 (cimento). Assim, podemos afirmar, nesse contexto, que os indicadores dos métodos 1 e 3 demonstram maior convergência de resultados.

As diferenças dos requerimentos setoriais de energia e das emissões de CO₂ apresentadas nas Figuras 9 e 10, respectivamente, mostram, nos padrões de comportamento entre os diversos métodos, pequenas variações nos valores dos requerimentos e das emissões e maiores variações nos percentuais, em particular, nas emissões setoriais de CO₂.

Nessa perspectiva, as diferenças dos métodos 1 e 3, tanto para os valores como para os percentuais, novamente, são as menores. Todavia, dentre as maiores variações percentuais observadas (erros) em diversos setores, destaca-se o setor 40 (transporte, armazenagem e correio), com 33,50% nos requerimentos de energia e com 56,39% nas emissões de CO₂. Embora, estatisticamente, os métodos 1 e 3 apresentem forte correlação, as diferenças observadas entre esses métodos decorrem da incorporação de ajustes em dez setores que apre-

sentam consumo setorial nos dados do BEN, e não há consumo pelos dados da MIP (método 3), em vez de utilizar o coeficiente que representa a participação total do subsetor no consumo total do setor (método 1).

É importante ressaltar que, entre as séries dos métodos 1 e 2 e dos métodos 2 e 3, não há correlação significativa, de modo que o erro não pode ser previsto. Entretanto, deve-se salientar que as diferenças entre esses métodos são as mais elevadas das séries analisadas



Fonte: Cálculos dos autores.

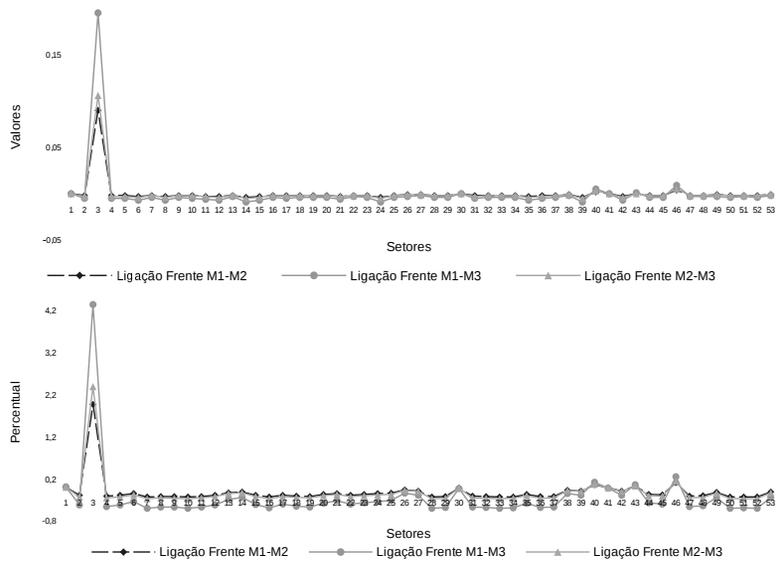
Figura 6: Diferenças dos valores do multiplicador de produção tipo I da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial

As Tabelas 9 e 10 expõem as diferenças dos rankings dos indicadores econômicos e energéticos calculados, com as metodologias propostas, nesta pesquisa para o ano de 2008.

Nota-se que nos multiplicadores e nos índices de ligações da Tabela 9 ocorrem diversas variações. Entretanto, as menores diferenças nas classificações são encontradas entre os métodos 1 e 3, variando entre 1 e 6 nos postos, sendo o maior erro verificado nessa série para o setor 40 (transporte, armazenagem e correio). Contudo, os setores-chave (primeiros no ranking) permanecem os mesmos para as séries de resultados das matrizes estimadas.

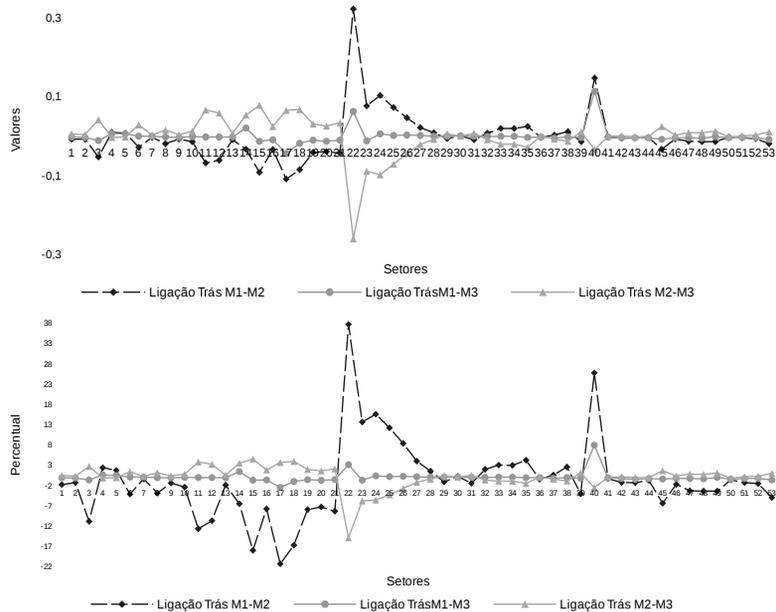
Por sua vez, a análise das diferenças dos rankings das emissões da Tabela 10 mostra, novamente, nos métodos 1 e 3, que os setores têm as menores diferenças nas classificações, variando entre 1 e 8 nos postos. As diferenças dos requerimentos setoriais de energia destacam, mais uma vez, os métodos 1 e 3, mostrando que a maioria apresenta variações entre 1 e 6 postos, com exceção do setor 17 (defensivos agrícolas), cuja diferença alcança 22 postos.

Deve-se manifestar que as diferenças nos valores dos requerimentos e das emissões são relativamente pequenas e nos percentuais, mais elevadas. Em muitos casos, observou-se que essas diferenças nos requerimentos evidenciam-se na quarta e quinta cifras decimais. Já nas emissões, as diferenças são relevantes, contudo, essas diferenças no ordenamento setorial (rankings), em particular dos métodos 1 e 3, são as menores observadas; ou seja, a importância relativa dos setores nas emissões mostram-se convergentes.



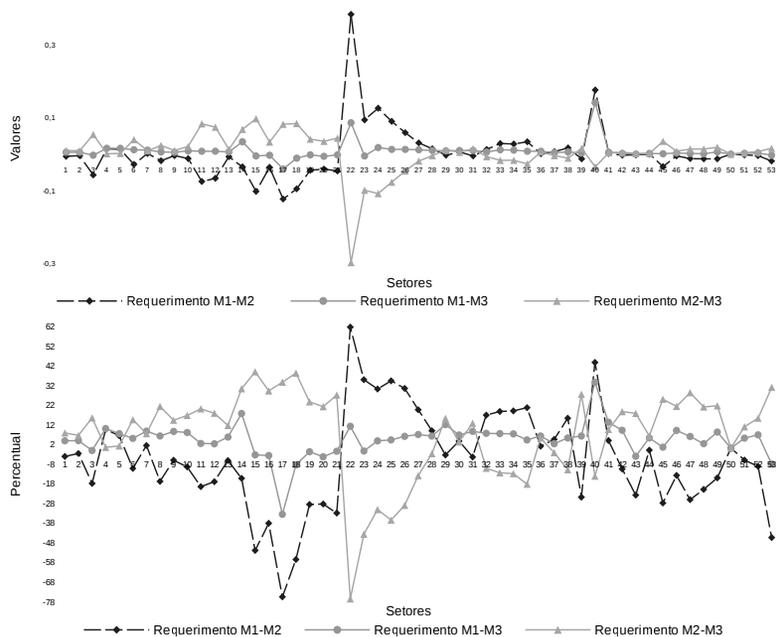
Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 7: Diferenças dos índices de ligações de Rasmussen-Hirschman para frente da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial



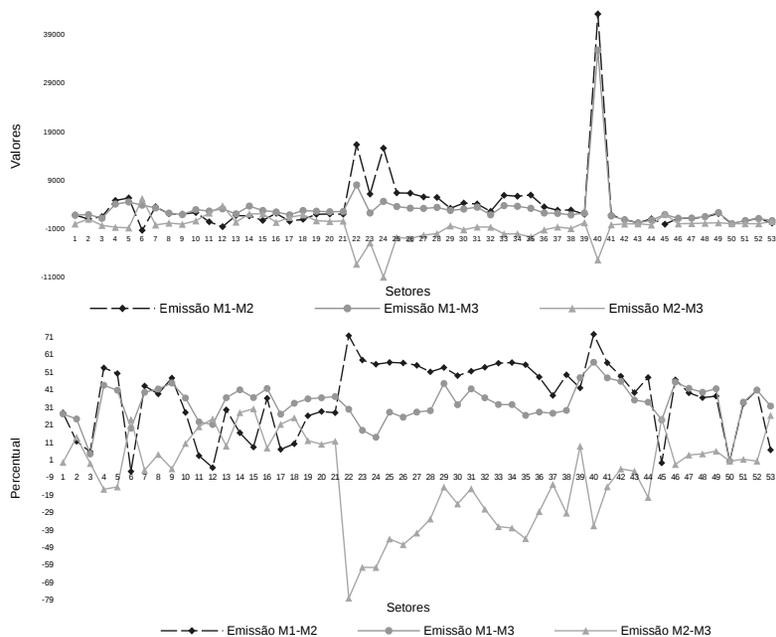
Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 8: Diferenças dos índices de ligações de Rasmussen-Hirschman para trás da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial



Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 9: Diferenças do requerimento setorial total de energia da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial



Fonte: Cálculos dos autores.

Figura 10: Diferenças da emissão setorial total de CO² da MIP híbrida com base nas metodologias de expansão setorial

Tabela 9: Diferenças na classificação dos setores de acordo com os valores dos indicadores físico-econômicos (multiplicador, índice de ligações para frente e para trás) da MIP híbrida com base nas propostas metodológicas de expansão setorial

MIP HÍBRIDA BR 2008		Multiplicador de produção			Índice de ligações para frente			Índice de ligações para trás		
		Diferença métodos			Diferença métodos			Diferença métodos		
Setor	Descrição da atividade	1/fev	1/mar	2/mar	1/fev	1/mar	2/mar	1/fev	1/mar	2/mar
1	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1
2	Pecuária e pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Energético	5	2	-3	-1	-1	0	5	2	-3
4	Minério de ferro	-1	-2	-1	0	0	0	-1	-2	-1
5	Outros da indústria extrativa	1	1	0	0	0	0	1	1	0
6	Alimentos e bebidas	1	1	0	0	0	0	1	1	0
7	Produtos do fumo	-1	0	1	0	0	0	-1	0	1
8	Têxteis	2	1	-1	0	0	0	2	1	-1
9	Artigos do vestuário e acessórios	2	1	-1	0	0	0	2	1	-1
10	Artefatos de couro e calçados	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1
11	Produtos de madeira — exclusive móveis	5	-1	-6	0	0	0	5	-1	-6
12	Celulose e produtos de papel	2	0	-2	0	0	0	2	0	-2
13	Jornais, revistas, discos	2	2	0	0	0	0	2	2	0
14	Produtos químicos	7	-2	-9	0	0	0	7	-2	-9
15	Fabricação de resina e elastômeros	8	1	-7	0	0	0	8	1	-7
16	Produtos farmacêuticos	2	1	-1	0	0	0	2	1	-1
17	Defensivos agrícolas	8	3	-5	0	0	0	8	3	-5
18	Perfumaria, higiene e limpeza	8	1	-7	0	0	0	8	1	-7
19	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	5	1	-4	0	0	0	5	1	-4
20	Produtos e preparados químicos diversos	6	1	-5	0	0	0	6	1	-5
21	Artigos de borracha e plástico	7	1	-6	0	0	0	7	1	-6
22	Cimento	-23	-1	22	0	0	0	-23	-1	22
23	Outros produtos de minerais não metálicos	-6	1	7	0	0	0	-6	1	7
24	Fabricação de aço e derivados	-10	0	10	0	0	0	-10	0	10
25	Metalurgia de metais não ferrosos	-12	0	12	0	0	0	-12	0	12
26	Produtos de metal — exclusive máquinas e equipamentos	-8	0	8	0	0	0	-8	0	8

Fonte: Cálculo dos autores.

Tabela 9: Diferenças na classificação dos setores de acordo com os valores dos indicadores físico-econômicos (multiplicador, índice de ligações para frente e para trás) da MIP híbrida com base nas propostas metodológicas de expansão setorial (continuação)

MIP HÍBRIDA BR 2008		Multiplicador de produção			Índice de ligações para frente			Índice de ligações para trás		
		Diferença métodos			Diferença métodos			Diferença métodos		
Setor	Descrição da atividade	1/fev	1/mar	2/mar	1/fev	1/mar	2/mar	1/fev	1/mar	2/mar
27	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	-4	-2	2	0	0	0	-4	-2	2
28	Eletrrodomésticos	-2	-1	1	0	0	0	-2	-1	1
29	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	2	0	-2	0	0	0	2	0	-2
30	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	-2	-2	0	0	0	0	-2	-2	0
31	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	-2	-1	1	0	0	0	-2	-1	1
32	parelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	-1	0	1	0	0	0	-1	0	1
33	Automóveis, camionetas e utilitários	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1
34	Caminhões e ônibus	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1
35	Peças e acessórios para veículos automotores	-4	0	4	0	0	0	-4	0	4
36	Outros equipamentos de transporte	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1
37	Móveis e produtos das indústrias diversas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	Construção	-1	0	1	0	0	0	-1	0	1
39	Comércio	1	0	-1	1	1	0	1	0	-1
40	Transporte, armazenagem e correio	-9	-6	3	0	0	0	-9	-6	3
41	Serviços de informação	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1
42	Intermediação financeira e seguros	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	Serviços imobiliários e aluguel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	Serviços de manutenção e reparação	-1	0	1	0	0	0	-1	0	1
45	Serviços de alojamento e alimentação	5	-1	-6	0	0	0	5	-1	-6
46	Serviços prestados às empresas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	Educação mercantil	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	Saúde mercantil	2	2	0	0	0	0	2	2	0
49	Serviços prestados às famílias e associativas	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1
50	Serviços domésticos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	Educação pública	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Saúde pública	-1	0	1	0	0	0	-1	0	1
53	Administração pública e seguridade social	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1

Fonte: Cálculo dos autores.

Tabela 10: Diferenças na classificação dos setores de acordo com os valores dos indicadores físico-econômicos (requerimento de energia e emissões de CO₂) da MIP híbrida com base nas propostas metodológicas de expansão setorial

MIP HÍBRIDA BR 2008		Requerimento setorial total de energia			Emissão setorial total de CO ₂		
		Diferença métodos			Diferença métodos		
Setor	Descrição da atividade	1/fev	1/mar	2/mar	1/fev	1/mar	2/mar
1	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	-1	-4	-3	11	4	-7
2	Pecuária e pesca	0	-4	-4	17	9	-8
3	Energético	5	2	-3	3	1	-2
4	Minério de ferro	-5	-4	1	-14	-6	8
5	Outros da indústria extrativa	-1	0	1	-3	-3	0
6	Alimentos e bebidas	4	0	-4	3	0	-3
7	Produtos do fumo	-5	-5	0	-4	-5	-1
8	Têxteis	2	0	-2	2	-1	-3
9	Artigos do vestuário e acessórios	0	0	0	-1	0	1
10	Artefatos de couro e calçados	5	-2	-7	9	-2	-11
11	Produtos de madeira - exclusive móveis	4	1	-3	9	5	-4
12	Celulose e produtos de papel	2	1	-1	3	0	-3
13	Jornais, revistas, discos	-2	-1	1	6	3	-3
14	Produtos químicos	3	-3	-6	11	-5	-16
15	Fabricação de resina e elastômeros	17	3	-14	17	-2	-19
16	Produtos farmacêuticos	12	3	-9	2	-1	-3
17	Defensivos agrícolas	28	22	-6	20	5	-15
18	Perfumaria, higiene e limpeza	21	6	-15	13	0	-13
19	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	12	1	-11	14	-2	-16
20	Produtos e preparados químicos diversos	12	2	-10	12	-2	-14
21	Artigos de borracha e plástico	18	4	-14	12	-4	-16
22	Cimento	-9	0	9	-10	-1	9
23	Outros produtos de minerais não metálicos	-10	1	11	-18	3	21
24	Fabricação de aço e derivados	-3	1	4	-3	1	4
25	Metalurgia de metais não ferrosos	-10	0	10	-14	-2	12
26	Produtos de metal — exclusive máquinas e equipamentos	-16	0	16	-12	0	12

Fonte: Cálculo dos autores.

Tabela 10: Diferenças na classificação dos setores de acordo com os valores dos indicadores físico-econômicos (requerimento de energia e emissões de CO₂) da MIP híbrida com base nas propostas metodológicas de expansão setorial (continuação)

MIP HÍBRIDA BR 2008		Requerimento setorial total de energia			Emissão setorial total de CO ₂		
		Diferença métodos			Diferença métodos		
Setor	Descrição da atividade	1/fev	1/mar	2/mar	1/fev	1/mar	2/mar
27	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	-16	-3	13	-11	3	14
28	Eletrodomésticos	-5	-1	4	-5	0	5
29	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	-2	-3	-1	-6	-3	3
30	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	-1	-1	0	-11	1	12
31	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0	-3	-3	-13	-8	5
32	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	-5	0	5	-2	1	3
33	Automóveis, camionetas e utilitários	-16	-3	13	-15	-3	12
34	Caminhões e ônibus	-16	-1	15	-16	-1	15
35	Peças e acessórios para veículos automotores	-14	1	15	-13	-2	11
36	Outros equipamentos de transporte	-7	-4	3	-11	4	15
37	Móveis e produtos das indústrias diversas	-2	3	5	2	5	3
38	Construção	-10	-3	7	-3	3	6
39	Comércio	1	0	-1	1	0	-1
40	Transporte, armazenagem e correio	-9	-6	3	-3	-1	2
41	Serviços de informação	-5	-4	1	-3	0	3
42	Intermediação financeira e seguros	0	0	0	0	0	0
43	Serviços imobiliários e aluguel	0	0	0	0	0	0
44	Serviços de manutenção e reparação	-2	-1	1	-2	1	3
45	Serviços de alojamento e alimentação	15	0	-15	18	7	-11
46	Serviços prestados às empresas	1	-1	-2	-1	-2	-1
47	Educação mercantil	1	1	0	0	0	0
48	Saúde mercantil	2	0	-2	2	0	-2
49	Serviços prestados às famílias e associativas	2	0	-2	1	-1	-2
50	Serviços domésticos	0	0	0	0	0	0
51	Educação pública	0	1	1	1	0	-1
52	Saúde pública	-1	1	2	0	0	0
53	Administração pública e seguridade social	6	3	-3	5	1	-4

Fonte: Cálculo dos autores.

Em geral, fica evidente que as diferenças setoriais encontradas refletem, por um lado, as inconsistências do BEN e da MIP e, por outro, os critérios metodológicos de ponderação propostos para estimar as matrizes energéticas. Porém, a convergência de resultados entre os métodos 1 e 3 mostram maior consistência para desagregar matrizes energéticas, na falta de uma matriz oficial mais desagregada.

5 Conclusões e implicações finais

O estudo parte da necessidade de elaborar um sistema de desagregação setorial da matriz energética que seja compatível com o número de setores que a MIP apresenta. Com esse fim, o artigo teve como objetivo propor e avaliar métodos alternativos que permitam elaborar uma matriz energética mais desagregada para o país. Para isso, apresentou três propostas metodológicas e as avaliou comparativamente, utilizando indicadores físico-econômicos calculados por meio do modelo insumo-produto híbrido.

Os resultados das propostas metodológicas para a economia brasileira no ano de 2008 apontam que os indicadores calculados pelos métodos 1 (Base BEN) e 3 (Base MIP ajustada) são muito próximos, apresentando um alto índice de correlação de Pearson. Os índices de Spearman para as classificações dos valores corroboram a elevada correlação entre o método 1 e o método 3, ou seja, as ordenações nessa série não são diferentes, testadas estatisticamente a um nível de significância de $\alpha = 0,01$. Conclui-se, pois, que as metodologias 1 e 3 apresentam resultados mais convergentes, o que possibilita estimar matrizes energéticas mais desagregadas e compatíveis com as matrizes insumo-produto.

A análise de acuidade por meio das diferenças dos valores e ordem (ranking) dos indicadores setoriais permitiu, novamente, verificar que os métodos 1 e 3 revelaram as menores diferenças. O erro nos valores entre os dois métodos foi o seguinte: para os multiplicadores, permaneceu abaixo de 1,99% para mais de 94% dos resultados obtidos; para os índices de ligações para frente, ficou abaixo de 0,5%; e para os índices de ligações para trás, abaixo de 1,00 para 90,5% dos resultados. As diferenças nos valores dos requerimentos de energia e emissões de CO₂ apresentaram, porém, dois padrões de comportamento entre os dois métodos, variações relativamente pequenas nos valores dos requerimentos e das emissões e maiores variações nos percentuais, em particular, nas emissões setoriais de CO₂. Contudo, os erros entre as classificações (ranking) em geral são baixos para os métodos 1 e 3, o que demonstra que, na importância relativa dos setores, existe elevada convergência.

Portanto, fica evidente, por um lado, que o consumo de energia dos sub-setores em unidades físicas está proporcionalmente relacionado com seus respectivos fluxos monetários contidos na MIP. Por outro, constata-se que a utilização dos coeficientes técnicos, mantendo a estrutura da matriz energética (método 1) — ou a utilização desses coeficientes, considerando ajustes setoriais quando ocorre o consumo setorial pelos dados do BEN e não há consumo pelos dados da MIP (método 3) —, gera, na maioria dos setores, dados próximos entre si. Assim, pode-se afirmar que qualquer desses métodos permite estimar a matriz energética mais desagregada e compatível com a matriz insumo-produto.

As vantagens de estimar matrizes energéticas desagregadas e compatíveis

com as matrizes insumo-produto radicam em permitirem avaliar, mais detalhadamente, o consumo setorial de energia e os impactos nas emissões de gases efeito estufa, sejam esses temas abordados por meio de MIPs híbridas ou por meio de MIPs monetárias que utilizem as matrizes energéticas como tabelas-secundárias (emprego, salários, etc.). Em qualquer uma das abordagens, a incorporação de fluxos de energia entre setores, tanto em termos físicos quanto monetários, possibilitará programar análises de impacto sobre o meio ambiente em termos setoriais e abre espaço para avaliar o consumo de energia e emissões de gases por produtos ou por cadeias produtivas.

Considerando que as próprias estatísticas dos dados disponíveis determinam aspectos centrais da orientação metodológica dos métodos propostos, torna-se oportuno salientar esses aspectos. Embora a classificação das atividades utilizada para a construção das matrizes do BEN e da MIP seja compatível, as limitações dos métodos propostos neste artigo decorrem, fundamentalmente, das inconsistências estatísticas que elas apresentam, em particular quando são comparados os fluxos setoriais de consumo de energia. Contudo, deve-se ressaltar que os critérios utilizados para a expansão das matrizes energéticas receberam o máximo cuidado para manter-se a coerência econômica dos fluxos de energia.

Referências Bibliográficas

- Abdallah, P. R. & Montoya, M. A. (1998), Perspectiva da utilização de modelos insumo-produto na administração do meio ambiente, *in* M. A. Montoya, ed., 'Relações intersetoriais do Mercosul e da economia brasileira', Ed. UPF, Passo Fundo, p. 366.
- Bullard III, C. W. & Herendeen, R. A. (1975), 'The energy cost of goods and services', *Energy Policy* 3(4), 268–278.
- Casler, S. D. & Blair, P. D. (1997), 'Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions', *Ecological Economics* 22(1), 19–27.
- Cumberland, J. H. (1966), 'A regional interindustry model for analysis of development objectives', *Papers in Regional Science* 17(1), 65–94.
- Daly, H. E. (1968), 'On economics as a life science', *Journal of Political Economy* 76(3), 392–406.
- E&E (2000), 'Coeficiente da matriz de emissões: Projeto "fornecimento de instrumentos de avaliação de emissões de gases de efeito estufa acoplados a uma matriz energética"'.
URL: http://ecen.com/matriz/eee24/tab_coef1.htm
- EPE (2012), 'Balanço energético nacional'.
URL: ben.epe.gov.br
- Figueiredo, N. R. M., Araújo, Junior, I. T. & Perobelli, F. S. (2012), 'Construção da matriz de insumo-produto híbrida para o estado de Pernambuco e avaliação da intensidade energética e de emissões de CO₂'.
URL: <http://www.bnb.gov.br>
- Forsell, O. & Polenske, K. R. (1998), 'Introduction: input-output and environment', *Economics Systems Research* 10(2), 91–97.

Guilhoto, J. J. M. & Sesso, Filho, U. A. (2005), 'Estimação da matriz insumo-produto à partir de dados preliminares das contas nacionais', *Revista de Economia Aplicada* 9(2), 277–299.

Hawdon, D. & Pearson, P. (1995), 'Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the uk', *Energy Economics* 17(1), 73–86.

Hilgemberg, E. M. & Guilhoto, J. J. M. (2006), 'Uso de combustíveis e emissões de CO2 no Brasil: Um modelo inter-regional de insumo-produto', *Nova Economia* 16(1), 49–99.

Hirschman, A. O. (1958), *The strategy of economic development*, Yale university press, New Haven. (Yale studies in economics, 10).

Hoffmann, R. (1991), *Estatística para economistas*, Pioneira, São Paulo.

Isard, W., Bassett, K., Choguill, C., Furtado, J., Izumita, R., Kissin, J., Romanoff, E., Seyfarth, R. & Tatlock, R. (1968), 'On the linkage of socio-economic and ecologic systems', *Papers in Regional Science* 21(1), 79–99.

Leontief, W. (1970), 'Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach', *The Review of Economics and Statistics* 52(3), 262–271.

Miller, R. E. & Blair, P. D. (2009), *Input-output analysis: foundations and extensions*, Cambridge University Press, New York.

Rasmussen, P. N. (1956), *Studies in inter-sectorial relations*, North-Holland, Amsterdam.

UNFCCC (2010), 'Global warming potentials'.
URL: http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Apêndice A**Tabela A.1:** Agregação e compatibilização setorial para o ano de 2008 entre a MIP e a Matriz energética do Brasil

Agregação grandes setores	Compatibilização das atividades do Brasil				
	MIP Brasil 2008			Matriz Energética do Brasil 2008	
	Setores	Nível 80	Descrição atividades	Código	Descrição atividades
I	1	101	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	11.2.5	Agropecuário
	2	102	Pecuária e pesca	11.2.5	Agropecuário
II	3	201	Petróleo e gás natural	11.2.1	Energético
	14	309	Refino de petróleo e coque	11.2.1	Energético
	15	310	Álcool	11.2.1	Energético
	40	401	Elettricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	11.2.1	Energético
III	4	202	Minério de ferro	11.2.7.4	Mineração e pelotização
	5	203	Outros da indústria extrativa	11.2.7.4	Mineração e pelotização
IV	6	301	Alimentos e bebidas	11.2.7.7	Alimentos e bebidas
	7	302	Produtos do fumo	11.2.7.7	Alimentos e bebidas
V	8	303	Têxteis	11.2.7.8	Têxtil
	9	304	Artigos do vestuário e acessórios	11.2.7.8	Têxtil
	10	305	Artefatos de couro e calçados	11.2.7.8	Têxtil
VI	11	306	Produtos de madeira — exclusive móveis	11.2.7.9	Papel e celulose
	12	307	Celulose e produtos de papel	11.2.7.9	Papel e celulose
	13	308	Jornais, revistas, discos	11.2.7.9	Papel e celulos
VII	16	311	Produtos químicos	11.2.7.6	Química
	17	312	Fabricação de resina e elastômeros	11.2.7.6	Química
	18	313	Produtos farmacêuticos	11.2.7.6	Química
	19	314	Defensivos agrícolas	11.2.7.6	Química
	20	315	Perfumaria, higiene e limpeza	11.2.7.6	Química
	21	316	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	11.2.7.6	Química
	22	317	Produtos e preparados químicos diversos	11.2.7.6	Química
	23	318	Artigos de borracha e plástico	11.2.7.6	Química

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A.1: Agregação e compatibilização setorial para o ano de 2008 entre a MIP e a Matriz energética do Brasil (continuação)

Agregação grandes setores	Compatibilização das atividades do Brasil				
	MIP Brasil 2008			Matriz Energética do Brasil 2008	
	Setores	Nível 80	Descrição atividades	Código	Descrição atividades
VIII	24	319	Cimento	11.2.7.1	Cimento
IX	25	320	Outros produtos de minerais não metálicos	11.2.7.10	Cerâmica
X	26	321	Fabricação de aço e derivados	11.2.7.3	Ferro-ligas
				11.2.7.2	Ferro-gusa e aço
XI	27	322	Metalurgia de metais não ferrosos	11.2.7.5	Não ferrosos e outros metálicos
	28	323	Produtos de metal — exclusive máquinas e equipamentos	11.2.7.5	Não ferrosos e outros metálicos
XII	29	324	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	11.2.7.11	Outras indústrias
	30	325	Eletrodomésticos	11.2.7.11	Outras indústrias
	31	326	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	11.2.7.11	Outras indústrias
	32	327	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	11.2.7.11	Outras indústrias
	33	328	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	11.2.7.11	Outras indústrias
	34	329	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	11.2.7.11	Outras indústrias
	35	330	Automóveis, camionetas e utilitários	11.2.7.11	Outras indústrias
	36	331	Caminhões e ônibus	11.2.7.11	Outras indústrias
	37	332	Peças e acessórios para veículos automotores	11.2.7.11	Outras indústrias
	38	333	Outros equipamentos de transporte	11.2.7.11	Outras indústrias
	39	334	Móveis e produtos das indústrias diversas	11.2.7.11	Outras indústrias
41	501	Construção	11.2.7.11	Outras indústrias	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A.1: Agregação e compatibilização setorial para o ano de 2008 entre a MIP e a Matriz energética do Brasil (continuação)

Agregação grandes setores	Compatibilização das atividades do Brasil				
	MIP Brasil 2008			Matriz Energética do Brasil 2008	
	Setores	Nível 80	Descrição atividades	Código	Descrição atividades
XIII	42	601	Comércio	11.2.3	Comercial
	44	801	Serviços de informação	11.2.3	Comercial
	45	901	Intermediação financeira e seguros	11.2.3	Comercial
	46	1001	Serviços imobiliários e aluguel	11.2.3	Comercial
	47	1101	Serviços de manutenção e reparação	11.2.3	Comercial
	48	1102	Serviços de alojamento e alimentação	11.2.3	Comercial
	49	1103	Serviços prestados às empresas	11.2.3	Comercial
	50	1104	Educação mercantil	11.2.3	Comercial
	51	1105	Saúde mercantil	11.2.3	Comercial
	52	1106	Serviços prestados às famílias e associativas	11.2.3	Comercial
	53	1107	Serviços domésticos	11.2.3	Comercial
XIV	43	701	Transporte, armazenagem e correio	11.2.6	Transporte total
XV	54	1201	Educação pública	11.2.4	Público
	55	1202	Saúde pública	11.2.4	Público
	56	1203	Administração pública e seguridade social	11.2.4	Público

Fonte: Elaborado pelos autores.

Apêndice B

Tabela B.1: Coeficientes de conversão da quantidade total de CO₂ em Gg/1000 tep emitidas na atmosfera

	Gás Natural	Carvão vapor	Carvão metal	Lenha	Prod. da cana	Outra fonte	Diesel	Combustível	Gasolina	GLP
Energético	2,34	3,94	3,94	4,52	4,52	3,31	3,07	3,21	2,87	2,61
Residencial	2,34	3,78	3,78	4,23	4,23	3,31	3,07	3,21	2,87	2,61
Comercial	2,34	3,81	3,81	4,23	4,23	3,31	3,07	3,21	2,87	2,61
Público	2,34	3,81	3,81	4,23	4,23	3,31	3,07	3,21	2,87	2,61
Agropecuário	2,34	3,78	3,78	3,91	3,91	3,31	3,07	3,21	2,87	2,61
Rodoviário	2,34	3,78	3,78	3,91	3,91	3,31	3,07	3,21	2,35	2,62
Ferrovário	2,34	3,78	3,78	3,91	3,91	3,31	3,07	3,21	2,35	2,62
Aéreo	2,34	3,95	3,95	4,59	4,59	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Hidroviário	2,34	3,95	3,95	4,59	4,59	3,31	3,07	3,14	2,87	2,62
Cimento	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Ferro-gusa aço	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Ferro-ligas	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Mineração e pelotiz.	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Não ferrosos	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Química	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Alimentos e bebidas	2,34	3,81	3,81	4,55	4,55	3,31	3,07	3,21	2,87	2,61
Têxtil	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Papel e celulose	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Cerâmica	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Outros	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62
Consumo não id.	2,34	3,93	3,93	4,46	4,32	3,31	3,07	3,21	2,87	2,62

Fonte: E&E (2000).

Tabela B.1: Coeficientes de conversão da quantidade total de CO₂ em Gg/1000 tep emitidas na atmosfera (continuação)

	Querosene	Gás	Coq. Car. min.	Carvão veg.	Álcool	Outras fontes secund.	Outras secund.	Petróleo	Alcatrão
Energético	2,98	3,07	3,94	3,86	3,00	3,07		3,07	3,94
Residencial	2,98	3,07	3,78	3,46	2,71	3,07		3,07	3,78
Comercial	2,98	3,07	3,81	3,48	2,71	3,07		3,07	3,81
Público	2,98	3,07	3,81	3,79	2,71	3,07		3,07	3,07
Agropecuário	2,98	3,07	2,78	3,46	2,39	3,07		3,07	3,78
Rodoviário	2,97	3,07	3,98	3,95	2,76	3,07		3,07	3,95
Ferrovário	2,97	3,07	3,98	3,95	2,76	3,07		3,07	3,95
Aéreo	2,97	3,07	3,95	3,95	3,07	3,07		3,07	3,95
Hidroviário	2,97	3,07	3,95	3,95	3,07	3,07		3,07	3,95
Cimento	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Ferro-gusa aço	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Ferro-ligas	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Mineração e pelotiz.	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Não ferrosos	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Química	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Alimentos e bebidas	2,98	3,07	3,93	3,48	3,03	3,07		3,07	3,81
Têxtil	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Papel e celulose	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Cerâmica	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Outros	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93
Consumo não id.	2,98	3,07	3,93	3,66	2,80	3,07		3,07	3,93

Fonte: E&E (2000).

Apêndice C

Tabela C.1: Compatibilização dos fluxos setoriais da matriz energética com os fluxos setoriais da matriz insumo-produto para estabelecer o fator de ponderação

Matriz energética do Brasil 2008	MIP (Tabela de Recursos e Usos) Brasil 2008	
Descrição fontes de energia primária	Nível 80	Descrição atividades
Petróleo		NC: não consome
Gás natural	20101	Petróleo e gás natural
Carvão vapor	20301	Carvão mineral
Carvão metalúrgico		NC: não consome
Urânio U3O8		NC: não consome
Energia hidráulica		NC: não consome
Lenha	10112	Produtos da exploração florestal e da silvicultura
Produtos da cana	30115	Produtos das usinas e do refino de açúcar
Outras fontes primárias	10112	Produtos da exploração florestal e da silvicultura
Descrição fontes de energia secundária	Nível 80	Descrição atividades
Óleo diesel	30905	Óleo diesel
Óleo combustível	30904	Óleo combustível
Gasolina	30903	Gasoálcool
GLP	30901	Gás liquefeito de petróleo
Nafta		NC: não consome
Querosene	30906	Outros produtos do refino de petróleo e coque
Gás de cidade e de coqueira	40101	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana
Coque de carvão mineral	20301	Carvão mineral
Urânico contido no UO2		NC: não consome
Eletricidade	40101	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana
Carvão vegetal	31102	Produtos químicos orgânicos
Álcool etílico anidro e hidratado	31001	Álcool
Outras secundários de petróleo	30906	Outros produtos do refino de petróleo e coque
Produtos não energéticos de petróleo		NC: não consome
Alcatrão	20301	Carvão mineral

Fonte: Elaborado pelos autores.