

TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 380

**INTERDEPENDÊNCIA E ENCADEAMENTOS DAS EXPORTAÇÕES SETORIAIS
E OS MODAIS DE TRANSPORTE: UM ENFOQUE DE INSUMO-PRODUTO**

**Admir Antonio Betarelli Junior
Suzana Quinet de Andrade Bastos
Fernando Salgueiro Perobelli**

Junho de 2010

Ficha catalográfica

339.23981	Betarelli Junior, Admir Antonio.
B562i	Interdependência e encadeamentos das exportações
2010	setoriais e os modais de transporte: um enfoque de insumo-produto / Admir Antonio Betarelli Junior ; Suzana Quinet de Andrade Bastos ; Fernando Salgueiro Perobelli .- Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2010.
	27p. (Texto para discussão ; 380)
	1. Relações intersetoriais - Brasil. 2. Corredores de exportação - Brasil. 3. Transporte de mercadorias - Brasil. I. Bastos, Suzana Quinet de Andrade. II. Perobelli, Fernando Salgueiro. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. IV. Título. V. Série.
	CDD

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

**INTERDEPENDÊNCIA E ENCADEAMENTOS DAS EXPORTAÇÕES SETORIAIS E OS
MODAIS DE TRANSPORTE: UM ENFOQUE DE INSUMO-PRODUTO**

Admir Antonio Betarelli Junior

Doutorando em Economia pelo CEDEPLAR/UFMG.

Suzana Quinet de Andrade Bastos

Professora do Curso de Mestrado em Economia Aplicada – CMEA/UFJF
e da Faculdade de Economia - UFJF e pesquisadora do CNPq e FAPEMIG.

Fernando Salgueiro Perobelli

Professor do Curso de Mestrado em Economia Aplicada - CMEA/UFJF e da Faculdade de Economia - UFJF,
Bolsista de Produtividade CNPq – Nível II e Pesquisador FAPEMIG.

**CEDEPLAR/FACE/UFMG
BELO HORIZONTE
2010**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. METODOLOGIA	7
2.1. Modelo de Insumo produto	7
2.2. Coeficientes de requerimento: modelo híbrido de insumo-produto	8
2.3. Os Índices de Rasmussen-Hirschman (R-H)	10
2.4. Estatísticas de Variabilidade	11
2.5. Campo de Influência	12
3. BASE DE DADOS	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4.1. Coeficientes de requerimentos	16
4.2. Índices R-H, estatísticas de variabilidade e campo de Influência	19
5. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24

RESUMO

Este artigo analisa as interdependências (interações) e encadeamentos entre as exportações dos setores econômicos e os principais modais de transporte (rodoviário, ferroviário, fluvial, aéreo e marítimo) na economia brasileira. Para esse propósito, é utilizada uma matriz híbrida intersetorial de insumo-produto brasileira, incorporando como setores, os modais de transporte. Com essa matriz, calculam-se os coeficientes de requerimentos, os índices de Rasmussem- Hirshman, as estatísticas de variabilidade e o campo de influência. Os resultados encontrados apontam que, pelo lado dos modais de transporte, o rodoviário, ferroviário e marítimo classificam-se como os modais-chaves para a exportação brasileira. Pelo lado dos setores, a atividade Siderúrgica, além de exercer as mais fortes pressões sobre a demanda dos modais ferroviário e marítimo, representa o setor mais importante da economia, uma vez que os seus encadeamentos (para frente e trás) afetam e influenciam um grande número de atividades produtivas.

Palavras-Chave: Insumo-produto; coeficientes de requerimentos; encadeamentos; modais de transportes; exportação.

ABSTRACT

The main aim of this paper is to construct a complete analysis of exports and the mains transportation modals in the Brazilian economy. In order to implement this analysis we will use an inter-sectoral hybrid input-output matrix for the Brazilian economy. We will incorporate the modals of transport as a sector in this matrix. The global analysis will be based on the followed indicators: *a)* requirement coefficients, *b)* Rasmussem-Hirshman linkages, *c)* variability indexes and *d)* Field of Influence. The main results show that the road, rail and maritime models represent the key-modal for the Brazilian export. Moreover, the Steel sector exerts the strongest pressure on the rail and maritime modals demand and also represents the most important sector in the Brazil, because the linkages (*forward* and *backward*) of this activity affect and influence a great number of economic sectors.

Keywords: input-output model; requirements coefficients; linkages; modals of transports; exports.

CLASSIFICAÇÃO JEL: C67; R40

1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista econômico, o transporte é um setor de serviço ou uma demanda intermediária utilizada, em particular, para as transações de compra e venda de produtos intermediários ou finais entre os setores. Dessa maneira, as transferências físicas (nacional ou internacional) que se processam dessas transações setoriais, demandam algum meio de transporte (caminhão, trem, avião, navio, navegação fluvial, entre outros).

Araújo (2006) enfatiza que o processo de crescimento econômico provoca aumento da demanda de transporte, buscando acesso físico a mercados cada vez mais distantes para os produtos de consumo final e intermediário. Dessa forma, uma debilidade no setor de transporte, limita o desenvolvimento, tanto porque provoca restrições a possíveis ganhos oriundos do comércio, como pode afetar a produtividade de outras atividades produtivas, haja vista que estas estão interligadas num sistema¹.

Para Haddad (2006) os impactos dos investimentos em transporte podem ser diferentes em várias regiões. Além de refletir na produtividade sistêmica, melhorias na infra-estrutura de transporte podem provocar crescimentos de economia de escala e de acessibilidade (i.e. expansão do acesso a mercados - produtos e insumo). Esses resultados, associados a uma intervenção espacialmente localizada, podem aumentar as vantagens competitivas de uma região. O autor chama a atenção que, em virtude da existência de correlação espacial entre as regiões, as intervenções de infra-estrutura em uma dada região resultam efeitos sobre outras regiões. Segundo o autor, tal observação é de grande importância para a avaliação dos impactos de políticas de transporte num ambiente em que as relações de complementaridade e competição são existentes no espaço econômico.

Betarelli Junior (2007) faz um exercício utilizando a estatística de autocorrelação espacial *I* de Moran e observa que, para o caso brasileiro, a distribuição da riqueza econômica (em termos *per capita*) está imbricada com a organização espacial da infraestrutura de transporte. O autor conclui que, embora seja complexo definir causa e efeito entre a distribuição geográfica do PIB *per capita* e da infraestrutura de transporte, estas variáveis revelam, na grande maioria, similaridade espacial, reforçando as desigualdades entre as regiões.

Gonçalves e Kawamoto (1995) e Martins (2001) destacam que a previsão da demanda de transporte pode ser uma importante ferramenta para subsidiar ações de planejamento, em particular, dos transportes de cargas uma vez que permite apontar possíveis estrangulamentos e auxiliar os investimentos e melhorias em infra-estrutura de transporte.

Estudos direcionados à demanda das exportações sobre os modais rodoviário, ferroviário, fluvial, aéreo e marítimo no Brasil corroboram para essas decisões de planejamento. Sobre a ótica dos planejadores públicos, um aspecto interessante refere-se às interdependências entre as exportações setoriais e o uso dos modais de transporte. Avaliar essas interdependências resulta em identificar as pressões que esses setores exercem sobre a demanda dos principais modais de transporte.

¹ De acordo com Almeida (2003, p.8), *os transportes determinam as condições gerais da eficiência sistêmica de uma região ou de um país, condicionando, assim, o seu grau de desenvolvimento.*

Dentro deste contexto o objetivo do trabalho é identificar as interdependências e encadeamentos entre as exportações setoriais com os modais de transporte (rodoviário, ferroviário, fluvial, aéreo e marítimo) para a economia brasileira através da utilização de uma matriz híbrida de insumo-produto. Para tanto, será empregada às técnicas metodológicas: coeficientes de requerimentos, índice de Rasmussen-Hirschman, estatísticas de variabilidade e campo de influência.

Além dessa seção introdutória, esse trabalho se organiza em mais quatro seções. A segunda apresenta a metodologia utilizada, destacando as técnicas metodológicas. A terceira seção aborda a base de dados utilizada para aplicação do modelo e, na quarta, são discutidos os resultados alcançados. Por fim, são tecidas as conclusões, salientando as contribuições e os principais resultados do trabalho.

2. METODOLOGIA

2.1. Modelo de Insumo produto

A análise das interações intersetoriais é realizada a partir dos princípios do modelo de insumo-produto (IP) de Wassily Leontief (MILLER e BLAIR, 1985). Contudo, na matriz deste modelo, serão introduzidos valores físicos e endogeneizados os vetores das exportações desagregadas, resultando assim, no *modelo híbrido fechado*² de insumo-produto.

Os primeiros trabalhos que aplicaram essa metodologia estavam ligados às questões energéticas (GOWDY e MILLER, 1987; HILGEMBERG, 2004; MACHADO, 2002; MILLER BLAIR, 1985). Segundo Bullard e Herendeen (1975), Miller e Blair (1985) e Casler e Blair (1997), 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, em particular, o uso de energia.

De acordo com Hawdon e Pearson (1995) e Zhang Folmer (1998), algumas vantagens podem ser destacadas no modelo: permite a incorporação de fluxos físicos e monetários e possibilita implementar análises de impacto. Todavia, como o modelo tradicional de insumo-produto, este modelo também exhibe as mesmas limitações, ou seja: coeficiente tecnológico constante, retornos constantes de escala, demanda final definida exogenamente e preços rígidos.

Embora esse modelo tenha sido utilizado para questões energéticas, nada impede a sua extensão para outras áreas (e.g. transporte). Nesse sentido, para a aplicação de um modelo híbrido, primeiro, se incorpora como setores, sob a forma de vetor-linha, a movimentação de carga (toneladas transportadas para a exportação) dos modais de transporte (marítimo, fluvial, aéreo, ferroviário e rodoviário) na matriz de consumo intermediário. E, em seguida, para respeitar a necessária simetria dessa matriz, são endogeneizadas as exportações setoriais (desagregadas por modais de transporte) da demanda final (vetor-coluna). A partir desta nova estrutura, o cálculo dos requerimentos se baseia em Perobelli *et alii* (2006a).

A matriz do consumo intermediário será estruturada por quatro submatrizes, como segue:

² O modelo de insumo-produto toma o conceito de modelos fechados (ver Miller e Blair, 1985) e o adapta para o fechamento do modelo com relação ao setor externo [ver este tipo de fechamento em Haddad *et alii* (2005)].

$$\bar{Z}^* = \left[\begin{array}{c|c} Z & E_C \\ \hline E_R & E \end{array} \right] \quad (1)$$

em que Z : consumo intermediário em valores monetários $[2(n + 5^3)]$, E_C : exportações monetárias por modais de transporte endogeneizadas $(n \times 5)$, E_R : toneladas transportadas por modal de transporte para a exportação $(5 \times n)$ e $E = 0_{5 \times 5}$.

Nesse momento vale a pena analisar o sentido da endogeneização do vetor de exportações (E_R e E_C) na matriz de consumo intermediário. No caso do vetor E_R , o sentido econômico pode ser explicado da seguinte forma: a análise da matriz de insumo-produto pela coluna mostra os insumos necessários (e.g. insumos intermediários, mão-de-obra, capital, outros custos) para a produção de um determinado setor. Como se utiliza um modelo híbrido, o vetor E_R expressa o uso do insumo transporte por parte dos setores da economia. Isso é semelhante à idéia de margens de transportes que em diversas matrizes de insumo-produto faz parte do componente “outros custos”. Assim, nesse modelo híbrido as margens de transporte foram incorporadas no quadrante de uso intermediário na forma física (toneladas transportadas por modal de transporte).

No caso do vetor E_C (exportações em valores monetários) o sentido econômico pode ser explicado da seguinte forma: ao analisar os fluxos de linhas nas matrizes de insumo-produto verifica-se o destino das vendas, que pode ser para consumo intermediário ou demanda final. Assim, o vetor E_C também está representando o destino da vendas.

Na expressão (1), a submatriz E aborda as toneladas transportadas entre os modais de transporte que foram utilizados até os locais de embarque das exportações. Assim, cada elemento dessa submatriz mede o volume da operação de transbordo (desembarque e embarque). Essa operação é utilizada para os sistemas de intermodalidade e/ou multimodalidade. No entanto, devido às restrições de dados, as operações de transbordos não são consideradas e, os elementos dessa matriz registram valores nulos.

Com essas modificações nas matrizes, tem-se a notação matricial do valor bruto da produção:

$$\bar{X}^* = \bar{Z}^*_{2(n+5)} + \bar{Y}^* \quad (2)$$

2.2. Coeficientes de requerimento: modelo híbrido de insumo-produto

Diante da expressão (2), definindo $\hat{X} = \text{diag}(\bar{X}^*)$, é possível construir a matriz híbrida de *coeficientes de requerimento direto* da seguinte forma:

$$\bar{A}^* = \bar{Z}^* (\hat{X})^{-1} \quad (3)$$

³ Número de modais de transporte considerados.

onde $\bar{A}^* = \left[\begin{array}{c|c} A & AE_C \\ \hline AE_R & AE \end{array} \right]$

Seguindo os passos tradicionais do modelo de insumo-produto (IP), tem-se:

$$\bar{X}^* = (\bar{I}^* - \bar{A}^*)^{-1} \bar{Y}^* \quad (4)$$

na qual $\bar{B}^* = (\bar{I}^* - \bar{A}^*)^{-1}$ representa a matriz inversa de Leontief e \bar{I}^* a matriz de identidade.

Os elementos da matriz \bar{B}^* se traduzem em *requerimentos totais*. E, deduzindo os efeitos iniciais, temos os coeficientes de *requerimento líquido total*:

$$\bar{R}^* = \bar{B}^* - \bar{I}^*_{2(n+5)} \quad (5)$$

sendo $\bar{R}^* = \left[\begin{array}{c|c} R & RE_C \\ \hline RE_R & RE \end{array} \right]$

A partir das matrizes \bar{A}^* e \bar{R}^* é possível calcular os coeficientes de *requerimentos indiretos* no modelo híbrido, ou seja:

$$\bar{Q}^* = \bar{R}^* - \bar{A}^* \quad (6)$$

em que $\bar{Q}^* = \left[\begin{array}{c|c} Q & QE_C \\ \hline QE_R & QE \end{array} \right]$

Assim, as matrizes \bar{A}^* , \bar{R}^* e \bar{Q}^* provêm informações numéricas sobre a estrutura de interdependência direta, total e indireta, existente entre as atividades produtivas. Ademais, essas interdependências são analisadas sob a ótica das vendas nas submatrizes AE_R , RE_R e QE_R .

Os elementos da submatriz QE_R indicam quais setores que exercem alto peso sobre a demanda dos modais de transporte. O seu valor mostra um adicional em toneladas transportadas por um modal quando há uma variação em uma unidade monetária⁴ dos demais componentes da demanda final.

Contudo, nessa análise não se distingue se este adicional de toneladas foi gerado por efeito direto ou efeito indireto. Para tanto, calcula-se a participação dos coeficientes de requerimentos diretos (AE_R) e de indiretos (RE_R) nos coeficientes totais (QE_R). A análise entre os elementos das submatrizes AE_R e RE_R identifica as atividades setoriais que revelam maior poder de multiplicação

⁴ A unidade monetária utilizada na matriz de Insumo-Produto é mil reais (R\$ 1000,00).

sobre a demanda dos modais de transporte. Para que um setor econômico registre um maior poder de multiplicação, os coeficientes indiretos (RE_R) devem ser predominantes nos coeficientes totais.

2.3. Os Índices de Rasmussen-Hirschman (R-H)

Embora os coeficientes de requerimentos (intensidade de uso) diretos, indiretos e totais indiquem as interdependências entre os setores e os modais de transporte, não revelam os efeitos de encadeamentos presentes nessas interações. Como meio de suprir esta lacuna, primeiramente, são calculados os índices de Rasmussen-Hirschman (R-H) na própria matriz híbrida.

Os valores desses índices indicam as atividades produtivas que ostentam maior poder de encadeamento dentro da economia. Os índices descrevem, por um lado, os efeitos de encadeamento para trás (*backward linkages*) e para frente (*forward linkages*) (CLEMENTES e ROSSI, 1992; GUILHOTO *et alii*, 1994; TOYOSHIMA e FERREIRA, 2002). A combinação desses índices de ligação para trás e para frente pode resultar na classificação da atividade como setor-chave da economia. Segundo Perroux (1955), o setor-chave é aquele que apresenta maior poder de encadeamento para frente e, ou, para trás, de modo que o aumento do investimento nesse setor tem efeitos multiplicadores sobre a renda maiores que a média das atividades produtivas.

Numa analogia, os índices R-H dos modais de transporte se traduzem, por um lado, no impacto da demanda dos países importadores por um modal sobre a produção dos setores econômicos brasileiros (encadeamento para trás), e por outro, a dependência de oferta do modal em relação à produção das atividades econômicas para exportar (encadeamento para frente). Nesse sentido, os índices R-H indicam o quanto os setores pressionam e são pressionados a demandar os modais de transporte⁵.

Para o cálculo dos índices de ligação para trás (poder de dispersão) e para frente (sensibilidade de dispersão) utilizam-se os coeficientes (\bar{b}^*_{ij}) da matriz Inversa de Leontief [$\bar{B}^* = (\bar{I}^* - \bar{A}^*)^{-1}$]. Com isso, tem-se:

$$U_j = \frac{(B_{*j}/n)}{B^*} \text{ e } U_i = \frac{(B_{i*}/n)}{B^*} \quad (\forall \ i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

onde $B^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}{n^2}$ representa a média de todos os coeficientes da matriz Inversa de Leontief (\bar{B}^*),

$B_{*j} = \sum_{i=1}^n \bar{b}^*_{ij}$ refere-se ao total dos coeficientes pela ótica de compra, e $B_{i*} = \sum_{j=1}^n \bar{b}^*_{ij}$ corresponde ao total dos coeficientes pela ótica de venda.

⁵ Uma extensão de Alcântara e Padilha (2003).

O índice de ligação para trás (U_j) determina o quanto um setor compra dos demais. Se este índice for superior a uma unidade, isto significa que, quando há uma variação na demanda final do setor j , o mesmo gera uma compra de insumos acima da média na economia, revelando fortes encadeamentos para trás no sistema produtivo. Para este caso, será atribuída ao setor j a letra “B” (*backward*).

O índice de ligação para frente (U_i) descreve o quanto o setor i vende para o restante da economia. Se $U_i > 1$, então, neste caso, o índice mostra que, diante de uma variação na demanda final de todas as atividades econômicas, a produção do setor i aumenta acima da média na economia. Tal fato aponta que o setor i tem uma dependência acima da média da produção de outros setores, uma vez que se destaca como forte fornecedor de insumo (encadeamentos para frente) dentre os demais. Nesses termos, para o setor i será empregada a letra “F” (*forward*).

Pela análise restrita de McGilvray (1977), se um determinado setor apresentar as letras “B” e “F”, i.e., se os valores de U_j e U_i de um setor forem superiores a uma unidade, isto significa que o mesmo é considerado como “setor-chave”, visto que provoca um efeito de encadeamento de compra e venda acima da média na economia.

2.4. Estatísticas de Variabilidade

Uma das deficiências dos índices R-H refere-se ao fato do mesmo não indicar se os efeitos de encadeamento acima da média de uma determinada atividade produtiva afetam um número alto de setores. Em outras palavras, embora uma atividade possa exibir $U_j > 1$ e/ou $U_i > 1$, isto não implica que o impacto dessa atividade, diante de uma variação na demanda final, possa atingir um número alto de setores. Dessa forma, para suprir esta deficiência, utilizam-se as medidas de estatísticas de variabilidade, como segue:

$$V_{*j} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\bar{b}_{ij}^* - \left(\frac{B_{*j}}{n} \right) \right]^2}}{\left(\frac{B_{*j}}{n} \right)} \quad \text{e} \quad V_{i*} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \left[\bar{b}_{ij}^* - \left(\frac{B_{i*}}{n} \right) \right]^2}}{\left(\frac{B_{i*}}{n} \right)} \quad (8)$$

Os valores de V_{*j} associam-se ao índice de poder de dispersão (U_j). Quanto menor for esta medida de estatística, maior será o número de setores atingidos pela variação na demanda final do setor j . Assim, se o setor apresentar a letra “B” ($U_j > 1$) e um V_{*j} baixo, isto significa que a atividade tem grande poder de dispersão e atinge muitos setores na economia (HADDAD, 1999; TOYOSHIMA e FERREIRA, 2002).

Na medida de estatística V_{i*} , adjunta ao índice de sensibilidade à dispersão (U_i), quanto menor for o valor, maior será o número de atividades atendidas pelas vendas do setor i . Nesses termos, se um setor exibe a letra “F” ($U_i > 1$) e um V_{i*} baixo, o mesmo apresenta grande sensibilidade à dispersão e atinge um grande número de atividades produtivas.

Conforme destaca Toyoshima e Ferreira (2002), se ambas as medidas V_{*j} e V_{i*} forem baixas, logo a interdependência da atividade com os demais setores é bem distribuída.

2.5. Campo de Influência

As medidas de estatísticas de variabilidade indicam se o efeito de encadeamento de um setor afeta um número relativamente alto de atividades no sistema produtivo. Contudo, não permitem visualizar quais são os principais elos de ligações que podem provocar maior impacto dentro da economia. Como forma de superar esse problema, utiliza-se o enfoque do campo de influência desenvolvido por Sonis e Hewings (1989, 1994) *apud* Guilhoto *et alii* (1994). Segundo Silva *et alii* (2007) e Rodrigues *et alii* (2007), o conceito de campo de influência mostra como se distribuem as mudanças dos coeficientes tecnológicos como um todo na economia, averiguando quais relações entre os setores são mais importantes dentro do processo produtivo. Além disso, é possível verificar as maiores influências de um dado setor sobre o restante da economia.

Para o cálculo do campo de influência de cada coeficiente tecnológico, é necessário criar uma matriz de variações incrementais do coeficiente (E). Assim, define-se a matriz $E = [\varepsilon_{ij}]$ sob a seguinte condição:

$$\varepsilon_{ij} \begin{cases} \varepsilon & i = i_1; j = j_1 \\ 0 & i \neq i_1; j \neq j_1 \end{cases} \quad (9)$$

Definido ε_{ij} , soma-se com o coeficiente tecnológico correspondente a fim de calcular a nova matriz de Inversa de Leontief, ou seja:

$$B(\varepsilon) = (\bar{I}^* - \bar{A}^* - E)^{-1} \quad \text{ou} \quad B(\varepsilon) = [\bar{I}^* - (\bar{A}^* + E)]^{-1} \quad (10)$$

Para pequena variação em um único coeficiente tecnológico, o campo de influência pode ser aproximado por:

$$F(\varepsilon_{ij}) = \frac{[B(\varepsilon_i) - \bar{B}^*]}{\varepsilon_{ij}} \quad (11)$$

na qual $F(\varepsilon_{ij})$ é a matriz $(n+5 \times n+5)$ do campo de influência do coeficiente tecnológico \bar{a}_{ij}^* ⁶ e $\bar{B}^* = (\bar{I}^* - \bar{A}^*)^{-1}$ é a matriz de Leontief calculada a partir da matriz híbrida (IP).

Com cada matriz $F(\varepsilon_{ij})$, têm-se as influências totais associadas entre os coeficientes tecnológicos:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n [F_{kl}(\varepsilon_{ij})]^2 \quad (12)$$

Os maiores valores de S_{ij} são os coeficientes que revelam maiores Campo de Influência. Neste trabalho, atribuí-se para ε_{ij} um valor de 0,001, conforme Silva *et alii* (2007).

3. BASE DE DADOS

A aplicação dos métodos depende de dois tipos de dados: a matriz de insumo-produto e as toneladas transportadas para as exportações por modais de transporte (rodoviário, ferroviário, fluvial, aéreo e marítimo).

A matriz de insumo-produto utilizada foi estimada a preços básicos e cedida por Guilhoto e Sesso Filho (2005). Esta matriz é composta por uma estrutura setor x setor (42 setores) para o Brasil do ano de 2003. A tabela 1 apresenta os principais resultados desta matriz e permite evidenciar as diferenças entre os multiplicadores em termos setoriais.

Se constata que os multiplicadores de produção dos setores: Abate de animais (27), Fabricação de óleos vegetais (30), Indústria têxtil (22), Outros produtos alimentícios (31) e Indústria de leite e laticínios (28) são predominantes entre as demais atividades setoriais. Esses setores revelam que, quando há variação de uma unidade monetária (R\$) nos componentes da demanda final, tende a gerar mais de 2,5 unidades monetárias de produção adicional na economia. Além disso, embora esses setores sejam os que produzem maiores impactos diante das mudanças da demanda final, apresentam pequenas participações relativas no valor adicionado (VA) e no valor bruto da produção (VBP). De modo geral, a coluna três mostra que para os setores primários (agropecuária e extrativa) e para os setores de comércio e serviços o efeito multiplicador é bem menor do que para a maioria dos setores industriais.

Por outro lado, verifica-se que os setores *non-tradeables* [Administração pública (42), Instituições financeiras (38), Aluguel de imóveis (41), Comércio (35) e Construção Civil (34)] se destacam pelas suas participações (acima de 6,2%) sobre VA e VBP. No entanto, dessas atividades setoriais, apenas o Comércio (35) exibe participação considerável no total geral de exportação (6,8%). Também se nota que a atividade da Agropecuária (1) exibe uma significativa participação sobre o VA

⁶ É importante destacar que haverá $(n \times n)$ matrizes $F(\varepsilon_{ij})$ por que há $(n \times n)$ coeficientes tecnológicos (a_{ij}) .

e VBP e, sobremaneira, a exportação (7,35%). Os setores Administração pública, Intermediação financeira e Agropecuária são responsáveis por 34,35% do total de valor adicionado na economia brasileira.

TABELA 1
Principais resultados da matriz de insumo-produto (2003)

	Código e descrição dos setores	Multiplicador de produção	% Valor adicionado	% VBP	% Exportação
1	Agropecuária	1,83	8,94	8,38	7,35
2	Extrativa mineral	1,91	0,53	0,60	4,35
3	Extração de petróleo, gás e outros	1,26	3,02	1,82	2,73
4	Minerais não-metálicos	2,02	0,88	1,14	1,10
5	Siderurgia	2,39	1,49	2,56	5,84
6	Metalurgia dos não-ferrosos	2,38	0,39	0,90	2,57
7	Outros metalúrgicos	2,46	0,90	1,65	1,30
8	Máquinas e tratores	1,77	2,76	2,42	3,40
10	Material elétrico	2,37	0,31	0,84	1,95
11	Material eletrônico	1,82	0,46	0,61	2,32
12	Automóveis, caminhões e ônibus	2,31	0,45	1,24	4,01
13	Outros veículos, peças e acessórios	2,36	0,58	1,42	6,25
14	Madeira e mobiliário	2,08	0,64	0,84	2,62
15	Celulose, papel e gráfica	2,08	1,38	1,92	2,96
16	Indústria da borracha	2,14	0,38	0,61	0,88
17	Elementos químicos (não-petroq.)	1,95	1,01	1,14	1,58
18	Refino de petróleo e indústria petroq.	1,93	3,84	6,10	5,45
19	Químicos diversos	2,16	0,95	1,59	1,10
20	Farmacêuticos e perfumaria	2,16	0,52	0,82	0,55
21	Artigos plásticos	2,08	0,35	0,56	0,40
22	Indústria têxtil	2,60	0,33	1,00	1,59
23	Artigos de vestuário	2,33	0,43	0,67	0,14
24	Fabricação de calçados e artigos	2,09	0,28	0,37	2,90
25	Indústria do café	2,34	0,26	0,45	1,48
26	Prod. Benef. de origem vegetal	2,38	0,51	1,41	2,49
27	Abate de animais	2,61	0,44	1,68	3,83
28	Indústria de leite e laticínios	2,52	0,16	0,54	0,06
29	Fabricação de açúcar	2,20	0,47	0,69	2,32
30	Fabricação de óleos vegetais	2,60	0,40	1,25	4,53
31	Outros prod. alimentícios	2,57	0,77	1,98	1,59
32	Indústrias diversas	1,94	0,49	0,61	0,60
33	Serviços ind. de utilidade pública (SIUP)	1,76	3,08	3,12	0,04
34	Construção Civil	1,82	6,53	6,22	0,01
35	Comércio	1,81	6,96	6,94	6,87
36	Transportes	2,14	2,21	3,41	2,94
37	Comunicações	1,50	2,86	2,27	0,57
38	Instituições financeiras	1,25	11,14	6,85	0,40
39	Serviços prestados às famílias	1,87	4,34	4,38	3,03
40	Serviços prestados às empresas	1,50	3,92	2,96	5,11
41	Aluguel de imóveis	1,10	9,23	4,88	0,00
42	Administração pública	1,49	14,27	10,53	0,79
43	Serviços privados não-mercantis	1,14	1,12	0,61	0,00

Fonte: Elaboração dos autores a partir da matriz de Guilhoto e Sesso Filho (2005).

As toneladas transportadas para a exportação de cada modal por atividade produtiva foram estimadas por Betarelli Junior (2007), a partir dos dados constantes no sistema AliceWeb do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio (MDIC) para o ano de 2003. Estes dados, num primeiro passo da estimativa, correspondem à agregação entre as toneladas transportadas pelos

modais *ex-ante* e *ex-post*. Segundo Betarelli Junior (2007, p. 63), “modal *ex-ante* de transporte representa os modais de transporte utilizados *até* o local de embarque. Já o modal *ex-post*, refere-se aos modais utilizados *depois* do embarque para o exterior”. Haynes *et alii* (2005) diferencia estes modais entre *trans-border transport* e *domestic transportation*.

Num segundo passo, Betarelli Junior (2007), baseado em Perobelli *et alii* (2006b), realizou a compatibilização entre os capítulos de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) e os setores econômicos. A tabela 2 apresenta as participações do total de toneladas transportadas para a exportação pelos modais de transporte por atividade produtiva. Os dados da tabela 2 são exatamente os valores físicos da matriz híbrida de insumo-produto.

TABELA 2
Participação (%) das toneladas transportadas por modal dos setores produtivos compatíveis (2003).¹

	Código e descrição dos setores	M1	M2	M3	M4	M5	Total	Total: milhões de toneladas
1	Agropecuária	25,8	22,0	3,6	0,1	48,5	100,0	49,9
2	Extrativa mineral	2,9	46,7	2,5	0,0	47,9	100,0	369,9
3	Extração de petróleo, gás e outros	17,0	32,7	2,4	0,0	47,9	100,0	22,3
4	Minerais não-metálicos	46,8	7,3	0,1	0,0	45,8	100,0	4,2
5	Siderurgia	12,3	38,7	0,1	0,0	49,0	100,0	36,4
6	Metalurgia dos não-ferrosos	30,1	5,9	15,3	0,0	48,7	100,0	2,3
7	Outros metalúrgicos	56,4	1,2	0,7	2,1	39,6	100,0	0,1
8	Máquinas e tratores	54,6	1,9	0,1	1,3	42,1	100,0	2,4
10	Material elétrico	53,9	4,5	0,1	2,5	39,0	100,0	0,7
11	Material eletrônico	57,7	0,8	0,5	11,5	29,4	100,0	0,0
12	Automóveis, caminhões e ônibus	55,2	1,5	0,1	0,4	42,7	100,0	2,4
13	Outros veículos, peças e acessórios	50,1	1,8	0,2	26,3	21,6	100,0	0,2
14	Madeira e mobiliário	44,0	0,9	6,7	0,0	48,4	100,0	12,5
15	Celulose, papel e gráfica	47,6	15,8	0,4	0,1	36,2	100,0	3,6
16	Indústria da borracha	56,0	1,4	2,9	0,3	39,4	100,0	1,0
17	Elementos químicos (não-petroq.)	25,4	19,0	10,8	0,0	44,8	100,0	19,4
18	Refino de petróleo e indústria petroq.	50,0	0,0	0,1	0,0	49,8	100,0	42,7
19	Químicos diversos	62,3	4,1	1,0	0,4	32,2	100,0	1,1
20	Farmacêuticos e perfumaria	57,8	2,3	0,6	1,6	37,8	100,0	0,3
21	Artigos plásticos	61,0	5,3	3,1	0,1	30,5	100,0	2,4
22	Indústria têxtil	60,9	0,3	0,2	0,5	38,2	100,0	1,1
23	Artigos de vestuário	55,3	0,1	0,0	7,5	37,1	100,0	0,2
24	Fabricação de calçados e artigos	46,7	4,1	0,9	3,2	45,1	100,0	0,8
25	Indústria do café	51,8	0,0	0,0	0,0	48,1	100,0	2,9
26	Prod. Benef. de origem vegetal	47,1	3,4	1,9	0,2	47,5	100,0	1,2
27	Abate de animais	49,6	2,3	0,3	0,3	47,5	100,0	7,1
28	Indústria de leite e laticínios	54,8	0,0	0,6	1,0	43,5	100,0	0,1
29	Fabricação de açúcar	44,7	5,5	0,4	0,0	49,4	100,0	26,7
30	Fabricação de óleos vegetais	35,3	12,2	3,1	0,0	49,4	100,0	5,2
31	Outros prod. alimentícios	45,6	3,6	1,3	0,0	49,4	100,0	34,5
32	Indústrias diversas	58,1	0,9	0,1	0,6	40,3	100,0	0,9
	Total	17,0	32,7	2,4	0,0	47,9	100,0	654,5

¹ M1 = rodoviário; M2 = ferroviário; M3 = fluvial; M4 = aéreo; M5 = marítimo.

Fonte: Betarelli Junior (2007).

Os setores *non-tradeables* – serviços industriais de utilidade pública (33), construção civil (34), comércio (35), transportes (36), comunicações (37), instituições financeiras (38), serviços prestados às famílias (39), serviços prestados às empresas (40), aluguel de imóveis (41), administração pública (42) e serviços privados não-mercantis (43) – foram desconsiderados porque não demandam

diretamente os modais *ex-ante* e *ex-post* de transporte. Contudo, existe um efeito indireto destes setores sobre os modais uma vez que eles estão interligados com as demais atividades do sistema produtivo. Dessa forma, o requerimento total (R) é igual ao requerimento indireto (Q). Tais valores são pouco significativos e por isso não são tratados nas análises dos coeficientes de requerimentos.

Segundo Betarelli Junior (2007), os dados das toneladas transportadas para a exportação detêm algumas limitações, como: ausência da distância percorrida pelos modais [toneladas-quilômetros úteis (TKU)], não considera no conjunto dos modais *ex-ante* de transporte o sistema de cabotagem, e não capta plenamente a intermodalidade e/ou multimodalidade de transporte.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os principais resultados e discussões, respectivamente, dos requerimentos (totais, diretos e indiretos), dos índices de Rasmussen-Hirschman, das Estatísticas de Variabilidade e do Campo de Influência.

4.1. Coeficientes de requerimentos

A análise dos requerimentos totais possibilita averiguar quais são os setores que mais exercem peso sobre a demanda dos modais de transporte. E, quando esses requerimentos são decompostos em seus efeitos diretos e indiretos, permitem observar quais as atividades produtivas que revelam maior poder de multiplicação sobre a demanda desses mesmos modais. Para isto, é verificada a relação requerimentos diretos *versus* indiretos. Quanto menor for essa relação, maior o poder de multiplicação do setor (PEROBELLI *et alii*, 2006a).

As atividades com alto peso de demanda (identificados pelos requerimentos totais) e que apresentam uma baixa relação requerimentos diretos *versus* indiretos tendem a exercer as mais fortes pressões sobre os modais de transporte. Em contrapartida, os setores com baixo peso na demanda dos modais de transporte e que ostentam uma alta relação requerimentos diretos *versus* indiretos exercem pequenas pressões sobre esses modais. Entre ambos os extremos, podem existir atividades com graus variados de pressão.

A Tabela 3 exibe os valores numéricos dos coeficientes de requerimento total e indica quais são as atividades produtivas que exercem alto peso (acima da média) sobre a demanda dos modais rodoviário, ferroviário, fluvial, aéreo e marítimo. Observa-se que a atividade da extrativa mineral (2) se destaca, principalmente, sobre a demanda dos modais ferroviário e marítimo. Os coeficientes de requerimento deste setor sobre os referidos modais registram resultados acima de 10,09. Tal número revela que, quando há uma variação de mil reais dos demais componentes da demanda final, as exportações do setor da extrativa mineral (2) tendem a provocar, direta e indiretamente, uma pressão nos transportes ferroviário e marítimo de mais de 10,09 toneladas de mercadorias. Nos modais rodoviário e fluvial, embora os valores de requerimento sejam relativamente menores, a extrativa mineral (2) também tende a exercer alto peso sobre a demanda desses modais, visto que os

coeficientes registram-se acima da média. Logo, essa atividade tende a provocar alto peso na maioria dos modais.

Também se averigua que, quando o setor da metalurgia dos não-ferrosos (6) exporta, tende a exercer alto peso na demanda dos modais marítimo, ferroviário e fluvial. No setor siderúrgico (5), que majoritariamente utiliza-se do modal ferroviário comprova-se um requerimento predominante nos modais ferroviário e marítimo. Em todas essas atividades, a concentração de demanda sobre o modal marítimo se deve, por um lado, ao volume de carga transportada e por este modal, segundo Ferreira (1989) e Betarelli Junior (2007), ser o único capaz de transportar mercadorias, em larga escala, em longo curso e a um custo menor além das fronteiras da América do Sul.

TABELA 3
Requerimentos totais de transporte por setor produtivo²

Código e descrição dos setores		Coeficientes					Classificação ¹				
		M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
1	Agropecuária	0,101	0,101	0,013	0,000	0,201	.	.	.	.	.
2	Extrativa mineral	0,661	10,099	0,537	0,000	10,398	Alto	Alto	Alto	.	Alto
3	Extração de petróleo, gás e outros	0,075	0,150	0,011	0,000	0,218	.	.	.	.	.
4	Minerais não-metálicos	0,125	0,377	0,021	0,000	0,476	.	.	.	.	.
5	Siderurgia	0,146	0,741	0,026	0,000	0,855	.	Alto	.	.	Alto
6	Metalurgia dos não-ferrosos	0,110	0,639	0,055	0,000	0,739	.	Alto	Alto	.	Alto
7	Outros metalúrgicos	0,075	0,335	0,015	0,000	0,396	.	.	.	.	.
8	Máquinas e tratores	0,048	0,102	0,005	0,000	0,140	.	.	.	Alto	.
10	Material elétrico	0,075	0,182	0,012	0,001	0,242	.	.	.	Alto	.
11	Material eletrônico	0,033	0,078	0,006	0,000	0,106	.	.	.	.	.
12	Automóveis, caminhões e ônibus	0,080	0,115	0,006	0,001	0,178	.	.	.	Alto	.
13	Outros veículos, peças e acess.	0,053	0,161	0,009	0,001	0,205	.	.	.	Alto	.
14	Madeira e mobiliário	0,279	0,056	0,040	0,000	0,349	Alto	.	Alto	.	.
15	Celulose, papel e gráfica	0,071	0,065	0,006	0,000	0,112	.	.	.	.	.
16	Indústria da borracha	0,091	0,043	0,006	0,000	0,119	.	.	.	.	.
17	Elementos químicos (não-petroq.)	0,221	0,253	0,072	0,000	0,471	Alto	.	Alto	.	.
18	Refino de petróleo e ind.petroq.	0,179	0,063	0,006	0,000	0,238	Alto	.	.	.	.
19	Químicos diversos	0,094	0,124	0,014	0,000	0,204	.	.	.	.	.
20	Farmacêuticos e perfumaria	0,068	0,069	0,009	0,000	0,130	.	.	.	.	.
21	Artigos plásticos	0,164	0,044	0,008	0,000	0,154	Alto	.	.	.	.
22	Indústria têxtil	0,087	0,042	0,005	0,000	0,114	.	.	.	.	.
23	Artigos de vestuário	0,041	0,021	0,002	0,001	0,055	.	.	.	Alto	.
24	Fabricação de calçados e artigos	0,087	0,039	0,005	0,003	0,116	.	.	.	Alto	.
25	Indústria do café	0,186	0,057	0,007	0,000	0,233	Alto	.	.	.	.
26	Prod. Benef. de origem vegetal	0,085	0,069	0,008	0,000	0,151	.	.	.	.	.
27	Abate de animais	0,152	0,082	0,010	0,001	0,225	.	.	.	Alto	.
28	Indústria de leite e laticínios	0,077	0,065	0,008	0,000	0,139	.	.	.	.	.
29	Fabricação de açúcar	0,721	0,131	0,011	0,000	0,837	Alto	.	.	.	Alto
30	Fabricação de óleos vegetais	0,126	0,090	0,013	0,000	0,217	.	.	.	.	.
31	Outros prod. alimentícios	0,358	0,115	0,017	0,000	0,470	Alto	.	.	.	.
32	Indústrias diversas	0,084	0,308	0,018	0,000	0,369	.	.	.	Alto	.

¹ Representa os coeficientes acima da média.

² M1 = rodoviário; M2 = ferroviário; M3 = fluvial; M4 = aéreo; M5 = marítimo.

Fonte: Elaboração própria dos autores.

As atividades madeira e mobiliário (14) e elementos químicos (17) revelam requerimentos totais com alto peso nas demandas dos modais rodoviário e fluvial. Dentre as explicações da concentração de demanda do setor madeira e mobiliário (14) sobre as navegações fluviais, pode-se ressaltar as grandes movimentações de carga (embarque e desembarque) de madeira por este modal nos rios Tapajós, Amazonas e Taquirí-Lagoa dos Patos. Essas movimentações são, principalmente, oriundas das operações dos portos de Santarém, de Manaus e Rio Grande.

Verifica-se que as atividades de refino de petróleo (18), artigos plásticos (21), indústria do café (25) e outros produtos alimentícios (31), além da madeira e mobiliário (14) e elementos químicos (17), quando exportam suas mercadorias, também tendem a exercer maiores pesos nos modais: rodoviário e fluvial. A explicação desse fato reside nas influências, que os efeitos de proximidade e fronteira, envolvidas na comercialização entre o Brasil e o país importador, exercem sobre o uso dos modais. Empiricamente, Betarelli Junior (2007) apresenta distintos resultados dos requerimentos totais para cada exportação desagregada por bloco comercial, enfatizando o fator geográfico como a principal explicação para esta diferença no uso dos modais de transporte.

Identificados os pesos dos requerimentos sobre os modais de transporte, torna-se necessário decompor em seus efeitos diretos e indiretos a fim de constatar quais são os setores econômicos que revelam um maior poder de multiplicação na demanda dos modais. A tabela 4 exhibe as participações dos efeitos diretos e indiretos do requerimento total.

Averigua-se que a atividade da extrativa mineral (2), embora seja proeminente nos requerimentos totais dos modais rodoviário, ferroviário, fluvial e marítimo, exerce um ínfimo⁷ poder de multiplicação sobre a demanda desses modais (participações dos requerimentos indiretos são inferiores a 13%).

Embora com grande representatividade no peso sobre a demanda do modal rodoviário, os efeitos diretos dos setores elementos químicos (17) e artigos plásticos (21) apresentam participações acima dos 87%, indicando ínfimo poder de multiplicação. Tal fato retrata a predominância dos efeitos de primeira ordem diante de mudança da demanda final.

Dos demais setores que exibem requerimentos totais significativos (*vide* tabela 3), apenas as atividades da siderurgia (5) e da metalurgia dos não-ferrosos (6) tendem a exercer as mais fortes pressões sobre os modais ferroviário e marítimo, visto que revelam alto ou muito alto poder de multiplicação sobre a demanda destes modais (baixa relação requerimento direto *versus* indireto). Em outras palavras, nesses dois setores, as participações de requerimento indireto são superiores a 70% e provocam alto peso sobre a demanda ferroviária e marítima. No setor da metalurgia dos não-ferrosos (6), tal observação se estende para o modal fluvial.

⁷ Poderes de multiplicação: ínfimo, baixo, moderado, alto e muito alto (BETARELLI JUNIOR, 2007).

TABELA 4
Participação percentual no requerimento total dos modais de transporte

Setores		Rodoviário		Ferroviário		Fluvial		Aéreo		Marítimo	
		Direto	Indireto	Direto	Indireto	Direto	Indireto	Direto	Indireto	Direto	Indireto
1	Agropecuária	49,1	50,9	41,9	58,1	54,9	45,1	66,7	33,3	46,5	53,5
2	Extrativa mineral	87,1	12,9	91,7	8,3	91,6	8,4	22,0	78,0	91,5	8,5
3	Petróleo e gás	89,1	10,9	85,8	14,2	89,0	11,0	89,9	10,1	87,0	13,0
4	Minerais não-metálicos	44,1	55,9	2,3	97,7	0,5	99,5	49,2	50,8	11,3	88,7
5	Siderurgia	38,6	61,4	24,0	76,0	1,1	98,9	33,5	66,5	26,3	73,7
6	Metalurgia não-ferrosos	22,5	77,5	0,8	99,2	22,6	77,4	25,5	74,5	5,4	94,6
7	Outros metalúrgicos	1,7	98,3	0,0	100,0	0,1	99,9	35,4	64,6	0,2	99,8
8	Máquinas e tratores	36,2	63,8	0,6	99,4	0,8	99,2	85,3	14,7	9,5	90,5
10	Material elétrico	19,8	80,2	0,7	99,3	0,1	99,9	82,7	17,3	4,4	95,6
12	Material eletrônico	2,6	97,4	0,0	100,0	0,1	99,9	67,6	32,4	0,4	99,6
11	Aut., caminhões e ônibus	44,0	56,0	0,9	99,1	0,9	99,1	48,0	52,0	15,2	84,8
13	Peças e outros veículos	3,7	96,3	0,0	100,0	0,1	99,9	81,7	18,3	0,4	99,6
14	Madeira e mobiliário	75,5	24,5	7,7	92,3	79,5	20,5	49,7	50,3	66,3	33,7
15	Celulose, papel e gráfica	40,1	59,9	14,5	85,5	3,9	96,1	50,0	50,0	19,3	80,7
16	Indústria da borracha	32,5	67,5	1,7	98,3	25,8	74,2	59,1	40,9	17,5	82,5
17	Elementos químicos	63,0	37,0	41,2	58,8	82,6	17,4	30,0	70,0	52,3	47,7
18	Refino de petróleo	63,1	36,9	0,2	99,8	4,5	95,5	0,3	99,7	47,3	52,7
19	Químicos diversos	14,7	85,3	0,7	99,3	1,6	98,4	58,2	41,8	3,5	96,5
20	Farmacêuticos e perf.	10,7	89,3	0,4	99,6	0,8	99,2	75,1	24,9	3,7	96,3
21	Artigos plásticos	50,9	49,1	16,6	83,4	52,5	47,5	77,7	22,3	27,1	72,9
22	Indústria têxtil	24,8	75,2	0,2	99,8	1,1	98,9	50,6	49,4	11,8	88,2
23	Artigos de vestuário	10,4	89,6	0,0	100,0	0,1	99,9	68,9	31,1	5,3	94,7
24	Fabricação de calçados	38,4	61,6	7,3	92,7	12,8	87,2	87,0	13,0	27,7	72,3
25	Indústria do café	58,0	42,0	0,1	99,9	0,1	99,9	11,0	89,0	43,1	56,9
26	P. Benef. origem vegetal	15,1	84,9	1,4	98,6	6,0	94,0	26,6	73,4	8,6	91,4
27	Abate de animais	44,5	55,5	3,8	96,2	4,0	96,0	71,4	28,6	28,7	71,3
28	Ind. de leite e laticínios	5,9	94,1	0,0	100,0	0,7	99,3	38,7	61,3	2,6	97,4
29	Fabricação de açúcar	77,3	22,7	52,4	47,6	42,8	57,2	24,6	75,4	73,6	26,4
30	Fabr. de óleos vegetais	37,9	62,1	18,2	81,8	31,6	68,4	6,1	93,9	30,8	69,2
31	Outros prod. alimentícios	71,7	28,3	17,6	82,4	44,2	55,8	45,9	54,1	59,2	40,8
32	Indústrias diversas	34,5	65,5	0,1	99,9	0,2	99,8	83,6	16,4	5,4	94,6

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota-se também um conjunto de atividades produtivas com alto ou muito alto poder de multiplicação sobre a demanda dos modais rodoviário, ferroviário, fluvial e marítimo, e que não apresentam peso proeminente sobre o uso desses modais. Logo, concluiu-se que os mesmos exercem pressões potenciais mais significativas do que aparentam sobre os modais. Setores como: outros metalúrgicos (7), Produtos beneficiados de origem vegetal (26), Indústria de leite e laticínios (28) e fabricação de óleos vegetais (30) são bons exemplos dessa constatação⁸.

4.2. Índices R-H, estatísticas de variabilidade e campo de Influência

A análise dos índices R-H permite identificar as influências dos encadeamentos (para trás e para frente) que se destacam nas interdependências setoriais existentes no modelo híbrido de insumo-produto. Com isso, pode-se observar as atividades que provocam estímulos acima da média na economia diante de uma variação dos componentes da demanda final. O exame desses estímulos, pela compra e venda da produção, apontam as atividades chaves no sistema produtivo. Tal assertiva é reforçada pelas estatísticas de variabilidade, uma vez que o efeito de encadeamento da atividade produtiva, embora seja acima da média, pode não estimular muitos setores (tabela 5).

⁸ O Anexo A1 exibe os poderes de multiplicação e os setores que apresentam pressões significativas potenciais e efetivas.

TABELA 5
Resultados dos índices de encadeamento e dos graus de ligações dos setores

Código e descrição dos setores		Índices de Hirschman-Rasmussen				Estatísticas de Variabilidade	
		U _j	U _i	Classificação ¹		V _j	V _i
1	Agropecuária	0,894	2,066	-	F	4,788	1,827
2	Extrativa mineral	1,817	0,716	B	-	2,161	7,611
3	Extração de petróleo, gás e outros	0,645	1,473	-	F	5,869	2,539
4	Minerais não-metálicos	1,299	0,711	B	-	2,993	5,781
5	Siderurgia	1,679	1,850	SC	SC	2,917	2,847
6	Metalurgia dos não-ferrosos	1,747	0,953	B	-	2,458	5,341
7	Outros metalúrgicos	1,436	1,053	SC	SC	2,692	3,870
8	Máquinas e tratores	0,913	0,974	-	-	4,112	3,867
10	Material elétrico	1,201	0,619	B	-	3,175	6,128
11	Material eletrônico	0,886	0,581	-	-	4,269	6,533
12	Automóveis, caminhões e ônibus	1,099	0,564	B	-	3,446	6,655
13	Outros veículos, peças e acessórios	1,181	0,783	B	-	3,253	4,877
14	Madeira e mobiliário	0,970	0,611	-	-	3,912	6,205
15	Celulose, papel e gráfica	0,938	1,030	-	F	4,260	3,885
16	Indústria da borracha	0,974	0,733	-	-	4,046	5,397
17	Elementos químicos (não-petroq.)	1,050	0,923	B	-	3,563	4,079
18	Refino de petróleo e indústria petroq.	0,885	2,926	-	F	4,997	1,296
19	Químicos diversos	1,090	1,181	SC	SC	3,506	3,221
20	Farmacêuticos e perfumaria	1,015	0,572	B	-	3,725	6,568
21	Artigos plásticos	0,960	0,676	-	-	3,911	5,608
22	Indústria têxtil	1,141	0,920	B	-	3,906	4,762
23	Artigos de vestuário	1,022	0,579	B	-	3,868	6,948
24	Fabricação de calçados e artigos	0,953	0,565	-	-	3,988	6,733
25	Indústria do café	1,053	0,567	B	-	3,690	6,854
26	Prod. Benef. de origem vegetal	1,056	0,608	B	-	3,583	6,201
27	Abate de animais	0,966	0,585	-	-	3,921	6,604
28	Indústria de leite e laticínios	0,965	0,571	-	-	4,033	6,942
29	Fabricação de açúcar	0,873	0,643	-	-	4,453	6,147
30	Fabricação de óleos vegetais	0,991	0,704	-	-	3,936	5,657
31	Outros prod. alimentícios	0,999	0,714	-	-	3,806	5,441
32	Indústrias diversas	0,791	0,638	-	-	4,750	6,010
44	Rodoviário	1,183	1,383	MC	MC	3,152	2,658
45	Ferrovário	1,261	2,880	MC	MC	4,667	1,230
46	Fluvial	1,056	0,701	B	-	3,551	5,387
47	Aéreo	1,206	0,548	B	-	3,153	7,004
48	Marítimo	1,178	3,604	MC	MC	5,457	0,930

Fonte: Elaboração própria dos autores.

Verifica-se que, pelos resultados dos Índices R-H, excetuando na análise os setores *non-tradeables*, as atividades consideradas como setores-chaves (SC) são: siderurgia (5), outros metalúrgicos (7) e químicos diversos (19). Dentre estes setores, a atividade siderúrgica (5) exibe estatísticas de variabilidade (V_{i*} e V_{*j}) mais baixas (2,91 e 2,84). No entanto, os demais setores-chaves também apresentam, com menos destaque, V_{i*} e V_{*j} baixos. Tais observações retratam que estas atividades detêm um alto poder e sensibilidade a dispersar e, em simultâneo, atingem um grande número de setores na economia.

Também se observa que o setor da agropecuária (1) aponta uma dependência acima da média da produção de um grande número de atividades produtivas, visto que registra ($U_i > 1$) e um V_{i*} baixo. No outro extremo, verifica-se que a maioria dos setores econômicos é altamente dependente da

produção das atividades da extrativa mineral (2) e metalurgia dos não-ferrosos (6), pois o encadeamento para trás (U_j) é maior do que um e V_{*j} é dos mais baixos.

A despeito dos modais de transporte, a tabela 5 revela que os modais rodoviário, ferroviário e marítimo são considerados modais-chaves (MC) para as exportações brasileiras, pois os índices U_j e U_i são superiores a uma unidade⁹. Entretanto, somente a interdependência do modal rodoviário com o conjunto da economia é bem distribuída, uma vez que este modal registra V_{i*} e V_{*j} baixo. Tal resultado comprova que, as exportações dos setores brasileiros, ao pressionar e ser pressionada a demandar este modal, atinge um grande número de atividade do sistema produtivo.

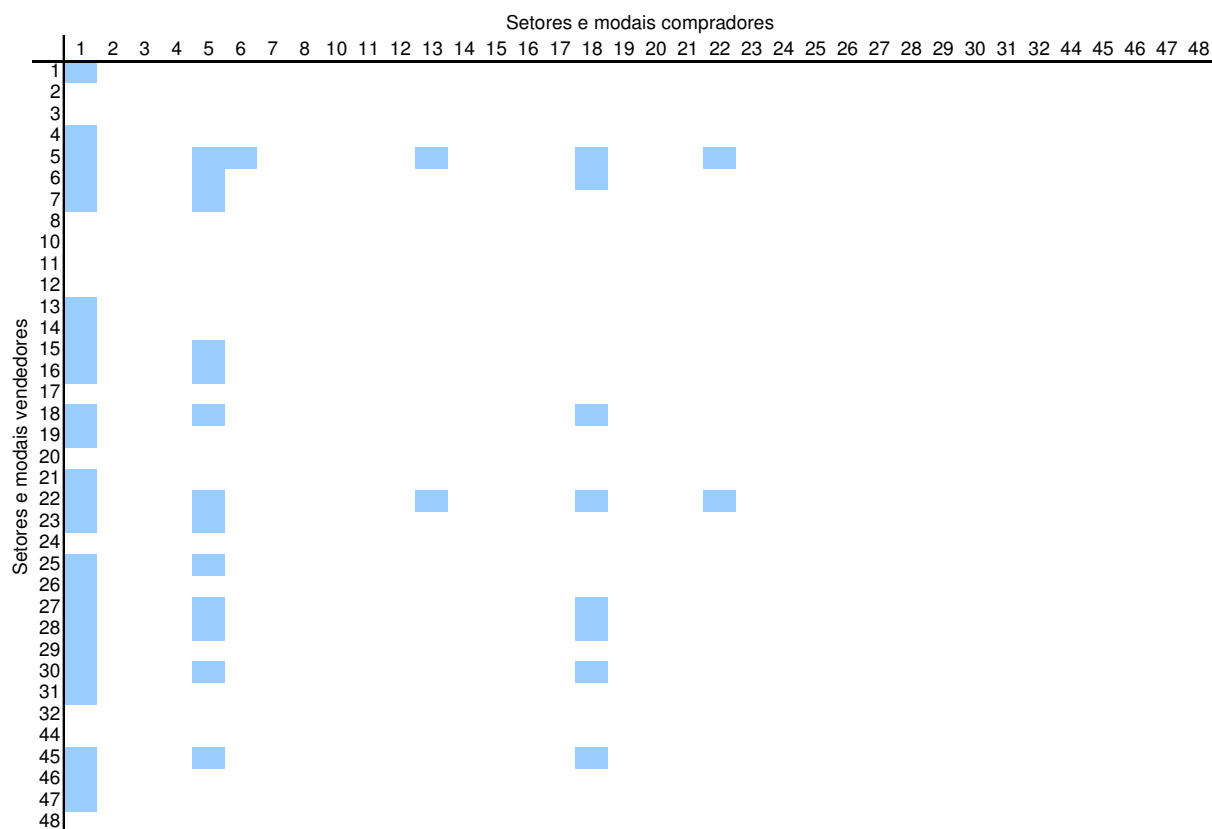
Por outro lado, somente as altas sensibilidades de dispersão dos modais ferroviário e marítimo tendem a atingir um grande número de atividades econômicas. Todavia, os encadeamentos para trás (U_j) de tais modais não revelam grandes elos de ligações. Dito em outras palavras, as atividades, quando induzidas pelos países importadores a demandar os modais ferroviário e marítimo, não atingem uma grande quantidade de setores econômicos.

Como os resultados da tabela 5 não indicam quais são os elos de ligações mais importantes na economia, utiliza-se a abordagem do campo de influência (figura 1), que, com choques positivos nos coeficientes tecnológicos, averigua-se a distribuição do impacto no sistema (RODRIGUES *et alii*, 2007; SILVA *et alii*, 2007). A figura 1 ilustra os 50 coeficientes tecnológicos com maior campo de influência das respectivas atividades setoriais. Pela ótica da compra, observa-se que o setor da agropecuária (1), da siderurgia (5) e do refino de petróleo (18) são proeminentes. Pela ótica da venda, as atividades que se destacam são: siderurgia (5), metalurgia dos não-ferrosos (6), refino de petróleo (18), indústria têxtil (22), abate de animais (27), indústria de laticínios (28) e fabricação de óleos vegetais (30).

A atividade da agropecuária (1) quando exporta, exerce maiores influências na maioria da demanda dos modais de transporte [ferroviário (45), fluvial (46) e aérea (47)]. A grande influência da agropecuária (1) ou impacto sobre o ramal ferroviário (45) se deve pela importância deste modal para o transporte de cereais e sementes, grãos e frutos oleaginosos para exportação no Brasil. Não diferente, verifica-se que o setor siderúrgico (5) também exerce forte influência no modal ferroviário. Tal assertiva justifica-se devido à necessidade da utilização desse modal para o transporte de ferro fundido, ferro, aço e produtos acabados e semi-acabados (derivados do ferro e aço) até os locais de embarque ao exterior.

⁹ Na tabela 5 observa-se que os modais aéreo e fluvial exibem fortes encadeamentos para trás (B), indicando que os setores econômicos são pressionados pelos países importadores a demandar estes referidos modais.

FIGURA 1
Os 50 coeficientes tecnológicos com maior campo de influência



Fonte: Elaboração própria dos autores a partir da matriz híbrida de insumo-produto.

Desse modo, além da alta sensibilidade de dispersão do modal ferroviário ao atingir um número grande de atividades, o mesmo é capaz de exercer maior campo de influência (pela ótica de venda) quando comparado aos demais modais, reforçando assim, a sua importância como modal-chave para o transporte das exportações brasileiras.

Reforçando esse resultado, Betarelli Junior e Almeida (2009)¹⁰ concluíram que o crescimento exportador das microrregiões brasileiras é mais elástico para o sistema portuário e as extensões ferroviárias que as rodovias pavimentadas. Assim, associando-se ambos os resultados, pode-se salientar que o modal ferroviário representa o modal-chave para o transporte doméstico (*domestic transportation*) das exportações brasileiras, ao passo que o marítimo corresponde como o modal-chave para exportar além das fronteiras brasileiras (*trans-border transport*).

¹⁰ Os autores desenvolveram uma análise econométrico-espacial por meio da inclusão da defasagem espacial do termo de erro.

5. CONCLUSÃO

O objetivo desse trabalho foi identificar e analisar as interdependências e encadeamentos entre as exportações dos setores econômicos com os modais rodoviário, ferroviário, fluvial, aéreo e marítimo para a economia brasileira. Para tanto, primeiramente foi construída uma matriz híbrida, incorporando como setores, os referidos modais de transporte. Em seguida, com essa matriz, foram calculados os coeficientes de requerimentos (diretos, indiretos e totais), os índices de Rasmussen-Hirschman, as estatísticas de variabilidade e o campo de Influência.

A associação dos resultados dessas técnicas metodológicas permitiu averiguar, por um lado, se as atividades produtivas, que se destacam pela suas efetivas pressões na demanda dos modais de transporte, são as mesmas que exibem altos efeitos de encadeamentos com fortes elos de ligações (alto número de setores atingidos e maior campo de influência) na economia. Por outro, foi possível observar se um modal de transporte é um modal-chave para as exportações brasileiras, destacando seus elos e influências com os setores econômicos.

Os resultados apontaram que as atividades da metalurgia dos não-ferrosos (6) e siderurgia (5) são os setores que tendem a exercer as mais fortes pressões sobre a demanda dos modais ferroviário e marítimo, devido aos seus significativos requerimentos totais e altos poderes multiplicadores de demanda. Entretanto, a siderurgia (5) é a única classificada como setor-chave que atinge e influencia, tanto pelo poder de dispersão, como pela sensibilidade de dispersão, um grande número de atividades do sistema produtivo.

Além disso, as atividades outros metalúrgicos (7) e químicos diversos (19) exercem pressões potenciais mais significativas do que aparentam em todos os modais de transporte. Tal fato torna-se mais agudo devido estas atividades serem identificadas como setores-chaves na economia e que, em simultâneo, envolve um grande número de setores pelos seus efeitos de encadeamentos.

A despeito dos modais de transporte, os modais rodoviário, ferroviário e marítimo são considerados modais-chaves para as exportações brasileiras. O modal rodoviário, embora não esteja em destaque nos 50 coeficientes tecnológicos com maiores campos de influência, é o único modal que apresenta uma interdependência bem distribuída com a economia. Isto retrata que as atividades econômicas pressionam ou são pressionadas a demandar este modal, o que pode ser reflexo da concentração deste modal na matriz de transporte brasileira.

Ademais, constou-se que os efeitos de encadeamentos para frente do modal ferroviário envolvem um grande número de setores, com maiores influências nas atividades da agropecuária (1) e siderurgia (5), ou seja, este modal é significativo para transporte das mercadorias destas duas atividades produtivas até os locais de embarque ao exterior.

Portanto, dentre suas contribuições, esse trabalho fornece informações de demanda dos modais de transporte e de encadeamentos setoriais existentes na economia objetivando subsidiar as decisões dos planejadores públicos na elaboração de políticas setoriais de exportação. Não obstante, também indica os modais-chaves das exportações no Brasil e seus elos de ligações com o sistema produtivo.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, V.; PADILLA, E. “Key” sectors in final energy consumption: an input-output application to the Spanish case. *Energy Policy*, n.15, v.31, p.1673-1678, 2003.
- ALMEIDA, E. S. *Um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para planejamento e análise de políticas de transporte*. 2003. Tese (Doutorado em Economia) – FEA/USP, São Paulo, 2003.
- ARAÚJO, M. P. *Infra-estrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional*. 2006. Tese (Doutorado em Economia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2006.
- BETARELLI JUNIOR, A. A. *Análise dos modais de transporte pela ótica dos blocos comerciais: uma abordagem inter-setorial de insumo-produto*. 2007. 173 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Faculdade de Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.
- BETARELLI JUNIOR, A. A.; ALMEIDA, E. S. Os fatores internos das exportações brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 13, p. 201-227, 2009.
- BULLARD, C. W.; HERENDEEN, R. A. The energy cost of goods and services. *Energy Policy*, v.3, n.4, p.268-278, 1975.
- CASLER, S. D.; BLAIR, P. D. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. *Ecological Economics*, v.22, p.19-27, 1997.
- CLEMENTES, B. J.; ROSSI, J. W. Ligações interindustriais e setores-chave na Economia brasileira. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 101-124, abr. 1994.
- FERREIRA, C. M. As teorias da localização e a organização espacial da economia. In: Haddad, P. R. (Org.) *Economia Regional: Teorias e Métodos de Análise*, Fortaleza: BNB, 1989 MDR.
- GONÇALVES, P. M. B.; KAWAMOTO, E. Modelo de oferta de grãos para previsão da demanda por transporte de soja. *Ferrovias*, 154. 1995.
- GOWDY, J. M.; MILLER, J. L. Technological and Demand Change in Energy Use: An Input-Output Analysis. *Environment and planning A*, v.19, n.10, p.1387-1398, 1987.
- GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. *Economia Aplicada*, v. 9, n. 2, p. 277-299, 2005.
- GUILHOTO, J. J. M.; SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D.; MARTINS, E. B. Índices de ligações e setores-chave na economia brasileira: 1959/80. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 287-314, 1994.
- HADDAD, E. A. Transporte, eficiência e desigualdade regional: avaliação com um modelo CGE para o Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, dez. 2006.
- HADDAD, E. A. *Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian Experience*. Aldershot, Ashgate, 1999.

- HADDAD, E. A.; PEROBELLI, F. S.; SANTOS, R. C. dos. Inserção econômica de Minas Gerais. *Revista Nova Economia*, v. 15, n. 2, p. 63-90, mai-ago. 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.
- HAYNES, K. E.; GIFFORD, J. L.; PELLETIERE, D. Sustainable transportation institutions and regional evolution: Global and local perspectives. *Journal of Transport Geography*, Pergamon, v.13, n.3, p.207-221, sep. 2005.
- HILGEMBERG E. M. *Quantificação e Efeitos Econômicos 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*. 2004. Tese (Doutorado em Economia) – ESALQ/USP, Piracicaba/SP, 2004.
- MACHADO, V. M. *Meio Ambiente e Comércio Exterior: Impactos de Especialização Comercial Brasileira sobre o Uso de Energia e as Emissões do Carbono do País*. 2002. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.
- MARTINS, R. S. Prognósticos da demanda por transportes para grãos e estrangulamentos na infraestrutura no estado do Paraná. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. Brasília: v.39, n.2, p.51 - 80, 2001.
- McGILVRAY, J. Linkages, key sectors and development strategy. In: LEONTIEF, W. (Ed.). *Structure, system and economic policy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1977. cap.4, p.49-56.
- MILLER, R.E.; BLAIR, P.D. *Input-output analysis: foundations and extensions*. New Jersey, Prentice Hall, 1985.
- PEROBELLI, F. S.; FARIA, W. R.; GUILHOTO, J. J. M. *Impacto das Exportações brasileiras para o Mercosul, União Européia e Nafta sobre a Produção e Emprego: uma Análise de Insumo-produto para 1997-2001*. In: XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006b.
- 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*. In: XI Seminário sobre a Economia Mineira: Diamantina/MG, 2006a.
- PERROUX, F. *Note sur la notion de pôle de croissance*. *Economie Appliquée*, jan./jun. 1955.
- RODRIGUES, R. L.; PARRÉ, J. L.; MORETTO, A. C.; ALVES, A. F. Transformações na estrutura produtiva da economia paranaense nos anos 80 e 90. *Revista de Economia Aplicada*, v. 11, p. 73-93, 2007.
- SILVA, E.; DOMINGUES, E P.; SIMÕES, R. *Relações Setoriais e Inter-Regionais do Rio de Janeiro*. In: V Encontro Nacional - Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2007, Recife - PE. Conhecimento, Inovação e Desenvolvimento regional, 2007.

- SONIS, M., HEWINGS, G. J. D. Error and sensitivity input-output analysis: a new approach. In: MILLER, R. E., POLENSKE, K. R., ROSE, A. Z. (eds.). *Frontiers of input-output analysis*. New York, Oxford University Press, 1989.
- SONIS, M., HEWINGS, G. J. D. *Fields of influence in input-output systems*. Urbana, University of Illinois, Regional Economics Applications Laboratory, 1994, mimeo.
- TOYOSHIMA, S. H.; FERREIRA, M. J. Encadeamento do setor de transportes na economia brasileira. *Planejamento e Políticas Publicas*. IPEA, Brasília, v. 25, p. 139-166, 2002.
- ZHANG, Z.; FOLMER, H. Economic modeling approaches to cost estimates for the control of carbon dioxide emissions, *Energy Economics*, v.20, p.101-120, 1998.

Setores		Poder de Multiplicação					Pressões significativas				
		M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
1	Agropecuária	Moderado	Moderado	Moderado	Baixo	Moderado	-	-	-	-	-
2	Extrativa mineral	Ínfimo	Ínfimo	Ínfimo	Alto	Ínfimo	-	-	-	Potenciais	-
3	Petróleo e gás	Ínfimo	Ínfimo	Ínfimo	Ínfimo	Ínfimo	-	-	-	-	-
4	Minerais não-metálicos	Moderado	Muito alto	Muito alto	Moderado	Muito alto	-	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
5	Siderurgia	Alto	Alto	Muito alto	Alto	Alto	Potenciais	Efetivas	Potenciais	Potenciais	Efetivas
6	Metalurgia dos não-ferrosos	Alto	Muito alto	Alto	Alto	Muito alto	Potenciais	Efetivas	Efetivas	Potenciais	Efetivas
7	Outros metalúrgicos	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Alto	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais
8	Máquinas e tratores	Alto	Muito alto	Muito alto	Ínfimo	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
10	Material elétrico	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Ínfimo	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
11	Material eletrônico	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Baixo	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
12	Automóveis, cam.e ônibus	Moderado	Muito alto	Muito alto	Moderado	Muito alto	-	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
13	Peças e outros veículos	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Ínfimo	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
14	Madeira e mobiliário	Baixo	Muito alto	Baixo	Moderado	Baixo	-	Potenciais	-	-	-
15	Celulose, papel e gráfica	Moderado	Muito alto	Muito alto	Moderado	Muito alto	-	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
16	Indústria da borracha	Alto	Muito alto	Alto	Moderado	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
17	Elementos químicos	Baixo	Moderado	Ínfimo	Alto	Moderado	-	-	-	Potenciais	-
18	Refino de petróleo	Baixo	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Moderado	-	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-
19	Químicos diversos	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Moderado	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
20	Farmacêuticos e perfumaria	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Baixo	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
21	Artigos plásticos	Moderado	Muito alto	Moderado	Baixo	Alto	-	Potenciais	-	-	Potenciais
22	Indústria têxtil	Alto	Muito alto	Muito alto	Moderado	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
23	Artigos de vestuário	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Baixo	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
24	Fabricação de calçados	Alto	Muito alto	Muito alto	Ínfimo	Alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
25	Indústria do café	Moderado	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Moderado	-	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-
26	Prod. Benef. de origem vegetal	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Alto	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais
27	Abate de animais	Moderado	Muito alto	Muito alto	Baixo	Alto	-	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais
28	Indústria de leite e laticínios	Muito alto	Muito alto	Muito alto	Alto	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais
29	Fabricação de açúcar	Baixo	Moderado	Moderado	Alto	Baixo	-	-	-	Potenciais	-
30	Fabricação de óleos vegetais	Alto	Muito alto	Alto	Muito alto	Alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais	Potenciais
31	Outros produtos alimentícios	Baixo	Muito alto	Moderado	Moderado	Moderado	-	Potenciais	-	-	-
32	Indústrias diversas	Alto	Muito alto	Muito alto	Ínfimo	Muito alto	Potenciais	Potenciais	Potenciais	-	Potenciais

Fonte: Elaboração dos autores.