

INTERDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA: UMA ANÁLISE INTER-REGIONAL

Fernando S. Perobelli
Eduardo A. Haddad
Amir B. Ferreira Neto
Lucas P. Vilela

TD. 009/2010

***Programa de Pos-Graduação em Economia Aplicada -
FE/UFJF***

Juiz de Fora

2010

Interdependência Energética: uma análise inter-regional¹

Fernando S Perobelli²
Eduardo A Haddad³
Amir B. Ferreira Neto⁴
Lucas P Vilela⁵

Resumo

O presente artigo discute o tópico energia como uma questão inter-regional. A hipótese de trabalho consiste na idéia de consumo de energia devido ao fluxo de comércio entre as regiões, ou seja, o conteúdo de energia embutido nas aquisições de insumos de uma determinada região localizadas na própria região e fora da região. Portanto, a discussão é realizada com base na estrutura espacial dos requerimentos (e.g. diretos, indiretos e totais) de energia. Para tal o artigo faz uso de uma matriz de insumo-produto com abertura espacial para 5 regiões (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul e restante do Brasil) elaborada com base nas Contas Regionais (IBGE) e que apresenta uma abertura setorial para 14 setores.

Palavras-chave: Requerimentos de energia, Insumo-produto, Espaço

Abstract

This paper deals with energy as an interregional topic. The main hypothesis is based on the idea that energy consumption occurs due to the trade flows among Brazilian regions. In other words, the energetic content present in the input acquisitions of a specific region can be originated inside the region or outside the region. Thus, the discussion in the present paper is made based on the spatial structure of energy requirements (e.g. direct, indirect or total). We use the inter-regional input-output matrix for 5 regions (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul and rest of Brazil) elaborated by FIPE based on the Regional Accounts (IBGE) that presents 14 sectors.

Key-sector: Energy requirements, input-output, space.

JEL CODE:

Área da ANPEC: 09 – Economia Regional e Urbana.

¹ Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq, FAPEMIG e UFJF para o desenvolvimento deste trabalho.

² Professor Mestrado em Economia – UFJF. Bolsista Produtividade – CNPq – Nivel II. fernando.perobelli@ufjf.edu.br.

Mestrado em Economia – Universidade Federal de Juiz de Fora – Campus Universitário – Juiz de Fora – MG. 26026-900

³ Professor Titular FEA/USP. Bolsista de Produtividade – CNPq – Nivel 1D. ehaddad@usp.br.

⁴ Mestrando em Economia Aplicada – FE/UFJF.

⁵ Bolsista de Iniciação Científica CNPq

Interdependência Energética: uma análise inter-regional

Introdução

A análise de insumo-produto é freqüentemente utilizada para se estudar as interdependências ou interações entre setores da economia de uma região ou país. A interdependência produtiva é uma questão importante no processo de crescimento regional. Ela passa por uma análise de estrutura dos *linkages* setoriais dentro e fora da região. Tal interdependência dentro da estrutura de insumo-produto pode ser analisada por efeitos “*feedback*” e efeitos “*spillovers*”. Em outras palavras, o processo de crescimento (variação) da produção em uma determinada localidade pode ter impactos na própria região e em outras regiões. O efeito em outras regiões pode também causar um fluxo de recursos para a região de origem do choque.

O grau de interdependência pode ser avaliado através de medidas conhecidas como coeficientes de requerimento inter-setorial. Esses coeficientes permitem verificar, por exemplo, os impactos que mudanças na demanda final de um setor exercem sobre os demais setores da economia (Miller e Blair, 1985). Existem várias extensões possíveis da análise de insumo-produto, dentre as quais, de particular relevância para este trabalho, estão a hipótese de várias regiões e a incorporação do setor energético. A primeira permite o estudo das interações setoriais entre diversas regiões (Isard et al, 1998). Por exemplo, podem ser avaliados os impactos de mudanças na demanda final de um setor sobre todos os setores da mesma região e das demais regiões consideradas. A incorporação do setor energético é de interesse porque a produção de todos os bens da economia envolve o consumo de pelo menos um insumo energético. Deste modo, a interdependência inter-setorial e inter-regional em termos do consumo de energia também pode ser medida e estudada.

Usando esta idéia é possível discuti-la em termos de requerimentos e/ou necessidades de energia. Todo e qualquer processo produtivo faz uso do insumo energético. Portanto, uma região ao vender um produto ou comprar um insumo dentro da própria região ou no mercado externo à ela estará vendendo energia ou comprando energia. Isto é, variações na produção de uma região levam a variações nos requerimentos de energia da própria região e das demais regiões do sistema.

Essa interdependência será um fator importante no processo produtivo, pois o crescimento de uma determinada região, quando analisado sob a ótica do consumo de energia estará influenciando o crescimento da região em que se localiza o empreendimento e das regiões com as quais ela se inter-relacionam.

Dentro deste contexto este artigo buscará analisar a questão energética no âmbito de quatro unidades da Federação, a saber: Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo. Em outras palavras analisará as interações, em termos setoriais e regionais, entre as unidades da Federação supracitadas e o restante do Brasil no que concerne ao consumo de energia. A análise será feita usando-se um modelo inter-regional de insumo-produto, que permite computar medidas de intensidade de uso energético conhecidas como requerimentos de energia. Essas medidas permitem, por exemplo, avaliar o grau em que a produção de cada setor de atividade dentro de Minas Gerais (ou Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul) impacta o consumo de energia dentro e fora dos estados. Também permitem avaliar o grau em que a produção de cada setor de atividade no restante do Brasil (fora das quatro unidades da Federação) impacta o consumo de energia dentro e fora do estado.

Embora a análise a ser desenvolvida focalize o consumo de energia de forma agregada, para as diversas fontes de energia, os resultados apresentados estão desagregados para setores de atividade e cinco áreas espaciais (Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e restante do Brasil). Isso permitirá traçar um retrato relativamente refinado dos padrões de interação entre as quatro unidades da Federação e o restante do Brasil no que concerne ao consumo de energia.

O presente artigo além desta parte introdutória apresenta uma breve revisão de literatura na segunda seção. A terceira parte do artigo detalha a metodologia empregada e as bases de dados utilizadas para a construção das matrizes híbridam de insumo-produto. A quarta seção apresenta e discute os resultados. E, por fim, são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2. Revisão de Literatura

Há na literatura uma série de trabalhos que fazem uso de modelos de insumo-produto para analisar o setor de energia. O primeiro artigo a utilizar a estrutura de insumo-produto para tratar de questões energéticas foi Bullard and Herendeen (1975) para economia americana. Os autores utilizaram uma matriz de insumo produto de 1967, contendo 357 setores da economia americana e cinco fontes de energia. O modelo foi empregado com o objetivo de determinar os insumos de energia primária para todos os setores da economia, considerando que a energia é vendida a preços diferentes para clientes distintos.

O trabalho de Hsu (1989) analisa o setor de energia fazendo uso dos multiplicados de produção, renda e emprego. O referido trabalho faz uso de uma matriz com fluxos monetários para Taiwan para o ano de 1978. Alcántara e Padilla (2003) aplicam a mesma estrutura de modelagem de insumo-produto para o caso espanhol. O objetivo dos autores era verificar a influência dos setores-chave na economia sobre a demanda final de energia, discutindo também questões inerentes a políticas públicas e eficiência energética. Cabe salientar o trabalho de Llop e Pié (2003) para a região da Catalunha na Espanha. Os autores utilizam um modelo de insumo-produto para analisar: a) os efeitos de impostos na energia para uso intermediário; b) os efeitos de uma redução na demanda intermediária de energia e c) a combinação de ambos os efeitos.

Seguindo a linha de modelos monetários de insumo-produto para tratar do setor de energia é possível também destacar a aplicação de Vieira Filho et alli (2006) para o estado de Minas Gerais e o restante do Brasil. Os autores utilizam a matriz inter-regional de insumo-produto para o ano de 1996 e determinam os setores intensivos em energia em ambas as regiões.

No que se refere aos modelos de insumo-produto híbridos que discutem a questão energética é possível elencar: a) Machado (2002); b) Hilgemberg e Guilhoto (2006) e; c) Perobelli et all (2007). A aplicação do modelo de insumo-produto em unidades híbridas à economia brasileira por Machado (2002) permitiu avaliar os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de carbono do Brasil em 1985, 1990 e 1995. Os resultados mostraram que o Brasil foi não apenas exportador líquido de energia e de carbono nos produtos não-energéticos transacionados internacionalmente pelo país nos anos analisados, mas também que cada dólar auferido com as exportações embutiu consideravelmente mais energia e carbono do que cada dólar despendido com as importações.

Hilgemberg e Guilhoto (2006) quantificaram as emissões de CO₂ decorrentes do uso energético de gás natural, álcool e derivados de petróleo em seis regiões brasileiras e avaliaram os impactos de eventuais políticas de controle de emissões. Os resultados para o modelo inter-regional mostraram que o efeito total nas emissões de um aumento de R\$ 1 milhão na demanda final pareceu, em geral, ser mais intenso nos setores da região Nordeste.

Perobelli et alli (2007) fizeram uso de um modelo inter-regional híbrido de insumo-produto para avaliar o impacto do grau de produção de cada setor de atividade dentro de Minas Gerais no consumo de energia dentro e fora do Estado. Além disso, mensurou-se em que grau a produção de cada setor de atividade no restante do Brasil impacta o consumo de energia dentro e fora do Estado. A análise desenvolvida apresenta informações desagregadas para 14 setores de atividade, duas áreas espaciais (Minas Gerais e restante do Brasil) e 1 tipo de energia consumida (energia total). Os setores econômicos dentro de Minas Gerais exercem maior pressão sobre o setor de energia do estado do que os respectivos setores econômicos fora do estado. A análise comparativa dos requerimentos intra e inter-regionais indicou que, dentro de Minas Gerais, os setores Ferro e Aço, Transporte, Energético e Outras Indústrias apresentam um peso significativo no consumo de energia dentro do estado.

3. Base de Dados e Metodologia

O presente artigo faz uso de dois tipos de dados: a) matrizes inter-regionais de insumo-produto; e b) balanços energéticos. É importante salientar que a matriz original de insumo-produto apresentava uma estrutura de tecnologia setor x setor para 55 setores produtivos e uma abertura espacial para 27 unidades da Federação e que os balanços energéticos estaduais e para o Brasil apresentavam uma abertura setorial para 17 setores produtivos. Assim sendo, foi necessário construir uma compatibilização e, portanto, uma agregação dos setores da matriz de insumo-produto em fluxos monetários.

Portanto, a matriz híbrida de insumo-produto utilizada neste trabalho é uma matriz inter-regional de insumo-produto de fluxos monetários com uma abertura espacial para cinco regiões (e.g. Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e restante do Brasil). Em cada uma das regiões o setor produtivo é composto por 14 setores, que são: 1 – Agropecuária; 2 – Mineração e Pelotização; 3 – Alimentos e Bebidas; 4 – Têxtil; 5 – Papel e Celulose; 6 – Química; 7 – Minerais Não Metálicos; 8 – Ferro Gusa e Aço; 9 – Metais Não Ferrosos e Outras Metalurgias; 10 – Transporte; 11 – Comércio; 12 – Serviços Públicos; 13 – Outros Setores; 14 – Energia. A matriz de insumo-produto foi calibrada para o ano de 2004 e apresenta consistência com o sistema de Contas Nacionais e Regionais do IBGE para o referido ano.

No caso dos dados de energia, os mesmos foram captados dos balanços estaduais de Energia para as referidas unidades da Federação. No caso do restante do Brasil foi utilizado o balanço nacional de energia (BEN). Os balanços foram utilizados para construir o vetor de consumo de energia em termos físicos e, assim, construir a matriz inter-regional híbrida de insumo-produto.

Esta seção descreve um modelo de insumo-produto inter-regional com incorporação do setor de energia.

3.1 Modelo Inter-regional de Insumo-produto

O modelo inter-regional de insumo-produto (IR-IP) descreve os fluxos monetários de bens e serviços através da economia considerando diferentes regiões. No caso mais simples (aqui considerado) de uma economia dividida em duas regiões e n setores, o modelo IR-IP pode ser representado matematicamente, em notação matricial, como:

$$Zi_{2n} + Y = X \quad (1)$$

em que $Z = \{z_{ij}\}$ é uma matriz $2n \times 2n$ que representa a tabela de insumo-produto, i_{2n} é um vetor unitário (todos os seus elementos são iguais a 1) de ordem $2n \times 1$, $Y = \{y_j\}$ é um vetor $2n \times 1$ cujos elementos são as demandas finais de ambas as regiões e $X = \{x_j\}$ é um vetor $2n \times 1$ cujos elementos são as produções setoriais também de ambas as regiões.

Uma forma mais conveniente de escrever a equação (1) é definir a matriz de coeficientes técnicos:

$$A = Z(\hat{X})^{-1} \quad (2)$$

em que $\hat{X} = \text{diag}(X)$. Cada elemento de A é definido, de modo geral, como $a_{ij} = x_{ij}/x_j$ e corresponde à proporção de insumos do setor i necessária à produção de R\$ 1 de produto do setor j , sendo que as regiões do setor i e do setor j podem ser as mesmas ou não. Assim, os elementos de A são chamados de coeficientes de requerimento direto e se dividem em dois tipos: a_{ij}^{LL} e a_{ij}^{MM} são os coeficientes intra-regionais e a_{ij}^{LM} e a_{ij}^{ML} são os coeficientes inter-regionais. Isso permite que a matriz A possa ser particionada em quatro sub-matrizes:

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & A^{LM} \\ A^{ML} & A^{MM} \end{bmatrix} \quad (3)$$

em que A^{LL} e A^{MM} são as sub-matrizes de coeficientes intra-regionais e A^{LM} e A^{ML} as sub-matrizes de coeficientes inter-regionais. O sistema (3) pode então ser re-escrito como:

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

de forma que, após breve manipulação algébrica, obtém-se:

$$X = BY \quad (5)$$

em que $B = (I - A)^{-1}$ corresponde à matriz de Leontief para o modelo IR-IP. Subtraindo-se de B a matriz identidade, obtém-se:

$$R = B - I$$

em que, R é uma matriz de coeficientes de requerimento líquido total⁶. Observe-se que essa matriz também pode ser particionada em quatro sub-matrizes:

$$R = \begin{bmatrix} R^{LL} & R^{LM} \\ R^{ML} & R^{MM} \end{bmatrix} \quad (6)$$

em que R^{LL} e R^{MM} são sub-matrizes de coeficientes intra-regionais e R^{LM} e R^{ML} são sub-matrizes de coeficientes inter-regionais. Também é possível definir a matriz de coeficientes de requerimento indireto:

$$Q = R - A = \begin{bmatrix} Q^{LL} & Q^{LM} \\ Q^{ML} & Q^{MM} \end{bmatrix} \quad (7)$$

em que Q^{LL} e Q^{MM} são sub-matrizes de coeficientes intra-regionais e Q^{LM} e Q^{ML} são sub-matrizes de coeficientes inter-regionais.

As matrizes A, R e Q provêm informações numéricas sobre o grau de dependência/interação direta, total e indireta das atividades produtivas entre setores e regiões, respectivamente. Os coeficientes da matriz A – de requerimentos diretos de energia – provêm informações sobre os efeitos de primeira ordem, enquanto a matriz Q – de requerimentos indiretos de energia – capta os efeitos de ordens superiores decorrentes de uma mudança da demanda final.

3.2 Incorporação do Setor de Energia

Esta seção apresenta uma extensão do modelo inter-regional de insumo-produto para incorporação do setor de energia. Existem diferentes formas de se fazer essa extensão e a abordagem utilizada neste trabalho se baseia na construção de uma tabela híbrida de insumo-produto. Essa abordagem foi usada por vários autores, como Miller e Blair (1985), Gowdy e Miller (1987), Machado (2002) e Hilgemberg (2004).

A idéia básica é incluir uma linha e uma coluna (para cada região) representando o setor energético na tabela de insumo-produto Z. A linha corresponde às vendas do setor de energia para os outros setores, com a característica de que essas vendas são medidas em unidades físicas. A coluna

⁶ A subtração da matriz identidade aqui tem o papel de extrair da matriz B os requerimentos iniciais produzidos pela demanda final de cada setor. Com isso, elimina-se certos problemas de comparação dos requerimentos diretos e indiretos entre os setores (ver Miller e Blair, 1985).

representa as compras do setor de energia aos outros setores com essas compras medidas em unidades monetárias. Assim, essa tabela expandida de insumo-produto apresentará fluxos econômicos expressos em unidades híbridas, ou seja, com algumas transações intersetoriais representadas em valores monetários e outras em unidades físicas.

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 aplicação de modelos de insumo-produto de natureza físico-econômica envolvendo uso de energia⁷.

Hawdon e Pearson (1995) e Zhang e Folmer (1998) apontam algumas vantagens do uso da estrutura de insumo-produto para analisar questões relativas ao setor energético: a) permite uma desagregação setorial maior do que os modelos de otimização dinâmica e os modelos macroeconômicos; b) permite a incorporação de fluxos de energia intersetoriais tanto em termos físicos quanto monetários e c) possibilita implementar análises de impacto. Entretanto, esses modelos também apresentam algumas limitações, quais sejam: a) coeficientes fixos de insumo-produto; b) retornos constantes de escala e c) demanda final determinada exogenamente. É importante salientar que tais limitações não invalidam os resultados do modelo.

Considere a notação matricial em (1) re-escrita da seguinte forma:

$$Z^* i_{2(n+1)} + Y^* = X^* \quad (8)$$

em que:

$$Z^* = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ e^{LL} & e^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \\ e^{ML} & e^{MM} \end{bmatrix}, \quad Y^* = \begin{bmatrix} Y^L \\ e_Y^L \\ Y^M \\ e_Y^M \end{bmatrix} e \quad X^* = \begin{bmatrix} X^L \\ e_X^L \\ X^M \\ e_X^M \end{bmatrix}$$

Note-se que Z^* representa uma tabela de insumo-produto híbrida. As sub-matrizes Z^{LL} e Z^{MM} , referentes às transações setoriais intra-regionais, e as sub-matrizes Z^{LM} e Z^{ML} , referentes às transações setoriais inter-regionais, apresentam elementos medidos em unidades monetárias; por sua vez, os vetores e^{LL} e e^{MM} , referentes às transações setoriais intra-regionais de energia, e os vetores e^{LM} e e^{ML} , referentes às transações setoriais inter-regionais de energia, são medidos em unidades físicas. Os componentes Y^L , Y^M , X^L e X^M são vetores $n \times 1$ contendo as demandas finais e os produtos setoriais, respectivamente, nas regiões L e M.

Definindo $\hat{X}^* = \text{diag}(X^*)$, é possível construir uma matriz híbrida de coeficientes de requerimento direto como:

$$A^* = Z^* (\hat{X}^*)^{-1} \quad (9)$$

o que, por sua vez, permite re-escrever (8) como:

$$A^* X^* + Y^* = X^*$$

Após breve manipulação algébrica, obtém-se:

⁷ O modelo de insumo-produto em unidades híbridas construído por Bullard e Herendeen (1975) objetivava superar os problemas e limitações apresentados ao modelo de impactos totais dos coeficientes diretos sobre a matriz inversa de Leontief.

$$X^* = B^* Y^* \quad (10)$$

em que $B^* = (-A^*)^{-1}$. É possível, então, construir uma matriz híbrida de coeficientes de requerimento líquido total como:

$$R^* = B^* - I^*$$

em que I^* é a matriz identidade $2(n+1) \times 2(n+1)$.

Neste trabalho, o interesse se centra na estrutura de dependência intra e inter-regional em termos do setor energético, de modo que o interesse é extrair tanto da matriz A^* como da matriz R^* apenas as informações de requerimento relativas ao setor de energia. Para isso, define-se primeiramente a seguinte matriz composta apenas por zeros e uns:

$$U = \begin{bmatrix} \mathbf{0}^{LL} & \mathbf{0}^{LM} \\ i'_{n+1} & i'_{n+1} \\ \mathbf{0}^{ML} & \mathbf{0}^{MM} \\ i'_{n+1} & i'_{n+1} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$V = \begin{bmatrix} i'_{n+1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & i'_{n+1} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Na matriz U , as sub-matrizes '0', de elementos nulos, têm o papel de eliminar dos cálculos posteriores as informações de requerimento dos setores não energéticos em ambas as regiões; por sua vez, o elemento i'_{n+1} representa um vetor unitário de ordem $(n+1) \times 1$ e a presença de quatro desses vetores na matriz U tem o papel de incorporar as informações de requerimentos do setor energético nos cálculos posteriores. A matriz V é usada apenas para compactar as matrizes de resultados.

É possível, então, calcular os requerimentos intra e inter-regionais de energia por setor conforme:

$$\Pi = V(U \circ A^*) \quad (13)$$

$$\Lambda = V(U \circ R^*) \quad (14)$$

$$P = \Lambda - \Pi \quad (15)$$

Nas expressões acima, o símbolo 'o' representa produto matricial elemento a elemento. Π , Λ e P são matrizes $2 \times 2(n+1)$ que representam, respectivamente, requerimentos diretos, totais e indiretos de energia. Cada uma dessas matrizes pode ser particionada em quatro sub-vetores de ordem $1 \times (n+1)$ representando os requerimentos intra e inter-regionais:

$$\Pi = \begin{bmatrix} \pi^{LL} & \pi^{LM} \\ \pi^{ML} & \pi^{MM} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda^{LL} & \lambda^{LM} \\ \lambda^{ML} & \lambda^{MM} \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$P = \begin{bmatrix} \rho^{LL} & \rho^{LM} \\ \rho^{ML} & \rho^{MM} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Assim, as matrizes Π , Λ e P provêm informações numéricas sobre a estrutura de dependência/interação direta, total e indireta, respectivamente, e de forma intra e inter-regional, existente entre os diversos setores econômicos com o setor de energia em particular.

4. Análise dos resultados

4.1 Requerimentos totais líquidos

Os gráficos de 1 a 5 ilustram os requerimentos totais líquidos intra e inter-regionais para os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul e para o restante do Brasil, respectivamente. Em Minas Gerais o setor Ferro Gusa e Aço apresentou o maior requerimento energético líquido intra-regional: 0,31, seguidos de Transporte (0,16) e Setor Energético (0,07). No que tange aos requerimentos totais líquidos inter-regionais para o estado de Minas Gerais é possível constatar que, para o mesmo grupo de setores anteriormente citados, o estado do Rio de Janeiro apresenta o seguinte grau de interdependência com relação a Minas Gerais: 0,08; 0,06 e 0,03, respectivamente.

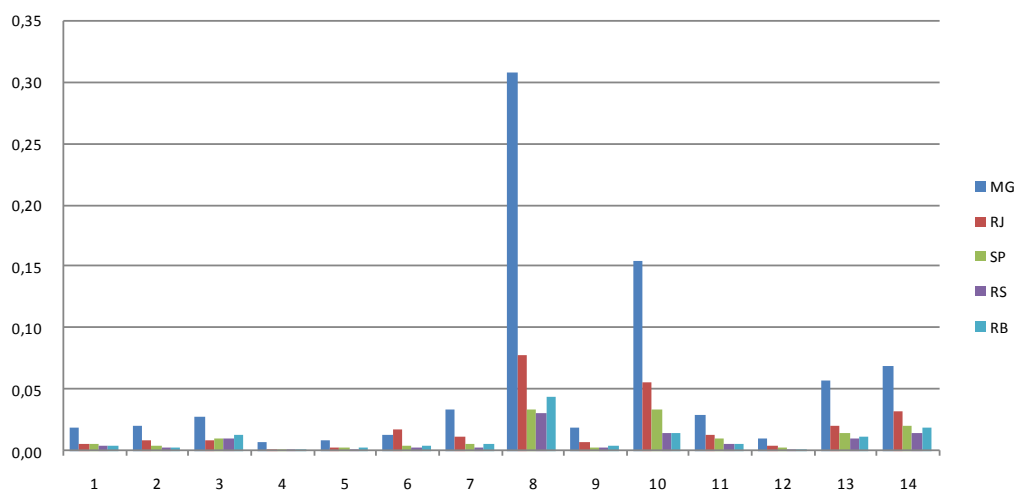
A respeito do Estado do Rio de Janeiro, os setores que apresentaram os maiores requerimentos intra-regionais foram: Transportes (0,19), Setor Energético (0,13) e Ferro Gusa e Aço (0,10). Com relação aos requerimentos inter-regionais os maiores valores foram para Minas Gerais e São Paulo. É possível verificar que para o primeiro as interações mais fortes ocorrem com os setores Ferro Gusa e Aço (0,04) e Setor Energético (0,03). Para São Paulo ocorre com os setores Transportes (0,03) e Setor Energético (0,03).

O Gráfico 3 mostra os requerimentos totais líquidos do Estado de São Paulo. Com relação aos requerimentos intra-regionais destacam-se os setores: Transportes (0,31); Setor Energético (0,16); Alimentos e Bebidas (0,15). E para os requerimentos interestaduais é importante relatar a interligação de São Paulo com o restante do Brasil, para o setor Alimentos e Bebidas (0,10), e, no caso de Minas Gerais, com o setor definido como Outros (0,09).

A análise do Gráfico 4 permite verificar que, para o Rio Grande do Sul, há uma presença de uma maior estrutura de requerimentos intra-estaduais. Isso permite afirmar que choques na demanda final do Estado do Rio Grande do Sul, têm pequenos impactos na demanda por energia nos outros estados do Brasil. Dentro do estado, os setores com maior grau de interação intra-regional para energia foram: Transportes (0,25), Setor Energético (0,14) e Agricultura (0,10).

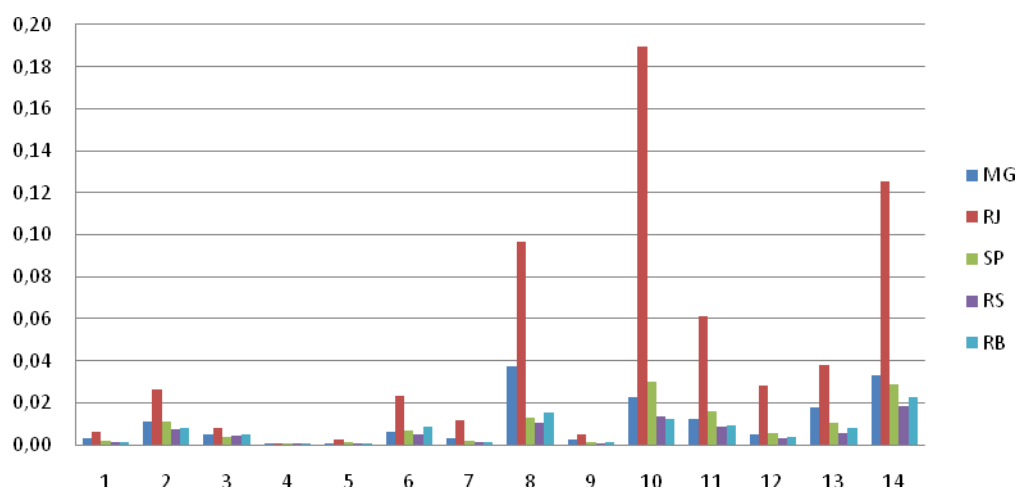
Os resultados para o restante do Brasil, representados pelo Gráfico 5, ilustram uma estrutura mais homogênea dos requerimentos totais líquidos, isto se deve pela importância dos estados estudados neste trabalho. Cabe destacar ainda os setores com os maiores requerimentos intra-regionais: Transportes (0,31) e Setor Energético (0,26). E para os requerimentos inter-regionais, os estados com os maiores valores foram: Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, com o setor transportes (0,16 e 0,14).

Gráfico 1 - Requerimento total líquido de energia do setor energético de Minas Gerais



Fonte: Elaboração Própria

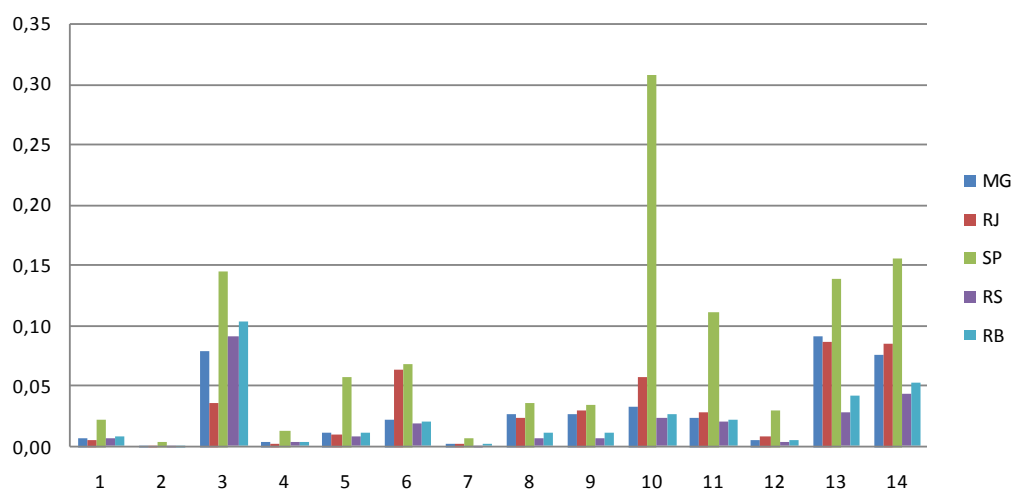
Gráfico 2 - Requerimento total líquido de energia do setor energético do Rio de Janeiro



Janeiro

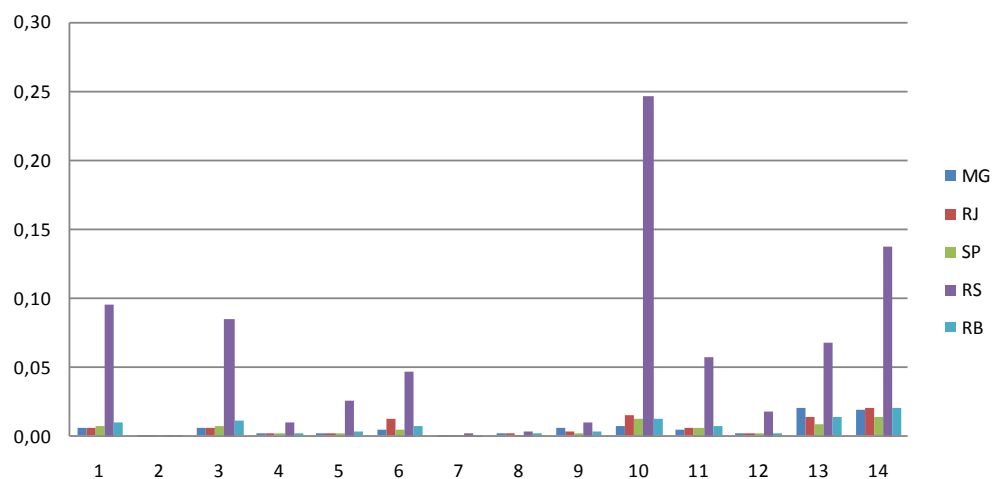
Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 3 - Requerimento total líquido de energia do setor energético de São Paulo



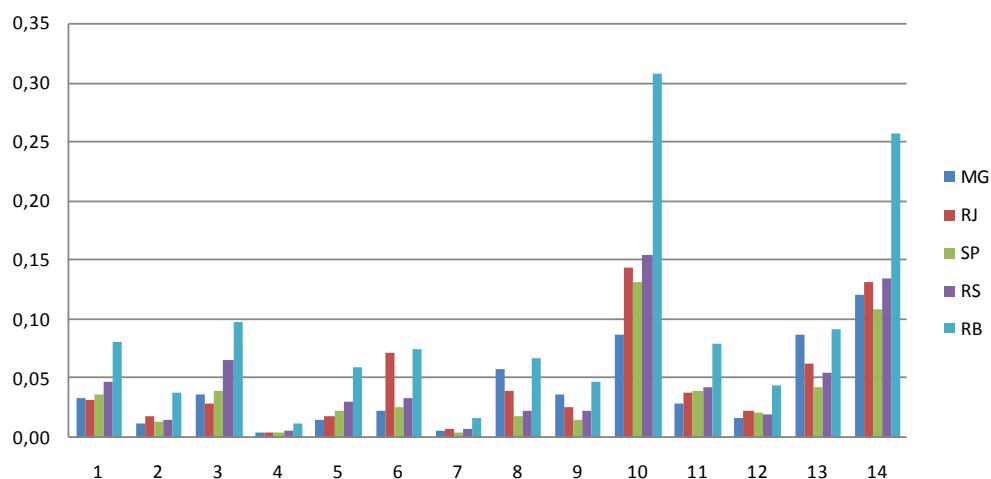
Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 4 - Requerimento total líquido de energia do setor energético do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 5 - Requerimento total líquido de energia do setor energético do Restante do Brasil

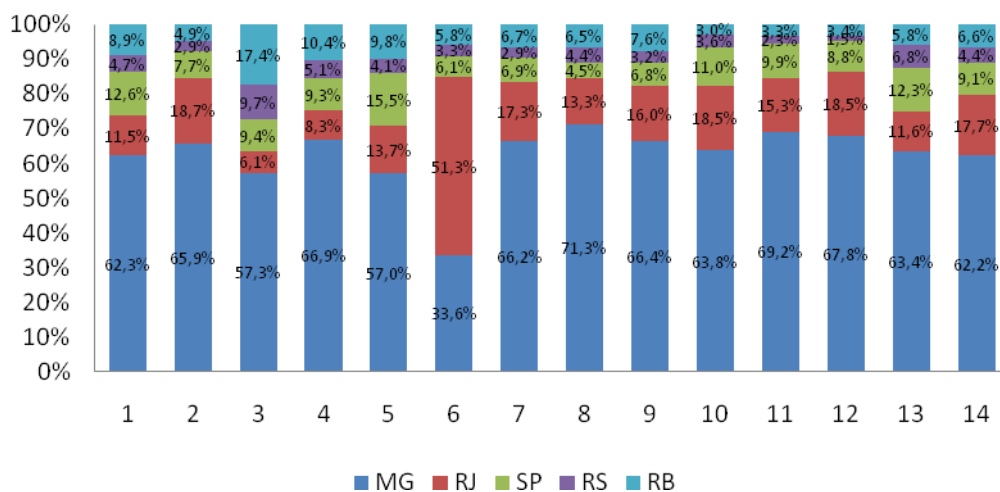


Fonte: Elaboração Própria

4.2 Requerimentos Diretos

Os gráficos de 6 a 10 trazem os resultados para os requerimentos diretos de energia divididos em efeitos intra e inter-regionais de forma percentual. Dessa forma será possível captar se um choque na Demanda Final do próprio setor tem um efeito maior dentro da região ou fora dela. Espera-se que esses efeitos sejam maiores dentro da própria região já que as ligações entre os setores internamente são mais fortes. As tabelas de 1 a 5 seguem abaixo dos gráficos e apresentam um detalhamento para os setores que possuem maiores requerimentos inter-regionais e a participação percentual do impacto em cada uma das regiões.

Gráfico 6 – Requerimentos diretos de energia nos setores de Minas Gerais



Fonte: Elaboração Própria

Tabela 1 – Distribuição espacial dos requerimentos diretos inter-regionais de Minas Gerais

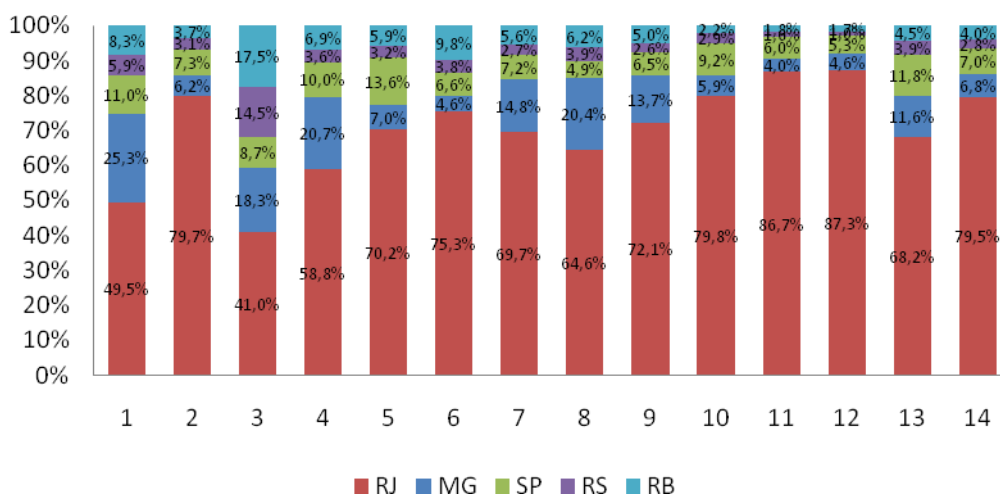
	RJ	SP	RS	RB
Sector 6	77,2%	9,1%	4,9%	8,7%

Fonte: Elaboração Própria

Para o estado de Minas Gerais, Gráfico 6, verifica-se que 13 setores, dos 14 estudados, apresentaram um requerimento direto intra regional maior do que o inter regional. Em outras palavras, os setores produtivos localizados em Minas Gerais têm maior grau de interação com o setor energético do próprio estado. A exceção é o setor Química (6) que apresentou uma estrutura de dependência inter regional predominante, ou seja, 66% do total de energia requerido pelo setor é proveniente dos demais estados da Federação. Rio de Janeiro (77,2%) e São Paulo (9,1%) se constituem nos mercados de energia mais importantes para o setor Químico localizado em Minas Gerais (ver Tabela 1).

O estado do Rio de Janeiro por sua vez obteve 12 setores com requerimento intra-regional superior ao inter-regional. O setor 3 (Alimentos e Bebidas) apresentou um impacto inter-regional de 59%, que foi distribuído principalmente entre Minas Gerais (31%) e restante do Brasil (29,6%).

Gráfico 7 – Requerimentos diretos de energia nos setores do Rio de Janeiro



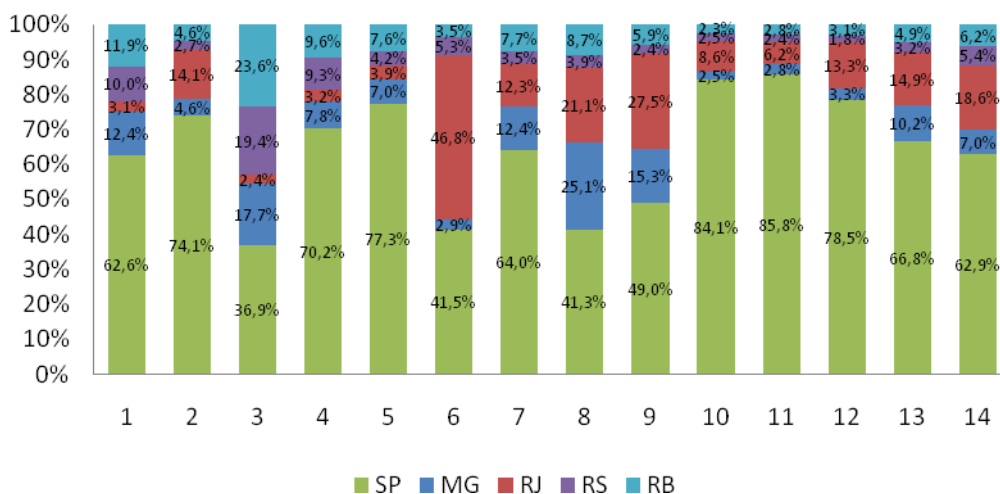
Fonte: Elaboração Própria

Tabela 2 – Distribuição espacial dos requerimentos diretos inter-regionais do Rio de Janeiro

	MG	SP	RS	RB
Sector 3	31,0%	14,8%	24,6%	29,6%

Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 8 – Requerimentos diretos de energia nos setores de São Paulo



Fonte: Elaboração Própria

Tabela 3 – Distribuição espacial dos requerimentos diretos inter-regionais de São Paulo

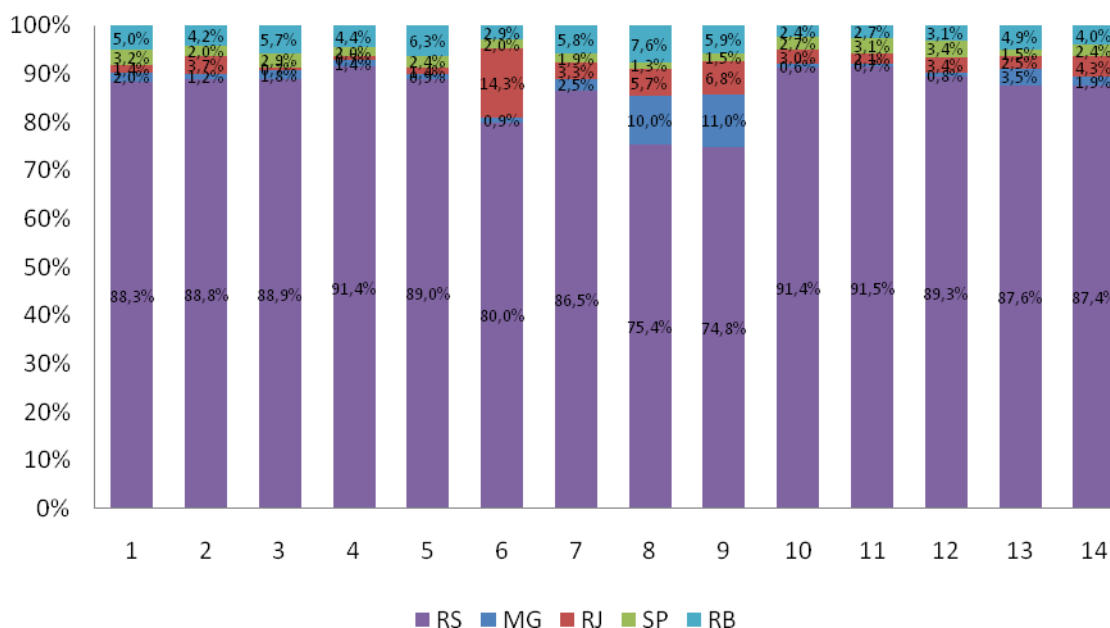
	MG	RJ	RS	RB
Sector 3	26,2%	10,6%	31,2%	32,0%

Fonte: Elaboração Própria

Examinando o Gráfico 8 nota-se que o estado de São Paulo tem uma distribuição dos requerimentos mais heterogênea que os demais estados, pois mais setores, mais precisamente 4 deles, a saber, Alimentos e Bebidas (3), Química (6), Ferro gusa e aço (8) e Metais não ferrosos (9) têm efeitos inter-regionais predominantes. Cabe destacar que o primeiro apresenta um requerimento inter-regional maior em relação ao restante do Brasil (32%) e ao Rio Grande do Sul (31,2%). Naqueles setores em que o efeito intra-regional é maior, ele representa mais de 63% do efeito direto. Portanto, o processo produtivo de tais setores depende, em grande monta, de insumos energéticos localizados fora do estado de São Paulo.

O estado do Rio Grande do Sul se destaca por demandar pouca energia das demais regiões em análise, visto que nos requerimentos diretos, todos os setores têm um maior efeito intra-regional (acima de 75%), sendo que os setores Têxtil (4), Transporte (10) e Comércio (11) têm um efeito intra-regional maior que 90%. A divisão percentual dos maiores requerimentos inter-regional é apresentada na Tabela 4. É possível perceber maior ligação do estado, em termos de aquisição de insumos energéticos com relação à Minas Gerais e ao restante do Brasil, respectivamente.

Gráfico 9 – Requerimentos diretos de energia nos setores do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4 – Distribuição espacial dos requerimentos diretos inter-regionais do Rio Grande do Sul

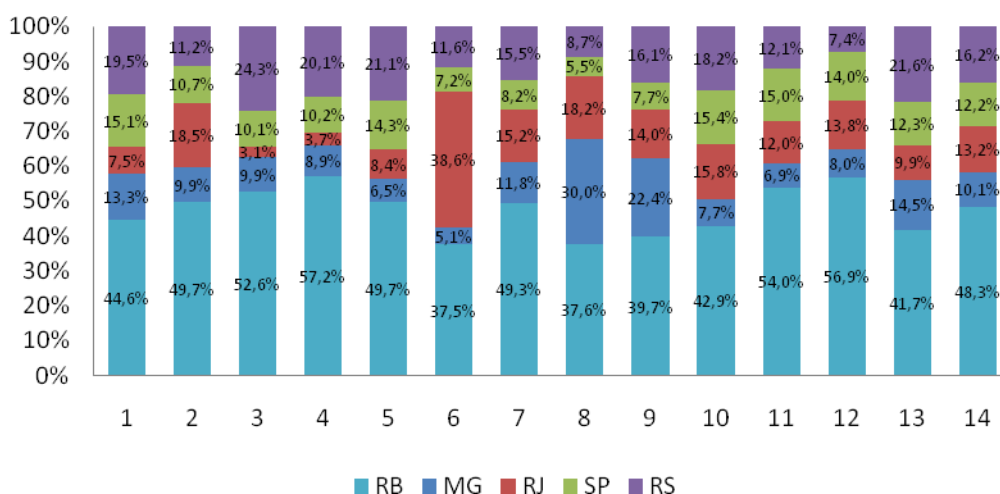
	MG	RJ	SP	RB
Sector 8	40,6%	23,1%	5,4%	30,9%
Sector 9	43,7%	26,9%	5,9%	23,5%

Fonte: Elaboração Própria

As demais regiões brasileiras são as que apresentam um efeito mais homogêneo entre os setores, sendo que em 7 deles o efeito intra-regional é maior do que o efeito inter-regional e nos outros 7 o inverso ocorre. Além disso, não existem efeitos totalmente predominantes, ou seja, acima de 70%. Todos os efeitos situam-se entre 50% e 55% e apenas 2 próximos a 60%. Esse resultado é bastante relevante, pois na agregação espacial realizada neste trabalho o restante do Brasil é constituído por 23 unidades da Federação e, os resultados alcançados mostram a pressão que essas unidades exercem sobre Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul em termos de requerimentos diretos de insumos energéticos.

Fica evidente a pressão exercida pelos setores Ferro gusa e aço (8) e Metais não ferrosos e outras metalurgias (9) localizado no restante do Brasil sobre o setor energético do restante do Brasil, principalmente aquele localizado no estado de Minas Gerais.

Gráfico 10 – Requerimentos diretos de energia nos setores do Resto do Brasil



Fonte: Elaboração Própria

Tabela 5 – Distribuição espacial dos requerimentos diretos inter-regionais do Restante do Brasil

	MG	RJ	SP	RB
Sector 6	48,1%	29,2%	8,8%	14,0%
Sector 8	37,2%	23,2%	12,8%	26,8%

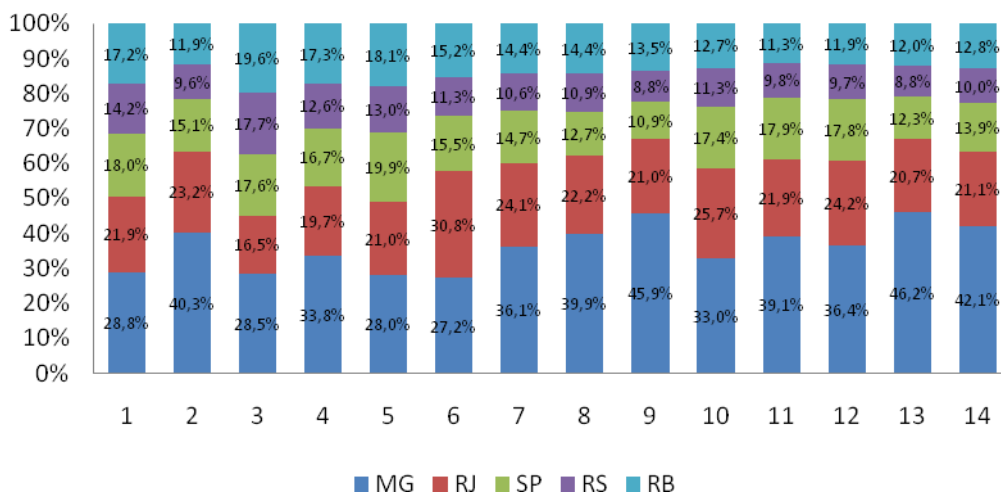
Fonte: Elaboração Própria

4.3 Requerimentos Indiretos

Os gráficos de 11 a 15 trazem os resultados para requerimentos indiretos para as regiões definidas neste trabalho. O resultado para os requerimentos indiretos de energia apresenta o seguinte padrão: a) em termos regionais há uma tendência de que o efeito inter-regional seja maior do que o efeito intra-regional. Vale ressaltar que isso não ocorre somente para o estado do Rio Grande do Sul. Nos demais estados esse efeito situa-se, em média, acima de 60%; b) em termos setoriais é possível verificar que, em todas as regiões, para o setor Energético (14) o efeito intra-regional é que predomina.

O Gráfico 11 traz os requerimentos indiretos para Minas Gerais e como visto, há de certa forma uma homogeneidade na distribuição espacial do efeito inter-regional. Destaca-se que os setores localizados em Minas Gerais exercem forte pressão sobre o setor energético do estado do Rio de Janeiro. A Tabela 6 mostra em destaque o setor Química (6), apresenta a porcentagem dos requerimentos inter-regionais, ou seja, o Rio de Janeiro representa 42,2% dos 72,8%.

Gráfico 11 – Requerimentos indiretos de energia nos setores de Minas Gerais



Fonte: Elaboração Própria

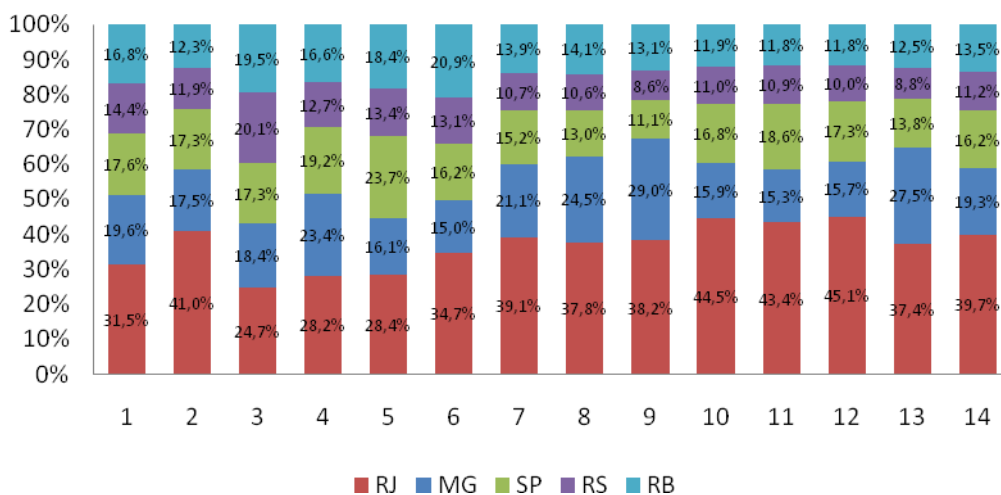
Tabela 6 – Distribuição espacial dos requerimentos indiretos inter-regionais de Minas Gerais

	RJ	SP	RS	RB
Sector 6	42,2%	21,3%	15,5%	20,9%

Fonte: Elaboração Própria

Observando o Gráfico 12 nota-se que os efeitos intra-regionais são bem distribuídos, ou seja, a pressão dos setores produtivos localizados no Rio de Janeiro sobre os insumos energéticos são bem próximas (variando de 24,7% a 45,1%). No que tange às pressões inter-regionais verifica-se, por exemplo, para o setor Alimentos e Bebidas (3) (ver Tabela 7) que a distribuição espacial das pressões sobre o setor energético localizado fora do estado está bem distribuída espacialmente

Gráfico 12 – Requerimentos indiretos de energia nos setores do Rio de Janeiro



Fonte: Elaboração Própria

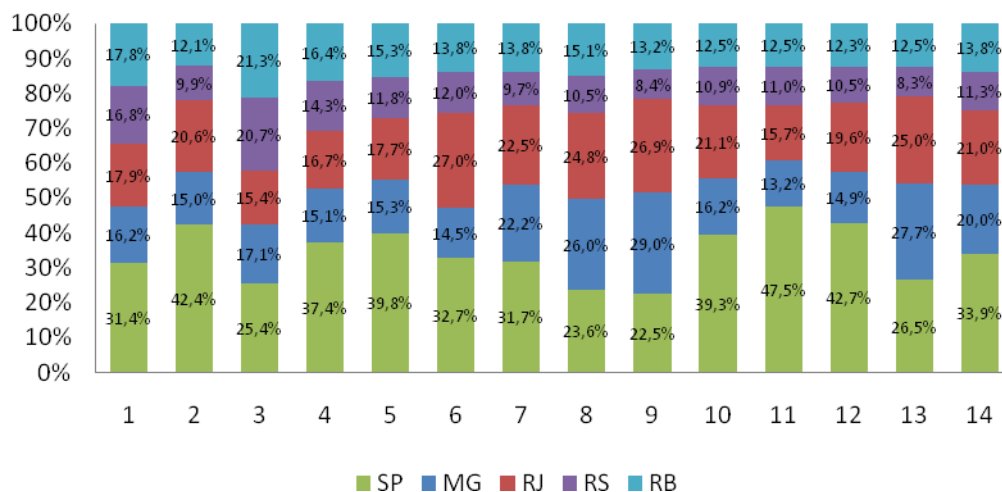
Tabela 7 – Distribuição espacial dos requerimentos indiretos inter-regionais o Rio de Janeiro

	MG	SP	RS	RB
Sector 3	24,5%	23,0%	26,7%	25,9%

Fonte: Elaboração Própria

O resultado para São Paulo por sua vez, como observado no Gráfico13, evidencia uma distribuição mais heterogênea. Não há um padrão espacial homogêneo de interligação, ou seja, a pressão sobre o setor de insumo energético das demais unidades varia de setor para setor. Nota-se, porém, que na maioria a “combinação” Minas Gerais – Rio de Janeiro é a que apresenta um maior efeito. A Tabela 8 ilustra bem essa situação, já que nos setores nos quais o estado tem um efeito inter-regional maior Minas Gerais e Rio de Janeiro representam cerca 70% dos requerimentos inter-regionais.

Gráfico 13 – Requerimentos indiretos de energia nos setores de São Paulo



Fonte: Elaboração Própria

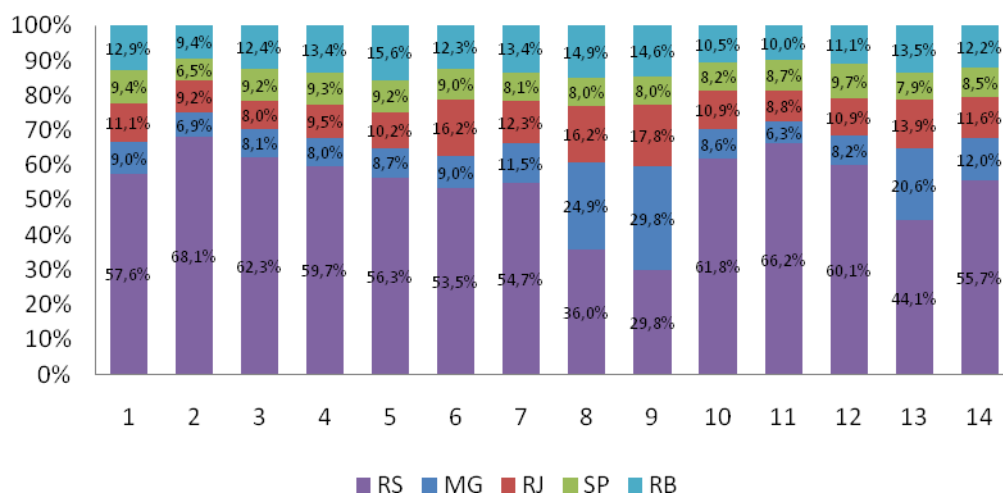
Tabela 8 – Distribuição espacial dos requerimentos indiretos inter-regionais de São Paulo

	MG	RJ	RS	RB
Sector 8	34,0%	32,5%	13,7%	19,8%
Sector 9	37,4%	34,7%	10,9%	17,0%

Fonte: Elaboração Própria

O estado do Rio Grande do Sul, Gráfico 14, se mostra mais uma vez um estado mais internalizado, ou seja, o efeito dentro da região é maior que fora, o que pode ser um indicativo de que os setores localizados naquele estado são altamente interligados. Evidencia-se também certa predominância dos efeitos no Rio de Janeiro e do restante do Brasil, e a baixa influência em São Paulo. Interessante notar, entretanto que, nos setores Ferro gusa (8) e Minerais não ferrosos e outras metalurgias (9), nos quais os efeitos inter-regionais no estado são maiores, o maior efeito é em Minas Gerais representando cerca de 40% desse efeito para esses setores (Tabela 9).

Gráfico 14 – Requerimentos indiretos de energia nos setores do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração Própria

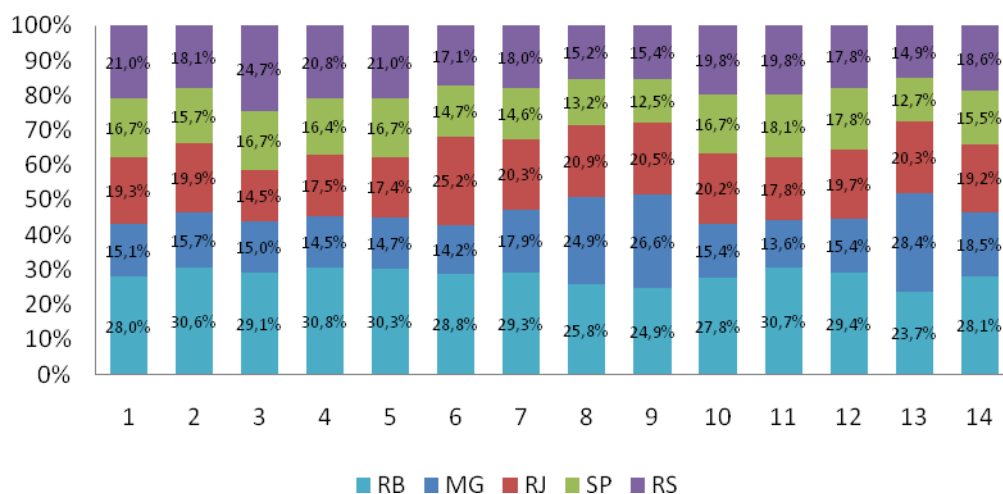
Tabela 9 – Distribuição espacial dos requerimentos indiretos inter-regionais do Rio Grande do Sul

	MG	RJ	SP	RB
Sector 8	39,0%	25,3%	12,5%	23,3%
Sector 9	42,5%	25,3%	11,4%	20,8%

Fonte: Elaboração Própria

O Gráfico 15 mostra o efeito inter-regional muito marcante para o restante do Brasil, o que é entendido já que as demais regiões (quatro unidades da Federação) concentram grande parte da produção do país. Pode-se observar que os efeitos são de certa forma bem divididos, sendo que a predominância de um estado em um setor varia de acordo com o mesmo. No setor Outros (13), que é o de maior efeito inter-regional nota-se que São Paulo é estado que sofre menor pressão e que o setor Energético (14) localizado em Minas Gerais é aquele que sofre maior pressão, representando cerca de 40% do efeito inter-regional.

Gráfico 15 – Requerimentos indiretos de energia nos setores do Resto do Brasil



Fonte: Elaboração Própria

Tabela 10 – Distribuição espacial dos requerimentos indiretos inter-regionais do Restante do Brasil

	MG	RJ	SP	RS
Sector 13	37,2%	26,6%	16,6%	19,6%

Fonte: Elaboração Própria

4.4 Distribuição Setorial

As tabelas 11 e 12 trazem os Quocientes Locacionais (QL) energéticos para os requerimentos diretos e indiretos, respectivamente. Os QLs são calculados geralmente usando os dados de emprego. Nesse artigo foram utilizados os requerimentos de energia para o cálculo do quociente. O objetivo é identificar a importância relativa da região em termos de requerimentos de energia. De acordo com Haddad (1998, p. 232), “o QL permite evidenciar se a região é relativamente mais importante, no contexto nacional, em termos do setor, do que em termos gerais de todos os setores”.

Em outras palavras, neste artigo se busca comparar o grau de requerimento de energia dos setores nas diversas regiões com o grau médio de requerimento de energia dos setores em termos nacionais.

Formalmente o QL se apresenta da seguinte forma:

$$QL_i^R = \frac{E_i^R / E^R}{E_i^N / E^N}$$

Onde:

E_i^R - requerimento direto de energia do setor “i” localizado na região “R”

E^R - requerimento direto de energia total na região “R”

E_i^N - requerimento direto de energia do setor “i” localizado na região “N”

E^N - requerimento direto de energia total na região “N”

Assim sendo, para valores acima de um (1) o grau de requerimento de energia daquele setor localizado em uma determinada região é maior do que a média setorial para a economia como um todo. Em outras palavras, o setor localizado em determinada região faz uso de energia (na forma de requerimentos diretos e indiretos) de forma mais intensa do que o setor tomando como referência a economia nacional.

Na Tabela 11 são apresentados os Quocientes Locacionais considerando os requerimentos diretos de energia. Esses QL’s mostram que:

- o estado de Minas Gerais possui 4 setores com QL acima da unidade; Portanto, os setores (2); (4); (7) e (8) em Minas Gerais, quando comparados com os resultados para a economia brasileira como um todo, se mostram mais intensivos no uso de energia. É importante salientar os resultados para o setor de Ferro gusa e aço (8) e o setor de Minerais não metálicos (7) como sendo os setores com maior QL e, portanto, com maior intensidade do uso de energia quando comparado com o setor em termos nacionais.
- o estado do Rio de Janeiro possui 6 setores, são eles (7); (8); (10); (11); (12) e (14). Vale destacar os resultados para o setor de Comércio (11) e o setor de Transportes (12) como sendo os que apresentam os maiores valores para o QL.
- São Paulo e Rio Grande do Sul possuem 7 setores; Em São Paulo o setor com maior QL é o de Alimentos e Bebidas (3) e, que portanto, ao ser comparado com o resultado para a economia brasileira como um todo se mostra mais importante no estado. Em outras palavras, o setor é mais intensivo no uso direto de energia do que a média nacional. No Rio Grande do Sul é setor Agropecuário (1) que se destaca como o de maior QL (2,669) se caracterizando como um setor de maior intensidade no uso do insumo.
- restante do Brasil possui 8 setores.

Tabela 11 – Quociente Locacional Energético-Direto

Setores	MG	RJ	SP	RS	RB
1. Agropecuária	0,543	0,330	0,430	2,669	1,252
2. Mineração e Pelotização	1,590	0,058	0,211	0,024	1,913
3. Alimentos e bebidas	0,380	0,192	2,588	0,996	0,551
4. Têxtil	1,484	0,220	1,624	0,450	0,805
5. Papel e celulose	0,438	0,090	1,338	1,030	1,386
6. Química	0,490	0,554	1,146	1,030	1,321
7. Minerais não metálicos	2,772	1,316	0,311	0,163	0,717
8. Ferro gusa e aço	2,949	1,457	0,427	0,033	0,542
9. Metais não ferrosos e outras metalurgias	0,571	0,184	1,251	0,482	1,542
10. Transporte	0,804	1,130	0,887	1,238	1,046
11. Comércio	0,522	1,953	1,069	1,129	0,819
12. Serviços Públicos	0,561	1,791	0,922	0,964	1,016
13. Outros	0,637	0,890	1,676	1,026	0,767
14. Energético	0,213	1,589	0,529	1,173	1,461

Fonte: Elaboração Própria

A Tabela 12 por sua vez traz os resultados para os Quocientes Locacionais considerando os requerimentos indiretos de energia. O estado de Minas Gerais possui, nesse caso, 6 setores com QL acima da unidade, o Rio de Janeiro 8 setores assim como restante do Brasil, enquanto os estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul apresentam 7 setores básicos.

Tabela 12 – Quociente Locacional Energético-Indireto

Setores	MG	RJ	SP	RS	RB
1. Agropecuária	0,671	0,167	0,438	1,888	1,480
2. Mineração e Pelotização	0,801	2,848	0,067	0,062	0,650
3. Alimentos e bebidas	1,537	0,691	3,200	2,601	2,163
4. Têxtil	0,286	0,068	0,302	0,611	0,288
5. Papel e celulose	0,263	0,190	0,775	0,500	0,777
6. Química	0,977	1,570	2,187	2,005	1,513
7. Minerais não metálicos	0,653	0,257	0,166	0,127	0,278
8. Ferro gusa e aço	5,560	2,550	0,689	0,207	0,996
9. Metais não ferrosos e outras metalurgias	0,850	0,347	1,113	0,661	0,863
10. Transporte	2,491	3,128	2,476	3,019	3,592
11. Comércio	1,958	3,333	2,757	2,586	2,192
12. Serviços Públicos	0,500	1,176	0,580	0,684	1,097
13. Outros	3,292	2,469	4,718	4,009	3,201
14. Energético	5,358	6,402	5,730	6,238	6,108

Fonte: Elaboração Própria

Em Minas Gerais apenas o setor 8 (Ferro gusa e aço) apresenta um QL acima da unidade em ambos os casos. No Rio de Janeiro, esses são os setores 8, 10, 11, 12 e 14. Já em São Paulo os setores são os 3, 6, 9, 11, 13. No Rio Grande do Sul por sua vez são os setores 1, 6, 10, 11, 13 e 14 que são básicos tanto no QL direto como no indireto. No restante do Brasil são os setores 1, 6, 10, 12 e 14.

No caso dos resultados do QL para o requerimento indireto de energia vale destacar os resultados:
a) Minas Gerais – Ferro gusa e aço (8) – 5,560. O resultado evidencia a maior importância relativa

dos requerimentos deste setor em termos de consumo de energia no estado quando comparado com o setor localizado no restante do Brasil;

b) Rio de Janeiro – Energético (14) – 6,402 mostrando que o referido setor no estado é mais intensivo no uso de energia do que o setor no restante da economia brasileira;

c) São Paulo – Energético (14) – 5,730 e d) Rio Grande do Sul – Energético (14) – 6,238.

Considerações Finais

A idéia inicial deste trabalho foi explorar a questão energética em nível regional. Através da metodologia utilizada foi possível evidenciar a distribuição espacial dos requerimentos de energia para quatro unidades da Federação e para o restante do Brasil. Os requerimentos espaciais de energia foram analisados na forma de requerimentos diretos, indiretos e totais. Isso permite evidenciar as interligações de forma completa.

O método utilizado permite evidenciar as pressões internas e externas no que se refere ao consumo de energia. Os resultados mostram que:

a) As quatro unidades da Federação

Como conversamos devemos explorar a questão da pressão do resto do Brasil nos 4 estados e acho que outro podemos destacar as particularidades de cada estado, eg. Minas os setores de ferro e gusa, Rio o setor energético, SP a heterogeneidade e RS a questão intra regional forte.

Referências

Alcántara, V.; Padilla, E. "Key" sectors in final energy consumption: an input-output application to the Spanish case. *Energy Economics*, n. 31, p. 1676-1678, 2003.

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. 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.

Casler, S. D.; Blair, P. D. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions, *Ecological Economics*, v. 22, p. 19-27, 1997.

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

Haddad, P. R. et al. *Economia regional: teorias e métodos de análise*. Fortaleza, BNB-ETENE, 1989.

Hawdon, D.; Pearson, P. Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK. *Energy Economics*, v.17, n. 1, p. 73-86, 1995.

Hilgemberg, E.M. *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 Aplicada), apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP.

Hilgemberg, E. M. ; Guilhoto, J J M . *Uso de combustíveis e emissões de CO₂ no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto*. Nova Economia (UFMG), v. 16, p. 49-99, 2006.

Isard, W. et al. *Methods of interregional and regional analysis*. New York: Ashgate, 1998.

Llop, M; Pié, L, *Input-output analysis of alternative policies implemented on the energy activities: an application for Catalonia*. Elsevier, vol. 36(5), pages 1642-1648, 2008.

Machado, V. M. *Meio ambiente e comércio exterior: impactos da especialização comercial brasileira sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país*. 2002. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético), apresentada a COPPE / UFRJ.

Miller, R. E.; Blair, P. D. *Input-output analysis: foundations and extensions*. New Jersey, Prentice Hall, 1985.

Perobelli, F. S. ; Mattos, R S de ; Faria, W.R . *Interações Energéticas entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil: uma análise inter-regional de insumo-produto*. Revista de Economia Aplicada, v. 11, p. 113-130, 2007.

Vieira Filho, J. E. R. ; Cunha, M. P. da ; Fernandes C. L. de L. . *O setor de energia elétrica em Minas Gerais: uma análise insumo-produto*. In: XII Seminário sobre a Economia Mineira, 2006, Diamantina. XII Seminário sobre a Economia Mineira. Belo Horizonte : CEDEPLAR/UFMG, p. 1-17, 2006.

Zhang, Z.; Folmer, H. Economic modelling approaches to cost estimates for the control of carbon dioxide emissions. *Energy Economics* v. 20, p. 101-120, 1998.