

Demanda por diferentes fontes energéticas no Rio Grande do Sul, 1985-2009

Submissão para: a. Desenvolvimento Econômico

Gustavo Inácio de Moraes - Professor Doutor do PPGE / PUCRS.

Patrícia Nasi Sandes – Mestranda em Economia no PPGE/PUCRS

Resumo: O presente artigo avalia a evolução da demanda energética no estado do Rio Grande do Sul, no período compreendido entre 1985 e 2009. Nesse período o estado viveu uma transformação produtiva relevante e, em paralelo, a preocupação quanto às externalidades ambientais na oferta energética ganharam destaque. Através da utilização de uma metodologia de regressões aparentemente não correlacionadas - SUR, foi possível estabelecer um comportamento para as elasticidades preço e renda no Rio Grande do Sul para cinco fontes energéticas: lenha, óleo diesel, gasolina, eletricidade industrial e eletricidade residencial.

Palavras-Chave: Demanda, Energia, Rio Grande do Sul

Abstract: This paper evaluates energy's demand path in Rio Grande do Sul between 1985 and 2009. In this period, region changes your production structure and, in the same time, environmental concerns about bad externalities of energy supply growths and spreads. Through to an econometric methodology, SUR (seemingly unrestricted regressions), was possible established a behavior for both price-elasticity and income-elasticity in five energy secondary sources: wood, diesel oil, gasoline, industrial electricity and residential electricity.

Key-Words: Demand, Energy, Rio Grande do Sul

1. Introdução

O problema do abastecimento energético tem importantes consequências no desenvolvimento econômico e social de uma região. Tem sido tema recorrente de discussões e dificuldades a política energética de países ao redor do mundo, sendo os casos mais notórios a opção por um abastecimento nuclear ou ainda a instalação de usinas ou estoques de emergência para situações de debilidade.

Sabe-se desde a crise de energia vivenciada nos anos setenta que, no entanto, a demanda possui um papel relevante na determinação da ocorrência de crises e o seu comportamento pode ser, em grande medida, induzido por variações de preços e por padrões tecnológicos disponíveis à sociedade de maneira viável economicamente.

Pois, um problema de especial interesse para economias emergentes e com grande necessidade, ainda, de resgate social é poder planejar como a evolução da demanda de energia pode afetar as escolhas de política econômica e a definição do perfil de oferta energética em anos e décadas à frente.

O presente artigo pretende examinar a evolução do consumo energético no Rio Grande do Sul e seu objetivo central é determinar a intensidade da elasticidade-renda para as fontes energéticas mais importantes do estado. Nesse sentido, o artigo pretende utilizar-se de técnicas econométricas para a determinação da elasticidade-renda no estado e compará-la também com a perspectiva de crescimento econômico do estado em anos vindouros.

Para tanto, o artigo foi dividido em três seções após essa introdução. Na segunda seção discute-se o padrão de oferta e demanda energética do Rio Grande do Sul nas últimas décadas e os relaciona com as variações das atividades econômicas e mudança de padrões sociais no estado. A terceira seção apresenta, utilizando-se de técnicas econométricas, as diferentes elasticidades-renda e elasticidades-preço obtidas na demanda energética da região. Uma última seção se dedica a comentários finais.

2. Estrutura da demanda energética no Rio Grande do Sul

A publicação do Balanço Energético do Rio Grande do Sul, pela CEEE, com dados para oferta primária e secundária, além da demanda setorial informa-nos sobre a dinâmica energética no estado desde 1979 até 2009. Nesse período, transformações importantes na sociedade e economia gaúchas tomaram corpo.

Em especial, a participação da economia estadual no PIB brasileiro manteve-se ao redor de 7%, caracterizando um ritmo de crescimento semelhante ao brasileiro no período. Todavia, em anos recentes essa evolução demonstrou-se desfavorável ao estado, ainda que em proporções pequenas.

No período também se assistiu a consolidação do polo industrial na macrorregião da Serra gaúcha. Os municípios ali localizados internalizaram um método de produção, uma vocação para determinados segmentos industriais, caracterizando um movimento de interiorização da produção industrial, antes localizada, sobretudo na região metropolitana. Outro aspecto relevante é que os municípios da região destacaram-se, em uma comparação nacional, como locais nos quais há qualidade de vida e possibilidades de lazer e turismo.

Importante também foi o movimento migratório da zona rural para as cidades, fruto de uma maior produtividade na agricultura, mas também consequência de crises provocadas pelo clima que impediram a viabilidade e a manutenção de alguns empreendimentos rurais.

Este processo, por um lado gerou desconcentração industrial, poderia contribuir para um gasto energético maior na medida em que a população se torne mais distribuída. Por outro lado, a migração rural-urbana ao estimular a concentração populacional tornou possível uma maior eficiência energética já que o espaço de circulação de mercadorias, serviços e interesses restringe-se.

Nesse período, não menos importante, assiste-se a emergência de demandas ambientais crescentes, caracterizadas por uma agenda crítica à opção nuclear que os países desenvolvidos tomam após a crise do petróleo. Em 1973, a participação do petróleo e seus derivados é de 45%, ao passo que no ano 2000 situava-se em 35%. A maior parte da participação em queda do petróleo foi absorvida pela energia nuclear,

que se em 1973 possuía irrisórios 0,8% da oferta mundial de energia, em 2000 terá 6,8% de participação. O gás, por sua similaridade com o petróleo, também se destaca ao absorver 16,2% da oferta mundial de energia em 1973 e 21,1% em 2000 (Balanço Energético do Brasil, 2002). Tais opções refletem a percepção errônea sobre a segurança da energia nuclear e a suposta ausência de resíduos desta, além da inviabilidade técnica de se modificar o aparato produtivo, caracterizado pela substituição do petróleo pelo gás.

A relação entre o desenvolvimento sustentável e a energia foi contemplada em Nosso Futuro Comum, que dedicou um capítulo para o tema. Os grandes problemas ambientais têm íntima relação com o uso energético, daí a preocupação da Comissão Brundtland em inserir a temática dentro do relatório, com o objetivo de sensibilizar as autoridades nacionais para a questão¹. O quadro 1, inserido na sequência, mostra a relação entre os principais problemas ambientais e a origem desses problemas, acrescentando os grupos sociais mais prejudicados por esses problemas :

Quadro 1 – Principais Problemas Ambientais (continua)

Problema Ambiental	Principal Fonte do Problema	Principal grupo social afetado
Poluição urbana do ar	Energia (indústria e transporte)	População Urbana
Poluição do ar em ambientes fechados	Energia (cozinhar)	Pobres na zona rural
Chuva Ácida	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Diminuição da camada de ozônio	Indústria	Todos

¹ O presidente do grupo temático de energia na comissão Brundtland foi Enrique Iglesias, hoje ocupando o cargo de presidente do Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Quadro 1 – Principais Problemas Ambientais (conclusão)

Problema Ambiental	Principal Fonte do Problema	Principal grupo social afetado
Aquecimento por efeito estufa e mudança do clima	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Disponibilidade e qualidade da água doce	Aumento populacional, agricultura	Todos
Degradação costeira e marinha	Transporte e Energia	Todos
Desmatamento e Desertificação	Aumento populacional, agricultura e energia	Pobres Rurais
Resíduos Tóxicos, químicos e perigosos.	Indústria e Energia Nuclear	Todos

Fonte: Retirado de Goldemberg (1998, p. 62)

Como é possível notar no quadro 1 a energia está presente como causa direta do problema em sete dos nove problemas, e em mais um de forma indireta (camada de ozônio). Também chama a atenção que os problemas ambientais, regra geral, não distinguem classe social e poder aquisitivo.

Como lembra **Schmidheiny - não está nas referências** (1992, pp. 35-36) a obtenção de um desenvolvimento sustentável energético tem três sustentáculos: um permanente ganho de eficiência no uso do recurso energético, uma participação maior de fontes na matriz energética que garantam um horizonte de sustentabilidade e uso crescente das potencialidades locais aliada a uma nova política de preços e concessão de subsídios, com preocupação marcadamente de longo prazo, nos países em desenvolvimento. Esses três pilares devem ser planejados conjuntamente,

embora a eficiência energética possa apresentar retornos rápidos, mitigando problemas mais emergenciais e permitindo que seja possível continuar as ações em relação aos outros objetivos.

Mas os efeitos macroeconômicos também se manifestaram desde então. A este propósito, Williamson (1989) cita seis efeitos do choque do petróleo sobre a economia mundial: taxas de inflação pressionadas, propensão mundial a poupar em elevação com a transferência de renda aos países da OPEP, desequilíbrios dos balanços de pagamentos, esses mesmos países contrataram profissionais e mercadorias em larga escala, modificações nas técnicas de produção e padrões de consumo e por fim, uma diminuição na taxa de crescimento do produto potencial da economia mundial.

No caso brasileiro, as indefinições da política econômica, consequência da desorganização do mercado mundial após o segundo choque de petróleo, produziram oscilações e os problemas da inflação e da dívida externa dominaram a determinação das políticas econômicas. Em especial, as variações do produto apresentaram oscilações significativas, **ao sabor vulneráveis com os** planos econômicos anti-inflacionários malsucedidos.

Pelos fatores já citados anteriormente - aumento do consumo, restrição de recursos ou até inviabilidade tecnológica - é que se faz necessário uma avaliação sócio econômica de projetos que viabilizem o aproveitamento de recursos locais para geração de energia.

Estes estudos devem levar em consideração principalmente os polos industriais, que são tradicionalmente os maiores consumidores por setor (Balanço Energético 2010). Dentro desta observação temos os dados econômicos nacionais e locais para avaliar o potencial de mercado e a viabilidade do investimento. Em conhecimento das fontes de energia renováveis (biomassa, biocombustível, energia eólica, hidroeletricidade, hidrogênio, energia maremotriz, energia solar) e não renováveis (carvão, gás natural, energia nuclear e petróleo) tem-se um ponto de partida para a avaliação do polo mercadológico e ambiental de cada estado.

3. Materiais, Métodos e Resultados

Nesta seção pretende-se construir um exercício econométrico que aponte as tendências para a demanda das diferentes fontes energéticas em relação a preço e produto econômico. Normalmente, os estudos dedicam-se a fontes específicas sem considerá-las em conjunto ou optam por uma metodologia de séries de tempo para efetuar a avaliação.

Resultados para a energia elétrica em anos recentes podem ser encontrados em Andrade e Lobão (1997), Schmidt e Lima (2004), considerando o Brasil, e Mattos et alii (2005) para a energia elétrica industrial em Minas Gerais. Em ambos os casos optou-se por uma metodologia de vetores auto regressivos (VAR). Resultados para a elasticidade cruzada entre gasolina e álcool podem ser encontrados em Alves e Bueno (2002), sendo que neste caso aplicou-se a metodologia ARCH/GARCH para o alcance dos resultados.

Irffi et alii (2009) estudam a demanda por eletricidade no Nordeste, subdivididas em classes de consumo para o período 1970 e 2003. Comprovam em especial que a metodologia utilizada, um mínimo quadrados ordinários dinâmicos com mudança de regime fornece previsões adequadas para os períodos subseqüentes, especialmente entre 2004 e 2006, comparados aos trabalhos citados anteriormente. De todo modo, quanto mais particularizada a avaliação (neste caso em classes de consumo) e quanto menor o período de previsão (neste caso 3 períodos), maior a eficiência da previsão.

Castro e Montini (2010) também tentam antecipar a demanda por eletricidade considerando a presença de variáveis exógenas e a presença de um processo auto-regressivo. As variáveis exógenas escolhidas foram renda média real, inflação de bens de consumo duráveis e a tarifa média residencial para energia elétrica.

Outra linha de estudiosos dedica-se a construir cenários de demanda energética baseados na evolução sócio-econômica particular à região. Bajay (2004) resume essas metodologias, sobretudo preocupado com a antecipação e possibilidade de ampliar os sistemas energéticos. Mesmo no uso dessas metodologias será necessário avaliar a trajetória das elasticidades, o que nos obriga a uma avaliação econométrica preliminar.

Neste estudo, porém, consideraremos que a demanda de uma fonte energética pode estar influenciada pela demanda de outra fonte energética, não apenas porque

eventualmente são fontes substitutas ou complementares entre si, mas principalmente porque a decisão dos agentes em alocar despesas em uma fonte pode comprometer as despesas com outras fontes. Assim uma metodologia que possa considerar essa decisão de maneira integrada pode ser a mais recomendada, daí nossa opção por um método econométrico.

As informações referentes ao consumo energético estão disponibilizadas em bases anuais no Balanço Energético do Rio Grande do Sul, produzido pela CEEE. A demanda por lenha, óleo diesel, gasolina e eletricidades residencial e industrial foram escolhidas com base no consumo total, sendo esses produtos os principais grupos a serem consumidos na estrutura energética do estado.

Os dados relativos à atividade econômica, mais especificamente a evolução do produto interno bruto, e evolução da população foram obtidos na base de dados da Fundação de Economia e Estatística – FEE – RS. Finalmente, os dados relativos ao preço das fontes energéticas foram obtidos juntos ao Balanço Energético Nacional, tabela 7.9. Para tanto, foram considerados os preços médios em dólares americanos por unidade física, apurados pela EPE – Empresa de Planejamento Energético. Como observação final, aponta-se o fato de que esses preços são pesquisados em bases nacionais, limitando o alcance dos mesmos para o caso específico no Rio Grande do Sul.

Para considerar o problema da forma como foi colocado, a utilização do S.U.R (regressões aparentemente não correlacionadas) aponta para a metodologia mais adequada. O S.U.R., originalmente concebido por Zellner (1962) considera que quando os resíduos de uma equação estão correlacionados com os resíduos de outra equação, estima-se melhor os parâmetros de cada uma das equações se considerada a estimativa conjunta desses parâmetros.

Portanto, a estimação das funções de sensibilidade a demanda energética, neste trabalho, segue a tradicional metodologia empregada na literatura, via SUR (Seemingly Unrelated Regressions), método proposto por Zellner (1962). A razão principal para sua utilização decorre do fato que as equações que representam a demanda energética entre cada uma das fontes possuem um comportamento empírico relacionado entre si, com dependência entre si. Não suficiente, as equações apresentam algumas das variáveis independentes em comum. Desse modo, o erro das equações está, provavelmente,

correlacionado contemporaneamente, justificando o uso do procedimento, uma vez que as decisões sobre a utilização de uma fonte energética afetam as decisões sobre o uso de outra fonte energética. Conforme, ZELLNER (1962) os parâmetros do modelo são estimados melhor conjuntamente precisamente nesses casos. O teste de Breusch-Pagan é utilizado para comprovar a relação de dependência entre os resíduos das diferentes equações do sistema.

O modelo SUR pressupõe, segundo GREENE (2000), que os erros são homocedásticos e possuem média igual a zero e, ainda, que a covariância entre os erros das equações, ao longo do tempo, seja idêntica a zero. Contudo, existe correlação contemporânea entre os erros das diferentes equações, tendo como consequência a inviabilização da estimação via MQO. Ressalte-se que a utilização de mínimos quadrados generalizados ou estimadores de máxima verossimilhança corrige a violação destes pressupostos. Porém, há duas situações nas quais estimar o modelo SUR via MQO ou MQG resulta idêntico: ou quando todas as correlações contemporâneas são idênticas a zero ou quando as variáveis exógenas são as mesmas para cada uma das equações do sistema. A seguir os pressupostos são detalhados para as especificações do modelo que será utilizado:

$$\text{cov}(\epsilon_{it}, \epsilon_{jt}) = E(\epsilon_{it}, \epsilon_{jt}) = \sigma_{ij} \quad i, j = 1, 2, 3, 4, 5; \quad (1)$$

$$E(\epsilon_{it}) = 0 \quad \text{para } i = 1, 2, 3, 4, 5; t = 1985, 1986, 1987, \dots, 2009; \quad (2)$$

$$\text{Var}(\epsilon_{it}) = E(\epsilon_{it})^2 = \sigma_{ii} = \sigma_i^2 \quad \text{para todo } t = 1985, 1986, \dots, 2009 \text{ e } i = 1, 2, 3, 4, 5; \quad (3)$$

$$\text{cov}(\epsilon_{it}, \epsilon_{js}) = \text{cov}(\epsilon_{it}, \epsilon_{js}) = 0 \quad \text{para todo } T \neq S \text{ e } i, j = 1, 2, 3, \dots, 7; \quad (4)$$

Portanto, o sistema de equações que se quer estimar é composto por cinco equações:

$$\begin{aligned} * \log(\text{Demanda em T.E.P. Lenha})_t &= \\ &= \alpha_i + \beta \log(\text{preço Lenha})_t + \gamma \log(\text{PIB})_t + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} * \log(\text{Demanda em T.E.P. Gasolina})_t &= \\ &= \alpha_i + \beta \log(\text{preço Gasolina})_t + \gamma \log(\text{PIB})_t + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 * \log (\text{Demanda em T.E.P. Óleo Diesel})_t &= \\
 &= \alpha_i + \beta \log (\text{preço Óleo Diesel})_t + \gamma \log (\text{PIB})_t + \varepsilon_{it} \quad (7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * \log (\text{Demanda em T.E.P. Eletricidade Industrial})_t &= \\
 &= \alpha_i + \beta \log (\text{preço Eletricidade Industrial})_t + \gamma \log (\text{PIB})_t + \varepsilon_{it} \quad (8)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * \log (\text{Demanda em T.E.P. Eletricidade Residencial})_t &= \\
 &= \alpha_i + \beta \log (\text{preço Eletricidade Residencial})_t + \phi \log (\text{População})_t + \varepsilon_{it} \quad (9)
 \end{aligned}$$

Na qual:

$t = 1985, 1986, 1987, 1988, (\dots), 2009;$

$\alpha =$ constante;

$\beta =$ coeficiente do preço da fonte energética;

$\gamma_i =$ coeficientes do PIB com relação à fonte i ;

$\phi =$ coeficiente da população;

$\varepsilon_{it} =$ termo de erro.

O símbolo “log” representa a transformação logarítmica presente nos dados. Desse modo, a partir dessa transformação, busca-se obter a elasticidade de cada uma das variáveis dependentes com relação às variáveis independentes.

Embora as séries possuam raiz unitária, como é muitas vezes característico em séries de tempo, foi possível estimá-las mesmo sob a presença de raiz unitária pois o teste de co-integração em painel de Pedroni (1997, 1999) validou a relação para esse conjunto de variáveis escolhidas, conforme resultados da tabela 1. Das sete estatísticas produzidas pelo teste, quatro comprovam a relação a 1% e cinco a 10%. Desse modo, assume-se que

Tabela 1 – Teste de co-integração em painel de Pedroni

Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)				
			Weighted	
	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.
Panel v-Statistic	-0.720062	0.7643	-2.091088	0.9817
Panel rho-Statistic	-0.273040	0.3924	-1.276558	0.1009
Panel PP-Statistic	-2.692448	0.0035	-4.614637	0.0000
Panel ADF-Statistic	-3.784395	0.0001	-4.774351	0.0000
Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)				
	Statistic	Prob.		
Group rho-Statistic	-0.005195	0.4979		
Group PP-Statistic	-4.245440	0.0000		
Group ADF-Statistic	-4.087150	0.0000		

Fonte: Resultados do Modelo

Tabela 2 – Resultados da matriz de correlação de resíduos

Equação	Lenha	Óleo Diesel	Gasolina	Eletricidade Industrial	Eletricidade Residencial
Lenha	1				
Óleo Diesel	0,3320	1			
Gasolina	0,4598	0,6863	1		
Eletricidade Industrial	0,4112	0,8296	0,7875	1	
Eletricidade Residencial	0,5776	0,1348	0,5028	0,1175	1

$R^2 = 0,0742$; $\lambda^2 = 35,0$; P-value = 0,000

Breusch-Pagan teste de independência dos resíduos; H_0 : Não correlação entre os resíduos

N = 25

$\lambda^2 = 1.765,32$; P-value = 0,000

FONTE: Resultados do modelo

A estimação dos parâmetros realizada, de fato, comprova-se melhor se construída através do SUR. A tabela 2, com os resultados da correlação entre os resíduos demonstra o argumento, sobretudo através da estatística lambda do teste de Breusch-Pagan. Neste a hipótese nula, de não correlação entre os resíduos foi rejeitada. Dessa forma, as equações propostas têm erros correlacionados. Chama atenção, adicionalmente, a forte correlação dos resíduos entre a eletricidade industrial e óleo diesel, mas também entre a eletricidade industrial e a gasolina. Outras fortes correlações são indicadas pelas equações do óleo diesel e da gasolina, além da eletricidade residencial e lenha. Essas correlações são justificadas em função do uso final para cada uma das demandas, indicando possíveis processos de complementariedade e substituição entre as fontes.

Tabela 3 – Resultados da estimação em SUR

Equação	obs	Param.	RMSE	R ²	Chi ²	P
Lenha	25	2	0,0314798	0,3961	29,18	0,000
Óleo Diesel	25	2	0,0360100	0,7538	102,75	0,000
Gasolina	25	2	0,0919664	0,5085	32,27	0,000
Eletricidade Industrial	25	2	0,0534339	0,7894	98,62	0,000
Eletricidade Residencial	25	2	0,0373167	0,9195	400,87	0,000

FONTE: Resultados do modelo

Na tabela 3, indicam-se o coeficiente de ajustamento e a significância de cada uma das equações em separado. Note que exceção feita à lenha, e talvez mesmo nesse caso, os graus de ajustamento foram expressivos.

Tabela 4 – Resultado para o sistema de equações simultâneas

Tabela 4.1 – Resultados para a Estimação da Demanda de Lenha

Variável	Coefficiente	P-value
α (Constante)	1,4079	0,124
β^* Preço da Lenha	-0,0605	0,127
γ * PIB	0,6163	0,000

Tabela 4.2 – Resultados para a Estimação da Demanda de Óleo Diesel

Variável	Coefficiente	P-value
α (Constante)	-10,1631	0,000
β^* Preço do óleo diesel	-0,2286	0,000
γ * PIB	2,1475	0,000

Tabela 4.3 – Resultados para a Estimação da Demanda de Gasolina

Variável	Coefficiente	P-value
α (Constante)	-11,3863	0,004
β^* Preço da gasolina	-0,0516	0,616
γ * PIB	2,2072	0,000

Tabela 4.4 – Resultados para a Estimação da Demanda de Eletricidade Industrial

Variável	Coefficiente	P-value
α (Constante)	-16,9985	0,000
β^* Preço da elet. industrial	-0,1146	0,046
γ * PIB	2,5170	0,000

Tabela 4.5 – Resultados para a Estimação da Demanda de Eletricidade Residencial

Variável	Coefficiente	P-value
α (Constante)	-22,3743	0,000
β^* Preço da elet. residencial	0,0169	0,769
ϕ * População	3,5718	0,000

Fonte: Dados da Pesquisa

Finalmente, os diferentes parâmetros obtidos para cada uma das equações podem ser constatados nas tabelas de 4.1 a 4.5. Curioso notar que para as variáveis preços, apenas o óleo diesel e a eletricidade industrial apresentam significância e determinam o comportamento esperado. Assim, um aumento de 10% no preço do óleo diesel, indica uma redução do consumo deste em 2,2%. Para a eletricidade industrial, um aumento do preço em 10% provoca uma redução de 1,1%. Essas inelasticidades comprovam o caráter de bem essencial para a energia. Novamente, alerta-se para o fato de que trabalhamos com preços nacionais e não regionais, o que seria ideal.

Para o nível de atividade, contudo, os resultados são distintos. Para o óleo diesel, para a gasolina e para a eletricidade industrial a demanda demonstra-se elástica à variação do PIB, numa intensidade superior a 2. De modo análogo, a eletricidade residencial demonstra-se elástica à variação da população, numa intensidade superior a 3. Esses resultados apontam para um efeito-renda expressivo na economia gaúcha para as fontes energéticas principais. O que também, possivelmente, sugere que esforços no sentido de se incrementar a eficiência energética sejam necessários. Quanto a eletricidade residencial, embora a população tenha perspectiva de se estabilizar no Rio Grande do Sul, adianta-se que a estabilização do consumo energético dependerá da melhoria dos conversores, também com finalidade de melhorar a eficiência energética. De qualquer forma, percebe-se o risco da ausência desses esforços.

Somente para a lenha o nível de atividade demonstra-se inelástico. Esse resultado é parte justificado, pela substituição desta por outras tecnologias que proporcionam maior conforto. Mas também há que se considerar o efeito da própria renda nesta opção de substituição.

4. Comentários Finais

O planejamento energético de uma economia sofisticada como a do Rio Grande do Sul requer antecipação e o recolhimento de informações sistemáticas sobre a evolução dos indicadores conjunturais e estruturais sócios econômicos.

O presente artigo buscou, através de uma metodologia de estimação em painel, inferir as elasticidades-preço e elasticidades-renda da demanda pelas fontes energéticas principais: lenha, óleo diesel, gasolina, eletricidade residencial e eletricidade industrial. O método SUR provou-se adequado, pois se demonstra que os erros das especificações estão correlacionados entre si, o que era esperado, já que as decisões pelo uso dessas fontes estão interligados na decisão de firmas e consumidores.

Os resultados obtidos apontam para uma elasticidade-renda expressiva, no período compreendido entre 1985 e 2009, para o óleo diesel, a gasolina e a eletricidade industrial. Também foi expressiva a elasticidade para a eletricidade residencial com relação à população. No caso da lenha, os resultados apontam para uma inelasticidade-renda.

Com relação as elasticidades-preço os resultados apontam para valores baixos e pouco significativos. Somente no caso do óleo diesel e eletricidade industrial, duas fontes tradicionalmente relacionadas a grandes consumidores obteve-se significância.

Trabalhos futuros, reconhecendo a interligação das demandas, podem avançar no sentido de se averiguar a elasticidade cruzada entre as fontes, bem como relações quadráticas presentes no comportamento da demanda. Ao mesmo tempo, a oferta de novas fontes como a eólica, a solar e o biodiesel podem ser incorporados à análise.

Referências

ALVES, Denisard C.; BUENO, Rodrigo L.S. Short-Run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. **Energy Economics**, v. 25, p. 191-199, 2003.

Andrade, T. & Lobão, W. (1997). **Elasticidade-renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. Texto para discussão n. 489, Rio de Janeiro, IPEA.

BAJAY, Sérgio Valdir, **Planejamento da expansão de sistemas energéticos: tipos de modelos, suas vantagens relativas e a atual competência para**

desenvolvê-los no Brasil. Relatório do Projeto BRA/01/039 - Apoio à Reestruturação do Setor Energético, Contrato 2003/000971, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Brasília, 2004.

CASTRO, João B.; MONTINI, Alessandra A. Previsão de Consumo Residencial de Energia Elétrica no Brasil: Aplicação do Modelo ARX. **Future Studies Research Journal**, São Paulo, v. 2, n. 2, pp. 03 - 16, Jul./dez. 2010.

CEEE – Companhia Energética. **Balanco Energético do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CEEE, Vários Anos.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum.** Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

FEE – Fundação de Economia e Estatística. **FEE Dados.** Disponível em: http://www.fee.rs.gov.br/feedados/consulta/listar_variaveis.asp.

GOLDEMBERG, José. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento.** São Paulo: Edusp, 1998.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis.** 3a ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

IRFFI, Guilherme; CASTELAR, Ivan; SIQUEIRA, Marcelo L.; LINHARES, Fabrício C. Previsão de demanda de energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime. **Economia Aplicada**, v.13, n. 1, p. 69-98, 2009

MATTOS, L.B.; REIS, B.S.; LIMA, J.E.; LÍRIO, V.S. Demanda Industrial de Energia Elétrica em Minas Gerais, 1970-2002. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.3, n.1, p. 97-120, 2003.

MME – Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional.** Brasília: MME, Vários Anos.

PEDRONI, Peter. Critical Values for Co-integration tests in heterogenous panels with multiple regressors. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, special edition, p. 653-670, 1999.

PEDRONI, Peter. Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. **Econometric Theory**, p. 597-625, 2004

SCHMIDHEINY, Stephan. **Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment.** Cambridge : The MIT Press, 1992

SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira; LIMA, Marcos A. M. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, jan./mar. 2004, vol.58, no.1, p.68-98

ZELLNER A. An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression Equations and Tests of Aggregation Bias. **Journal of the American Statistical Association**, v. 57, p. 500-509, 1962.

WILLIAMSON, John. **Economia Aberta e a Economia Mundial – Um Texto de Economia Mundial**. Rio de Janeiro : Ed. Campus, 1989.