



**Pró-Reitoria Acadêmica
Escola de Gestão e Negócios
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Economia**

**UMA ANÁLISE DA DINÂMICA DO SETOR ELÉTRICO
BRASILEIRO UTILIZANDO VAR EM PAINEL**

**Autor: Lucas Guimarães Lins Brandão
Orientador: Prof. Dr. José Angelo Divino**

**Brasília - DF
2017**

LUCAS GUIMARÃES LINS BRANDÃO

**UMA ANÁLISE DA DINÂMICA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO
UTILIZANDO VAR EM PAINEL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Economia de Empresas da Universidade Católica de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. José Angelo Divino

Brasília

2017

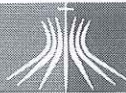
B821a Brandão, Lucas Guimarães Lins.

Uma análise da dinâmica do setor elétrico brasileiro utilizando VAR em
painel/ Lucas Guimarães Lins Brandão – 2017.
50 f. ; il.: 30cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília, 2017.
Orientação: Prof. Dr. José Angelo Divino

1. Setor elétrico brasileiro. 2. Mercado de energia elétrica. 3. VAR em
painel. I. Divino, José Angelo, oriente. II. Título

CDU 330.1:621.31



Dissertação de autoria de Lucas Guimarães Lins Brandão, intitulada “UMA ANÁLISE DINÂMICA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO UTILIZANDO VAR EM PAINEL”, requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia, defendida e aprovada, em 06 de Março de 2017, pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. José Angelo Costa do Amor Divino
Orientador
Universidade Católica de Brasília- UCB

Prof. Dr. Osvaldo Candido da Silva Filho
Examinador Interno
Universidade Católica de Brasília- UCB

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Torres
Examinador Externo
Universidade de Brasília - UnB

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, aos amigos e colegas de trabalho e à minha companhia de todas as horas, Vanessa, que sempre acreditaram em mim.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, Lucia e Arnaldo que sempre foram meu exemplo.

Aos meus amigos Rodrigo, Diogo, Juliano, Vanessa e André.

Aos meus colegas de curso Lilian, Marcelo, Vinicius, Fábio, Daniel, Ângelo e Fabiana.

Aos meus amigos da Eletronorte, Washington, Marcus, Gustavo, Marcello e Fernando que me deram todo o apoio para fazer o mestrado.

Ao meu professor orientador José Angelo Divino, por todo apoio, confiança, competência e seriedade durante a orientação e todo o curso.

RESUMO

Referência: BRANDÃO, Lucas Guimarães Lins. **UMA ANÁLISE DA DINÂMICA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO UTILIZANDO VAR EM PAINEL**. 51 folhas. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Católica de Brasília, Brasília-DF, 2017.

Esta dissertação tem o objetivo de avaliar a inter-relação entre variáveis selecionadas do setor elétrico brasileiro e da economia. Utilizando dados mensais em painel dos submercados (Sudeste/Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte) e da economia brasileira, de forma qualificar essas relações por meio da metodologia de variável autorregressiva em painel (PVAR) e de impulso resposta. Este método possui a qualidade de avaliar a resposta das diversas variáveis a distúrbios, sem dar foco à uma modelagem matemática. Identifica-se que o mercado de energia elétrica brasileiro possui uma rigidez da tarifa de energia elétrica das distribuidoras, que pode ser explicada pela intervenção regulatória do Estado. E que existe uma relação entre consumo e tarifa média de energia elétrica, no entanto, esta não está diretamente relacionada ao preço do mercado de curto prazo.

Palavras-chave: Setor elétrico brasileiro. Mercado de energia elétrica. VAR em painel. Impulso Resposta.

ABSTRACT

This study estimates the interrelation between selected variables of the Brazilian electric sector and the Brazilian economy. Using monthly data from the submarkets (Southeast / Center-West, South, Northeast and North) and the Brazilian economy, these qualify these relationships through the panel vector autoregression (PVAR) methodology and impulse response. This method has the quality to evaluate the response of the several variables to the disturbances, without giving focus to a mathematical modeling. It is identified that the Brazilian energy market has a rigidity of the distributors' energy tariff, which can be explained by the state's regulatory intervention. Futhermore there is a relationship between consumption and energy tariff, however, this is not directly related to the short-term market price.

Keywords: Brazillian electrical sector. Eletric energy market. Panel VAR. Impulse response.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Consumos residenciais e industriais de energia elétrica por submercado (em MW médios)	24
Figura 2 – Índice de produção industrial nos submercados (2012 = 100) com ajuste sazonal	25
Figura 3 – Preços do PLD, tarifa média e do óleo diesel (valores reais), em R\$	26
Figura 4 – Geração hidrelétrica e termelétrica	27
Figura 5 – ENA dos 4 submercados, em MW médios	28
Figura 6 – Autovalores dos polinômios autorregressivos característicos dos modelos estudados	34
Figura 7 – FIR para um choque na ENA no modelo base do setor elétrico	35
Figura 8 – FIR para um choque na produção industrial do modelo base do setor elétrico	36
Figura 9 – FIR para um choque no PLD do modelo base do setor elétrico.....	37
Figura 10 – FIR para um choque na tarifa média do modelo base do setor elétrico	38
Figura 11 – FIR para um choque na produção industrial no modelo com consumo residencial	39
Figura 12 – FIR para um choque na tarifa média do modelo com consumo residencial	39
Figura 13 – FIR para um choque na produção industrial no modelo do setor com consumo industrial	40
Figura 14 – FIR para um choque no PLD no modelo do setor com consumo industrial	41
Figura 15 – FIR para um choque na ENA do modelo do setor com geração hidráulica.....	42
Figura 16 – FIR para um choque na política fiscal no modelo do setor com política fiscal	43
Figura 17 – FIR para um choque na política monetária no modelo do setor com política monetária	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas	29
Tabela 2 – Teste de estacionariedade para as séries temporais	31
Tabela 3 – Teste de Perron para quebras estruturais	31
Tabela 4 – Testes de estacionariedade para os dados em painel	32
Tabela 5 – Descrição das variáveis para cada modelo	33
Tabela 6 – Ordenamento das variáveis para cada modelo.....	33

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1.	PREÇO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	12
1.2.	O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	13
1.3.	A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E A CRISE DO SETOR NO BRASIL .	14
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1.	A DEMANDA POR ELETRICIDADE:.....	16
2.2.	ANÁLISE DE ENERGIA ELÉTRICA EM DADOS EM PAINEL.....	17
3.	METODOLOGIA	19
3.1.	MODELAGEM EMPÍRICA.....	19
3.2.	ABORDAGEM ECONOMÉTRICA	21
4.	RESULTADOS	24
4.1.	DESCRIÇÃO DOS DADOS.....	24
4.2.	ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	28
4.3.	TESTES DE RAIZ UNITÁRIA.....	30
4.4.	MODELOS ESTIMADOS.....	32
4.4.1.	Especificação e estabilidade dos modelos.....	32
4.4.2.	Modelo base do setor elétrico.....	35
4.4.3.	Modelo do setor elétrico com consumo residencial	38
4.4.4.	Modelo do setor elétrico com consumo industrial	40
4.4.5.	Modelo do setor elétrico com geração hidrelétrica	41
4.4.6.	Efeito da política fiscal sobre o modelo do setor elétrico	42
4.4.7.	Efeito da política monetária no modelo do setor elétrico.....	44
5.	CONCLUSÕES.....	46
6.	REFERÊNCIAS	48

LISTA DE SIGLAS

ACL: Ambiente de Contratação Livre.

ACR: Ambiente de Contratação Regulada.

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica.

CCEE: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

EA: Energia Armazenada.

ENA: Energia Natural Afluente.

MME: Ministério de Minas e Energia.

MQ2E: Mínimos quadrados em dois estágios.

MQ3E: Mínimos quadrados em três estágios.

N: Submercado Norte.

NE: Submercado Nordeste.

ONS: Operador Nacional do Sistema Elétrico.

PLD: Preço de Liquidação das Diferenças.

S: Submercado Sul.

SE/CO: Submercado Sudeste / Centro-Oeste.

SEB: Sistema Elétrico Brasileiro.

SIN: Sistema Interligado Nacional.

VAR: Vetores Autorregressivos.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da economia tem como base a utilização de modelos para refletir os eventos sociais. Em modelos mais comuns, depreende-se que existe uma relação direta entre demanda e oferta de bens. No que tange ao setor de energia elétrica, o consumo pode ser identificado como a demanda e a geração de energia elétrica como a oferta. Embora a energia elétrica seja um bem essencial e sem substituto direto no Brasil, ainda assim, sofre variações de consumo quando seu preço aumenta ou em períodos de retração da atividade econômica.

O que se observa no setor de energia elétrica no Brasil é a forte presença do Estado, que faz um controle sobre o mercado. No caso da tarifa de energia elétrica, seu preço é regulado pela ANEEL e reflete, além da carga tributária, o montante de investimentos realizado pela distribuidora. No entanto, o preço do consumidor final deveria refletir, de forma direta, o custo de produção, como pode-se observar em outros mercados de energia, como o Norte Americano.

Dessa forma, o objetivo desse estudo é avaliar os impactos de distintos choques exógenos, oriundos no próprio setor elétrico e em variáveis macroeconômicas, sobre a dinâmica do setor elétrico brasileiro. Isso será feito por meio da estimação de um VAR usando dados em painel para o setor elétrico e da análise de Funções Impulso Resposta de variáveis selecionadas a distintos choques exógenos. Serão avaliados também os efeitos de choques de política monetária e fiscal sobre a dinâmica do setor elétrico brasileiro.

Conhecer essa relação é importante para o estabelecimento de políticas públicas e levam a uma maior segurança do sistema, uma vez que, os agentes poderão entender o funcionamento do setor elétrico brasileiro. Se as variáveis do setor responderem de acordo com o esperado intuitivamente, significa que o mercado, mesmo regulado, possui uma flexibilidade e um comportamento adaptativo às mudanças estruturais. Se a resposta for inversa, implicará que existe uma regulação excessiva e o mercado não terá um equilíbrio econômico e apresentará risco aos agentes que participam dele.

1.1. PREÇO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Para entender a formação do preço de energia elétrica no mercado brasileiro, é necessário, primeiro, descrever as formas de contratação de energia. O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é formado pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelos Sistema Isolados. O SIN é subdividido em quatro submercados: Norte (N), Sul (S), Nordeste (NE) e Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO).

Como regulamentado pela Lei nº 10.848/2004, a comercialização de energia elétrica acontece em dois ambientes: Ambiente de Contratação Regulada – ACR e Ambiente de Contratação Livre – ACL. No ACR os preços são estabelecidos nos leilões públicos de compra e de venda de energia elétrica, os leilões são promovidos pela Câmara de Comercialização de Energia – CCEE, sob delegação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Participam desses leilões as usinas geradoras (existentes ou em construção), como vendedoras, e as distribuidoras, como compradoras CCEE (2016a).

O ACL possui uma variedade maior de agentes participantes, pois neste ambiente podem participar: consumidores livres e especiais, importadores e exportadores de energia elétrica, geradores e comercializadores. No ACL, os agentes firmam um contrato bilateral no qual os termos – preços, prazos e garantias – são negociados individualmente e são confidenciais CCEE (2016a).

O quantitativo de energia elétrica excedente¹ que foi gerado ou consumido e não tiver contrato será liquidado ao Preço de Liquidação das Diferenças – PLD. Segundo Castro *et al* (2014), o PLD é o custo de oportunidade da energia elétrica no curto prazo. Cabe ressaltar, também, que o PLD é diferenciado por submercado e pelo horário de carga (leve, média, pesada).

Dessa forma, o preço da energia elétrica seria uma média dos preços do mercado regulado (leilões), do mercado livre (acordos bilaterais) e do PLD. No entanto, as informações do mercado livre não estão disponíveis, o que inviabiliza o cálculo do preço para todo o sistema.

1.2. O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

É possível dividir os consumidores de energia de acordo com o tipo de contrato de compra de energia. Os grandes consumidores, industriais e distribuidoras, comprarão sua energia no mercado regulado, nos leilões de energia (ACR). Os consumidores livres e especiais, grandes consumidores e industriais, podem também fazer contratos bilaterais diretamente com geradores (ACL).

¹ Excluída a energia elétrica destinada ao Mecanismo de Realocação de Energia (MRE).

Portanto, o preço da energia elétrica no Brasil pode ser observado sob três aspectos: (i) o preço da energia elétrica paga pelo consumidor residencial (tarifa cobrada pela distribuidora, de energia comprada no mercado regulado); (ii) o preço da energia elétrica negociada pelos grandes consumidores em contratos bilaterais (energia do ACL) e nos leilões (ACR); e (iii) o preço de PLD, da parcela de energia elétrica descontratada.

Os consumidores residenciais utilizam a energia elétrica fornecida pelas distribuidoras e pagarão a tarifa de acordo com a distribuidora que estão conectados. Cada distribuidora possui uma tarifa diferente, que varia de acordo com o definido pela ANEEL. Dessa forma, como monopólio natural, não é possível ao consumidor residencial escolher qual fornecedor prefere.

De acordo com dados da ANEEL (2016), o consumo residencial cresce continuamente no Brasil. No entanto, o consumo industrial sofreu duas quedas, em 2008 e em 2014. Infere-se que essas quedas estão relacionadas com o período de recessão econômica.

Em janeiro de 2013, foi feita uma redução na conta de energia elétrica, foi motivada pela renovação das concessões. Em seguida, houve aumento do preço da tarifa de energia elétrica, que foi repassado aos consumidores pelas bandeiras tarifárias².

1.3. A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E A CRISE DO SETOR NO BRASIL

O Brasil é um país com predominância de geração hidrelétrica. Atualmente, segundo o Ministério de Minas e Energia – MME (2016), 64,6% da geração provém desta fonte. Isso significa que o setor de energia elétrica é muito dependente do regime de chuvas e, portanto, dos reservatórios das hidrelétricas. O aumento da geração térmica, a partir da crise energética de 2001, e de fontes alternativas, como a eólica, tornaram a matriz energética brasileira mais diversificada. No entanto, ainda muito dependente das fontes hidrelétricas.

Em 2014, o setor elétrico brasileiro passou novamente por um período de crise energética. Desde 2001, o setor não era ameaçado pelo racionamento. Segundo Goldenberg e Prado (2003), a falta de investimento no setor e a queda do nível dos reservatórios causaram a crise em 2001. O cenário de baixa estiagem se repetiu em 2013, o que resultou em uma queda significativa dos reservatórios das hidrelétricas e novamente no risco de racionamento. Dessa vez, a capacidade

² Para mais detalhes sobre as bandeiras tarifárias, ver: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/>.

instalada de usinas termelétricas foi capaz de suportar o consumo, no entanto, houve aumento do preço de energia, que foi repassado aos consumidores pela Tarifa de Energia Elétrica.

Segundo o TCU (2015), a crise de 2014 teve início no 2º semestre de 2013, mesmo com o despacho pleno das usinas geradoras termelétricas, a baixa estiagem levou a um deplecionamento dos reservatórios dos submercados SE/CO e NE. Os níveis chegaram a valores muito baixos e demorarão mais que um período úmido para recuperar os níveis do passado.

A avaliação das variáveis descritas leva a crer que existe uma relação direta da escassez de chuvas com o aumento atual da tarifa média de energia elétrica e do PLD. Verifica-se também, que existe um crescimento contínuo do consumo residencial e a redução do consumo industrial, em períodos de recessão econômica. Dessa forma, esse trabalho busca estender a discussão sobre a inter-relação entre as variáveis do setor elétrico brasileiro e também a influência de políticas exógenas, fiscal e monetária, ao setor elétrico.

O presente estudo contribui com a análise da dinâmica do setor elétrico brasileiro. Entende-se que o setor possui uma forte influência do Estado, em sua regulação, no entanto, possui agentes privados que possuem interesse em mercados competitivos. Os resultados apontam uma resposta dos consumidores a variações do preço, no entanto, os preços médios das distribuidoras não estão correlacionados aos preços de curto prazo. Dessa forma, os preços não orientam o consumidor sobre os riscos do mercado de energia elétrica e não existe uma política pública clara com relação à energia elétrica no Brasil.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O setor de energia elétrica brasileiro vem passando por muitas mudanças, desde meados da década de noventa. No aspecto regulatório, o sistema passou pela desestatização, criação dos órgãos reguladores e investimento de empresas estrangeiras.

A mudança também é vista sob o ponto de vista tecnológico. Para exemplificar, a introdução de linhas de corrente contínua, usinas eólicas e solares e a inserção de equipamentos que melhoram a qualidade da energia. No entanto algumas características não mudaram, por exemplo, ainda não é possível estocar energia em larga escala e os consumidores residenciais precisam adquiri-la por meio de uma distribuidora.

2.1. A DEMANDA POR ELETRICIDADE:

Os primeiros trabalhos, no Brasil, a avaliar a demanda e o preço de energia elétrica foram os estudos de Modiano (1984) e a atualização e extensão de Andrade e Lobão (1997), que avaliaram a evolução do consumo de energia elétrica e estimaram as elasticidades renda e preço. Ambos os autores encontraram elasticidades-preço, em módulo, inferiores à elasticidade-renda, o que mostraria que o consumidor responde mais a uma redução da sua renda ao aumento de preço da energia elétrica.

Garcez e Ghirardi (2003) identificaram que a energia elétrica é um bem essencial aos consumidores, uma vez que estimaram elasticidades próximas de zero. Eles utilizam como preço de energia elétrica a tarifa média das distribuidoras.

Dentre os trabalhos atuais sobre o mesmo tema, pode-se destacar Irfi et al (2009) e Viana e Silva (2014) O primeiro realizou a estimação do consumo de energia elétrica na região Nordeste pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários Dinâmicos – DOLS e com Modelo de Mudança de Regime. Os resultados também mostraram uma elasticidade-preço baixa. O Segundo utilizou o Modelo de Correção de Erros Vetoriais – VECM e com o resultado fez uma projeção futura para o consumo de energia.

Importante destacar que as *proxies* utilizadas pelos autores brasileiros são o Produto Interno Bruto a preços correntes (PIBpc) para a Renda (Y) e no caso dos trabalhos regionais, utilizam o PIB regional. Usam como o preço da energia elétrica, a tarifa média da distribuição e como o índice de preços de mercado, o índice de preços de eletrodomésticos (índice de preços por atacado oferta global – IPA-OG).

Os trabalhos citados, em sua maioria, avaliaram individualmente o consumo de energia – industrial, comercial e residencial –, o valor da tarifa média de energia e o preço – índice de

preço de eletrodomésticos. Com exceção do trabalho de Resende Júnior (2011), que avaliou a relação de equilíbrio entre oferta e demanda de energia utilizando a divisão em submercados. Este encontrou a existência de equilíbrio para cada submercado e para o mercado brasileiro, utilizando os métodos: Mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E), Mínimos quadrados em três estágios (MQ3E) e Vetores Autorregressivos (VAR).

Os estudos acima verificaram que a demanda por energia elétrica responde à variação de preço da tarifa e de renda. Como um bem essencial, a elasticidade preço foi baixa na maioria dos trabalhos. Foi importante a verificação dos autores que como o consumidor tem uma previsibilidade mensal dos valores da tarifa de energia elétrica, seria necessário utilizar a tarifa média.

Como no trabalho de Resende Júnior (2011), pretende-se além de avaliar a resposta dos consumidores residenciais e industriais, verificar também as relações com a geração de energia elétrica, entendendo que esta é uma função da Energia Natural Afluente e dos preços da energia elétrica.

2.2. ANÁLISE DE ENERGIA ELÉTRICA EM DADOS EM PAINEL

A energia elétrica é um *commodity* essencial à um país em desenvolvimento, como o Brasil. Setores como metalurgia, mineração, celulose, por exemplo, são eletrointensivos, demandam muita energia elétrica e estão como os principais consumidores livres, especiais, CCEE (2016b). Como insumo essencial ao desenvolvimento, a energia elétrica possui uma relação direta com a produção industrial e, por conseguinte, com o Produto Interno Bruto (PIB).

É possível inferir que existe uma casualidade entre o consumo de energia³ e o crescimento econômico. Diversos trabalhos foram publicados nessa linha, usando como insumo dados de diversos países. Chang e Lee (2007) avaliaram a relação entre consumo de energia (per capita) e o PIB (per capita) de 22 países desenvolvidos e 18 em desenvolvimento em dados em painel. Em países desenvolvidos, encontraram uma relação bidirecional entre o consumo de energia e o PIB, as variáveis para esses países são endógenas, um crescimento da renda tem um crescimento do consumo de energia e o mesmo acontece se houver aumento do consumo,

³ Quando for usado o termo energia, este se refere a todas as fontes de energia, como petróleo, gás, energia elétrica etc.

haverá um aumento do PIB. Para os países em desenvolvimento, encontraram uma relação unidirecional, que significa que o consumo de energia é fundamentalmente induzido pelo PIB. Dessa forma, caso haja uma política de pequena redução do consumo de energia não haverá um impacto tão prejudicial ao PIB.

Mehrara (2006) analisou a relação entre consumo de energia per capita e PIB per capita em 11 países exportadores de petróleo, usando VAR em painel. Nesses países, existe uma casualidade entre o crescimento do PIB per capita e o crescimento do consumo de energia, no entanto, o inverso não ocorre, ou seja, é o crescimento econômico que leva a uma mudança no consumo de energia.

Ciarreta e Zarraga (2010) usaram dados em painel de 12 países da União Europeia. Avaliaram a relação entre consumo, produção de energia elétrica e crescimento econômico. Para esses países foi possível observar uma relação negativa do consumo de energia elétrica para o PIB. Isso se deve ao fato de mesmo em crescimento econômico, existe uma preocupação com o uso mais eficiente de energia elétrica, com mais investimentos em novas tecnologias de geração e de transmissão, o que reduz as perdas e está a favor do desenvolvimento econômico.

Os trabalhos citados utilizaram dados em painel para avaliar o desempenho da economia comparado com o setor de energia. Ademais, os trabalhos foram importantes para demonstrar a forte casualidade entre o mercado de energia elétrica e o crescimento econômico, o que justificaria a inclusão de *proxies*, como o PIB e a produção industrial para avaliar sua relação com o setor elétrico brasileiro.

Pretende-se investigar neste estudo, por meio de dados em painel dos submercados do setor elétrico brasileiro, o desempenho do consumo de energia, tanto industrial como residencial, da atividade econômica e das variáveis do setor, como preço do PLD, tarifa média de distribuição e a ENA.

O diferencial deste trabalho em relação aos demais, está em estimar um VAR em Painel para computar funções impulso respostas para o mercado de energia elétrica brasileiro. O uso de dados em painel traz uma vantagem em relação à quantidade de dados, uma vez que, tem-se uma maior quantidade de observações, assim como é possível avaliar a dinâmica interna de outras variáveis do setor, e não apenas o consumo, preço e crescimento econômico.

3. METODOLOGIA

3.1. MODELAGEM EMPÍRICA

Em um sistema de energia elétrica, o somatório de toda energia elétrica produzida, quantidade ofertada, deve ser igual ao somatório de todo consumo e das perdas, quantidade demandada. De forma que:

$$Q_t^S = Q_t^D \quad (1)$$

Em que Q_t^S é a oferta de energia elétrica no período t e Q_t^D é a demanda de energia elétrica no período t.

O mercado de energia elétrico brasileiro é dependente de fontes hidrelétricas. Como visto na Seção 1, esta fonte representa, aproximadamente, 65% de toda a oferta de energia elétrica. O combustível da usina hidrelétrica é a água armazenada em reservatório. Dessa forma, a quantidade gerada por usinas hidrelétricas é fortemente influenciada pelo ciclo de chuvas e pelo nível do reservatório. Por outro lado, viu-se também a forte expansão das usinas termelétricas, que utilizam, em sua maioria, como insumo o óleo diesel e o gás natural. De forma geral:

$$Q_t^S = GH_t + GT_t + GO_t \quad (2)$$

Em que GH_t é a Geração hidráulica no período t, GT_t é a geração termelétrica no período t e GO_t é a geração por outras fontes (nuclear, eólica, solar etc.) no período t.

A oferta de energia pode então ser representada por uma função da ENA, do preço de óleo combustível⁴, pelo preço de oferta da energia elétrica⁵:

$$Q_t^S = f(ENA_t, Diesel_t, PLD_t, Tarifa_t) \quad (3)$$

Em que ENA_t é a Energia Natural Afluente no período t, EA_t é a Energia Armazenada no período t, $Diesel_t$ é o preço do óleo diesel no período t, PLD_t é o Preço da Liquidação das

⁴ Com a finalidade de simplificar o estudo, considerou-se apenas o preço do óleo combustível para as termelétricas.

⁵ O preço da energia elétrica depende do ambiente de contratação: (i) preço do mercado regulado (neste trabalho foi definido como o preço da tarifa média da distribuidora); (ii) preço do mercado livre (não disponível pela natureza do contrato bilateral); (iii) preço do mercado de curto prazo (PLD).

Diferenças no período t e $Tarifa_t$ é a tarifa média de energia elétrica das distribuidoras no período t .

Pelo lado da demanda, o consumo de energia elétrica, também chamado de carga, pode ser subdividido de acordo com o setor da economia:

$$Q_t^D = C.Industrial_t + C.Residencial_t + C.Comercial_t + C.Outros_t + Perdas_t \quad (4)$$

Em que: $C.Industrial_t$ é o consumo industrial no período t , $C.Residencial_t$ é o consumo residencial no período t , $C.Comercial_t$ é o consumo comercial no período t , $C.Outros_t$ é o consumo de outros no período t e $Perdas_t$ são as perdas do sistema elétrico no período t .

Para facilitar a modelagem, supõe-se que não haja importação e exportação de energia do SIN para outros países.

Portanto, para entendimento da oferta e da demanda por energia elétrica no mercado brasileiro, é necessário utilizar as variáveis mais relevantes do setor, são elas: ENA, PLD, tarifa média de energia elétrica, carga e geração.

Adicionalmente, é preciso avaliar a atividade econômica e sua influência na função de consumo de energia. Dessa forma, podemos incluir o PIB e a produção industrial regional para avaliar a atividade econômica. Como inovação aos trabalhos citados, pode-se avaliar também o impacto da política fiscal e monetária no setor de energia elétrica. Dessa forma:

$$Q_t^D = f(Consumo_t, Prod.Industrial_t, PF_t, PM_t, PLD_t, Tarifa_t) \quad (5)$$

Em que: $Consumo_t$ é a soma de todo o consumo do sistema elétrico no período t , $Prod.Industrial_t$ é o índice produção industrial no período t , PF_t é a *proxy* de política fiscal no período t e PM_t é a *proxy* de política monetária no período t .

A política fiscal (arrecadação) possui uma relação direta e uma relação indireta com o consumo de energia elétrica. Como a tarifa de energia elétrica possui uma série de tributos inclusos (ICMS, PIS/COFINS etc.), que correspondem a aproximadamente 30% do valor desta tarifa, uma política fiscal de aumento de tributos eleva diretamente a tarifa de energia elétrica, o que leva a redução do consumo de energia elétrica. Por outro lado, de forma indireta, o aumento de tributos reduz imediatamente o poder aquisitivo dos consumidores, que, por sua vez, terão que reduzir seu consumo de energia elétrica e de outros bens.

A política monetária tem uma relação indireta com o consumo de energia elétrica, uma vez que esta política leva a uma variação da taxa de juros básica da economia e, por conseguinte,

do nível de consumo dos agentes da economia. Dessa forma, um aumento da taxa de juros leva a uma redução na demanda agregada e um aumento da poupança dos agentes, gerando uma redução tanto da atividade econômica como do consumo de bens, como de energia elétrica.

Portanto, com base na revisão da literatura, foram escolhidas as seguintes variáveis para avaliar a dinâmica do setor de energia elétrica do Brasil: ENA, PLD, tarifa média de energia elétrica, consumo industrial, consumo residencial, geração (hidrelétrica e termelétrica), índice de produção industrial, além das *proxies* de política fiscal e monetária. Para a política monetária, foi escolhida a taxa Selic, pois é o instrumento mais utilizado pelo Banco Central do Brasil, no regime de metas para a inflação. Para a política fiscal, avaliou-se a relação Receita/PIB.

3.2. ABORDAGEM ECONOMETRICA

O presente trabalho tem como objetivo de avaliar os impactos de distintos choques exógenos, oriundos no setor elétrico e em variáveis macroeconômicas. Para tanto, a modelagem econométrica escolhida foi o VAR em painel (PVAR ou Panel VAR). É um método que combina Vetores Autorregressivos (VAR) com dados em painel, que permite heterogeneidade individual não-observável [Love e Zicchino (2006)].

Segundo Canova e Ciccarelli (2013), o método é capaz de: (a) capturar interdependências estáticas e dinâmicas; (b) tratar as relações entre unidades de forma irrestrita; (c) incorporar variações do tempo nos coeficientes e na variação dos choques; e (d) lidar com heterogeneidades dinâmicas em dados de corte transversal. Dessa forma, utiliza-se dados em painel para evitar os problemas padrão dos métodos econométricos convencionais de séries de curto prazo. Por meio de estimações por GMM, pode-se obter as relações dinâmicas entre as séries.

Conforme a descrição de Love e Zicchino (2006), o modelo PVAR pode ser representado por:

$$z_{i,t} = \Gamma_0 + \Gamma_1 z_{i,t-1} + \dots + \Gamma_j z_{i,t-j} + f_i + e_{i,t} \quad (6)$$

em que:

$$z_{i,t} = \{y_{i,t} \quad x_{i,t}\};$$

$$z_{i,t-1} = \{y_{i,t-1} \quad x_{i,t-1}\};$$

$$y = \{\text{variáveis de séries temporais}\};$$

$$x = \{\text{variáveis de dados em painel}\};$$

As variáveis do presente trabalho foram definidas na matriz $z_{i,t}$ e $z_{i,t-1}$ e serão descritas mais à frente. Com relação às demais componentes da Equação (6), f_i é o efeito fixo não observado e $e_{i,t}$ é o termo de erro aleatório.

O tratamento teórico de estimação em PVAR foi dado por Holtz-Eakin *et al.* (1988) e por Love e Zicchino (2006). De forma geral, é proposto um procedimento que usa variáveis instrumentais para eliminar a correlação do efeito fixo com as variáveis dependentes defasadas.⁶

O objetivo da modelagem é obter as funções de impulso-resposta (FIR), que descrevem a reação de uma única variável a inovações a outra variável do sistema, sem interferir nas demais. Para se isolar os choques, é necessário decompor os resíduos de tal forma que se tornem ortogonais, uma vez que a matriz de variância e covariâncias dos erros não será uma matriz diagonal. Portanto, é convencional adotar uma ordenação particular que aloca qualquer correlação entre os resíduos de quaisquer dois elementos para a variável que vem primeiro na ordenação. Esta ordenação supõe que as variáveis que vêm antes na ordenação afetam as seguintes contemporaneamente, bem como com uma defasagem, enquanto as variáveis que vêm depois afetam as variáveis anteriores apenas com uma defasagem. De outra forma, as variáveis que aparecem antes são mais exógenas, enquanto as que aparecem depois são mais exógenas, [Love e Zicchino (2006)].

Para avaliar os choques nas diversas variáveis do modelo, usando o PVAR, o modelo estrutural segue a descrição de Raddatz (2006):

$$A_0 z_{i,t} = \alpha_i + \sum_{j=1}^q A_j z_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

Da mesma forma, $z_{i,t}$ representa o vetor de variáveis exógenas, $y_{i,t}$, e também o vetor de variáveis “endógenas”, $x_{i,t}$. A composição deste último vetor, neste estudo, sofre variações, uma vez que foram avaliados modelos com diferentes variáveis.

As estimativas foram realizadas com o uso do software STATA® (versão 12.1). Os códigos estão disponíveis no site do Departamento de Economia da *University of Hawaii at*

⁶ Vinhado (2016) aplicou o PVAR ao setor financeiro brasileiro.

*Manoa*⁷. Um maior detalhamento da estimação do VAR em painel pode ser obtido em Abrigo e Love (2016).

Um importante resultado obtido com essa modelagem são as funções impulso-respostas (FIR), nas quais são possíveis aplicar choques estruturais em uma variável e obter as respostas nas demais variáveis de interesse. O modelo será aplicado a dados em painel porque utiliza os dados dos submercados variantes no tempo para as diversas variáveis do setor elétrico brasileiro.

Ao avaliar as FIRs, é necessário estimar um intervalo de confiança. Estes são estimados através de simulações de Monte Carlo. Utilizou-se um intervalo de confiança de 95% e um modelo com 200 simulações.

A escolha do PVAR em detrimento do VAR se deu pela necessidade de avaliação das FIRs de todo setor, e não dos submercados individualmente. A metodologia traz, também, um ganho de robustez, uma vez que se incorpora um maior número de observações.

⁷ Disponível em <https://sites.google.com/a/hawaii.edu/inessalove/home/pvar>

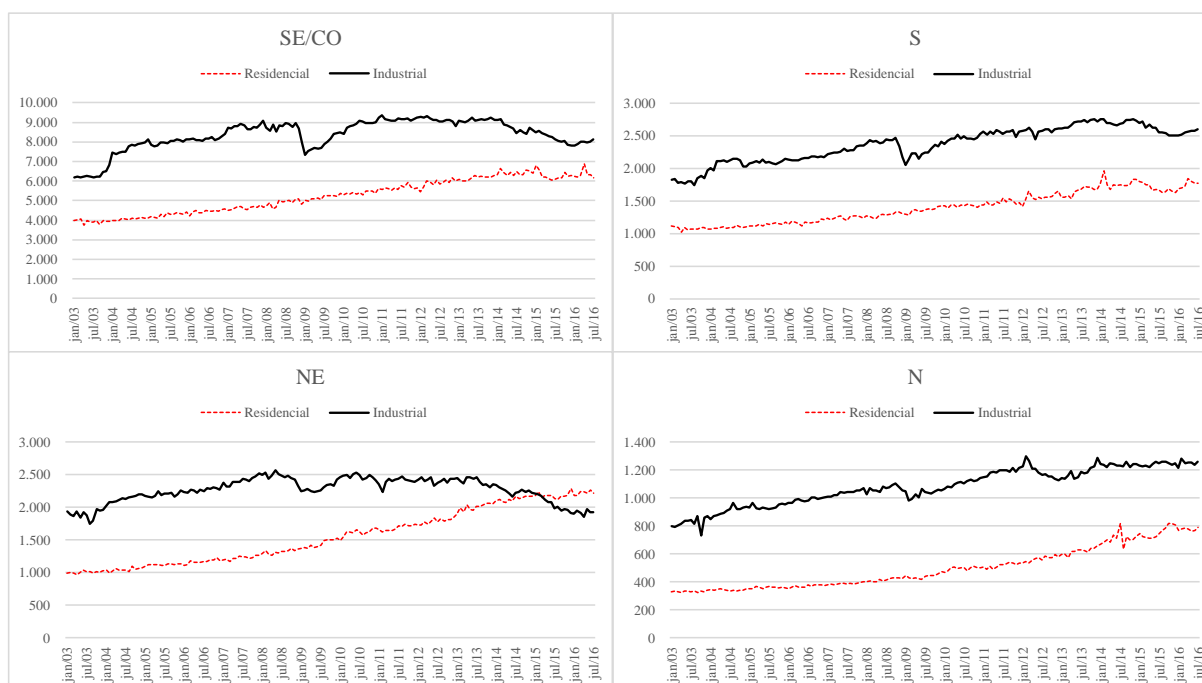
4. RESULTADOS

4.1. DESCRIÇÃO DOS DADOS

As séries utilizadas para este estudo são dados da economia brasileira – indicadores da política monetária e fiscal – e do setor de energia elétrica brasileiro são dados mensais de janeiro de 2003 a julho de 2016. Podemos subdividi-los em dois tipos de dados, as séries temporais e os dados em painel.

Para a série de consumo, foram selecionadas as séries de consumo residencial e industrial, dessazonalizadas. A Figura 1 apresenta estes consumos para cada submercado.

Figura 1 – Consumos residenciais e industriais de energia elétrica por submercado (em MW médios)



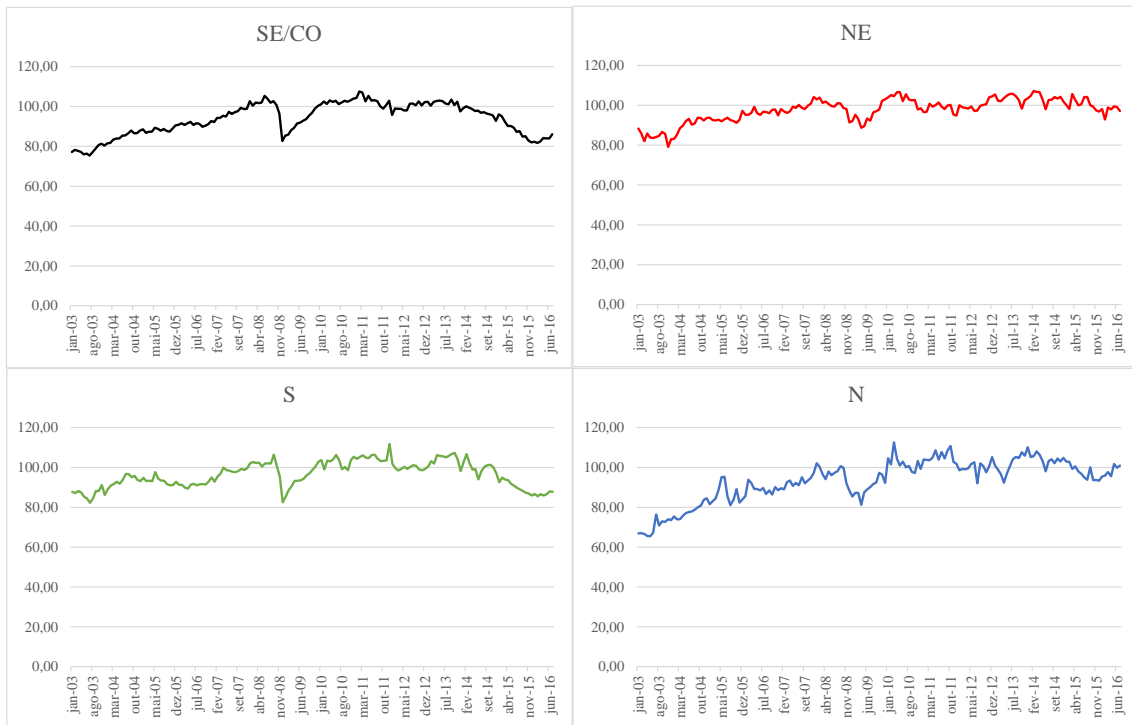
Fonte: ANEEL (2016) – elaborado pelo autor.

É possível observar que existem períodos em que houve redução do consumo industrial, em 2014 e 2008. Isso foi causado pela queda da atividade econômica, pois, em 2008, o Brasil sofreu os efeitos da crise financeira mundial e, a partir de 2014, iniciou-se a recente crise econômica no Brasil.

Como o consumo residencial teve um crescimento constante ao longo dos anos, na região Nordeste, o consumo industrial foi ultrapassado. Isso revela que esta região foi mais afetada pela crise econômica e, por conseguinte, o setor de energia elétrica.

A fim de avaliar a atividade econômica, a Figura 2 reporta a atividade industrial, índice de atividade industrial regional (2012 = 100) com ajuste sazonal.

Figura 2 – Índice de produção industrial nos submercados (2012 = 100) com ajuste sazonal

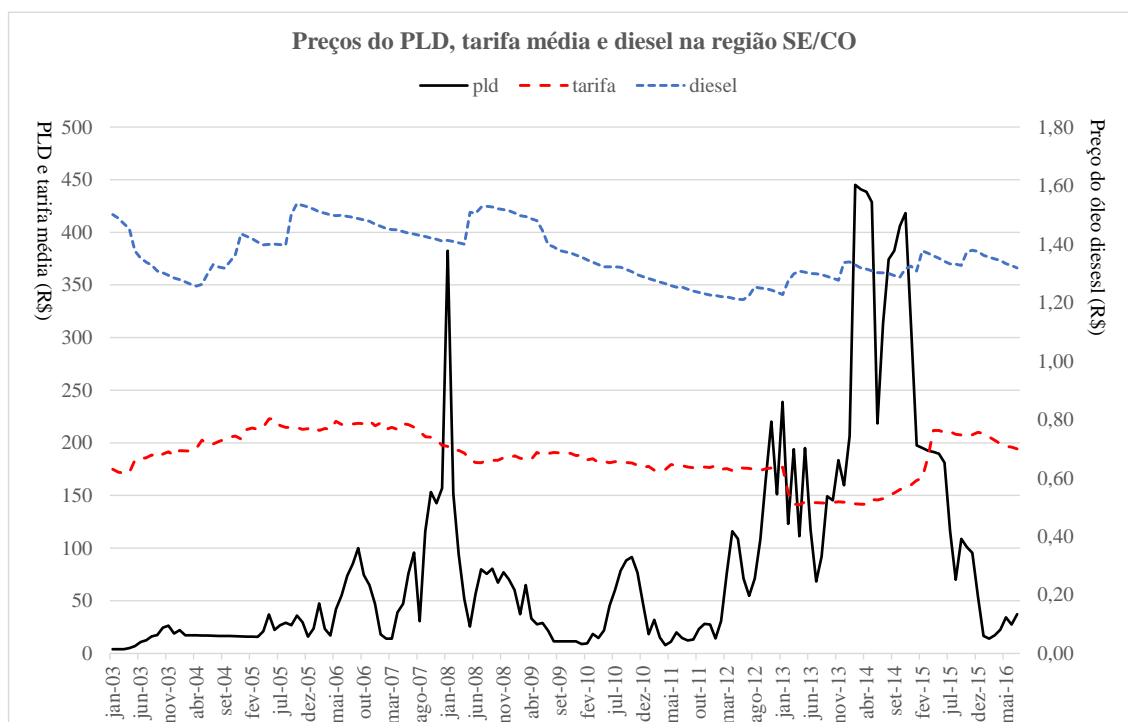


Fonte: Banco Central do Brasil (2016) – elaborado pelo autor.

Todos os submercados tiveram uma redução da atividade econômica em 2008 e a partir de 2014, assim como foi observado no consumo de energia industrial. A queda acentuada após meados de 2008 foi causada pela crise financeira do “*subprime*” e, a partir de 2014, pela crise econômica. Dessa forma, conclui-se que existe uma relação entre as variáveis consumo e produção industrial.

Por outro lado, o consumo residencial apresentou um crescimento contínuo. Isso poderia ser justificado pelo baixo custo da energia elétrica no Brasil. No entanto, a tarifa média das distribuidoras apresentou uma variação expressiva em alguns períodos. A Figura 3 ilustra os preços da tarifa média das distribuidoras e, também, do preço de curto prazo da energia elétrica (PLD) e do óleo diesel.

Figura 3 – Preços do PLD, tarifa média e do óleo diesel (valores reais), em R\$



Fontes: ONS, ANEEL e ANP (2016) – elaborado pelo autor.

Da Figura 3 verifica-se que o preço do óleo diesel não apresenta uma relação direta com os demais preços do setor de energia elétrica. Da mesma forma, o PLD parece não ter influência no preço da tarifa média, uma vez que nos dois períodos de pico daquele, este teve redução. Esta relação inversa fica evidente nos períodos de 2007, 2008 e 2013.

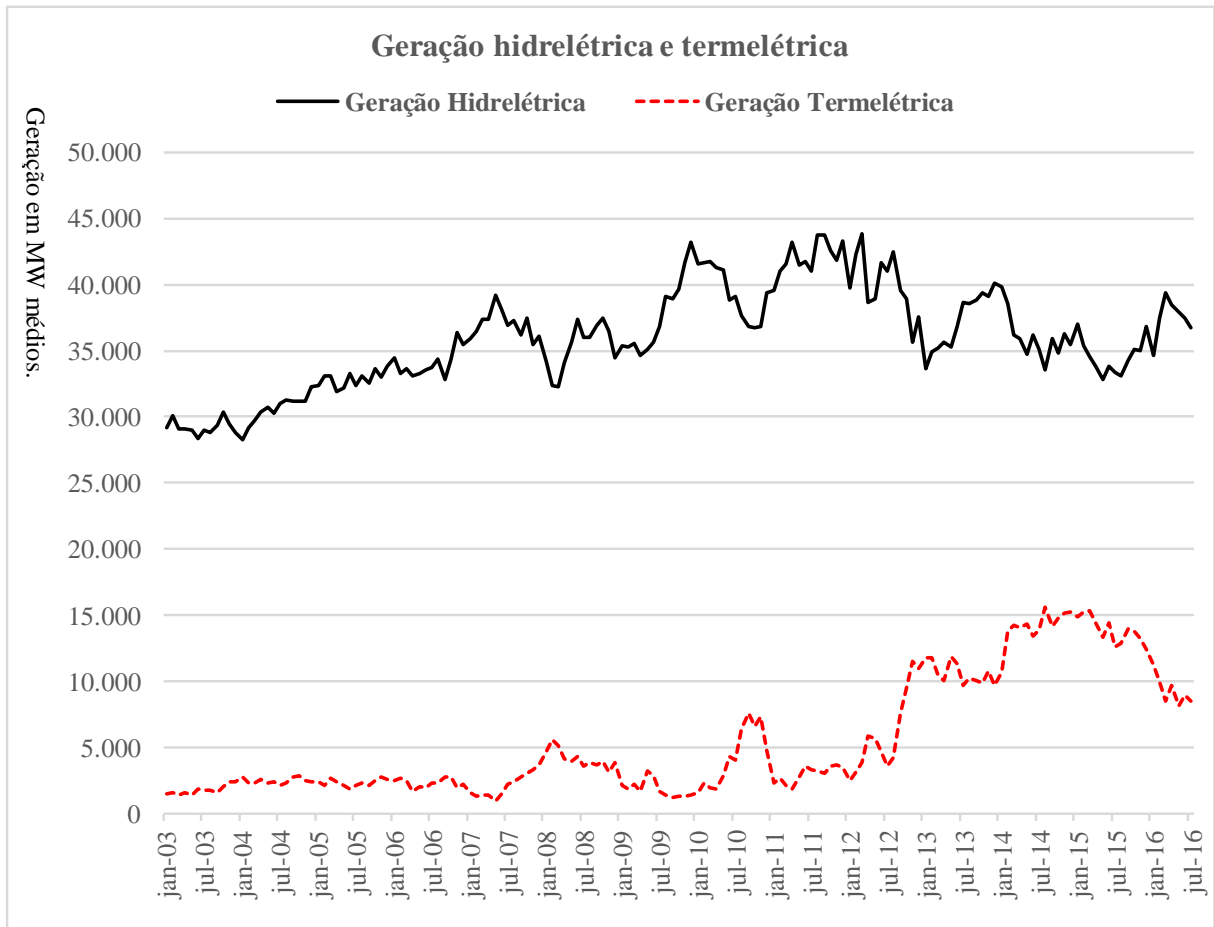
É possível verificar que a tarifa média sofre duas quedas mais expressivas, em 2007 e 2013. Esta última, causada pela renovação das concessões das geradoras e das transmissoras de energia elétrica, pela Lei N° 12.783/2013.

Em seguida, em 2015, houve um aumento do preço da tarifa causado pela crise hídrica, repassado aos consumidores por meio das bandeiras tarifárias⁸. A crise se iniciou em 2014, tendo como consequência a redução dos reservatórios e, por conseguinte, da geração hidrelétrica.

A Figura 4 reporta a geração hidrelétrica e termelétrica, em MW médios, no período de janeiro 2003 a julho 2016.

⁸ Para mais detalhes sobre as bandeiras tarifárias, consultar: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/>.

Figura 4 – Geração hidrelétrica e termelétrica

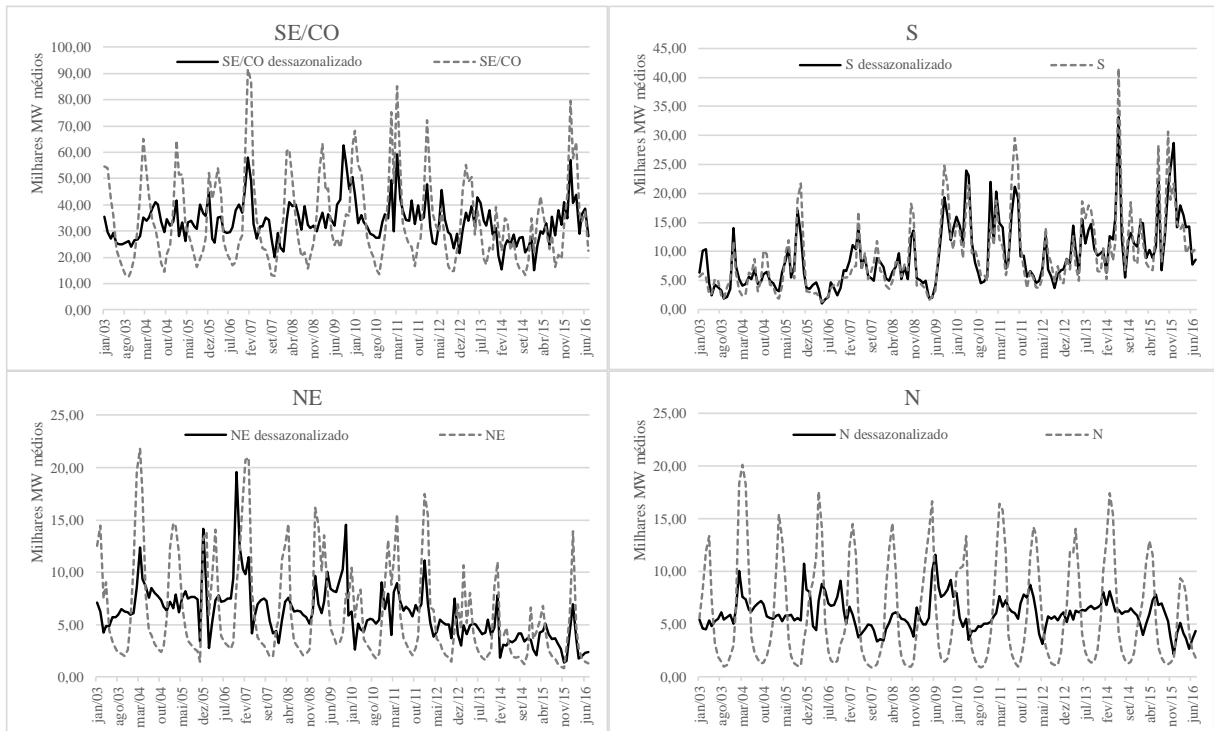


Fonte: ONS (2016) – elaborado pelo autor.

A geração termelétrica se intensificou nos últimos anos, tanto para suprir a redução da geração hidrelétrica, como também pela interligação do sistema Manaus e Amapá ao SIN.

A partir de 2013, verifica-se na Figura 4, que a geração média hidrelétrica reduziu. O ciclo de chuvas e a falta de políticas de redução de consumo, levaram à uma piora do cenário, uma vez que o ciclo de chuvas dos anos seguintes também foi abaixo da média, nas regiões SE/CO e NE. A Figura 5 reporta a ENA dos quatro submercados.

Figura 5 – ENA dos 4 submercados, em MW médios



Fonte: ONS (2016) – elaborado pelo autor.

Observa-se que enquanto a região Sul teve um aumento da ENA, portanto, do nível de chuvas no período da crise hídrica (2014 em diante), as regiões Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste sofreram períodos de estiagem nos anos de 2013, 2014 e 2015. Na região Norte, também é possível observar uma queda significativa na ENA no último período úmido, em 2016.

4.2. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Os dados foram classificados em dados em painel e em séries temporais. Os dados em painel são aqueles que possuem informações diferenciadas para cada submercado. Por exemplo, as informações de PLD, que são diferenciadas para o SE/CO, S, NE e N. As séries temporais são os dados macroeconômicos da economia brasileira e serão os mesmos para todas as regiões.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas de todas as variáveis.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas

Variáveis temporais	Unid.	Obs.	Média	Desv.Padrão	Mínimo	Máximo
SELIC	%	163	0,0103	0,0032	0,0049	0,0208
Receita/PIB		163	0,2212	0,0209	0,1879	0,4386
Variáveis em painel		Obs.	Média	Desv.Padrão	Mínimo	Máximo
ENA	MWmed	652	13.841,92	15.095,97	841,63	91.574,52
Preço diesel	R\$/l	652	1,38	0,10	1,19	1,65
Produção industrial		652	95,33	8,13	65,39	112,61
PLD	R\$/MWh	652	81,49	97,15	3,88	448,45
Tarifa média	R\$/MWh	652	178,02	21,36	127,09	222,84
Consumo residencial	MWh	652	2.165,10	1.882,73	305,00	7.452,00
Consumo industrial	MWh	652	3.515,60	2.877,14	737,00	9.492,00
Consumo total	MWh	652	5.680,70	4.725,39	1.058,00	15.957,00
Geração hidrelétrica	MWmed	652	8.970,76	6.388,42	1.605,33	25.911,47
Geração termelétrica	MWmed	652	1.367,74	1.622,05	0,00	7.423,21
Geração total	MWmed	652	10.338,49	7.218,38	1.793,02	28.884,81

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que a ENA possui uma alta variabilidade, uma vez que o seu desvio padrão é elevado. Isso se deve na grande diferença de chuvas entre os períodos secos e os períodos úmidos. O mesmo pode ser observado no PLD, mesmo que seu preço tenha um piso e um teto, seu desvio é significativo. Por outro lado, a série do preço do diesel, por exemplo, possui uma baixa variabilidade, uma vez que a sua flutuação é fortemente controlada.

Abaixo, há uma descrição detalhada de cada série utilizada no trabalho, com a unidade de medida, a periodicidade e a fonte.

Selic: variação percentual mensal da taxa básica de juros, *over* Selic. Para este trabalho, a taxa Selic será uma *proxy* para a política monetária, uma vez que esta taxa é o instrumento da autoridade monetária brasileira no regime de metas para a inflação. Fonte: Banco Central do Brasil (BCB).

Receita/PIB: divisão da série mensal da Receita Líquida do Setor Público pela série mensal do PIB, em milhões de reais. Essa razão será uma *proxy* para a política fiscal. Fonte: séries temporais do BCB. A série foi dessazonalizada por meio do método *Census X-13*.

Energia natural afluyente (ENA): série mensal da energia natural afluyente, em MW médios, por submercado. Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A série foi dessazonalizada por meio do método *Census X-13*.

Preço diesel regional (diesel): série mensal de preços médios de revenda do diesel, por região, em reais. A série foi deflacionada pelo índice IPCA, a preços de janeiro de 2003. Fonte: ANP.

Produção industrial: índice dessazonalizado mensal da produção industrial com ajuste regional, em percentual, com base 100 em janeiro/2012. Fonte: BCB e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

PLD: série mensal do preço de liquidação das diferenças, em reais, por submercado. A série foi deflacionada pelo índice IPCA, a preços de janeiro de 2003. Fonte: CCEE.

Tarifa média: série mensal do preço médio deflacionado de energia elétrica das distribuidoras, por região, em reais por megawatt hora (MWh). A série foi deflacionada pelo índice IPCA, a preços de janeiro de 2003. Fonte: ANEEL.

Consumo residencial: série mensal de consumo de energia elétrica por consumidores residenciais, por região (para chegar ao valor do submercado SE/CO, somou-se os consumos das regiões SE e CO), em gigawatt hora (GWh). Fonte: Eletrobras e Ministério de Minas e Energia (MME).

Consumo industrial: série mensal de consumo de energia elétrica por consumidores industriais, por região, em gigawatt hora (GWh). Fonte: Eletrobras e Ministério de Minas e Energia (MME).

Consumo total: soma das séries mensais de consumo de energia elétrica por consumidores residenciais e industriais, por região, em gigawatt hora (GWh). Fonte: Eletrobras e Ministério de Minas e Energia (MME).

Geração hidráulica: série mensal de geração por fontes hidrelétricas do SIN, em MW médios, por submercado. Fonte: ONS. A série foi dessazonalizada por meio do método *Census X-13*.

Geração termelétrica: série mensal de geração por fontes termelétricas (excluída a geração nuclear) do SIN, em MW médios, por submercado. Fonte: ONS. A série foi dessazonalizada por meio do método *Census X-13*.

Geração: soma da série mensal de geração de fontes hidrelétricas e termelétricas do SIN, em MW médios, por submercado. Fonte: ONS. A série foi dessazonalizada por meio do método *Census X-13*.

4.3. TESTES DE RAIZ UNITÁRIA

Para avaliar a estacionariedade do painel e das séries temporais, foram aplicados testes de raiz unitária. Para as séries temporais, foram empregados os testes de Dickey-Fuller modificado (MAFDF^{GLS}) e de Phillips-Perron modificado (MPP^{GLS}). Estes testes foram propostos por Elliot *et al.* (1996) e por Ng e Perron (2001), respectivamente.

A Tabela 2, a seguir, apresenta os resultados desses dois testes. Cabe observar que ambos os testes têm como hipótese nula a presença de raiz unitária.

Tabela 2 – Teste de estacionariedade para as séries temporais

Variável	DF-GLS (Modified AIC)				Ng-Perron			
	Tendência e intercepto		Intercepto		Tendência e intercepto		Intercepto	
	t-Stat.	Lag	t-Stat.	Lag	MZt	Lag	MZt	Lag
Selic	-1,26	12	-0,43	12	-1,06	12	-0,20	12
Receita/PIB	-2,52	9	-2,32**	9	-1,19	9	-1,10	9

Nota do autor: as indicações ***, ** e * implicam a significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Para as séries temporais, revela a

Tabela 2, nenhuma se mostrou estacionária em nível. Ao avaliar visualmente as séries da Selic e da Receita/PIB, foi possível verificar que ambas possuíam uma quebra estrutural. Dessa forma, foi realizado o teste de Perron (1989), para modelar essas quebras.

Tabela 3 – Teste de Perron para quebras estruturais

Variável	Perron (1989)					
	Especificação da tendência	Especificação da quebra	Tipo de quebra	t-Stat.	Lag	Data
Selic	I	I	IO	-3,95**	3	2003M07
Receita/PIB	I	I	IO	-11,89***	0	2010M11

Nota do autor: as indicações ***, ** e * implicam a significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente. A indicação I denota especificação de tendência e de quebra no intercepto. A indicação IO indica que o tipo de quebra foi “innovation outlier”.

Depreende-se da Tabela 3, que todas as séries, pelo ao menos ao nível de 10% de significância, são estacionárias com uma quebra estrutural. A seleção do período da quebra se deu por meio de uma inspeção visual das séries.⁹

Em seguida, avaliou-se a estacionariedade das séries em painel. Para tanto, foram aplicados os testes de Levin-Lin-Chiu (LLC) e Im-Pesaran-Shin (IPS). O primeiro teste foi proposto por Levin *et al.* (2002), possui a hipótese nula que cada série possui uma raiz unitária e a hipótese alternativa que cada série é estacionária. Já o teste IPS, proposto por Im *et al.* (2003), é menos restritivo que o LLC, a hipótese nula é que todos os indivíduos seguem um processo de raiz unitária, enquanto a hipótese alternativa permite que algumas (mas não todas) séries possuam raiz unitária, Baltagi (2005).

⁹ A série filtrada para a quebra estrutural também foi considerada na estimação do Panel VAR. Porém não houve alteração no resultado em relação à estimação com a série original.

Tabela 4 – Testes de estacionariedade para os dados em painel

Variável	Levin-Lin-Chiu (LLC)				Im-Pesaran-Shin (IPS)			
	Tend. e intercepto		Intercepto		Tend. e intercepto		Intercepto	
	Adj-t	Lag	Adj-t	Lag	W-t-bar	Lag	W-t-bar	Lag
ENA	-10,54***	1,50	-5,72***	2,25	-9,68***	1,50	-6,71***	2,25
Preço diesel	0,93	1,00	-0,38	1,00	0,36	1,00	-1,08	1,00
Produção industrial	-2,04**	0,25	-2,51***	0,75	-1,17	0,25	-2,3**	0,75
PLD	-3,38***	0,25	-2,13**	1,50	-2,04**	3,25	-2,67***	3,25
Tarifa média	-0,56	1,00	0,03	1,00	-0,74	2,25	-0,82	2,25
Consumo residencial	-1,39*	3,25	2,05	4,00	-0,85	3,25	3,97	4,00
Consumo industrial	-2,67***	3,00	-2,01**	3,75	-2,87***	3,00	-1,36*	3,75
Consumo total	0,55	1,50	-2,43***	1,50	-0,29	0,75	0,08	0,75
Geração hidráulica	-3,5***	1,25	-2,37***	1,00	-3,64***	1,25	-2,83***	1,00
Geração termelétrica	-0,76	0,25	0,2	0,25	-1,47*	2,50	-0,71	2,00
Geração total	-4,67***	1,00	-2,39***	2,25	-4,55***	1,00	-2,34***	2,25

Nota do autor: as indicações ***, ** e * implicam a significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente. Foi usado o número máximo de 6 *lags* para todas as séries, apenas para o PLD foi usado o máximo de 5 *lags*.

Observa-se que as séries ENA, produção industrial, PLD, consumo industrial, geração hidráulica e geração total se mostraram estacionárias à 5% de significância para o teste LLC e para o teste IPS. Vale ressaltar que as séries preço do diesel, tarifa média, consumo residencial e geração termelétrica apresentam raiz unitária.

As séries não serão diferenciadas, uma vez que os modelos passarão por um teste de estabilidade antes da avaliação da FIR. Ademais, a diferenciação das séries causaria dificuldade na compreensão dos resultados, uma vez que, algumas séries estariam em nível, incorporando informações de longo prazo, enquanto outras diferenciadas, considerando somente informações de curto prazo.

4.4. MODELOS ESTIMADOS

O modelo do estudo proposto tem um número elevado de variáveis. Não foi possível criar um PVAR com todas elas, pois, mesmo utilizando muitos instrumentos, o modelo apresentou uma resposta oscilatória na Função Impulso Resposta (FIR). Portanto, foi escolhido um modelo base com a maioria das variáveis do setor elétrico e foram acrescentadas (ou trocadas) variáveis para avaliar a resposta de outros setores.

Com o objetivo de estabilizar as variâncias, as séries foram transformadas aplicando o logaritmo natural.

4.4.1. Especificação e estabilidade dos modelos

Os modelos considerados para o estudo estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Descrição das variáveis para cada modelo

Modelo	Variáveis
Modelo base do setor elétrico	ENA, preço do diesel, produção industrial, PLD, tarifa média, consumo total e geração total.
Modelo base com consumo residencial	ENA, preço do diesel, produção industrial, PLD, tarifa média, consumo residencial e geração total.
Modelo base com consumo industrial	ENA, preço do diesel, produção industrial, PLD, tarifa média, consumo industrial e geração total.
Modelo base com geração hidrelétrica	ENA, preço do diesel, produção industrial, PLD, tarifa média, consumo total e geração hidrelétrica.
Modelo base com política fiscal	ENA, preço do diesel, receita/PIB, produção industrial, PLD, tarifa média, consumo total e geração total.
Modelo base com política monetária	ENA, preço do diesel, produção industrial, Selic, PLD, tarifa média, consumo total e geração total.

Fonte: elaborado pelo autor.

Para estimação das Funções Impulso-Respostas (FIR), é necessário adotar uma hipótese de identificação. Aqui foi adotada a especificação de *Choleski*, em que as variáveis são ordenadas das mais exógenas para as mais endógenas. Com isso, o ordenamento assumido está descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Ordenamento das variáveis para cada modelo

Modelo	Ordenamento
Modelo base do setor elétrico	ENA → Preço do diesel → Produção industrial → PLD → Tarifa Média → Consumo total de energia elétrica → Geração total de energia elétrica.
Modelo base com consumo residencial	ENA → Preço do diesel → Produção industrial → PLD → Tarifa Média → Consumo residencial de energia elétrica → Geração total de energia elétrica.
Modelo base com consumo industrial	ENA → Preço do diesel → Produção industrial → PLD → Tarifa Média → Consumo industrial de energia elétrica → Geração total de energia elétrica.
Modelo base com geração hidrelétrica	ENA → Preço do diesel → Produção industrial → PLD → Tarifa Média → Consumo total de energia elétrica → Geração hidrelétrica.
Modelo base com política fiscal	ENA → Preço do diesel → Receita/PIB → Produção industrial → PLD → Tarifa Média → Consumo total de energia elétrica → Geração total de energia elétrica.
Modelo base com política monetária	ENA → Preço do diesel → Produção industrial → Selic → PLD → Tarifa Média → Consumo total de energia elétrica → Geração total de energia elétrica.

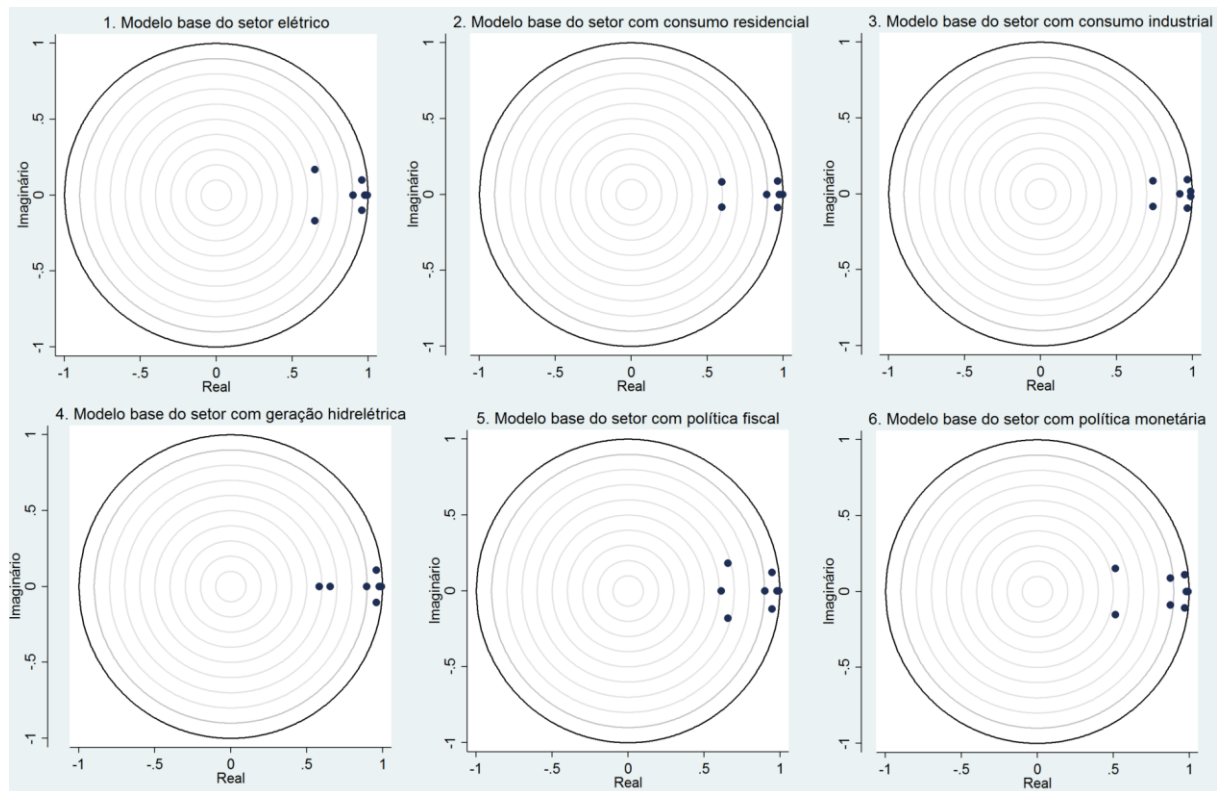
Fonte: elaborado pelo autor.

Foi considerado que a ENA seria a variável mais exógena, pois depende do regime de chuvas. O diesel, por ser um bem com preço controlado, aparece logo a seguir. Em seguida, a variável de política fiscal, Receita/PIB e o desempenho econômico, produção industrial. Entende-se que a Selic, política monetária, viria como variável exógena ao setor, mas dependente da atividade econômica. Os preços de energia PLD e tarifa média que são definidos antes do consumo e da geração. Pode-se alegar que a tarifa é estabelecida antes do preço do PLD, no entanto, entende-se que o PLD influencia uma parte da tarifa e não o inverso. Em seguida, foram colocados o consumo e a geração de energia elétrica. Foram testados ordenamentos alternativos, que levaram a um maior número de respostas não significativas.

O modelo PVAR necessita de uma avaliação da quantidade ótima de defasagens. Os critérios de informação utilizados foram o Bayesiano Modificado (MBIC), Akaike Modificado (MAIC) e Hannan-Quin Modificado (MQIC). Os três critérios, MBIC, MAIC e MQIC, apontaram, em todos os modelos, para a modelagem com uma defasagem.

Com a finalidade de verificar a estabilidade do PVAR, utilizou-se o critério de avaliação dos autovalores inversos das raízes dos polinômios autorregressivos característicos, após estimação dos parâmetros do modelo. Para que haja estabilidade, é necessário que todos os autovalores estejam localizados no interior do círculo unitário. Dessa forma, quando realizar a estimação das impulso respostas não haveria respostas oscilatórias ou não convergentes.

Figura 6 – Autovalores dos polinômios autorregressivos característicos dos modelos estudados



Fonte: Stata.

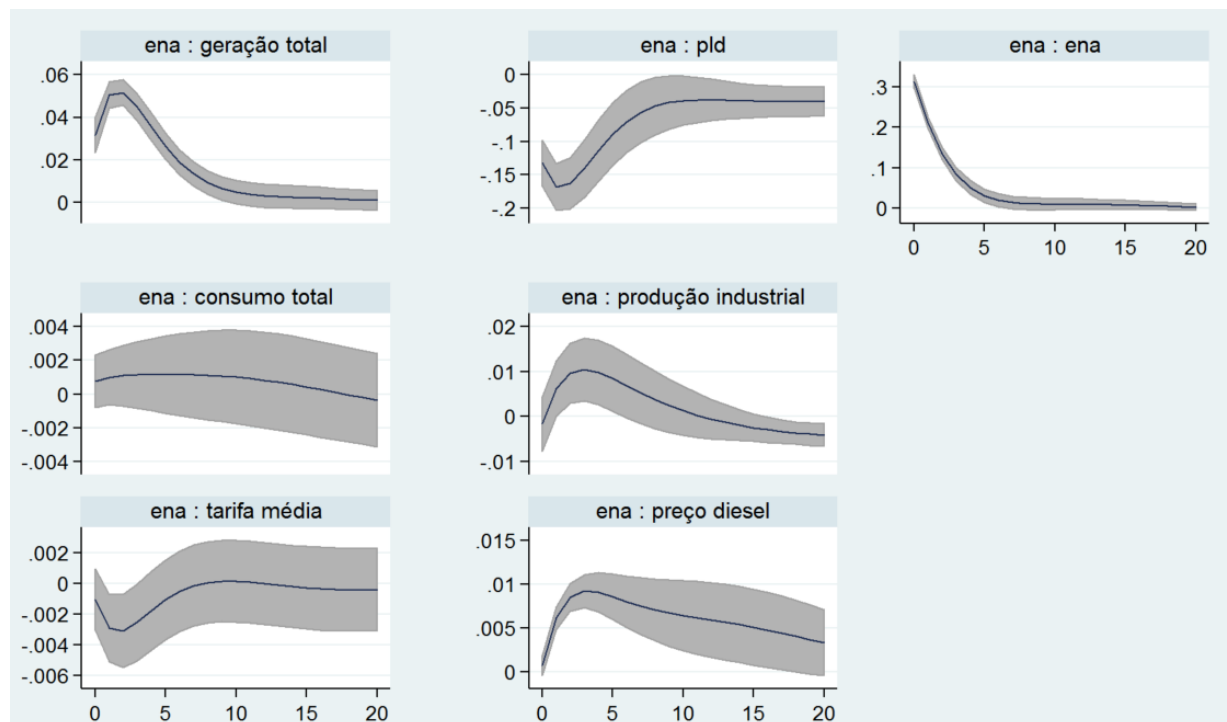
Observa-se da Figura 6, que todos os autovalores estão no interior do círculo unitário, o que indica a estabilidade dos modelos. No entanto, existem autovalores na fronteira, isso pode levar a respostas oscilatórias. Dessa forma, o modelo será estável se todas as FIR estimadas convergirem para o estado estacionário após a ocorrência de choques. Isso pode indicar que as séries com raiz unitária cointegram no PVAR e, portanto, o PVAR teria resíduos estacionários.

4.4.2. Modelo base do setor elétrico

Foi proposto um modelo base do setor elétrico, com a variável produção industrial e as principais variáveis do setor elétrico: ENA, preço do óleo diesel, PLD, tarifa média, consumo total e geração total.

Inicialmente, foi aplicado um choque positivo de um desvio padrão na variável ENA e observadas as respostas das demais variáveis. A Figura 7, apresenta as FIR estimadas.

Figura 7 – FIR para um choque na ENA no modelo base do setor elétrico



Um choque na ENA implica em uma variação positiva das chuvas, com uma elevação dos reservatórios, isso levaria a um aumento marginal da geração hidráulica e, por conseguinte, uma redução no preço de curto prazo da energia elétrica.

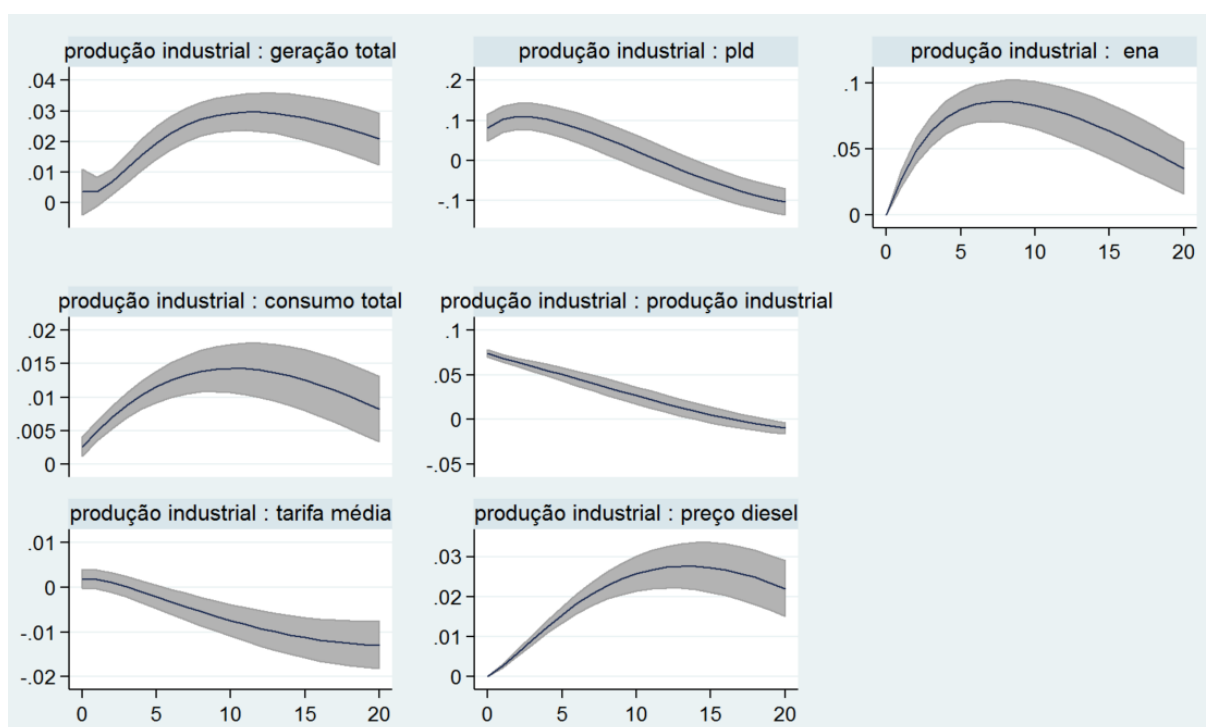
Observa-se que o choque causa um aumento na geração total, uma vez que deve haver aumento da geração hidrelétrica. Pelo lado dos preços, há uma redução transitória do PLD, que seria esperada. Quanto à tarifa média, houve uma pequena redução defasada. O preço do diesel mostrou variação positiva, não explicado diretamente, uma vez que, um choque na ENA levaria a uma redução no consumo de combustível e a redução do preço do PLD. Contudo, como citado anteriormente, o preço do diesel é controlado no Brasil, dessa forma não responderia a demanda, como seria esperado. Com relação ao consumo, era esperado que uma redução dos preços levaria a um aumento do consumo, no entanto, a resposta não foi significativa.

A produção industrial respondeu positivamente, mostrando uma relação positiva da geração de energia com a produção industrial, como esperado.

O choque na ENA apresentou resultados importantes, uma vez que revelou o aumento da geração total (vindo provavelmente da geração hidrelétrica). Com a geração de energia elétrica mais barata, viu-se uma redução dos preços de energia elétrica, PLD e da tarifa média. Ao mesmo tempo, o setor produtivo teve um aumento, provavelmente causado pela redução do preço da energia elétrica.

A Figura 8 reporta o FIR para um choque positivo na produção industrial, que representa o nível de atividade econômica

Figura 8 – FIR para um choque na produção industrial do modelo base do setor elétrico



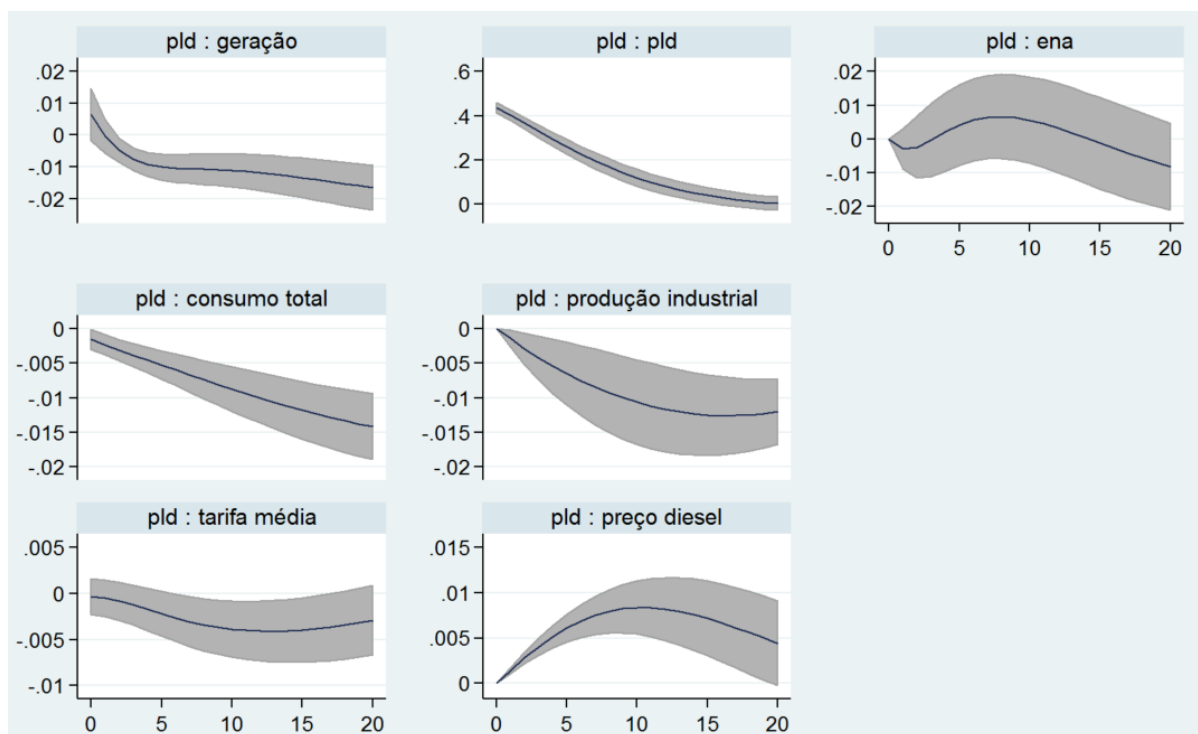
Espera-se que um choque positivo na atividade econômica leve a um maior consumo e geração de energia elétrica, assim como um aumento dos preços da energia elétrica.

A geração e o consumo total tiveram uma relação positiva com a atividade econômica. Isso mostra a dependência da produção industrial da energia elétrica no Brasil. Da mesma forma, o preço do PLD e do diesel se mostraram aderentes ao aumento da produção industrial. Ambos tiveram um aumento relativo ao aumento da demanda, uma vez que a indústria demandou mais energia e óleo diesel, que também é utilizado no abastecimento de meios de transporte de carga.

No entanto, a tarifa média teve uma redução defasada, o que pode ser causada pela redução desta tarifa em períodos de alta do PLD, como visto no início da Seção 4.1.

A Figura 9 reporta um choque positivo no preço de curto prazo, o PLD.

Figura 9 – FIR para um choque no PLD do modelo base do setor elétrico



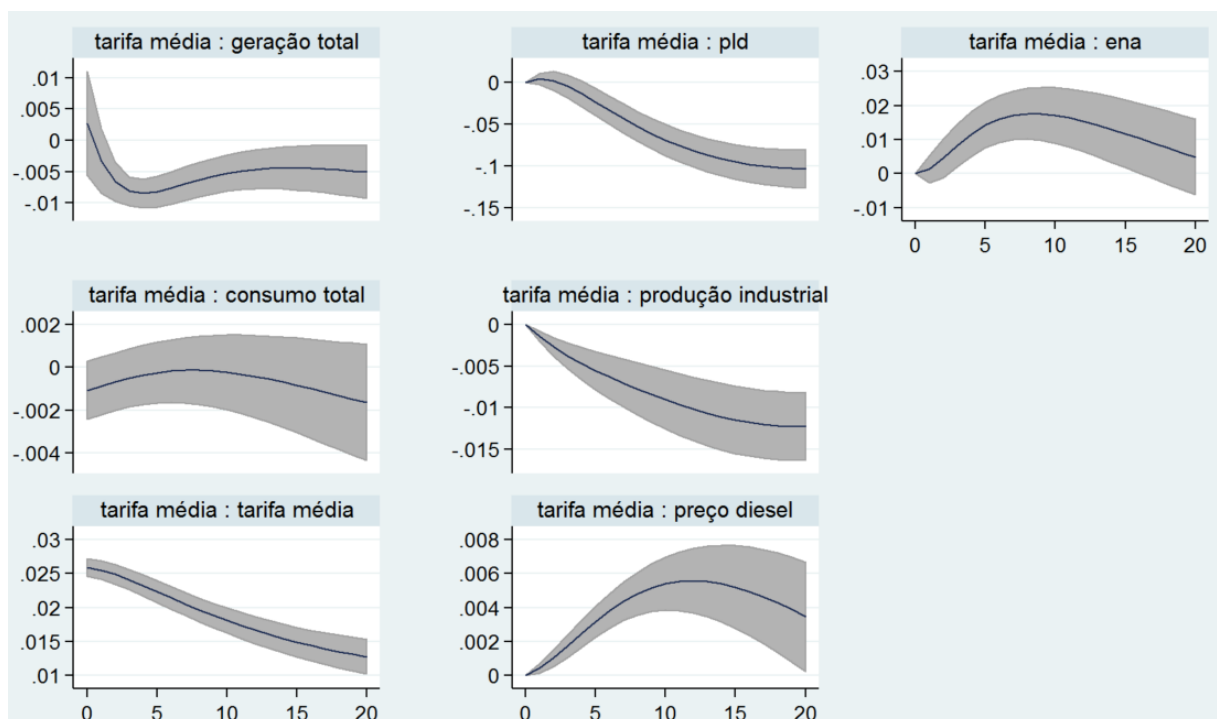
O PLD representa o risco de déficit de energia, com o aumento do risco de racionamento seu valor aumenta. Espera-se que um aumento no PLD implique em um aumento da tarifa média, uma redução do consumo, aumento do preço do óleo diesel e redução da atividade econômica. Isso porque o aumento do PLD representa o preço de energia de curto prazo, que levaria a uma redução do consumo e redução da produção industrial, ao mesmo tempo, com o aumento do despacho de termelétricas, haveria maior demanda por óleo diesel.

A Figura 9 revela que o choque positivo do PLD levou a uma redução defasada da tarifa média (como avaliado na Seção 4.1). Houve a uma redução do consumo total e da produção industrial, como esperado, e um aumento do preço do óleo diesel.

Novamente, viu-se uma relação inversa do PLD e da tarifa média. O aumento do PLD levou a uma redução do consumo total, pois atingiu de forma mais direta os consumidores industriais, o que também levou a uma queda da produção industrial.

Finalmente, foi aplicado um choque positivo na tarifa média da distribuição, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – FIR para um choque na tarifa média do modelo base do setor elétrico



Um aumento da tarifa média deveria provocar a uma redução do consumo total e, por conseguinte, da geração total.

O choque positivo na tarifa média levou a uma redução na geração total, no entanto, não causou a uma redução do consumo total, que teve uma resposta não significativa. O PLD também reduziu, assim como a produção industrial. O preço do diesel aumentou, no entanto, houve redução do PLD, o que ocasiona a uma menor demanda por este combustível.

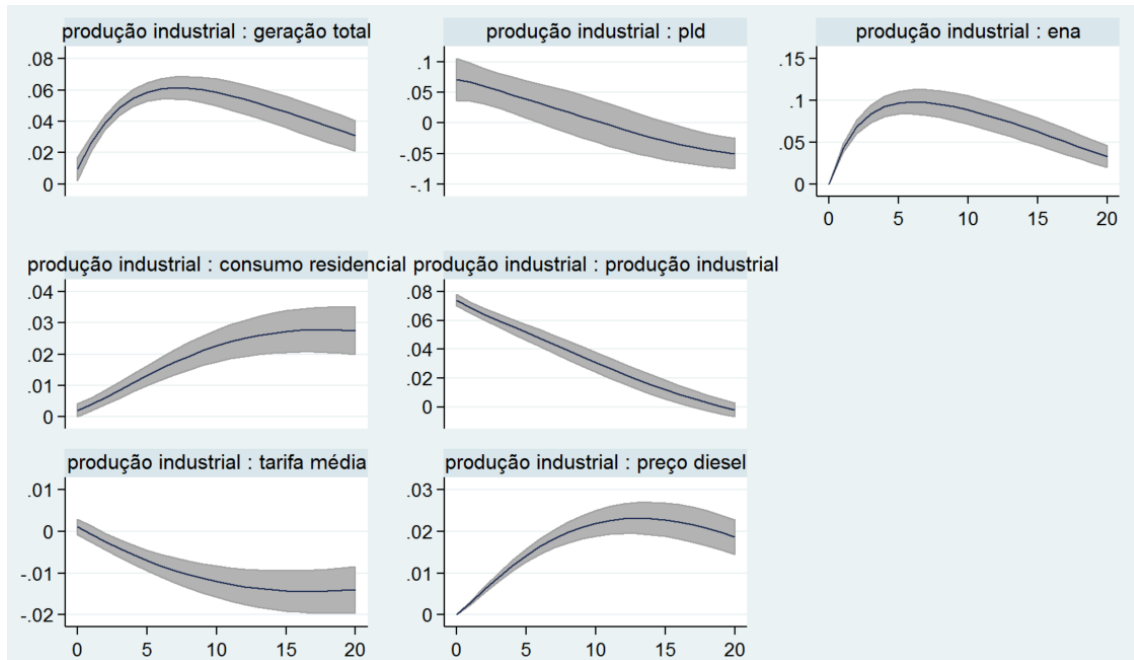
Os resultados do modelo base foram condizentes com o esperado. A resposta do modelo ao choque do ENA foi muito importante, por se tratar da variável mais exógena do modelo e ainda ser aderente ao esperado. A tarifa média e o PLD responderam de forma inversa, uma vez que, como visto na seção 4.1, os preços das tarifas foram reduzidos em períodos de alto risco de déficit.

4.4.3. Modelo do setor elétrico com consumo residencial

Com a finalidade de avaliar as variações do consumo residencial, fez-se uma mudança do modelo base, alterando o consumo total pelo residencial.

Foi aplicado um choque positivo de um desvio-padrão na produção industrial para avaliar a resposta das variáveis, conforme mostrado na Figura 11.

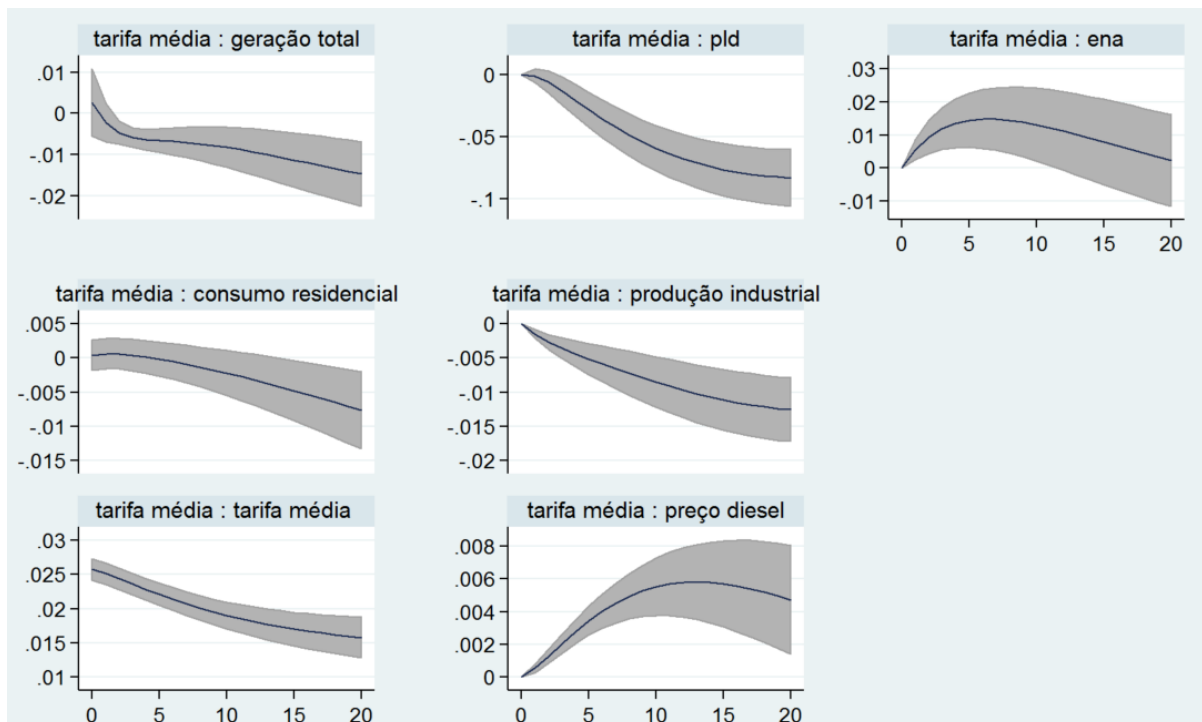
Figura 11 – FIR para um choque na produção industrial no modelo com consumo residencial



Com o choque na produção industrial, o consumo residencial apresentou um aumento defasado. Isso se justifica pelo aumento da atividade econômica (e da renda dos consumidores) e a redução da tarifa média, que leva a um aumento de consumo de energia elétrica. As demais variáveis responderam da mesma maneira que na seção anterior.

Outra variável diretamente relacionada ao consumidor residencial é a tarifa média da distribuição, A Figura 12 reporta o choque positivo nessa tarifa.

Figura 12 – FIR para um choque na tarifa média do modelo com consumo residencial



Para o modelo base do setor elétrico, o choque na tarifa média levou a uma resposta não significativa do consumo total. No entanto, o consumo residencial respondeu com redução defasada, que seria o resultado esperado.

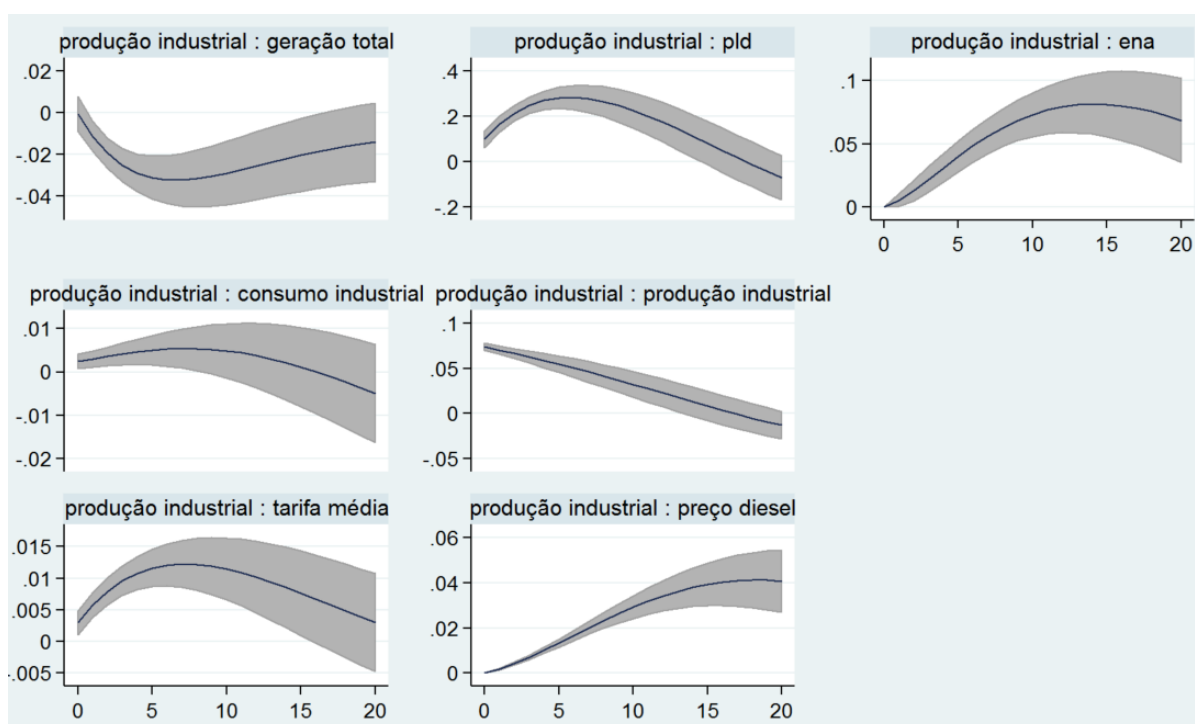
Como na maioria dos modelos, o PLD respondeu de forma inversa à tarifa média. Com a redução do consumo, a geração total também apresentou uma resposta negativa ao choque positivo na tarifa.

4.4.4. Modelo do setor elétrico com consumo industrial

Com a finalidade de avaliar as variações do consumo industrial, modificou-se o modelo base, trocando a consumo total pelo consumo industrial.

Inicialmente, aplicou-se um choque positivo na produção industrial, como mostrado na Figura 13.

Figura 13 – FIR para um choque na produção industrial no modelo do setor com consumo industrial

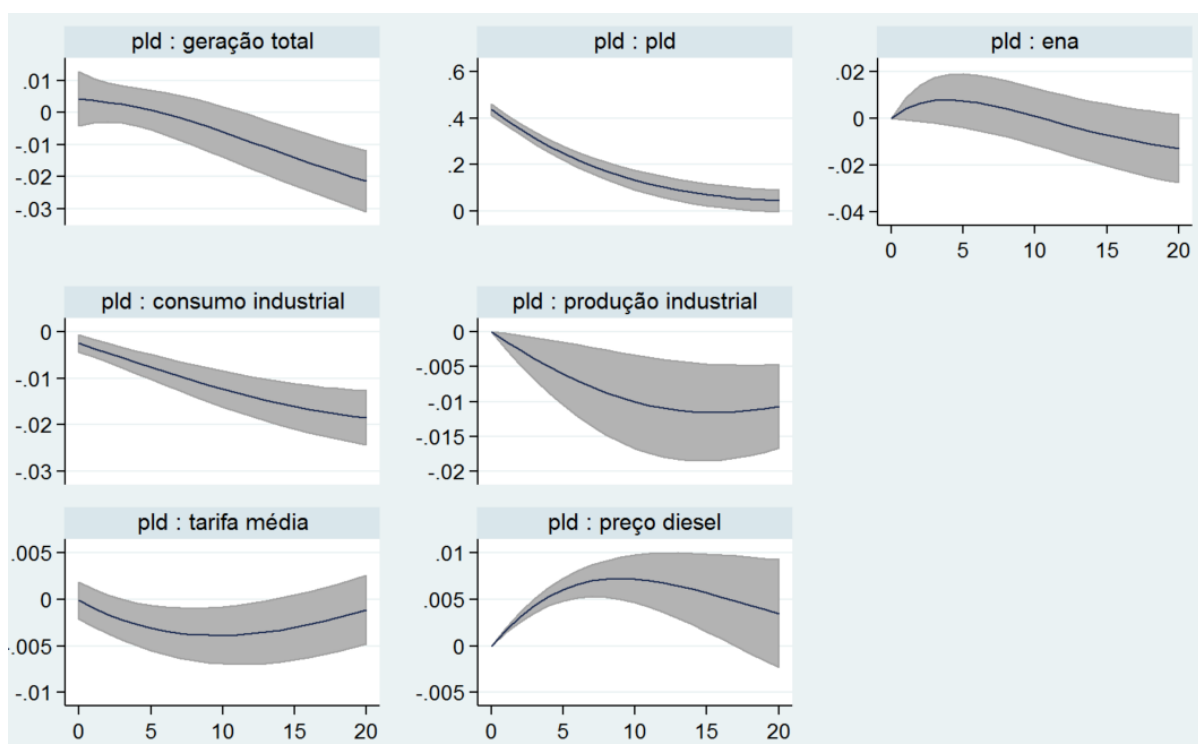


Espera-se que um aumento na produção industrial aumente também no consumo industrial e a geração total. Com o aumento do consumo industrial, haveria aumento do preço da energia elétrica e do diesel.

Como vê-se na Figura 13, há um aumento transitório do consumo industrial, como esperado. As demais variáveis comportaram-se como no modelo base do setor elétrico, com exceção da tarifa média e da geração total. Como foi visto no início da seção, a produção industrial tem relação direta com o consumo de energia elétrica industrial no Brasil.

Em seguida, aplicou-se um choque positivo no PLD, visto na Figura 14.

Figura 14 – FIR para um choque no PLD no modelo do setor com consumo industrial



É esperado que um aumento do PLD leve a uma redução do consumo industrial. Isso é visto na Figura 14. Dessa forma, há uma variação negativa da produção industrial que responde ao aumento do preço da energia e a redução do consumo industrial. As demais variáveis responderam conforme o modelo base.

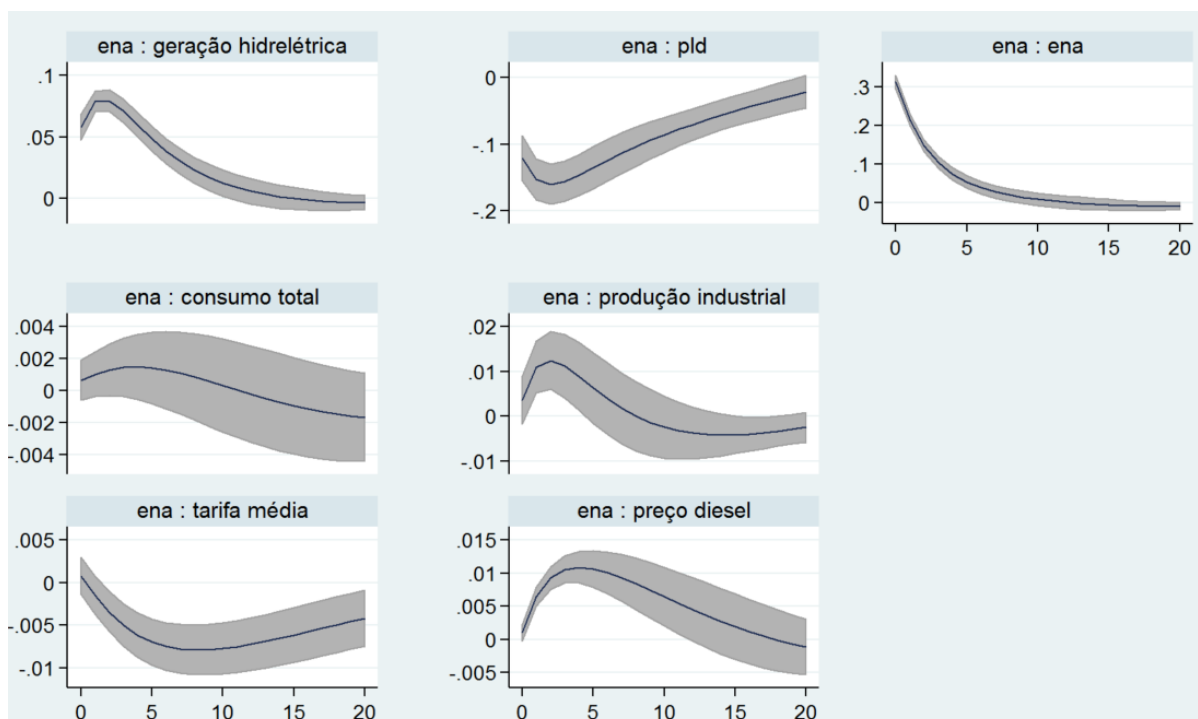
O modelo mostra uma relação importante, da produção industrial com o consumo de energia elétrica da classe industrial. Dessa forma, pode-se concluir a influência da produção industrial sobre o consumo total, vista no modelo base do setor elétrico, deve-se, em parte, ao consumo industrial de energia elétrica.

4.4.5. Modelo do setor elétrico com geração hidrelétrica

Com a finalidade de avaliar a influência do ciclo de chuvas no setor elétrico brasileiro, modificou-se o modelo base para avaliação da geração hidrelétrica a um choque da ENA.

Os resultados são reportados na Figura 15.

Figura 15 – FIR para um choque na ENA do modelo do setor com geração hidráulica



As variáveis se comportaram como no choque da ENA no modelo base do setor elétrico. Como se esperava, o aumento visto naquele modelo, da geração total, tinha influência do aumento da geração hidrelétrica, como pode ser visto na Figura 15. Isso mostra a forte influência da ENA na geração hidrelétrica.

O choque positivo das chuvas, com aumento da geração hidrelétrica, levou a uma redução do preço de curto prazo, PLD, e neste caso, foi acompanhado pela tarifa média, que também reduziu. A produção industrial teve um aumento defasado, explicado em parte pela queda dos preços de energia elétrica, e foi acompanhado pelo preço do óleo diesel.

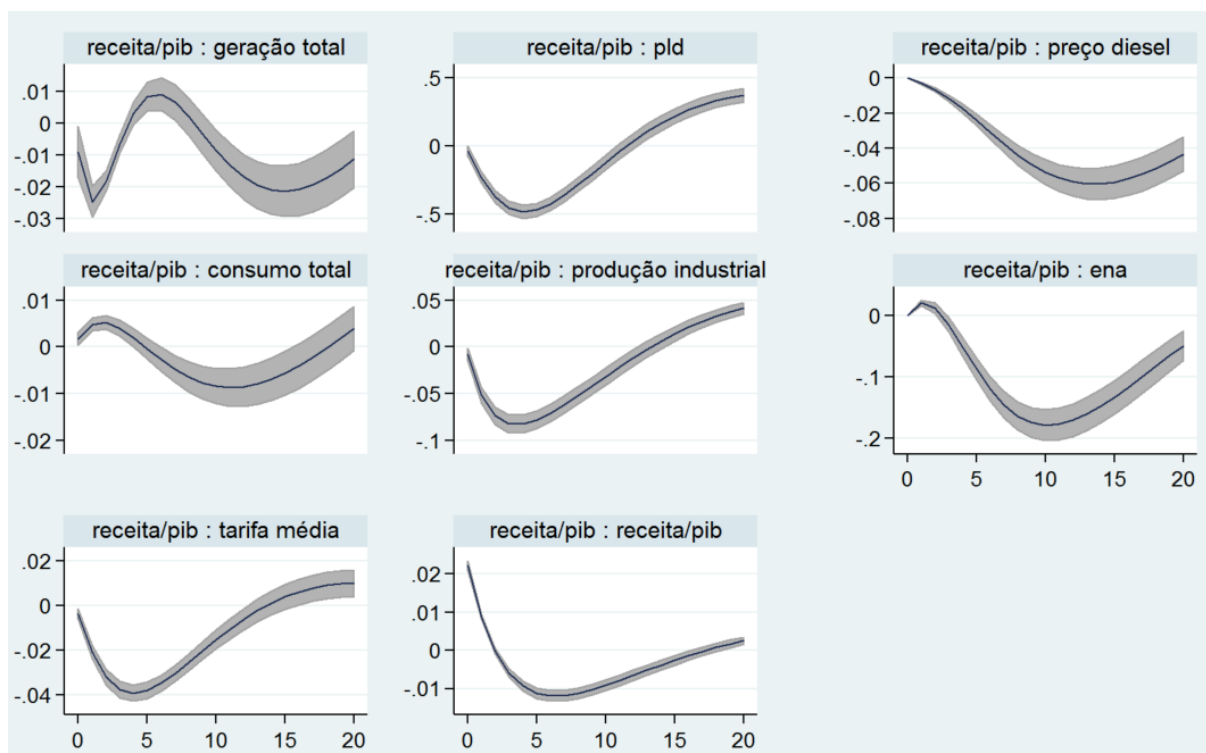
Como no modelo base do setor, este resultado é importante para mostrar a aderência das respostas dinâmicas ao que é esperado para o setor de energia elétrica brasileiro.

4.4.6. Efeito da política fiscal sobre o modelo do setor elétrico

Com a finalidade de avaliar os efeitos do ciclo econômico, foi incluída no modelo base do setor elétrico uma variável que represente a política fiscal no Brasil, a razão Receita/PIB.

Dessa forma, aplicou-se um choque positivo na variável Receita/PIB, conforme reportado na Figura 16.

Figura 16 – FIR para um choque na política fiscal no modelo do setor com política fiscal



Espera-se que um choque positivo na Receita/PIB (aumento de arrecadação do governo em relação à atividade econômica, ou política fiscal restritiva) ocasione uma redução da renda disponível. Dessa forma, haveria menos recursos para consumo de energia elétrica e redução dos preços de energia elétrica.

A Figura 16 reporta, após um choque na Receita/PIB, uma redução da produção industrial. No entanto, o consumo total de energia elétrica tem uma resposta positiva. Era esperado que o consumo respondesse da mesma forma que a produção industrial, que sofreu queda com o choque restritivo da política fiscal. Por outro lado, o consumo, apresentou crescimento uma vez que os preços de energia caíram após o choque.

Assim, a tarifa média, o PLD e o diesel responderam negativamente ao choque. Isso mostra que uma política fiscal restritiva provocou a uma queda dos preços no setor de energia elétrica. O resultado anterior era esperado, no entanto, o consumo total deve acompanhar a geração total e a produção industrial.

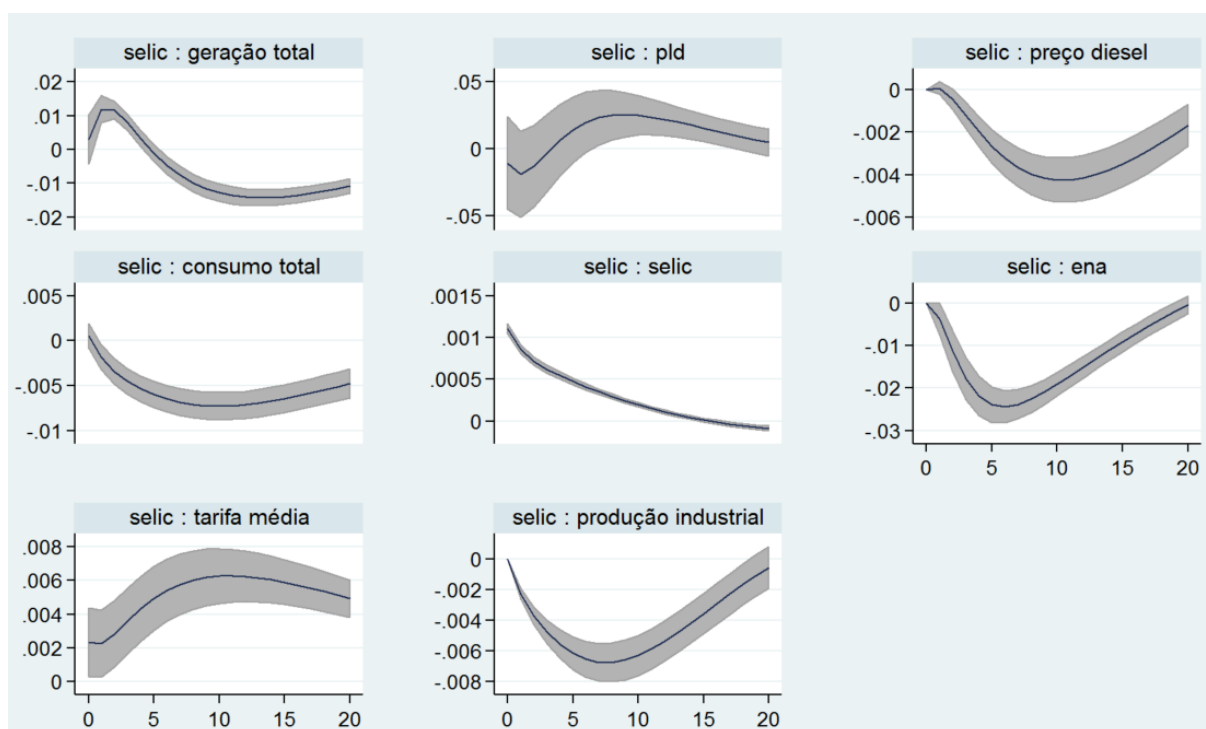
A política fiscal tem um efeito direto sobre os preços, relacionado à carga tributária dos preços da energia elétrica e do diesel. No entanto, ambos sofreram redução, levando a crer que a relação dos preços foi devida a queda da atividade industrial provocada por esse choque.

4.4.7. Efeito da política monetária no modelo do setor elétrico

Da mesma forma que no modelo com política fiscal, são avaliados os efeitos de choques na política monetária sobre a dinâmica do setor elétrico. Para tanto, acrescentou-se ao modelo base a taxa de juros Over Selic, que representa o instrumento da política monetária no regime de metas para inflação adotado pelo Banco Central do Brasil.

Para avaliar a resposta das variáveis do setor elétrico, aplicou-se um choque positivo na variável Selic os resultados são reportados na Figura 17.

Figura 17 – FIR para um choque na política monetária no modelo do setor com política monetária



Espera-se que um choque positivo na Selic (aumento na taxa básica de juros da economia) leve a uma redução dos investimentos e do consumo. Como o aumento da Selic é utilizada como política de controle de preços, espera-se que haja redução dos preços de energia elétrica, no curto prazo do PLD e defasado na tarifa média, uma vez que esta última sofre reajustes anuais. Adicionalmente, o aumento da Selic também leva a uma retração dos investimento e redução da atividade econômica.

A Figura 17 mostra que o choque positivo da Selic levou a um aumento do PLD e, também, da tarifa média. No entanto, houve uma redução do preço do óleo diesel.

O choque da Selic, todavia, deveria levar a uma queda de todos os preços, o que só aconteceu com o preço do diesel, que pode ser entendido como preço mais rígido. O PLD, que seria mais flexível subiu com defasagem.

Foi observado um efeito negativo na produção industrial, no consumo de energia elétrica e defasado na geração. Essa resposta era esperada, uma vez que, o choque na taxa de juros levou a uma redução da produção industrial e, conseqüentemente, do consumo de energia elétrica.

De forma geral, os modelos estudados tiveram um comportamento próximo ao esperado. Foi possível verificar que a ENA possui uma forte relação com a geração hidrelétrica e com o total de energia gerada. Verificou-se, também, que existe uma relação entre os preços e o consumo de energia elétrica. Como avaliado por Resende (2011), o efeito dos preços de energia elétrica sobre a demanda é muito baixo. Isso tudo, tendo em vista que o setor possui uma forte influência regulatória.

O preço do diesel apresentou variação positiva a quase todos os choques – com exceção ao choque na política fiscal –, o que pode ser justificado pelo alto controle estatal e monopólio no mercado deste combustível.

5. CONCLUSÕES

O sistema elétrico brasileiro é muito complexo, por ser grande, com uma extensão continental, e altamente dependente de fontes hidrelétricas. Portanto, possui uma imprevisibilidade. Ao mesmo tempo, vê-se que o mercado possui barreiras de entrada, existe uma série de critérios para que os agentes do setor negociem a compra e a venda de energia. Isso leva a uma distorção dos valores de comercialização da energia elétrica em relação aos fatores de mercado.

Este trabalho é um precursor do uso de PVAR e impulso resposta para avaliação das variáveis do setor elétrico. A maioria dos trabalhos faz uma comparação entre o desenvolvimento econômico dos países e o consumo de energia elétrica, ou ainda avaliam internamente os valores de elasticidade do consumo de energia elétrica.

O objetivo deste estudo foi de investigar a inter-relação entre as variáveis do setor elétrico brasileiro, assim como a influência de variáveis externas ao setor. A avaliação foi feita por meio de dados em painel do setor elétrico brasileiro, e os resultados identificaram o quanto o mercado de energia elétrica responde à choques em variáveis mais exógenas ao setor elétrico.

A tarifa média de distribuição é regulada e os seus aumentos e reduções não foram causadas apenas por aumento e por redução de consumo, mas por políticas públicas. Nos testes realizados, houve uma resposta do consumo, industrial e residencial, a variações dos preços de energia. A tarifa média de energia elétrica deveria sofrer alterações condizentes com o aumento do risco e do preço de curto prazo, mas como observado, a tarifa é fixada pela ANEEL e sofre pequenas variações. Somente com a implantação recente das bandeiras tarifárias, talvez, seja possível avaliar uma mudança de curto prazo na tarifa média. Portanto, os resultados encontrados foram alinhados com os demais do setor, que avaliaram a existência de resposta do consumidor a variação do preço de energia elétrica.

Adicionalmente, foi observada uma relação da produção industrial com o consumo e a geração de energia elétrica. Isso é muito importante para a definição de políticas públicas de uso da energia elétrica. Pois, caso o governo defina uma política pública de uso eficiente de energia elétrica, por exemplo, a restrição do consumo de energia poderá afetar diretamente o crescimento econômico. Por outro lado, foi visto que a restrição econômica, via produção industrial ou políticas monetária e fiscal, também afetam o consumo da energia elétrica.

Por outro lado, é necessária uma melhor avaliação dos órgãos do setor, uma vez que, mesmo com a queda da ENA, houve uma redução da tarifa média de energia elétrica para os consumidores residenciais. Mesmo após o preço do PLD subir durante dois anos, a tarifa média

de energia só foi majorada dois anos após o início da crise energética. Dessa forma, os órgãos reguladores sinalizaram aos consumidores no período de crise, em que seria necessário reduzir o consumo, que deveriam consumir mais, uma vez que houve uma redução da tarifa média em 2012 e o aumento se deu apenas 2 anos depois.

O choque na ENA mostrou a relação positiva com a geração total e com a hidrelétrica, o que era esperado visto que a redução do ENA nos últimos anos levou a uma redução desta última geração e uma crise energética. Também foi observado a forte relação do consumo de energia elétrica com a produção industrial, algo comum em um País com grandes indústrias eletrointensivas.

No que tange o uso de variáveis relacionadas ao crescimento econômico, política fiscal e política monetária, foi detectada a dificuldade de relacionar essas variáveis ao setor elétrico brasileiro. O objetivo era avaliar o efeito dessas políticas, que não fosse representado pela produção industrial. Para a política fiscal, foi possível verificar uma resposta coerente com o choque aplicado. No caso da política monetária, as respostas foram satisfatórias.

Um choque positivo na política fiscal (política restritiva) levou a uma redução dos preços de energia, PLD, óleo diesel e tarifa média, ao mesmo tempo ocasionou a uma queda da produção industrial. Isso mostra um efeito externo ao setor influenciando os preços. Por outro lado, o choque positivo na Selic causou aumento no preço do diesel. Por outro lado, provocou redução da tarifa média e do PLD. Este último, dentre os preços selecionados, é o mais sensível às mudanças de curto prazo.

De forma geral, o trabalho alcançou o objetivo de avaliar as inter-relações das variáveis do setor elétrico brasileiro e demonstrar que as variáveis respondem de forma intuitiva aos choques aplicados. No entanto, foi possível observar que, em alguns casos, existe um controle do Estado sobre o setor. Isso foi verificado em variáveis que não responderam como o esperado, o que leva a uma insegurança dos agentes que participam do mercado de energia elétrica.

Para trabalhos futuros sugere-se utilizar o método PVAR para avaliar, por exemplo, a relação entre o setor elétrico e o setor produtivo no Brasil e compará-lo com países da América Latina. Outra pesquisa, poderia estar relacionada com a implantação do modelo de bandeiras tarifárias. Seria interessante avaliar a elasticidade das tarifas antes e depois da implantação dessa política pública.

6. REFERÊNCIAS

- ABRIGO, Michael R.M., e Inessa Love. “Estimation of Panel Vector Autoregression in Stata: a Package of Programs.” *Working Paper N° 16-2*, Janeiro de 2016.
- ANDRADE, Thompson A., e Waldir J. de A. Lobão. “Elasticidades renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil.” *Texto para Discussão n° 489*, 1997.
- ANEEL. *Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição*. 2016. Publicado em: <http://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita> (acesso em novembro de 2016).
- BALTAGI, Badi H. *Econometric analysis of panel data*. 3ª edição. Nova Deli: John Wiley & Sons, 2005.
- CANOVA, Fabio, e Matteo Ciccarelli. “Panel vector autoregressive models a survey.” *Working paper series*, janeiro de 2013: N° 1507.
- CASTRO, Nivalde de, Roberto Brandão, Nelson Hubner, Guilherme Dantas, e Rubens Rosental. “A Formação do preço da energia elétrica: experiências internacionais e o modelo brasileiro.” *Texto de Discussão do Setor Elétrico n° 62*, novembro de 2014.
- CCEE. *Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE*. Outubro de 2016. Publicado em: <https://www.ccee.org.br/>.
- _____. “infoMercado mensal N° 110.” agosto de 2016. Publicado em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/infomercado (acesso em novembro de 2016).
- CHANG, Chun Ping, e Chien Chiang Lee. “Energy consumption and GDP revisited: A panel analysis of developed and developing countries.” *Energy Economics*, 1 de fevereiro de 2007: 29: 1206-1223.
- CIARRETA, A., e A. Zarraga. “Economic growth-electricity consumption causality in 12 European countries: A dynamic panel data approach.” *Energy Policy*, 12 de março de 2010: 38: 3790-3796.
- ELLIOT, G., T.J. Rothenberg, e J.H. Stock. “Efficient tests for an autoregressive unit root.” *Econometrica*, 1996: 813-836.
- GARCEZ, Eduardo W., e André G. Ghirardi. “Elasticidades da demanda residencial de energia elétrica.” *Anais do XXXI Encontro Nacional de Economia*. Bahia: ANPEC, 2003.
- GOLDENBERG, José, e Luiz Tadeu Siqueira Prado. “Reforma e crise do setor elétrico no período FHC.” *Tempo Social*, 2003: 219-235.
- HOLTZ-EAKIN, Douglas, Whitney Newey, e Harvey S. Rosen. “Estimating vector autoregressions with panel data.” *Econometrica*, 1988: 56-6: 1371-1395.

- IM, Kyung So, M. Hashem Pesaran, e Yonhcheol Shin. “Testing for unit roots in heterogeneous panels.” *Journal of Econometrics*, 2003: 115: 53-74.
- IRFFI, Guilherme, Ivan Castelar, Marcelo Lettieri Siqueira, e Fabrício Carneiro Linhares. “Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime.” *Economia Aplicada*, Vol. 13, Nº 1, 2009: 69-98.
- LEVIN, Andrew, Chien-Fu Lin, e Chia-Shang James Chu. “Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties.” *Journal of Econometrics*, 2002: 108: 1-24.
- LOVE, Inessa, e Lea Zicchino. “Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from panel VAR.” *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 2006: 190-210.
- MEHRARA, Mohsen. “Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries.” *Energy Policy*, 5 de dezembro de 2006: 35: 2939-29.
- Ministério de Minas e Energia - MME. *Balanco energético nacional*. 2016. Publicado em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional> (acesso em outubro de 2016).
- MODIANO, Eduardo Marco. “Elasticidade-Renda e Preços da Demanda de Energia Elétrica no Brasil.” *Texto para Discussão nº 68*, maio de 1984.
- NG, S., e P. Perron. “Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power.” *Econometrica*, 2001: 69: 1519-1554.
- ONS. *Situação dos Principais Reservatórios do Brasil*. 02 de novembro de 2016. Publicado em: http://www.ons.org.br/tabela_reservatorios/conteudo.asp (acesso em 02 de novembro de 2016).
- PERRON, P. “The great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis.” *Econometrica*, 1989: 57: 1361-1401.
- RADDATZ, Claudio. “Are external shocks responsible for the instability of output in low-income countries?” *Journal of Development Economics*, 2 de novembro de 2006: 84: 155-187.
- RESENDE Júnior, Marlon. “Oferta e demanda de energia elétrica: o caso do mercado brasileiro.” *Dissertação de Mestrado*. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2011.
- SHIN, Jeong-Shik. “Perception of Price When Price Information Is Costly: Evidence from Residential Electricity Demand.” *The Review of Economics and Statistics*, Volume 67, novembro de 1985: 591-598.

TAYLOR, Lester D. “The Demand for Electricity: A Survey.” *The Bell Journal of Economics*, Vol. 6, No. 1, 1975: 74-110.

TCU. *TC 003.025/2015-2*. Acórdão, Brasília: Tribunal de Contas da União, 2015.

VIANA, Gustav Ives Mendes Nicácio, e Alexandre Lima Marques Silva. “Um modelo para projeções para demanda por energia elétrica, 2009-2017 para o setor residencial no Brasil.” *Revista Brasileira de Energia*, Volume 20, Nº 1, 2014: 107-126.

VINHADO, Fernando da Silva. “Ensaio sobre a transmissão das políticas monetária e macroprudencial na atividade bancária.” *Tese (Doutorado)*, 2016.



Campus I - QS 07 – Lote 01 – EPCT – Águas Claras – Brasília – DF CEP: 71966-700 - (61) 3356-9000
Campus Avançado Asa Norte - SGAN 916 Módulo B Avenida W5 - CEP: 70790-160 - Brasília/DF - Telefone: (61) 3448-7134
Campus Avançado Asa Sul - SHIGS 702 Conjunto 2 Bloco A - CEP: 70330-710 - Brasília/DF - Telefone: (61) 3226-8210