



A INTERDEPENDÊNCIA ENTRE AS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO RIO GRANDE DO SUL

Márcio Marcelo Gross¹ & Adriano Mendonça Souza²

RESUMO: O objetivo desse artigo foi analisar empiricamente as principais relações de interdependência entre as maiores distribuidoras de energia elétrica do Rio Grande do Sul (RS), (CEEE, AES e RGE) entre janeiro de 1998 e junho de 2013. A concentração do setor no estado também é analisada. Como abordagem econométrica utiliza-se o modelo VEC. De acordo com a decomposição da variância a ordem de influência no fornecimento de energia entre as distribuidoras é bem distinta. Tal fato pode ser explicado pelas diferenças de políticas administrativas e econômicas enfrentadas por cada empresa; sua participação no mercado, estrutura organizacional, e agilidade em reagir a mudanças no mercado ou nas suas concorrentes. Os resultados da estimação do modelo VEC se mostraram significativos em sua maioria a 10% de significância. Conclui-se que os resultados das metodologias empíricas corroboram a literatura e comprovam a influência existente entre as distribuidoras no seu fornecimento de energia elétrica. A partir de 2009 houve uma queda na concentração do mercado, porém as três maiores companhias detêm ainda mais de 80% do fornecimento de energia elétrica no estado do RS.

PALAVRAS-CHAVES: Modelo VEC, decomposição da variância, distribuidoras de Energia Elétrica no Rio Grande do Sul.

THE INTERDEPENDENCE BETWEEN POWER DISTRIBUTORS IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: : The objective of this article was to analyze empirically the main relations of interdependency between the biggest power distributors of Rio Grande do Sul (RS), (CEEE, AES, and RGE) from January, 1998 to June, 2013. The sector concentration in the state was also analyzed. The econometric approach used was the VEC model. According with the variance distribution, the influence magnitude in the power supply between the distributors is quite different. That can be explained by differences of administrative and economic policies faced by each enterprise; its market participation, organizational structure, and reaction agility to react to changes in market or in its concurrent. The results of the VEC model estimation proved to be significant mostly at a 10% of significance. It was concluded that the results of the empiric methodologies confirm the ones on the literature and proves the influence of the distributors in their electric power supply. Since 2009, there was a market concentration decay, but the these companies still holds more than 80% of the power supply in the Rio Grande do Sul state.

KEYWORDS: VEC Model, variance decomposition, power distributors.

¹ Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/PPGEP. E-mail: marcio-gross@hotmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/PPGEP. E-mail: amsouza.sm@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

No início dos anos 1990 o setor energético se encontrava com vários problemas, obras de construções de hidrelétricas paradas, a manutenção do sistema ficava cada vez mais ultrapassada, havia um setor que era usado para controle de preços e uma demanda crescente por energia. Sendo um setor crucial ao crescimento de qualquer país, a partir de 1995 novas medidas foram tomadas (HIROTA, 2006).

Várias companhias foram privatizadas nessa época, por exemplo, a CEEE-d2-AES, CEEE-d3-RGE, Escelsa, Enersul, Light, dentre tantas outras, inserindo o setor privado no setor. Essas privatizações não se devem unicamente a ineficiência do Estado na gestão do setor, mas contemplam também toda uma política mais liberal de desestatização, na qual o Estado se concentra em deter a função reguladora e fiscalizadora permitindo maior liberdade ao mercado em atender sua demanda futura (GREMAUD et al., 2009). De acordo com a Constituição de 1988 em seus artigos 21º e 175º compete a União explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão os serviços e instalações de energia elétrica (BRASIL, 1988). Assim, com a Lei nº 9.427 de dezembro de 1996 foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vinculada diretamente ao Ministério de Minas e Energia (MME), com a finalidade de regular e fiscalizar todas as fazes do setor elétrico nacional (BRASIL, 1996).

Para aperfeiçoar o sistema, foi criado o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), uma pessoa jurídica de direito privado sob a forma de associação civil sem fins lucrativos, criado em 1998, órgão responsável pela coordenação do Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da ANEEL³.

O SIN é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7% da capacidade de produção de eletricidade do país encontram-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2013). Com o SIN, busca-se diminuir o risco do sistema como um todo, pois no caso de um dos subsistemas estar passando por dificuldades, o outro poderá suprir as necessidades de forma a otimizar a oferta de energia elétrica, lembrando que a energia elétrica não pode ser armazenada em larga escala, sendo que toda energia produzida em determinado tempo também precisa ser consumida no mesmo tempo.

O setor energético ainda conta com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Criada em 2004 pela lei nº 10.847, que tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, sendo também uma

das principais fontes de informações do setor (BRASIL, 2004b). Há também o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) vinculado ao MME, que foi criado pela lei 10.848 de 2004, com a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2014).

O estado do Rio Grande do Sul é a quarta maior economia do país, respondendo por mais de 6% do PIB do país (IBGE, 2013). Em 2012, o estado possuía uma capacidade instalada de 7,247 Gigawatt-hora (GWh) e gerou 17.829 GWh, representando 14% da produção da região sul, e consumindo 36,3% da energia da região, além de possuir 38,6% dos consumidores da região (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013).

O crescimento econômico do estado do Rio Grande do Sul, assim como do restante do país, está extremamente ligado ao consumo de energia elétrica, o que torna relevante o estudo das interações entre as empresas detentoras das concessões para o fornecimento dessa energia. Partindo dessa premissa, o objetivo desta pesquisa é analisar as relações e influências existentes entre as três maiores companhias de energia elétrica do Rio Grande do Sul, a saber, AES-Sul (AES), Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) e Rio Grande Energia (RGE) (BRASIL. Ministério de Minas e Energia Elétrica. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014).

A hipótese a ser testada é verificar se o fornecimento de uma das companhias interfere/afeta o fornecimento na outra companhia e vice-versa. Outra hipótese a ser testada é em havendo interferência entre as companhias, por quanto tempo essa interferência perdurará. Além das relações entre as companhias, também é analisado a concentração do mercado de energia elétrica no RS pelas três companhias. Conforme Leite (1998), a concentração pode ser medida empiricamente através de sua mensuração.

Halmeman et al. (2013) em sua análise estatística de parâmetros elétricos utilizou blocos casualizados com arranjos fatorial, enquanto que Ramos e Silva (2012) para a determinação do custo e produção de energia na cultura da cana-de-açúcar utilizou otimização linear, como neste trabalho os dados estão em forma de séries temporais o uso de técnicas econométricas são as mais utilizadas por diferentes autores, como Souza et al. (2011) e Souza et al. (2013) que estudaram o comportamento do número de consumidores e o consumo de energia elétrica no Rio Grande do Sul, através de previsões lineares e não-lineares e análise de componentes principais. A análise específica da relação entre as distribuidoras de energia ainda é um tema pouco explorado, havendo muito espaço para estudos empíricos que venham a colaborar para um melhor conhecimento e domínio destas relações.

Através do SIN e do Ambiente de Contratação Livre (ACL), as empresas estabelecem entre si contratos bilaterais de compra e venda de energia com preços e

³ O ONS foi criado em 27 de maio de 1998, pela Lei nº 9.648/98 (BRASIL, 1998), com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/04 (BRASIL, 2004c) e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/04 (BRASIL, 2004a).

quantidades livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos, mesmo que cada empresa possua uma concessão determinada é possível existir a inter-relação entre elas; no caso de transmissão de uma estar deficitária, permitindo que essa deficiência seja suprida por outra empresa.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2022 prevê que haverá a ampliação entre o verificado em 2012 e 2022 da capacidade instalada de geração de energia elétrica, de 119,53 para 183,05 GW (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Decenal de Expansão de Energia 2022, 2013), frente a essas informações entender as inter-relações entre as empresas do setor se torna de extrema importância para a tomada de decisões.

O artigo está organizado desta forma: introdução, metodologia, resultados e considerações finais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste item apresentam-se as etapas da pesquisa e o modelo utilizado para atingir o objetivo proposto.

2.1 Material

As variáveis a serem estudadas são o fornecimento de energia elétrica pelas distribuidoras AES, CEEE e RGE, com valores agregados mensais no período de janeiro de 1998 até junho de 2013.

A fonte de dados utilizada foi a Federação de Economia e Estatística do RS (FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2013) com periodicidade mensal de janeiro de 1998 até junho de 2013.

2.2 Modelo vetor autorregressivo (VAR)

O uso de modelos VAR é adequado para atender aos objetivos desta pesquisa, pois através desses modelos é possível ver as relações existentes entre uma determinada variável e as demais, ou seja, permite analisar a dinâmica existente entre as variáveis. Nos modelos VAR cada variável endógena é explicada por seus valores defasados e pelos valores defasados de todas as outras variáveis endógenas do modelo, ao passo que normalmente não há variáveis exógenas presentes no modelo (ENDERS, 2009). Pode ser matematicamente representado por:

$$x_t = A_0 + \sum_{i=1}^p A_i x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Em que x_t é um vetor de variáveis endógenas, A_0 é um vetor de interceptos, A_i são matrizes e ε_t é um vetor de termos de erros utilizando-se das pressuposições usuais, estacionariedade de todas as séries, normalidade e ausência de autocorrelação entre os termos de erros. Um choque na $i^{\text{ésima}}$ variável não afeta apenas diretamente a $i^{\text{ésima}}$ variável do modelo, mas também é transmitida para as demais variáveis endógenas por meio da estrutura dinâmica do VAR.

Na aplicação de modelagem Vetor Auto Regressivo (VAR), é condição necessária de que as séries sejam estacionárias, não apresentem tendência ou sazonalidade, com média e variância constante ao longo do tempo, e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depende apenas da distância ou defasagem entre os dois períodos, e não do período de tempo efetivo em que a covariância é calculada (WOOLDRIDGE, 2010).

A estacionariedade pode ser identificada pelo teste Dickey-Fuller Aumentado (DFA)⁴. Este teste pode ser usado para o caso em que os u_t (resíduos) são correlacionados, ele identifica a presença ou ausência da raiz unitária a partir das hipóteses.

H_0 : a série não é estacionária;

H_1 : a série é estacionária;

Também foi utilizado o teste Phillips-Perron (PP)⁵ que possui as mesmas hipóteses do teste de DFA, porém se configura como um teste não-paramétrico que também pode ser usado na presença de correlação entre os u_t , tendo como hipóteses:

H_0 : a série não é estacionária;

H_1 : a série é estacionária;

O teste DFA e PP recebem críticas por possuírem baixo poder, dado pela dificuldade em rejeitar a hipótese nula quando esta é falsa, para suprir essa fragilidade será utilizado também o teste KPSS para confirmar os resultados de DFA e PP (ENDERS, 2009). O teste KPSS possui as seguintes hipóteses:

H_0 : a série é estacionária;

H_1 : a série não é estacionária;

A regressão de uma série não estacionária com outra não estacionária pode produzir uma regressão espúria. Caso as séries possuam raiz unitária, será necessário verificar a cointegração das mesmas, caso o resíduo da regressão seja estacionário, pode-se afirmar que a série cointegra, ou seja, há uma relação de longo prazo ou de equilíbrio entre elas. Mesmo as séries sendo individualmente não estacionárias, caso em conjunto elas cointegrem, a combinação linear elimina a tendência estocástica das séries.

2.3 Modelos Vector Error Correction (VEC)

Caso se verifique algum vetor de cointegração, o VEC deve ser usado, pois haverá relação de longo prazo, esse modelo incorpora essas informações e analisa se o modelo está em equilíbrio também no curto prazo. As

⁴ A formalização do teste pode ser encontrada em (BUENO, 2008) Econometria de Séries Temporais. São Paulo, Ed. CENGAGE Learning.

⁵ A formalização do teste pode ser encontrada em (BUENO, 2008) Econometria de Séries Temporais. São Paulo, Ed. CENGAGE Learning.

séries necessitam ter a mesma ordem de integração I(d), ou seja, possuírem o mesmo número de diferenciação para tornar a série estacionária. Esse modelo permite determinar a velocidade com que a série converge para o equilíbrio de longo prazo, ao inserir tanto elementos de longo quanto de curto prazo. Os elementos de longo prazo são captados pelas defasagens do resíduo da equação de cointegração. Se o coeficiente do VEC for significativo, não se está em equilíbrio no curto prazo, se não for significativo, então se está em equilíbrio no curto prazo (ENDERS, 2009).

Para se verificar a cointegração entre as variáveis uma opção é realizar o teste de cointegração de Johansen⁶ que tem por trás a estatística multivariada, permitindo a detecção de um ou mais vetores de cointegração através das estatísticas *traço* e *autovalor*. Este teste é preferível ao teste de Engle-Granger, pois permite a identificação de mais de um vetor de cointegração, caso exista. É necessário que as séries possuam a mesma ordem de integração para a realização do teste.

Hipóteses da estatística *traço*:

$H_0: r = 0;$

$H_1: r > 0;$

$H_0: r = 1;$

$H_1: r > 1;$

Hipóteses da estatística *autovalor*

$H_0: r = 0;$

$H_1: r + 1 = 0 + 1 = 1$

$H_0: r = 1$

$H_1: r + 1 = 1 + 1 = 2$

Antes de utilizar o modelo de Johansen, é preciso determinar a ordem do VAR, ou seja, o número de defasagens do modelo, a qual é determinada com base nos critérios AIC (critério de informação de Akaike) e SBIC (critério de informação de Schwarz).

2.3 Função impulso-resposta e decomposição da variância

A função impulso-resposta apresenta como a variância de determinada variável reage a um impulso de uma unidade na variância de outra variável ou da própria variável. Esta análise será utilizada para verificar com que intensidade e de que forma a demanda por energia de uma das regiões reage a choques nas variáveis explicativas do modelo; assim como, verificar após quantos períodos, passado o choque, a demanda da região se estabiliza novamente.

Complementando a análise, a decomposição da variância permite verificar em quais proporções a variância de

determinada variável é explicada por choques nela própria e por choques em outras variáveis no decorrer dos períodos. Esta análise possibilita mostrar quais regiões são mais explicativas da demanda de uma região em específico.

2.4 Modelo analítico

Na equação dois é apresentado o modelo que será usado neste trabalho, onde o fornecimento total de energia elétrica de cada companhia dependerá dos demais fornecimentos das três maiores companhias do estado, AES, CEEE e RGE.

$$F_t = A_0 + TRGE_i x_{t-i} + TAES_i x_{t-i} + TCEEE_i x_{t-i} + \epsilon_t \quad (2)$$

Onde, F_t é o fornecimento total da empresa em análise no período t , A_0 é a constante, $TRGE_i$, $TAES_i$ e $TCEEE_i$ são respectivamente as defasagens i das variáveis RGE, AES e CEEE (fornecimento total de energia de cada empresa) utilizadas no modelo de acordo com os critérios de informação nos períodos $t-i$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

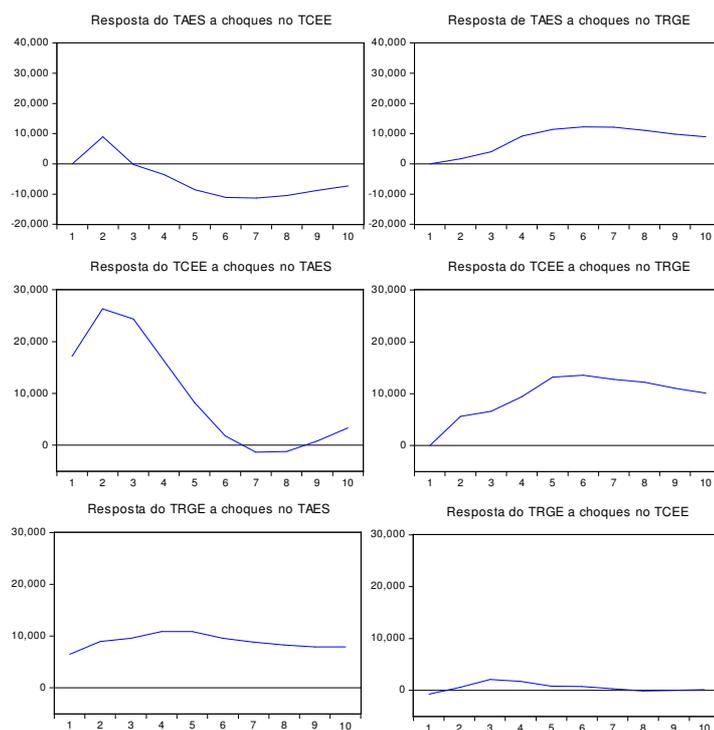


Figura 2 – Função Impulso Resposta para as variáveis TAES, TCEE e TRGE.

⁶ A formalização e aprofundamento do teste podem ser encontrados em (BUENO, 2008) Econometria de Séries Temporais. São Paulo, Ed. CENGAGE Learning.

A análise da decomposição da variância (ADV) para o TAES está apresentada na Tabela 3. Verifica-se que no momento inicial, o fornecimento de energia não sofre a influência de nenhuma outra série, apenas dela mesma. No fim de dois meses, a TCEEE apresenta uma pequena participação (3,45%) que diminui no quinto período (3,29%) e volta a subir no décimo (9,95%). De importância relativa muito menor, tem-se a TRGE (0,12%), mas que aumenta significativamente no quinto período (4,6%) e ainda mais no décimo período (12,56). Ao longo do período a TRGE passa a exercer influência maior do que a TCEEE exercia no início do período.

Tabela 3 - Análise da decomposição da variância para TAES.

Período	TAES	TCEEE	TRGE
1	100,00	0,00	0,00
2	96,42	3,45	0,12
5	92,10	3,29	4,60
10	77,48	9,95	12,56

Para a TCEEE a ADV está na Tabela 4. Destaca-se que já no primeiro período a TCEEE (54,86%) sofre influência significativa da TAES (45,13%) e nenhuma influência do TRGE. Já no quinto período a TAES (65,34%) influencia mais do que a própria TCEE (23,09%). No décimo período a influência da TAES (52,51%) reduz, a da TCEEE (18,73%) também, e sobe a influência da TRGE (28,74%). Os resultados sugerem que já no curto prazo a TCEEE sofre muita influência de seus concorrentes, o que aumenta no longo prazo.

Tabela 4 - Análise da decomposição da variância para TCEEE

Período	TAES	TCEEE	TRGE
1	45,13	54,86	0,00
2	63,29	34,68	2,02
5	65,34	23,09	11,55
10	52,51	18,73	28,74

Por sua vez, na Tabela 5 está a ADV para o TRGE. No primeiro período o TRGE (93,88%) praticamente não sofre influência dos demais fornecedores. Do segundo período a influência da TAES passa de 13,85% para 29,44% e a do TCEEE se mantém inferior a 1%. Os resultados indicam que no longo prazo é a TAES que influencia a TRGE, sendo a influência da TCEEE constante e insignificante no período.

Tabela 5 - Análise da decomposição da variância para TRGE

Período	TAES	TCEEE	TRGE
1	6,03	0,08	93,88
2	13,85	0,09	86,04
5	27,60	0,52	71,87
10	29,44	0,33	70,21

Na Figura 1 temos os resultados da concentração do fornecimento de energia elétrica no Rio Grande do Sul no período de 2006 a 2012 das três maiores fornecedoras de energia elétrica do estado, AES, CEEE e RGE em relação ao consumo total de energia elétrica no estado. Os resultados mostram que a concentração diminuiu de 2006 a 2007 passando de 88% para 86%, subindo até 2009 atingindo o pico de 88% novamente e então reduzindo consecutivamente até chegar em 2012 a 84%. Apesar de nos últimos anos, iniciando em 2009, ter reduzido a concentração no fornecimento de energia elétrica no estado, os valores ainda são muito altos, sobrando menos de 20% do mercado para as demais companhias fornecedoras de energia elétrica, indicando a grande parte do mercado que é dominada pelo oligopólio formado por AES, CEEE e RGE.

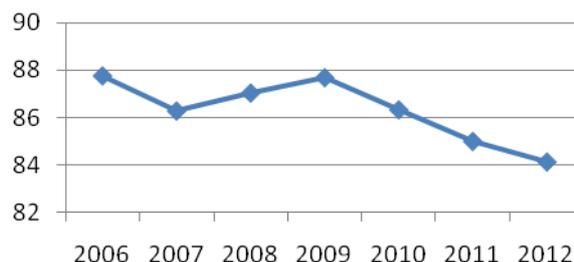


Figura 1 – Índice de concentração C3

Pelo significativo valor de energia fornecido pelas três companhias, as interações entre elas são de extrema importância, pois afetam quase 90% do fornecimento de energia no estado.

Na Tabela 1 apresentam-se os testes de estacionariedade realizados. Os resultados mostram que as três séries não são estacionárias em nível, já em primeira diferença elas apresentam-se estacionárias, o que se confirma pelos testes de DFA, PP e KPSS que chegaram às mesmas conclusões. Assim, todas as séries são de ordem um de integração, necessitando de uma diferença para serem estacionárias.

Tabela 1 - Testes de Estacionariedade de DFA, Phillips-Perron e KPSS para os dados mensais totais.

Variável	DFA*	PP*	KPSS**
taes(13)	-1,42	-3,38	1,16
tceee(11)	0,43	-2,96	1,74
trge(13)	-1,98	-2,86	1,73
dtaes(12)	-4,47	-13,06	0,14
dtceee(10)	-12,80	-20,07	0,07
dtrge(11)	-6,11	-39,56	0,15

* Com valores críticos de MacKinnon (1996), a 1% de significância de -3,46. ** Com valores críticos de Kwiatkowski et al. (1992, Tabela 1), a 1% de significância de 0,739. O número entre parênteses se refere ao número de defasagens utilizado no teste.

Como os testes de estacionariedade mostram que as séries não são estacionárias em nível, passa-se a realizar o teste de cointegração de Johansen o qual é apresentado na Tabela 2. Os resultados mostram existir pelo menos um vetor de cointegração no modelo, tanto pela estatística traço, quanto pela do autovalor, sendo assim, passa-se a estimar um modelo VEC.

Tabela 2 - Estatísticas traço e autovalor máximo

Vetores de cointegração	Teste do Traço	Vetores de cointegração	Teste do autovalor
Nenhum	44,069	r = 0	29,090
Pelo menos 1 integração	14,979*	r = 1	12,991*
Pelo menos 2 integrações	1,988*	r = 2	1,988*

* Valor crítico a 5% de significância maior que o valor calculado com base em MacKinnon et al. (1999).

A seguir encontram-se listados as equações (3), (4) e (5) estimadas pelo modelo de correção de erros vetorial.

$$\begin{aligned} \text{TAES} = & 169.193^{\circ\circ\circ} - 0.084^{\circ}(\text{TAES}_{t-1} + 3.036^{\circ\circ\circ}\text{TCEEE}_{t-1} - \\ & 3.373^{\circ\circ\circ}\text{TRGE}_{t-1} - 394308.4) - 0.049^{\circ} \circ (\text{TAES}_{t-1}) + 0.138^{\circ} \\ & \circ \circ (\text{TAES}_{t-2}) + 0.730^{\circ} \circ \circ (\text{TCEEE}_{t-1}) - 0.031^{\circ} \circ \circ \circ (\text{TCEEE}_{t-2}) \\ & - 0.218^{\circ} \circ (\text{TRGE}_{t-1}) - 0.250^{\circ} \circ (\text{TRGE}_{t-2}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{TCEEE} = & 657.479^{\circ\circ\circ} - 0.098^{\circ}(\text{TAES}_{t-1} + 3.036^{\circ\circ\circ}\text{TCEEE}_{t-1} - \\ & 3.373^{\circ\circ\circ}\text{TRGE}_{t-1} - 394308.4) + 0.500^{\circ}(\text{TAES}_{t-1}) + \\ & 0.256^{\circ}(\text{TAES}_{t-2}) + 0.022^{\circ}(\text{TCEEE}_{t-1}) - 0.167^{\circ}(\text{TCEEE}_{t-2}) - \\ & 0.110^{\circ}(\text{TRGE}_{t-1}) - 0.126^{\circ}(\text{TRGE}_{t-2}) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{RGE} = & 2203.273^{\circ\circ\circ} + 0.034^{\circ}(\text{TAES}_{t-1} + 3.036^{\circ\circ\circ}\text{TCEEE}_{t-1} - \\ & 3.373^{\circ\circ\circ}\text{TRGE}_{t-1} - 394308.4) + 0.145^{\circ}(\text{TAES}_{t-1}) + \\ & 0.087^{\circ}(\text{TAES}_{t-2}) - 0.060^{\circ}(\text{TCEEE}_{t-1}) - 0.075^{\circ}(\text{TCEEE}_{t-2}) - \\ & 0.480^{\circ}(\text{TRGE}_{t-1}) - 0.409^{\circ}(\text{TRGE}_{t-2}) \end{aligned} \quad (5)$$

Onde, ° = significativo a 5% de significância, °° = significativo a 10% de significância e °°° = significativo a mais que 10% de significância.

Na Equação (3) os resultados significativos em até 10% de significância indicam uma relação negativa entre o fornecimento passado de energia pela RGE e o da AES, ou seja, a medida que a RGE aumenta seu fornecimento, nos períodos seguintes a AES tem uma queda no seu fornecimento, revelando a interação negativa existente entre as empresas.

Já na Equação (4) todos os parâmetros se revelaram significativos em até 10% de significância, mostrando que os valores passados da AES tem uma relação positiva com a CEEE, indicando que o fornecimento entre as duas companhias é complementar, ou seja, á medida que aumenta o fornecimento da AES o da CEEE também aumenta. Já a RGE se mostra como uma concorrente, pois á medida que aumenta o seu fornecimento de energia o da CEEE diminui.

Enquanto que na Equação (5) os parâmetros significativos em até 10% de significância indicam que a AES é complementar em relação à RGE, á medida que aumenta o fornecimento pela AES o da RGE também

aumenta, mostrando resultado oposto ao apresentado na Equação (3), ou seja, quando a RGE passa a ser a variável dependente e a AES a explicativa, a relação entre as empresas apresenta resultados opostos do de quando é a AES a variável dependente, indicando que há uma relação de precedência entre as empresas para se verificar qual será o efeito verificado, dependendo de quem agir primeiro (preceder) o resultado será o oposto. Já a CEEE se revela como concorrente da RGE, pois um aumento no seu fornecimento diminui o da RGE corroborando com o resultado apresentado da Equação (4).

O Mecanismo de Correção de Erros (MCE) nas equações (3) e (4) ficou negativo indicando que no curto prazo o fornecimento de energia pela AES e CEEE está abaixo do equilíbrio do mercado. Já na Equação (5) o MCE ficou positivo indicando que no curto prazo o fornecimento de energia pela RGE está levemente acima do equilíbrio. Tais desequilíbrios se ajustam automaticamente nos períodos seguintes, pois os pequenos valores apresentados nos MCE são de pouco impacto.

Na Figura 2 são apresentados os resultados da função impulso-resposta das variáveis TAES, TCEEE e TRGE a choques de um desvio-padrão nessas variáveis. Utilizando a decomposição de Cholesky, pode-se verificar como os choques nas variáveis afetam as demais por meio da estrutura dinâmica do modelo. Como se pode verificar, todas as variáveis são afetadas por choques não esperados no curto prazo, com exceção da TRGE a choques na TCEEE que apresentou variação praticamente nula.

4 CONCLUSÃO

A concentração do mercado nessas três empresas, mesmo que tenha diminuído nos últimos anos, ainda se mostra muito alta, sobrando menos de 20% do mercado para outras empresas de menor porte. Pela função impulso resposta em média as variáveis demandam em torno de meio ano para retornarem ao seu patamar normal de equilíbrio após um choque de um desvio padrão na variável.

De acordo com os resultados da análise de decomposição de variância, verifica-se que a influencia, entre as empresas na determinação do fornecimento de energia de cada uma, é muito distinta. A AES no curto prazo praticamente não recebe influências das demais empresas, apenas no décimo mês que essas influências passam a ser relevante. Enquanto que a CEEE já no curto prazo é muito influenciada pelas demais, sendo que no longo prazo essa influencia só aumenta. A RGE sofre pouca influencia no curto prazo, mas no longo prazo essa influencia aumenta, mas não tanto como na CEEE.

Tal fato pode ser explicado pelas diferenças de políticas administrativas e econômicas enfrentadas por cada empresa; além da vulnerabilidade a que cada uma está exposta, bem como sua participação no mercado, estrutura organizacional, composição do capital social e agilidade em reagir a mudanças no mercado ou nas suas

concorrentes. Algumas das empresas podem ainda ter uma reação mais lenta por motivos como o engessamento que contratos ou acordos possam causar, comprometendo a adequada e eficiente reação que a empresa tomaria em um mercado totalmente flexível.

A AES se mostrou como empresa complementar, enquanto que a RGE como empresa concorrente em relação à CEEE. Já em relação à RGE, a AES se revelou complementar e a CEEE como concorrente. Esse resultado pode ser diferente a depender de qual variável preceder a outra, ou seja, dependendo de qual variável (empresa) agir primeiro, o comportamento da outra pode ser diferente.

Como sugestão para futuros trabalhos, sugerimos um estudo desagregado do fornecimento de energia elétrica, o qual poderia ser dividido por setores, como o residencial, industrial e rural.

5 REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia Elétrica. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrico**: aspectos institucionais. 2. ed. Brasília, DF, 2014. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/aspectos_institucionais/2_4_1.htm>. Acesso em: 11 abr. 2014.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: art. 21 e 175. Brasília, DF, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- BRASIL. Decreto nº 5.081, de 14 de maio de 2004. Regulamenta os artigos 13 e 14 da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e o art. 23 da Lei no 10.848, de 15 de março de 2004, que tratam do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 de maio de 2004a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5081.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- BRASIL. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 mar. 2004b. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nº 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 mar. 2004c. p. 2. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 1996. p. 28653. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427compilada.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- BRASIL. Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998. Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 1998. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9648cons.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- BUENO, R. L. S. **Econometria de séries temporais**. São Paulo: CENGAGE Learning, 2008.
- ENDERS, W. **Applied econometric time series**. Cidade: Nova Jersey, EUA. John Willey & Sons, 2009.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço energético nacional: ano base 2012. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf>. Acesso em: 1 out. 2013.
- FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. Indicadores: energia elétrica. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://feedados.fee.tche.br/consulta/menu_consultas.asp?tp_Pesquisa=var_Tabela>. Acesso em: 10 out. 2013.
- GREMAUD, A. P.; VACONCELLOS, M. A. S.; TONETO JUNIOR, R. **Economia brasileira contemporânea**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007. Cap. 20-23.
- HALMEMAN, M. C. R. et al. Análise estatística de parâmetros elétricos em usinas sucroalcooleiras do centro-oeste paulista. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n 1, p. 33-39, 2013. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/394/354>>. Acesso em: 10 abr. 2014
- HIROTA, H. H. **O mercado de concessão de transmissão de energia elétrica no Brasil**. 2006, Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)-Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96131/tde-26042007-114337/pt-br.php>>. Acesso em: 15 nov. 2013.
- IBGE. Sala de Imprensa. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?busca=1&id=1&idnoticia=2522&view=noticia>>. Acesso em: 15 nov. 2013.
- KWIAKOWSKI, D. et al. Testing the alternative of stationary against the alternative of a unit root: how sure are we that economic time series have a unit root.

Journal of Econometrics, Amsterdam, v., n., p. 159-178, 1992.

LEITE, A. L. S.; SANTANA, E. A. **Concentração e desempenho competitivo no complexo industrial de papel e celulose 1987-1996**. 1998. [105] f. Dissertação (Mestrado)-Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/leite/index.htm>>. Acesso em: 10 out. 2013.

MACKINNON, J. G. Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. **Journal of Applied Econometrics**, Amsterdam, v. 11, n. 6, p. 601-618, nov. 1996.

MACKINNON, J. G.; HAUG, A. A.; MICHELIS, L. Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration. **Journal of Applied Econometrics**, Amsterdam, v. 14, p. 563-577, 1999.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Conselhos e Comitês - CMSE. Brasília-DF, 2014. Disponível em <http://www.mme.gov.br/mme/menu/conselhos_comite/cmse.html>. Acesso em: 10 abr. 2014.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Conheça o Sistema: o que é o SIN: Sistema Interligado Nacional. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: 1 nov. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2013. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2022.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2013.

RAMOS, R. P.; SILVA, H. O. F. modelo matemático para determinação do custo e produção de energia na cultura da cana-de-açúcar. **Energia na Agricultura**, Botucatu,

v. 27, n. 1, p. 122-137, 2012. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/424/222>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

SOUZA, A. M. et al. Electrical energy supply for Rio Grande do Sul, Brazil, using forecast combination of weighted eigenvalues. **GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 6, n. 3, p. 23-39, jul./set. 2011. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/597/364>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

SOUZA, F. M.; SOUZA, A. M.; MENEZES, R. Análise Empírica do Número de Consumidores e do Consumo de Energia Elétrica no Rio Grande do Sul por meio de Modelos Matemáticos. **Espacios**, Caracas, v. 34, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a13v34n01/13340102.html>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 701 p.