

**RELAÇÃO DE LONGO PRAZO ENTRE A RENDA MÉDIA DOMICILIAR DA POPULAÇÃO E A DEMANDA RESIDENCIAL POR ENERGIA ELÉTRICA*****THE LONG-TERM RELATION BETWEEN THE AVERAGE DOMICILIAN INCOME OF THE POPULATION AND THE RESIDENTIAL DEMAND FOR ELECTRICITY***Anderson Garcia Silveira<sup>1</sup>Mariane Coelho Amaral<sup>2</sup>Viviane Leite Dias de Mattos<sup>3</sup>

**Resumo:** Identificar quais variáveis influenciam a demanda por energia elétrica, além de quantificar essa influência, é um passo importante para construir um modelo capaz de realizar previsões para o setor energético nacional. Uma das maneiras mais recomendadas para modelar séries econômicas não estacionárias, sem que a série perca suas propriedades econométricas, e com a finalidade de evitar o fenômeno da regressão espúria, é através do conceito de cointegração. Para que seja possível aplicar esse conceito, é necessário que as séries estudadas possuam a mesma ordem de integração. Os testes de raiz unitária são desenvolvidos com o intuito de verificar a estacionariedade em séries temporais. Os testes de DF e ADF são aplicados para encontrar a ordem de integração de duas séries temporais relacionadas ao consumo residencial de energia elétrica no Brasil: consumo e renda domiciliar média. A aplicação dos testes indica que ambas as séries possuem a mesma ordem de integração: I(1). Com a informação da ordem de integração das séries, foi possível testar, através do procedimento de Johansen, a existência de relação de cointegração entre as variáveis. A aplicação dos testes indica que existe relação de longo prazo entre as variáveis, bem como o vetor de cointegração é capaz de quantificar essa relação. Os resultados apontam que o consumo residencial de energia elétrica é inelástico à renda média domiciliar e indica que a renda média impacta positivamente no consumo.

**Palavras-chave:** Séries Temporais. Econometria. Cointegração. Testes ADF. Demanda por Energia.

**Abstract:** Identifying which variables influence the demand for electric energy, in addition to quantifying this influence, is an important step in building a model capable of forecasting for the national energy sector. One of the most recommended ways to model non-stationary economic series, without the series losing its econometric properties, and in order to avoid the phenomenon of spurious regression, is through the concept of cointegration. In order to apply this concept, it is necessary that the series studied have the same order of integration. The unit root tests are developed with the purpose of verifying stationarity in time series. The DF and ADF tests are applied to find the order of integration of two time series related to the residential consumption of electric energy in Brazil: consumption and average household income. The tests indicate that both series have the same order of integration: I (1). Through the order of integration of the series, it was possible to test, through the Johansen procedure, the existence

<sup>1</sup> Mestre, Universidade Federal do Rio Grande, a.garcia.ee@gmail.com.

<sup>2</sup> Mestre, Universidade Federal do Rio Grande, marianecamaral@gmail.com

<sup>3</sup> Doutora, Universidade Federal do Rio Grande, vivianeldm.furg@gmail.com.

of a cointegration relationship between the variables. The tests indicate that there is a long-term relationship between the variables, as well as the cointegration vector is able to quantify this relation. The results indicate that the residential consumption of electric energy is inelastic to the average household income and indicates that the average income has a positive impact on consumption.

**Keywords:** Time series. Econometrics. Cointegration. ADF Tests. Demand for Energy.

# 1 INTRODUÇÃO

A energia é imprescindível para a humanidade, não apenas para a sua sobrevivência, mas para transformar o ambiente habitado pelo homem a fim de atender suas necessidades. Na questão do suprimento energético, a energia elétrica apresenta-se como uma das mais versáteis e apropriadas fontes de energia, estando diretamente ligada ao desenvolvimento socioeconômico de diversas nações (ANEEL, 2002). Atualmente, a presença da energia elétrica auxilia a humanidade nas mais diversas situações em seu dia a dia, estando presente em diversos setores da sociedade, tais como: educação, saúde, cultura, lazer e economia.

Considerando que o conhecimento prévio da evolução do consumo de energia elétrica pode, além de evitar problemas como a chamada crise do apagão, ocorrida em 2001 e 2002, servir de base para o planejamento da infraestrutura do país, é fundamental que se estude a demanda de energia e os fatores que a influenciam. Saber como a demanda de energia elétrica responde à variação da renda da população, por exemplo, fornece um forte indício de como o consumo de energia elétrica do país está relacionado ao seu crescimento econômico.

Diante disso, este trabalho busca encontrar a relação de longo prazo entre a demanda residencial por energia elétrica no Brasil e a renda média per capita domiciliar da população. Para realizar a modelagem será proposta uma função de elasticidade da demanda, que será estimada através de uma adaptação de um modelo de vetores autorregressivos (VAR) denominada técnica de cointegração. Os modelos VAR consideram mais de uma variável endógena, sendo cada uma explicada por seus valores defasados e pelos valores defasados de outras variáveis também endógenas ao modelo (Gujarati & Porter, 2011).

Durante muito tempo utilizou-se procedimentos de diferenciação para evitar a presença de tendência estocástica nas séries temporais, uma vez que as séries econômicas geralmente têm essa tendência removida após serem diferenciadas. Porém, segundo Engle e Granger (1987), estes procedimentos

removem toda a lógica de equilíbrio da teoria econômica, razão pela qual foi introduzido o conceito de cointegração nessa teoria.

A base do raciocínio da cointegração é que mesmo que as séries sejam não estacionárias, pode existir uma relação de equilíbrio a longo prazo entre elas, de modo que se diz que essas séries cointegram. Para que seja possível utilizar o conceito de cointegração, deve-se garantir que as séries analisadas possuam a mesma ordem de integração. Esta ordem representa o número de vezes que é necessário diferenciar a série para que ela se torne estacionária. Quando é necessário diferenciar “d” vezes uma série para que ela se torne estacionária, essa série é dita integrada de ordem d, sendo denotada como I(d).

Deste modo, o primeiro passo para a aplicação da cointegração consiste na verificação da existência de raiz unitária nas séries estudadas, o que pode ser feito por meio dos testes Dickey-Fuller (DF) e Dickey-Fuller Aumentado (ADF), propostos por Dickey e Fuller (1981), os quais consideram como hipótese nula a presença de raiz unitária, indicando não estacionariedade. Com a informação sobre a ordem de integração de cada série envolvida na análise, aplica-se o procedimento de Johansen, apresentado em Johansen (1988), para testar a existência de relação de longo prazo entre as variáveis.

Portanto, através da aplicação do procedimento de Johansen será possível determinar a presença, e quantificar a relação de longo prazo entre a renda média per capita domiciliar da população e o consumo residencial de energia elétrica.

## **2 METODOLOGIA**

Os dados sobre o consumo de energia elétrica do setor residencial e a renda média domiciliar per capita da população brasileira entre os anos de 1976 e 2017 têm como fonte Eletrobras (2017) e o IBGE (2017), respectivamente. Estes dados são disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) por meio de seu banco de dados, o IPEADATA.

Inicialmente é apresentada a função de demanda (Seção 2.1), e, em seguida, é feita uma transformação logarítmica para que a função multiplicativa se torne aditiva.

Logo é realizado o tratamento e a análise das séries estudadas, através de transformação logarítmica, seguida de análise gráfica de ambas em nível e em primeira diferença. Após, são aplicados os testes para verificar a estacionariedade das séries e determinar sua ordem de integração: testes DF e ADF, mostrados na Seção 2.2. Com a informação sobre a ordem de integração de cada série, define-se o modelo VAR (Seção 2.3) e aplica-se o teste de Johansen, abordado na Seção 2.4, para verificar a existência de cointegração entre as variáveis.

Todos esses procedimentos são realizados com o auxílio do software livre *GnuRegression, Econometrics and Times-Séries Library (Gretl)* criado por Cottrell (2018).

## 2.1 Função de Demanda

Considerando que o país pode suprir toda a demanda de energia elétrica, podemos considerar que esta demanda é equivalente ao consumo. Assim, podemos trabalhar com o modelo da função de demanda residencial por energia elétrica, que usualmente pode ser representado por uma função de Cobb-Douglas, conforme Modiano (1984), Andrade & Lobão (1997), Schmidt & Lima (2004), Mattos & Lima (2005), Leite (2006), Lima (2011), Viana & Silva (2014) e Silveira & Mattos (2017). De acordo com Ferreira & Silva (2015), esta função foi proposta em 1928 partindo do princípio de que a produção é determinada por um modelo multiplicativo definido a partir da quantidade de capital investido e da mão de obra empregada. Na modelagem da demanda de energia, esta função multiplicativa assume a forma da Equação 1, que é transformada pela função logarítmica em uma função aditiva, de acordo com a Equação 2, facilitando a determinação de seus parâmetros.

$$C_t = k \cdot R_t^a \quad (1)$$

Aplicando logaritmo natural em ambos os lados da equação não linear, tem-se:

$$\ln C_t = \ln k + a \cdot \ln R_t \quad (2)$$

onde, no tempo  $t$ :  $C_t$  é o consumo residencial;  $k$  é uma constante positiva, cujo seu logaritmo representa o intercepto da função de demanda;  $R_t$  é a renda média domiciliar per capita da população.

## 2.2 Testes de Dickey-Fuller

De acordo com Gujarati & Porter (2011), o teste de Dickey-Fuller considera o modelo apresentado na Equação 3:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + U_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad t=1,2,3,\dots,N \quad (3)$$

onde:  $Y_t$  é a série a ser modelada;  $\rho$  é o coeficiente de  $Y_{t-1}$ ; e  $U_t$  é um termo de ruído branco.

Para a realização do teste, a Equação 3 é trabalhada na forma de diferenças, conforme a Equação 4:

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + U_t = (\rho - 1) Y_{t-1} + U_t \quad (4)$$

que pode ser reescrita conforme a Equação 5:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + U_t \quad (5)$$

onde:  $\delta = \rho - 1$  e  $\Delta$  é o primeiro operador da diferença.

Em Dickey & Fuller (1981) é demonstrado que, sob a hipótese nula de que  $\delta = 0$ , o valor estimado do coeficiente de  $Y_{t-1}$  na Equação 5 não segue uma distribuição de t-student, mas a distribuição de uma estatística denominada  $\tau$  (tau). Mediante a utilização da simulação de Monte Carlo, apresentada em Mooney (1997), os autores computaram os valores fundamentais dessa estatística.

Na prática, é testada a hipótese de que  $\delta = 0$ , o que implica em  $\rho = 1$ , e, conseqüentemente, na presença de uma raiz unitária, de modo que são construídas as seguintes hipóteses:

$H_0$ :  $\delta = 0$  (o modelo possui raiz unitária, a série não é estacionária);

$H_1$ :  $\delta < 0$  (o modelo não possui raiz unitária, a série é estacionária).

Nos casos de  $U_t$  correlacionados, pode-se aplicar o teste de Dickey-Fuller Aumentado, que parte do mesmo princípio mostrado acima, porém considerando valores defasados da variável dependente  $\Delta Y_t$ . Neste teste define-se o número de defasagens das diferenças empiricamente, primeiro escolhendo um valor elevado e verificando a significância da última defasagem. Diminui-se então o número de defasagens até que a última seja estatisticamente significativa. Após encontrar o número ótimo de defasagens, parte-se para a inclusão de constante e tendência, onde são testados os seguintes modelos, baseados em Dickey & Fuller (1981): sem constante ou tendência - Equação 6, com a inclusão de constante ( $\beta_1$ ) - Equação 7, ou ainda com constante e tendência ( $\beta_1 + \beta_2 t$ ) - Equação 8.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + U_t \quad (6)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + U_t \quad (7)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + U_t \quad (8)$$

Compara-se o valor da estatística  $\tau$  com valores tabelados para servir de suporte à tomada de decisão. Nesse estudo adotou-se o nível de significância de 5%.

### 2.3 Ordem do modelo VAR

Antes de realizar o teste de cointegração é preciso definir a ordem do modelo VAR (Vetores Autorregressivos) a ser utilizado. Para isso, são consideradas várias defasagens, sendo escolhida a que minimiza os resultados dos testes de critério de informação de Akaike (CIA) (Akaike, 1973), Schwarz

(CIS) (Schwarz, 1978) e Hannan-Quinn (CIHQ) (Hannan & Quinn, 1979), conforme as equações 9, 10 e 11:

$$\ln CIA = \frac{2g}{N} + \ln\left(\frac{SQR}{N}\right) \quad (9)$$

$$\ln CIS = \frac{g}{N} \ln(N) + \ln\left(\frac{SQR}{N}\right) \quad (10)$$

$$\ln CIHQ = \frac{2g}{N} \ln(\ln(N)) + \ln\left(\frac{SQR}{N}\right) \quad (11)$$

onde:  $g$  é o número de regressores;  $SQR$  é a soma dos quadrados dos resíduos;  $N$  é o número de observações.

## 2.4 Teste de Cointegração

De acordo com Enders (2008), o procedimento de Johansen pode testar a cointegração quando existe mais de uma variável explicativa, o que permite trabalhar com múltiplas variáveis. Consiste então, em estimar os vetores cointegração através de um vetor autorregressivo, por máxima verossimilhança.

Para que seja possível demonstrar o procedimento de Johansen (1988) em um teste de cointegração de  $n$  variáveis, consideremos o vetor  $X_t$  com  $p$  defasagens, conforme a Equação 12:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + A_3 X_{t-3} + \dots + A_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (12)$$

onde:  $X_t$  = vetor de variáveis ( $n \times 1$ );  $A_i$  =  $i$ -ésima matriz dos coeficientes ( $n \times n$ ); e  $\varepsilon_t$  = vetor de erros ( $n \times 1$ ).

Subtraindo  $X_{t-1}$  de ambos os lados da Equação 12, considerando que  $I$  é a matriz identidade, tem-se a Equação 13:

$$\Delta X_t = (A_1 - I) \Delta X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + A_3 X_{t-3} + \dots + A_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Agora, somando e subtraindo  $(A_1-I)X_{t-2}$  da Equação 13, tem-se a Equação 14:

$$\Delta X_t = (A_1 - I)\Delta X_{t-1} + (A_2 - A_1 - I)\Delta X_{t-2} + A_3 X_{t-3} + \dots + A_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (14)$$

Seguindo, obtém-se a Equação 15:

$$\Delta X_t = \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i \Delta X_{t-i} + \pi X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (15)$$

onde:  $\pi = -\left(I - \sum_{i=1}^p A_i\right)$  e  $\pi_i = -\left(I - \sum_{j=1}^i A_j\right)$

A Equação 15 representa o posto da matriz  $\pi$ , que é igual ao número de vetores independentes de cointegração. Caso o posto seja zero, a matriz é nula; caso o posto seja um, existe apenas um vetor de cointegração. Nos demais casos ( $1 < \text{posto}(\pi) < n$ ) existem múltiplos vetores de cointegração.

Como o posto de uma matriz é igual ao número de suas raízes características diferentes de zero, a análise dos vetores de cointegração pode ser feita através da análise de significância das raízes estimadas da matriz  $\pi$ .

Desta maneira, o teste de cointegração proposto por Johansen (1988) é composto pelas equações 16 e 17.

$$\lambda_{\text{trace}}(r) = -N \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \lambda_i) \quad (16)$$

$$\lambda_{\text{max}}(r, r+1) = -N \ln(1 - \lambda_{r+1}) \quad (17)$$

onde:  $\lambda_i$  são os valores estimados das raízes características (autovalores), obtidos da matriz  $\pi$  estimada; e N é o número de observações.

Na Equação 16 assume-se como hipótese nula a existência de  $r^*$  vetores de cointegração e como hipótese alternativa  $r > r^*$  vetores de

cointegração. A Equação 17 é usada para testar a hipótese existência de  $r$  vetores de cointegração contra a hipótese alternativa de  $r+1$  vetores.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir da representação de uma série temporal por um gráfico em linhas, é possível fazer uma avaliação inicial sobre a necessidade de inclusão ou não de tendência e constante. Para efeito de análise, os dados foram transformados em índices, todos iniciando no valor 100 para o ano de 1975. O gráfico da série temporal dos dados originais para o consumo pode ser visto na Figura 1 e para a renda média, na Figura 2.

**Figura 1** - Evolução do consumo de energia através do tempo

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

As séries em primeira diferença para o consumo e para a tarifa podem ser observadas nos gráficos em linha na Figura 3 e na Figura 4, respectivamente.

**Figura 2** - Evolução da renda média domiciliar per capita através do tempo

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

**Figura 3** - Variação do consumo residencial de energia elétrica através do tempo

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

**Figura 4** - Variação da renda média domiciliar per capita através do tempo

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Após definir o número máximo de defasagens para cada série, para a realização do teste ADF foram estimadas as equações Equação 4, Equação 5 e Equação 6, verificando se a constante e a tendência eram significativas. Para a variável consumo, a Equação 4 apresentou o coeficiente de  $Y_{t-1}$  positivo, devendo ser rejeitada, pois implicaria que a série seria explosiva. Foi verificado que apenas a constante é significativa. Para a variável renda, assim como para o consumo, apenas a constante apresentou-se significativa. Os p-valores encontrados pelos testes ADF são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Testes de ADF para ambas as variáveis em nível

Variável	Defasagens	Constante e/ou tendência	p-valor
C	1	Constante	0,2352
R	1	Constante e tendência	0,3328

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Em seguida, foram realizados os mesmos testes para as variáveis em primeira diferença. Neste caso, apenas a constante se apresentou significativa para ambas as séries. Os resultados dos testes para as variáveis em primeira diferença são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Testes de ADF para ambas as variáveis em primeira diferença

Variável	Defasagens	Constante e/ou tendência	p-valor
dC	0	Constante	0,005799
dR	1	Constante	3,779e-008

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, pode-se notar que os testes apresentam indícios de que ambas as séries se apresentam como não estacionárias para os dados originais e estacionárias em primeira diferença. Considerando nível de significância 5%, no primeiro caso, com os dados originais, segundo o teste ADF, não são encontradas evidências

de que as séries são estacionárias. Os testes com os dados em primeira diferença permitem chegar à conclusão de que, segundo o teste ADF, são encontradas evidências de que as séries são estacionárias.

Sendo ambas as séries com  $I(1)$ , são aplicados os testes para a definição do número de defasagens a serem incluídas no modelo VAR, cujos resultados podem ser observados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Testes de seleção de defasagens para o modelo VAR

<b>Defasagem</b>	<b>CIA</b>	<b>CIS</b>	<b>CIHQ</b>
1	4,78469*	5,12944*	4,90735*
2	4,81994	5,33707	5,00393
3	4,91587	5,60538	5,16120

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Na Tabela 3, os três critérios de seleção apontam que o modelo a ser escolhido deve conter uma defasagem.

Com o modelo definido, considerando uma defasagem, são aplicados os testes de Johansen para verificar a existência de cointegração entre as variáveis. Os resultados dos testes de lambda traço e lambda max são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Testes de Cointegração de Johansen

<b>Número de Vetores</b>	<b>Autovalor</b>	<b>Lambda traço</b>	<b>Lambda max</b>
		<b>(p-valor)</b>	<b>(p-valor)</b>
0	0,76386	0,0000	0,0000
1	0,13176	0,2273	0,2269

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Através dos resultados apresentados na Tabela 4, é possível concluir que tanto o teste lambda traço, quanto o lambda max apontam que existe um vetor de cointegração entre as variáveis Consumo e Renda. Uma vez que não é possível rejeitar a hipótese da existência de um vetor de cointegração considerando o nível de significância de 0,05. O vetor de cointegração entre as variáveis, normalizado em relação ao consumo, pode ser visualizado na Tabela 5.

**Tabela 5** - Vetor de Cointegração

<b>Consumo</b>	<b>Renda</b>	<b>Constante</b>
1	-0,94126	-26,201

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos testes aplicados indicam que as variáveis são não estacionárias, porém passam a se tornar estacionárias após serem diferenciadas uma única vez. Deste modo, ambas as séries possuem a mesma ordem de integração:  $I(1)$ . Com isso, foi possível aplicar o procedimento de Johansen para testar a existência de cointegração entre as variáveis.

Os testes de Johansen permitem chegar à conclusão de que existem evidências de que as séries estudadas possuem relação de longo prazo. Esta relação foi quantificada através do vetor de cointegração normalizado. O vetor indica que a demanda por energia se mostrou inelástica à renda média residencial, porém próxima à elasticidade unitária. O vetor de cointegração também permite concluir que a renda média residencial per capita da população impacta positivamente na demanda por energia. Este fato já era esperado, uma vez que quanto maior o poder aquisitivo da população, maior a possibilidade de haver itens que consomem eletricidade em suas residências.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se a inclusão de novas variáveis no modelo, como tarifa e preços de bens eletrodomésticos, por exemplo. Além disso, recomenda-se a aplicação de um modelo de correção de erros para ajustar a relação de curto prazo entre as variáveis e possibilitar a realização de previsões, uma vez que o vetor de cointegração está relacionado apenas à relação de longo prazo.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models. **Biometrika**, v. 60, n. 2, p. 255-265, 1973.

ANDRADE, T. A.; LOBÃO, W. J. A. Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. 1997.

ANEEL. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica. 2002. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf). Acesso em: out de 2018

COTTRELL, A. Gretl. Version X11. Free Software Foundation, 2018. Disponível em <http://gretl.sourceforge.net>. Acesso em: ago. de 2018.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1057-1072, 1981.

ELETROBRAS. Boletim siese: consumo de energia elétrica no Brasil. 2017. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: out de 2018.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. John Wiley & Sons, 2008.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. WJ. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, p. 251-276, 1987.

FERREIRA, J. S. P.; SILVA, N. R. B.. Determinação dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da função de Cobb-Douglas, através do método dos mínimos quadrados. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 3, n. 1, 2015.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica-5**. Amgh Editora, 2011.

HANNAN, E. J.; QUINN, B. G. The determination of the order of an autoregression. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, p. 190-195, 1979.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). 2017. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: out de 2018.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of economic dynamics and control**, v. 12, n. 2-3, p. 231-254, 1988.

LEITE, S. Q. Projeções para a demanda por energia elétrica no Brasil, 2006-2015. **Rio de Janeiro: Faculdades Ibemec**, 2006.

LIMA, H. C. G. A demanda setorial de energia elétrica em Pernambuco. 2011.

SILVEIRA, A. G.; DE MATTOS, V. L. D.; KONRATH, A.C. Avaliação da estacionariedade e teste de cointegração em séries temporais: o caso da demanda de energia elétrica residencial no Brasil. **RETEC-Revista de Tecnologias**, v. 9, n. 3, 2017.

MODIANO, E. **Elasticidade-renda e preços da demanda de energia elétrica no Brasil**. Texto para discussão, 1984.

MOONEY, C. Z. **Monte carlo simulation**. Sage Publications, 1997.

SCHWARZ, G. et al. Estimating the dimension of a model. **The annals of statistics**, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.

SILVEIRA, A. G. ; MATTOS, V. L. D. . Estudo da demanda de energia elétrica no Brasil. 1. ed. <https://www.nea-edicoes.com>: **Novas Edições Acadêmicas**, 88p. 2017.

VIANA, G. I. M. N.; SILVA, A. L. M. Um modelo para projeções para demanda por energia elétrica, 2009-2017 para o setor residencial no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 20, p. 107-126, 2014.

---

**Edição especial** - 8º MCSul - Conferência Sul em Modelagem Computacional e VIII SEMENGO - Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica.

**Enviado em:** 05 fev. 2019

**Aceito em:** 20 fev. 2019

**Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.2, abril de 2019.**

**Editores responsáveis:** João Paulo Silva Lima / Liércio André Isoldi / Mateus das  
Neves Gomes