

## AVALIAÇÃO DA ESTACIONARIEDADE PARA O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: APLICAÇÃO DOS TESTES DE DF E DE KPSS

ANDERSON GARCIA SILVEIRA<sup>1</sup>; ANDREA CRISTINA KONRATH<sup>2</sup>  
VIVIANE LEITE DIAS DE MATTOS<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Santa Catarina – andreack@gmail.com*

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

### 1. INTRODUÇÃO

A escolha correta de um modelo que descreva o comportamento de uma série temporal depende da análise da sua estacionariedade. Segundo GUJARATI; PORTER (2011), uma série é estacionária se sua média e sua variância são invariantes ao longo do tempo. A presença de tendência estocástica ou raiz unitária em séries temporais, caracteriza a não estacionariedade, faz com que as previsões se tornem mais imprecisas conforme o distanciamento do último ponto da amostra aumente. Outrossim, séries com tendência estocástica levam ao problema da regressão espúria.

De acordo com SCHIMIDT; LIMA (2004), as séries econômicas geralmente são estacionárias em primeira diferença, apresentando, deste modo, ordem de integração igual a um. Porém, mesmo que a grande maioria das séries econômicas apresentem este comportamento, podem existir outras ordens de integração para estas séries.

Este trabalho busca comparar o desempenho de dois diferentes testes para a avaliação da estacionariedade de séries temporais. O primeiro teste abordado é o teste de Dickey-Fulley (DF), o qual tem como hipótese nula a presença de raiz unitária em relação aos dados obtidos, indicando não estacionariedade. Em contrapartida, o segundo teste abordado, o KPSS, parte da premissa de que, ao ter sua hipótese nula aceita, a série é estacionária.

Na modelagem do consumo de energia elétrica, com o intuito de avaliar a relação de variáveis a longo prazo e ainda realizar previsões, é fundamental verificar se as séries estudadas possuem a mesma ordem de integração. Nesse sentido, ambos os testes são aplicados no mesmo conjunto de dados: a série temporal do consumo residencial de energia elétrica no Brasil durante os últimos trinta anos, com periodicidade anual.

### 2. METODOLOGIA

Os dados sobre o consumo de energia elétrica do setor residencial no Brasil, entre os anos de 1985 e 2014, tem como fonte a ELETROBRAS (2016) e são disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) por meio de seu banco de dados, o IPEADATA. A modelagem da série é feita pelo método dos mínimos quadrados, precedendo a realização dos testes DF e KPSS, descritos a seguir.

O teste de Dickey-Fulley considera o modelo:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (1)$$

onde  $u_t$  é um termo de ruído branco.

No trabalho de Dickey; Fuller (1981) é demonstrado que, sob a hipótese nula de que  $\rho=1$ , o valor estimado do coeficiente de  $Y_{t-1}$  na Equação 1, “t”, segue a estatística  $\tau$  (tau). Mediante a utilização da simulação de Monte Carlo, os autores computaram os valores fundamentais desta estatística.

Para a realização do teste, a Equação 1 é trabalhada na forma de diferenças, conforme Equação 2:

$$\begin{aligned} Y_t - Y_{t-1} &= \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t \\ &= (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (2)$$

Que pode ser escrita conforme Equação 3:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (3)$$

em que  $\delta = \rho - 1$  e  $\Delta$  é o operador da primeira diferença.

Estima-se então a equação em primeira diferença (Equação 2) em vez da equação com os dados coletados (Equação 1), testando 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).

No caso de  $\delta = 0$ , tem-se que  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = u_t$ , ou seja, a série é estacionária em primeira diferença, mas em sua forma original é um passeio aleatório. Cabe salientar, que o teste pode ser aplicado em modelos com a inclusão de constante e tendência, adicionando-as à Equação 1, quando forem relevantes.

O teste KPSS, proposto por Kwiatkowski et al. (1992), avalia a estacionariedade considerando um modelo com tendência, passeio aleatório e erro, conforme Equação 4:

$$y_t = \vartheta t + r_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

em que  $\vartheta$  é uma constante,  $\varepsilon_t$  é estacionário, e  $r_t = r_{t-1} + u_t$ , onde  $u_t$  é i.i.d. com média zero e variância  $\sigma_u^2$ .

Considerando que  $e_t$  representa os resíduos de uma regressão em  $y$  explicado pelas componentes de tendência, passeio aleatório e intercepto, um estimador para a variância dos erros dessa regressão é dado pela Equação 5.

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{SQE}{N} \quad (5)$$

Define-se a soma parcial dos resíduos, conforme Equação 6,

$$S_t = \sum_{i=1}^t e_i, \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (6)$$

de modo que a estatística de teste LM é dada pela Equação 7:

$$LM = \sum_{t=1}^N \frac{S_t^2}{N^2 \hat{\sigma}_\varepsilon^2} \quad (7)$$

onde N é o número de observações.

Esta estatística é utilizada para testar as hipóteses:

H<sub>0</sub>:  $\sigma_u^2 = 0$  (o modelo não possui raiz unitária, a série é estacionária);

H<sub>1</sub>:  $\sigma_u^2 > 0$  (o modelo possui raiz unitária, a série não é estacionária).

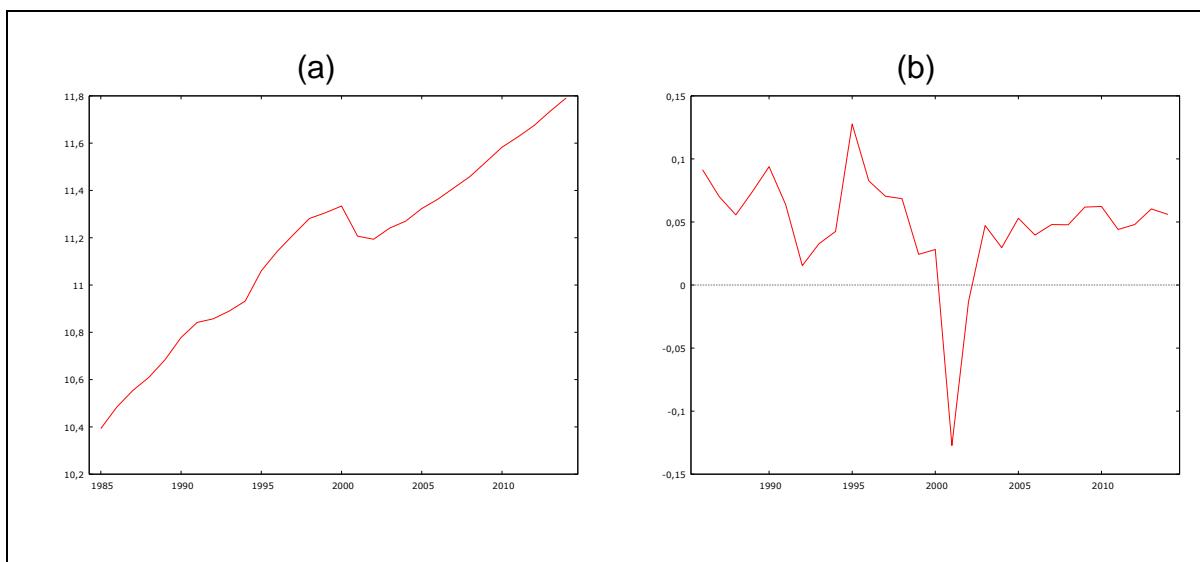
No teste DF, compara-se o valor da estatística  $\tau$  com valores tabelados para servir de suporte à tomada de decisão. Com o mesmo intuito, no teste KPSS, os valores da estatística de teste LM são comparados com valores tabelados.

Os procedimentos descritos são realizados com o auxílio do software livre *gretl*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do gráfico da série temporal, é possível observar a necessidade de inclusão ou não de tendência e constante. O gráfico da série temporal dos dados originais pode ser observado na Figura 1a, e a representação gráfica da série em primeira diferença, na Figura 1b.

Figura 1- Consumo de energia: (a) em nível; e (b) em primeira diferença.



Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados dos testes para os dados originais são apresentados na Tabela 1, enquanto os relativos a primeira diferença podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 1 – Resultados dos testes para os dados originais

Variável	p-valor	
	DF	KPSS
Consumo	> 0.05	< 0.05

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 2 – Resultados dos testes em primeira diferença

Variável	p-valor	
	DF	KPSS
dConsumo	< 0.05	> 0.05

Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com as informações apresentadas nas Tabelas 1 e 2, pode-se notar que ambos os testes apresentam indícios de que a série se apresenta como não estacionária para os dados originais e estacionária em primeira diferença. Considerando nível de significância 5%, no primeiro caso, com os dados originais, segundo o teste DF ( $p\text{-valor} > 0,05$ ), não são encontradas evidências de que a série é estacionária. Já, segundo o teste KPSS ( $p\text{-valor} < 0,05$ ), são encontradas evidências de que a série não é estacionária.

Os testes com os dados em primeira diferença permitem chegar às seguintes conclusões: segundo o teste DF ( $p\text{-valor} < 0,05$ ), são encontradas evidências de que a série é estacionária; já para o teste KPSS ( $p\text{-valor} > 0,05$ ), não são encontradas evidências de que a série não é estacionária.

#### 4. CONCLUSÕES

Os testes utilizados para avaliar a estacionariedade trabalham com hipóteses opostas e podem ser considerados complementares. Para tomar a decisão com mais segurança, é indicado que se realize ambos os testes, de modo que quando seja rejeitada hipótese nula do DF e aceita a do KPSS, há indícios de que a série seja estacionária. Já no caso em que a hipótese nula do teste DF é aceita e a do KPSS é rejeitada, há indícios de que a série seja não-estacionária.

No presente estudo, os resultados obtidos pelos dois testes permitem chegar à conclusão de que existem evidências de que a série estudada é integrada de ordem um.

Como recomendação de investigação futura sugere-se a aplicação teste de Phillips – Perron, para verificar se existe ou não diferença entre os testes aplicados neste estudo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 58, n. 1, p. 68-98, 2004.

ELETROBRAS. Estudo de mercado. **Boletim Siese: consumo de energia elétrica no Brasil**, 2016. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

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.

KWIATKOWSKI, D.; PHILLIPS, P.C.; SCHMIDT, P.J.; SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. **Journal of econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, 1992.