

Área Temática: Economia de Empresas

**Título do Trabalho: Previsão do Consumo Residencial de Energia Elétrica no Brasil:
Aplicação do Modelo ARX**

AUTORES

JOÃO BOSCO BARROSO DE CASTRO

Universidade de São Paulo
joaobosco.castro@uol.com.br

ALESSANDRA DE AVILA MONTINI

Universidade de São Paulo
amontini@usp.br

Resumo

Este trabalho propõe a aplicação do modelo ARX para fazer previsões do consumo residencial de energia elétrica no Brasil, fundamentais para suportar decisões do setor de energia em bases técnica, econômica e ambientalmente sustentáveis. A função da demanda de energia elétrica foi modelada segundo um modelo multiplicativo com base na teoria econômica e incluiu quatro variáveis explicativas: tarifa residencial de energia elétrica; rendimento médio real das pessoas ocupadas; índice de inflação de utilidades domésticas; e consumo de energia. Para estimar os coeficientes da equação do consumo de energia elétrica, foi utilizado o modelo ARX, o qual considera na projeção da variável dependente a influência de variáveis exógenas e modela os resíduos por meio de um processo auto-regressivo a fim de aumentar seu poder explicativo. Resultados indicaram um coeficiente de determinação de 95.4% e todos os coeficientes estimados foram estatisticamente significantes a um nível descritivo de 0,10. Foram realizadas projeções do consumo residencial de energia elétrica para os meses de janeiro e fevereiro de 2010 no intervalo de confiança a 95% o qual incluiu os valores verdadeiros de consumo observados. O modelo proposto mostrou ótima performance na previsão do consumo de energia residencial do país.

Palavras-chave: séries temporais; energia elétrica; modelo ARX

Abstract

This work proposes the application of the ARX model to arrive at residential power consumption forecasts in Brazil which are critical to support decision making in the energy sector within technical, economic and environmentally sustainable basis. Power demand follows a multiplicative model based on economic theory and involves four explanatory variables: residential power tariff, average real income, domestic utilities inflation and power consumption. Determination of electricity consumption equation coefficients utilized an ARX model which considers the influence of exogenous variables for the projection of the dependent variable and utilizes an auto-regressive process for residual modeling so as to improve its explanatory power. Resulting model has shown a coefficient of determination of 95.4% and all estimated coefficients were significant at a 0.10 descriptive level. Residential electricity consumption forecasts were also determined for January and February 2010 at a 95% confidence intervals which included real observed values for this period. Proposed

model has shown to be useful for power consumption forecasting within the residential sector in the country.

Keywords: time series; power consumption; ARX modeling

1. Introdução

A tomada de decisão no setor de energia e seus desdobramentos para o desenvolvimento da infra-estrutura do país depende fundamentalmente de projeções acuradas da demanda. Projeções em diferentes horizontes de tempo constituem ferramentas críticas para atender a complexidade da gestão do sistema energético nacional e as operações do dia-a-dia das usinas.

O Ministério de Minas e Energia é responsável pela concepção, articulação e coordenação do planejamento energético nacional e disponibiliza o Plano Decenal de Energia, abrangendo a visão de curto, médio e longo prazos, sendo elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Conforme destaca a EPE, o Plano Decenal de Expansão de Energia para o horizonte de 2008 a 2017 contém importantes sinalizações para orientar as ações e decisões relacionadas ao equacionamento do equilíbrio entre as projeções de crescimento econômico do país, seus reflexos nos requisitos de energia e da necessária expansão da oferta, em bases técnica, econômica e ambientalmente sustentável.

Adicionalmente, segundo Miranda (2009), a previsão de curtíssimo prazo, que envolve dados de alta frequência, também é essencial para a confiabilidade e eficiência da operação do setor elétrico, fazendo com que a alocação da carga seja feita de forma eficiente, além de indicar possíveis distorções nos próximos períodos (dias, horas, ou frações de horas).

No tocante à geração de energia elétrica, o Brasil se destaca no cenário mundial por possuir um parque hidrelétrico que responde por 79,6% da capacidade instalada total, enquanto 12,8% da capacidade total advém de fontes fósseis, conforme o Plano Decenal de Energia de 2008-2017. Por outro lado, segundo Goldenberg (2004), aproximadamente 80% de toda a energia consumida no mundo provém de fontes fósseis e de derivados de petróleo.

Portanto, uma previsão de qualidade para a demanda futura do consumo de energia elétrica é fundamental para aprimorar a gestão do sistema energético e seus processos operacionais.

Diversos modelos têm sido utilizados para a projeção do consumo de energia elétrica, tais como modelos de Box-Jenkins, modelos de co-integração e de defasagem distribuída e modelos estruturais de séries de tempo.

Estudos anteriores foram desenvolvidos sobre a projeção do consumo de energia elétrica no Brasil utilizando metodologias econométricas. O trabalho de Modiano (1984) foi um dos primeiros para mensurar as elasticidades-renda e preço da energia elétrica no Brasil com base nos dados anuais de 1963 a 1981. Modiano (1984) utilizou o método dos mínimos quadrados com correção para correlação serial pelo método de Cochran-Orcutt. Neste trabalho, apenas as elasticidades-renda de longo prazo se mostraram elásticas em relação ao consumo de energia elétrica.

Andrade e Lobão (1997) elaboraram uma análise do consumo residencial de energia elétrica no Brasil com base em períodos anuais de 1963 a 1995 por meio da estimação das elasticidades-renda e preço da demanda agregada e representou, em certo sentido, uma atualização do estudo de Modiano (1984). O trabalho de Andrade e Lobão mostrou que as elasticidades-renda e preço de curto prazo se mostraram superiores às de longo prazo.

Schmidt e Lima (2004) estimaram as elasticidades-preço e renda de longo prazo por meio de cointegração para as classes de consumo residencial, industrial e comercial. A elasticidade-renda estimada obtida foi superior a um, enquanto a elasticidade-preço, em módulo, foi inferior a um. Também foram elaborados projeções de demanda de 2001 a 2005.

Irffi et al. (2009) estimaram a demanda de energia elétrica para as classes residencial, comercial e industrial na região Nordeste do Brasil, no período de 1970 a 2003, utilizando o método de Mínimos Quadrados Ordinários Dinâmicos (DOLS) e elaboraram previsões para o

período de 2004 a 2010. Os resultados obtidos seguiram as conclusões dos trabalhos anteriores na literatura nacional para as classes de consumo residencial, industrial e comercial.

Estudos realizados em outros países sobre previsão de consumo de energia elétrica envolveram métodos tais como testes de raiz unitária, DOLS, vetor auto-regressivo (VAR), vetor de correção de erros (VEC). Donatos e Mergos (1991) estimaram a demanda de energia elétrica para o caso residencial na Grécia, tanto para o curto quanto para o longo prazo com base nos dados de 1961 e 1986.

Nos Estados Unidos, Silk e Joutz (1997) utilizaram o modelo VAR/VEC para estimar a demanda de energia elétrica para o caso residencial, com base em dados anuais de eletricidade residencial de 1949 a 1993 e elaboram previsões para 1994 e 1995.

Zachariadis e Pashourtidou (2007), no Chipre utilizaram VEC e testes de raiz unitária para a projeção do consumo de energia residencial e do setor de serviços. Os resultados indicaram que o setor de serviço é menos elástico e reverte mais rapidamente para o equilíbrio em relação ao setor residencial.

Este trabalho propõe a aplicação do modelo ARX para projetar o consumo residencial de energia elétrica no Brasil. O ARX considera na projeção do consumo de energia elétrica diversas variáveis exógenas econômicas e, adicionalmente, modela os resíduos por meio de um processo auto-regressivo a fim de aumentar o poder explicativo do modelo. O estudo incluiu 84 observações mensais, de janeiro de 2003 a dezembro de 2009.

2. Referencial Teórico

2.1. Demanda por Energia Elétrica

O modelo para a função demanda por energia elétrica tem por base a teoria econômica e segue um modelo multiplicativo e não linear, considerando as hipóteses descritas a seguir.

- (i) A demanda é influenciada pela tarifa média da classe de consumo em questão, pela renda (rendimento do trabalhador no caso residencial e PIB nos casos industrial e comercial), pelo preço dos produtos que consomem eletricidade (eletrodomésticos no caso residencial e produtos eletrointensivos, nos casos da indústria e comércio), pelos preços de uma fonte ou bem substituto à energia elétrica no tempo t , considerando-se o segmento industrial o único com bem substituto à energia elétrica);
- (ii) No caso geral, pode-se descrever a demanda de energia elétrica como função do indivíduo ou da firma operar a um determinado nível de atividade, associando-se desta forma a um modelo de minimização de custo.

A função de demanda de energia elétrica é dada pela Equação 2:

$$C_t = kP_t^\alpha Y_t^\beta L_t^\delta S_t^\phi, k > 0, \alpha < 0, \beta > 0, \delta < 0, \phi > 0 \quad (2)$$

Aplicando o logaritmo neperiano, obtém-se a seguinte equação linear:

$$\log C_t = \log k + \alpha \log P_t + \beta \log Y_t + \delta \log L_t + \phi \log S_t \quad (3)$$

onde:

C_t é o consumo de energia elétrica no tempo t para a classe de consumo em questão;

P_t é a tarifa (residencial, comercial ou industrial) de energia elétrica no tempo t ;
 Y_t é o rendimento do trabalhador no tempo t ou PIB nos casos industrial e residencial;
 L_t é o preço dos aparelhos eletrodomésticos (caso residencial) ou aparelhos e equipamentos eletrointensivos (nos casos industrial e residencial);
 S_t é o preço de um bem substituto à energia elétrica no tempo t e que se aplica apenas no caso industrial.

Os demais parâmetros são:

α : elasticidade-preço;
 β : elasticidade-renda;
 δ : elasticidade-preço do estoque de aparelhos eletrodomésticos;
 ϕ : elasticidade-preço de um bem substituto;
 k : constante

2.2. Modelo ARX

Um modelo simples para a projeção do consumo de energia pode ser obtido por meio da metodologia de Box-Jenkins. Nesta metodologia, a série temporal é projetada por meio de defasagens da própria série e de erros aleatórios defasados do passado. O modelo de Box-Jenkins não considera variáveis macroeconômicas e microeconômicas que podem afetar a dinâmica da demanda de energia elétrica.

Alternativamente à metodologia de Box-Jenkins, o modelo de regressão linear múltipla projeta o consumo de energia por meio de diversas variáveis exógenas, tais como tarifa de energia, renda real, inflação de utilidades domésticas, temperatura, dentre outras.

O modelo ARX considera na projeção do consumo diferentes variáveis exógenas e modela o resíduo por meio de um modelo auto-regressivo (AR). A vantagem do ARX consiste no ajuste de um modelo de regressão linear múltipla em conjunto com o ajuste de um modelo auto-regressivo para a série de consumo.

O modelo que explica uma variável dependente por meio de: (i) diferentes variáveis exógenas; (ii) defasagens das variáveis exógenas; e (iii) defasagens da variável dependente é denominado modelo ARX. As letras AR referem-se às defasagens da variável dependente e a letra X está associada às variáveis exógenas.

O modelo geral ARX é dado pela Equação (1) a seguir.

$$y_t = \theta_0 + \sum_{j=1}^p \theta_j y_{t-j} + \Gamma x_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

onde:

y_t : variável dependente no tempo t e que se pretende projetar

θ_0 : constante

$x_t = (x_{1t}, x_{1t-1}, \dots, x_{1t-n_1}, \dots, x_{qt}, x_{qt-1}, \dots, x_{qt-n_q})$: vetor de variáveis exógenas explicativas;

$\Gamma = (\Gamma_{1t}, \Gamma_{1t-1}, \dots, \Gamma_{1t-n1}, \dots, \Gamma_{qt}, \Gamma_{qt-1}, \dots, \Gamma_{qt-nq})$: vetor de coeficientes das variáveis exógenas;

y_{t-j} : variável dependente com p defasagens no tempo, de (t-1) até (t-p);

ε_t : erro aleatório que segue uma distribuição normal com média zero e variância dada por σ_w^2 e que é usualmente denominado ruído branco.

A variável $x(t)$ é representada através de uma matriz coluna de dimensão $(q \times 1)$ e inclui q variáveis exógenas, as quais podem ter defasagens específicas e diferentes entre si. A matriz linha Γ constitui os coeficientes das variáveis exógenas $x(t)$.

A parte auto-regressiva do modelo está refletida em p defasagens da variável dependente $y(t)$, desde (t-1) até o tempo (t-p). O coeficiente para cada nível de defasagem da variável dependente é dado por Θ_j , para $j = 1, \dots, p$.

3. Resultados

3.1. Evolução do Consumo de Energia Elétrica

O estudo abrangeu 84 observações mensais, de janeiro de 2003 a dezembro de 2009, relacionadas ao consumo de energia elétrica no mercado cativo no Brasil. A série de consumo é apresentada na Figura 1a, em termos de GWh e na Figura 1b, em termos do seu logaritmo natural.

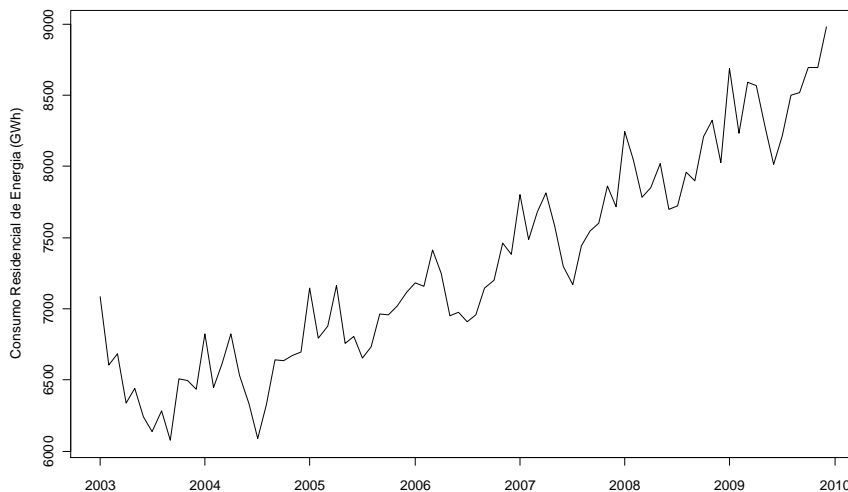


Fig. 1a – Evolução do consumo residencial de energia elétrica no Brasil em GWh

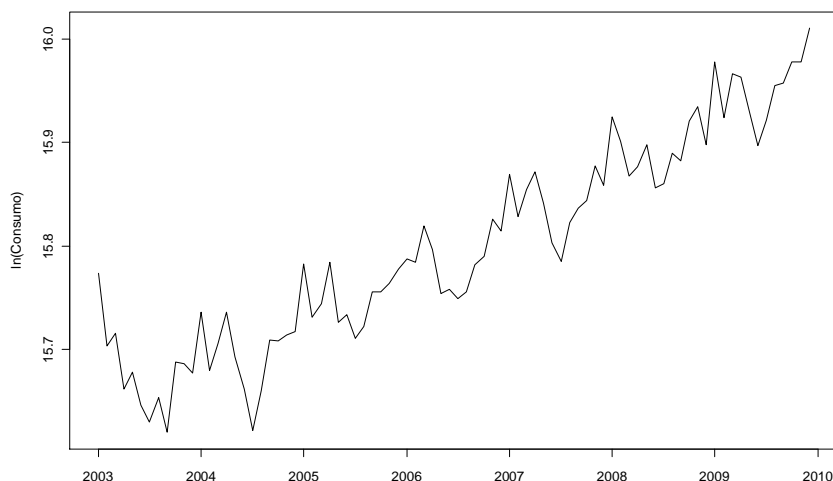


Fig. 1b – Evolução do consumo residencial de energia elétrica no Brasil em termos de seu logaritmo natural (base da série dada em MWh)

O consumo residencial de energia elétrica no mercado cativo brasileiro passou de 77.324 GWh em 2003 para 101.979 GWh em 2009, representando um crescimento médio anual de 4,7%. Como mostra a tabela 3, o consumo tem aumentado a taxas maiores nos últimos anos, principalmente de 2008 a 2009, quando atingiu um crescimento de 6,5%. O setor comercial apresentou crescimento médio anual de 5,0% de 2003 a 2009, enquanto que o setor industrial teve uma taxa de crescimento negativa de -7,1% no mesmo período. Em 2003, o setor residencial representou 32% do consumo total, enquanto o industrial respondeu por 40% e o comercial, por 20% do total. Em 2009, o setor residencial aumentou sua participação no consumo total para 42%, o comercial passou para 26%, enquanto o setor industrial apresentou uma queda na participação, passando para 31% do total.

O segmento residencial, portanto, tem sido o segmento que tem mostrado maior crescimento no consumo de energia no período em análise. Tal fato reflete o aumento do número de consumidores; aumento da renda, aliado ao crescimento da venda de aparelhos eletrodomésticos; bem como o maior consumo médio por família. Vale ressaltar que em 2008, mais de 2 milhões de novos consumidores passaram a ser ligados à rede de energia elétrica, quase a metade nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, refletindo a expansão do Programa “Luz Para Todos” do Governo Federal.

3.2. Elaboração do Modelo ARX e Previsão do Consumo de Energia Elétrica

Conforme indicado na Tabela 1, foram consideradas no estudo quatro variáveis exógenas: (i) a tarifa residencial de energia elétrica em R\$/MWh a valores de dezembro de 2009; (ii) o rendimento médio real do trabalho; (iii) índice de inflação de utilidades domésticas, tendo dezembro de 2009 como base 100; (iv) o próprio consumo de energia, em tempos defasados.

Variável	Deflator	Unidade	Fonte
Consumo Residencial de Energia Elétrica	-	MWh	ANEEL (Consumo Energia)
Tarifa Média Residencial de Energia Elétrica em Valores Constantes de dezembro de 2009	IGP-DI	R\$/MWh	ANEEL (Tarifa Energia); IPEADATA/FGV (IGP-DI)
Rendimento médio real efetivamente recebido pelas pessoas, de 10 anos ou mais de idade, ocupadas, por Regiões Metropolitanas	-	R\$	IPEADATA/IBGE
IPA-EP de Bens de Consumo Duráveis (Utilidades Domésticas) - Índice Deflacionado pelo IPA-EP (12/2009 = 100)	IPA-EP	Índice	IPEADATA/IBGE

Tabela 1 – Variáveis consideradas no modelo ARX

Aplicou-se inicialmente o teste ADF (Augmented Dickey-Fuller) para se testar a estacionariedade das variáveis (Tabela 2). No nível, a hipótese nula de raiz unitária é mantida para as variáveis de consumo (CO), tarifa (I) e inflação de utilidades domésticas (I) mesmo a um nível descritivo de 0,10. Para a renda (R), a hipótese nula de raiz unitária é rejeitada a um nível de 5% de significância. No entanto, rejeita-se a hipótese nula para todas as quatro variáveis em primeira e segunda diferenças para um nível descritivo de 0,01, sugerindo que exista uma relação de longo prazo entre elas.

Variáveis	Nível	1ª Diferença	2ª Diferença	Valores Críticos		
				1%	5%	10%
CO	-0.8546	-12.584	-18.2408	-3.51	-2.90	-2.59
T	-0.1075	-7.3318	-15.3275	-3.51	-2.90	-2.59
R	-3.4380	-10.8454	-15.4630	-3.51	-2.90	-2.59
I	0.5039	-7.4877	-14.7130	-3.51	-2.90	-2.59

Tabela 2 - Teste de Raiz Unitária – Augmented Dickey-Fuller (ADF)

Tendo com base o modelo multiplicativo e não linear para a modelagem do consumo de energia, utilizou-se o logaritmo do consumo de energia e de todas as variáveis exógenas, obtendo-se um modelo linear. O modelo ARX foi ajustado no software eViews (versão 4).

Inicialmente, para a elaboração do modelo de regressão linear múltipla, foram utilizadas as 4 variáveis exógenas anteriormente mencionados no tempo t e suas defasagens até quatro tempos (t-1, t-2, t-3, t-4). Aplicou-se o método *backward* para a seleção de variáveis exógenas, considerando para a exclusão das variáveis um nível descritivo de 0,10.

A análise dos resíduos da regressão linear múltipla sugere o ajuste de um modelo autorregressivo à série de consumo. Desta forma, existe a necessidade da composição de um modelo AR ao modelo de regressão múltipla previamente obtido, originando um ARX, aumentando o poder explicativo do modelo desenvolvido.

Os coeficientes do modelo ajustado são apresentados na Tabela 2. Nota-se que o nível descritivo associado aos coeficientes estimados são inferiores a 0,10.

Variáveis	Coefficientes	Desvio-Padrão	t-Student	Nível Descritivo
C	5179124,00	1286117,00	4,0269	0,0002
T	8735,39	2046,44	4,2686	0,0001
C1	0,19	0,08	2,4386	0,0184
R1	1685,99	187,11	9,0106	0,0000
I1	-46527,00	9022,82	-5,1566	0,0000
R3	516,27	194,98	2,6478	0,0109
R4	558,03	168,10	3,3197	0,0017
AR(4)	-0,24	0,13	-1,7965	0,0786
AR(8)	-0,33	0,12	-2,6888	0,0098
AR(16)	-0,57	0,12	-4,6623	0,0000
AR(20)	-0,34	0,14	-2,4976	0,0159

Tabela 2 – Coeficientes do modelo ajustado

A equação do modelo ARX obtido é dada por:

$$co_res_t = 5179124,0 + 8735,4.T + 0,19.C1 + 1686,0.R1 - 46527,0.I1 + 516,3.R3 + 558,0.R4 - 0,24.co_res_{t-4} - 0,33.co_res_{t-8} - 0,57.co_res_{t-16} - 0,34.co_res_{t-20} + \varepsilon_t$$

onde:

co_res: logaritmo neperiano do consumo residencial de energia elétrica, sendo:

co_rest_t: no tempo t;

co_rest_{t-4}: em t-4;

co_rest_{t-8}: em t-8;

co_rest_{t-16}: em t-16;

co_rest_{t-20}: em t-20.

T: logaritmo neperiano da tarifa residencial de energia elétrica no tempo t;

C1: c logaritmo neperiano do consumo de energia elétrica no tempo t-1;

R1: logaritmo neperiano da renda média real em t-1;

R3: logaritmo neperiano da renda média real no tempo t-3;

R1: logaritmo neperiano da renda média real no tempo t-4;

I1: logaritmo neperiano do índice IPA-EP de utilidades domésticas no tempo t-1, sendo dezembro de 2009 igual à base 100.

A Figura 2 apresenta os valores ajustados à série de demanda com os respectivos intervalos com 95% de confiança.

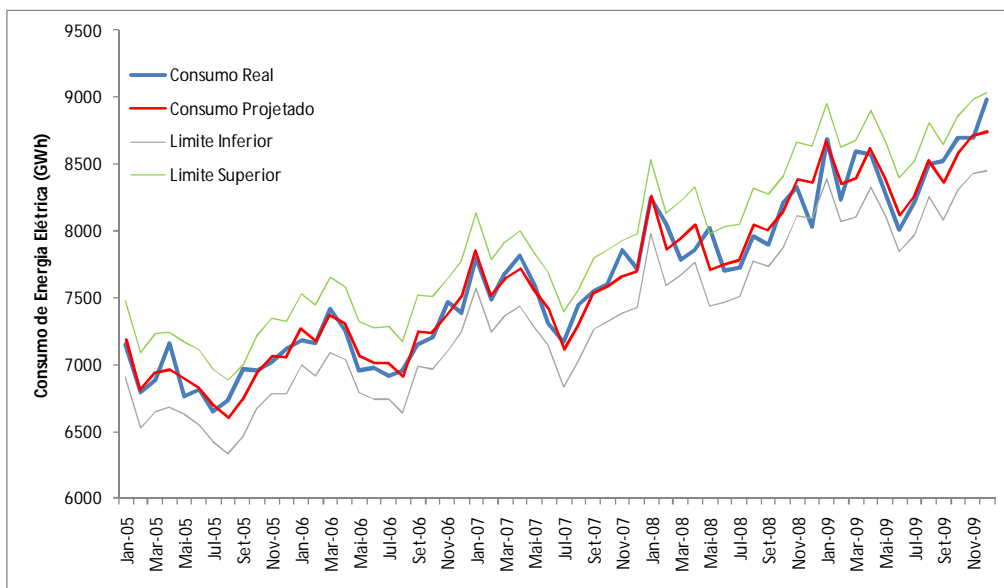


Figura 2 - Valores ajustados à série de demanda com os respectivos intervalos com 95% de confiança

Para a projeção do consumo de energia para os meses de janeiro e fevereiro de 2010, foram considerados os valores das variáveis exógenas apresentadas na Tabela 3. A Tabela 4 apresenta os valores projetados e os intervalos de confiança a 95%. Nota-se que os verdadeiros valores estão incluídos no intervalo de confiança a 95% a partir do ARX.

Mês	Tarifa Residencial (R\$/MWh)	Rendimento Médio Real Efetivo (R\$)			IPA-EP de Utilidades Domésticas – defasagem de 1 mês (dezembro/2009 = 100)
		Defasagem de 1 mês	Defasagem de 3 meses	Defasagem de 4 meses	
Jan/2010	301,34	1717,86	1371,70	1370,56	100,00
Fev/2010	302,70	1390,99	1457,40	1371,70	99,90

Tabela 3 - Valores das variáveis exógenas considerados para a projeção de janeiro e fevereiro de 2010

Mês	Consumo Real de Energia (GWh)	Consumo de Energia Projetado pelo ARX (GWh)		
		Valor Projetado	Limite Inferior do IC a 95%	Limite Superior do IC a 95%
Jan/2010	9237	9241	8960	9523
Fev/2010	8933	8767	8467	9067

Tabela 4 – Comparação dos valores projetados e reais do consumo de energia elétrica para janeiro e fevereiro de 2010

4. Considerações Finais

Este trabalho, de natureza empírica, visou trazer uma contribuição para modelar a projeção do consumo residencial de energia elétrica no Brasil por meio do ARX. A relevância do estudo está na necessidade de projeções acuradas da demanda de energia elétrica para orientar as decisões relacionadas ao equacionamento do equilíbrio entre as projeções de crescimento econômico do país, seus reflexos nos requisitos de energia e da necessária expansão da oferta, em bases técnica, econômica e ambientalmente sustentável.

Foram utilizadas 84 observações mensais, de janeiro de 2003 a dezembro de 2009, excluindo o efeito do racionamento de energia elétrica ocorrido no ano de 2001.

A vantagem da utilização do ARX consistiu no ajuste de um modelo de regressão linear múltipla incluindo variáveis exógenas relevantes com base na teoria econômica, em conjunto com o ajuste de um modelo auto-regressivo para a própria série de consumo.

O modelo apresentou um importante poder explicativo, conforme evidenciado por um coeficiente de determinação de 95.4%. Todos os coeficientes estimados foram estatisticamente significantes a um nível descritivo de 0,10.

Os valores projetados do consumo de energia elétrica a partir do modelo ARX obtido para os meses de janeiro e fevereiro de 2010 foram incluídos no intervalo com nível de confiança de 95%.

Extensões do presente trabalho incluem a modelagem da influência da temperatura no consumo residencial através de sua inclusão no modelo. Outras extensões deste estudo consistem na elaboração de modelos ARX para projetar o consumo de energia para o segmento industrial (utilizando variáveis exógenas como o faturamento real da indústria e preços de bem substituto à energia elétrica) e para o setor comercial (incluindo como variável exógena as vendas reais do varejo) e desenvolver previsões dos próximos 12 meses.

5. Referências Bibliográficas

ANDRADE, T.; LOBÃO, W. Elasticidade-Renda e Preço da Demanda Residencial de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 1997. (Texto para Discussão, n. 489)

BOX, G., JENKINS, G., REINSEL, G. Time Series Analysis, Wiley, 2008

DONATOS, G. S., MERGOS, G. J. (1991). Residential Demand for Electricity: The Case of Greece. Energy Economics, 13:41-47.

ENDERS, W. Applied Econometrics Time Series. New York: John Wiley and Sons, 1995.

GOLDENBERG, J., COELHO, S., LUCON, O. How Adequate Policies Can Push Renewables. Energy Policy, N. 32, pp. 1141-1146, 2004

HARVEY, H. The Econometric Analysis of Time Series, The MIT Press, 1999

IRFII, G., CASTELAR, I., SIQUEIRA, M., LINHARES, F.. Previsão da Demanda por Energia Elétrica para Classes de Consumo na Região Nordeste, usando OLS Dinâmico e Mudança de Regime. Economia Aplicada. Vol. 13 N. 1, pp. 624-63, 2009

Ministério das Minas e Energia (2009). Plano Decenal de Energia 2008-2017.

MIRANDA, C., SOUZA, R., MENEZES, L., LAZO, J. Previsão de Dados de Alta Frequência para Carga Elétrica usando Holt-Winters com Dois Ciclos, XLI SBPO, Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, 2009

MODIANO, E. M. Elasticidade Renda e Preços da Demanda de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Departamento de Economia da PUC, 1984. (Texto para Discussão, n. 68).

SCHUMWAY, R., STOFFER, D. Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples, Springer, 2006

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. M. A Demanda por Energia Elétrica no Brasil. RBE, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 67-98, 2004.

SILK, J. I.; JOUTZ, F. L. Short and Long-Run Elasticity's in US Residential Electricity Demand: a Cointegration Approach. Energy Economics, v. 19, n. 4, p. 493-513, 1997.

ZACHARIADIS, T.; PASHOURTIDOU, N. An Empirical Analysis of Electricity Consumption in Cyprus. Energy Economics, v. 29, n. 2, p. 183-198, 2007.