

SIMULADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

SIMULATOR OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION

Elisalvo Alves Ribeiro¹; Maria Augusta Silveira Netto Nunes²

¹Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
elisalvo.ribeiro@gmail.com

²Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
gutanunes@gmail.com

Resumo

Diante da importância da inovação tecnológica para o desenvolvimento de um país, o presente artigo propõe um software, que estima o consumo mensal de energia elétrica de qualquer equipamento eletrodoméstico, e um modelo de regressão linear múltiplo, o qual consegue prever o consumo mensal de uma residência de acordo com a quantidade de eletrodomésticos existentes.

Palavras-chave: estimacão, energia elétrica, consumo.

Abstract

Given the importance of technological innovation for the development of a country, this paper proposes a software that estimates the monthly consumption of electrical energy of any home appliance, and this consumption will be the parameter to generate a multiple linear regression model, which can predict the monthly consumption of a residence according to the quantity of existing home appliances.

Key-words: predict, electric energy, consumption.

1. INTRODUÇÃO

O consumo consciente junto à classe residencial torna-se uma tarefa de difícil execução quando, a todo o momento, o consumidor é envolvido por novas tecnologias, novos tipos de aparelhos eletrônicos que prometem conforto, rapidez para as atividades do dia-a-dia, o lazer e a educação dentro de nossos lares, dentre outras facilidades da vida moderna (FOUNIER; PENTEADO, 2010).

No âmbito energético, o consumo consciente está relacionado à utilização racional de energia elétrica quando, através de um conjunto de ações praticadas pelo indivíduo em sua residência, evita-se o desperdício de eletricidade, poupando recursos nos mais diversos processos de produção de energia, além da utilização correta de novas tecnologias e adoção das mesmas (FOUNIER; PENTEADO, 2010).

O desperdício de energia elétrica em uma residência, seja ele gerado conscientemente ou inconscientemente, pode elevar significativamente o valor da fatura de energia elétrica, que por sua vez pode gerar um descontrole financeiro da família, principalmente das famílias de baixo poder aquisitivo. O desperdício consciente são os casos em que os indivíduos sabem que desperdiçam energia, mas não conseguem se reeducar, já o desperdício inconsciente é o caso mais crítico, onde os indivíduos desconhecem, ou não conseguem identificar qual equipamento eletrodoméstico está consumindo energia em demasia, por está com defeito ou com tempo de uso elevado.

A conscientização da população no que concerne ao uso mais racional da energia elétrica melhorou após a crise energética, popularmente conhecida como “Apagão”, ocorrida entre 2001 e 2002, porém as pessoas ainda não conseguem ter uma métrica para mensurar seus consumos diários ou mensais. Assim, este artigo propõe um software e um modelo de regressão linear múltipla que combinados estimam o consumo de energia elétrica residencial, baseado nos equipamentos eletrodomésticos que o usuário possui em sua residência.

O software, aqui proposto, além de possibilitar que o usuário possa estimar o consumo instantâneo ou mensal dos eletrodomésticos, ele também possibilita que se avalie, em caso de desperdício, em qual equipamento (eletrodoméstico) este desperdício esteja ocorrendo. Este software apresenta uma interface amigável, de fácil compreensão e funcionamento, seguindo as diretrizes da usabilidade, descrito por (NUNES, 2012) como a capacidade de um software ser compreendido, seu funcionamento, sua atratividade ao usuário.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na seção 2 é apresentado o modelo matemático para se calcular o consumo de energia elétrica, apresenta também a técnica de análise de regressão linear múltipla, a técnica de amostragem (AAS e AASc) e o método *backward*. Na seção 3 é descrita a discriminação dos equipamentos. Na seção 4 é apresentada as variáveis do modelo. Na seção 5 discute os resultados e por fim na seção 6 apresenta as conclusões e os possíveis trabalhos futuros.

2. MÉTODOS

2.1. MÉTODO PRA CALCULAR O CONSUMO NO SOFTWARE

Para se calcular o consumo de energia elétrica por equipamento, deve-se inserir no software a potência, o tempo que o equipamento é utilizado e a frequência, pois como o consumo de energia

elétrica é diretamente proporcional à potência, ao tempo em que o equipamento fica ligado e a frequência, de imediato se calculará o consumo mensal do equipamento. O modelo matemático para se calcular o consumo, é apresentado por (SILVA; OLIVEIRA, 2011) como:

(1)

$$\text{Consumo} = \frac{\text{potência(Watts)} \times \text{média de consumo}}{1000}$$

Média de consumo= frequência * tempo

Conforme o modelo matemático para se calcular o consumo, quanto maior a potência, o tempo de utilização do equipamento e a frequência, maior será o consumo mensal.

2.2. DESCRIÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

A regressão linear múltipla ocorre quando é admitido que o valor da variável dependente é uma função linear de duas ou mais variáveis independentes (HOFFMANN;VIEIRA, 1998),possibilitando construir-se modelos melhores para prever a variável dependente. Este modelo também descreve a variável dependente Y, como uma soma de parte determinística e parte aleatória, possibilitando que Y possa ser expresso de duas maneiras (CHARNET, 2008):

- a) Como função de várias variáveis regressora,
- b) Como função de polinômio de maior grau de uma única variável regressora.

Para se estabelecer o modelo de regressão linear múltiplo, pressupõe-se que:

- A variável dependente Y_i é função linear das variáveis independentes (X_{ij} , $i=1, \dots, k$);
- Os valores das variáveis independentes são fixos;
- A média dos erros é zero;
- Os erros são homocedásticos;
- Os erros são não-correlacionados entre si;
- Os erros têm distribuição normal;

O modelo estatístico da regressão linear múltipla é dado por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + e_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

Sendo que:

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$, são as variáveis do modelo conhecidas, e que explicam o modelo,

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$, são os coeficientes da regressão ou os parâmetros do modelo.

Conforme a forma matricial, o modelo de regressão linear múltiplo é apresentado da seguinte forma: (3)

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

Para encontrar os erros e os parâmetros do modelo, pelo método dos mínimos quadrados, faz-se:

$$Y = X\beta + e \rightarrow Y = \hat{Y} + e \rightarrow e = Y - \hat{Y} \quad (4)$$

$$\beta = (X'X)^{-1}X'Y \quad (5)$$

Desde que o produto interno das variáveis explicativas exista e seja não-singular.

Para se avaliar a significância do modelo de regressão, tem-se que analisar sua variância e comparar os modelos. Para tanto se deve seguir e construir a tabela ANOVA (Análise de Variância), conforme critérios abaixo:

- $SQT = YY - n\bar{Y}^2$ (6)

- $\beta = (X'X)^{-1}X'Y$ (7)

- $SQR_{eg} = \beta X'Y - n\bar{Y}^2$ (8)

- $SQE = SQT - SQR_{eg}$ (9)

Tabela 1 – ANOVA

FONTE DE VARIACÃO	GL (Graus de Liberdade)	SQ (Soma de Quadrados)	QM (Quadrado Médio)	F ₀
Regressão	p	SQR_{eg}	SQR_{eg}/p	$SQR_{eg}/p(SQE/(n-p-1))$
Erro	n-p-1	SQE	$SQE/(n-p-1)$	
Total	n-1	SQT		

Fonte: Adaptado de CHARNET (2008)

Conforme Tabela1, as hipóteses a serem testadas são:

$$H_0: \beta_p = 0$$

$$H_1: \beta_p \neq 0$$

Este modelo estará bem ajustado se rejeitarmos a hipótese nula, ou seja, se os parâmetros encontrados diferirem de zero.

Para se verificar se o modelo ajustado é adequado, pode-se também calcular o coeficiente de determinação, pois este afere o quanto a variável resposta é explicada pelo modelo, logo quanto maior o valor do R², melhor o modelo será, o que significa que o modelo proposto explica bem a oscilação na variável resposta.

$$R^2 = \frac{SQR_{eg}}{SQT} \quad (10)$$

2.3. AMOSTRA ALEATÓRIA

Amostragem aleatória simples (AAS) é o método mais simples e mais importante para a seleção de uma amostra. Além de servir como um plano próprio, o seu procedimento é usado de modo repetido em procedimentos de múltiplos estágios. De uma lista com N unidades elementares, sorteiam-se com igual probabilidade n unidades. Assim, não se ganha mais informação se uma mesma unidade aparece mais de uma vez na amostra (BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

Amostragem aleatória simples com reposição (AASc), ocorre quando permite-se que uma unidade possa ser sorteada mais de uma vez. Assim, a AASc parte do pressuposto que existe independência entre as unidades selecionadas, o que facilita o desenvolvimento das propriedades dos estimadores, que serão considerados para estimar os parâmetros da amostra.

2.4. MÉTODO BACKWARD

No método *backward*, insere-se todas as variáveis de uma única vez e vai se retirando a variável que tiver maior valor-p, até que todas tenham valor-p menor que a significância escolhida (CALDEIRA, 2008).

3. DISCRIMINAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Em (ARAÚJO; SILVA, 2005), é apresentada uma tabela contendo o percentual de posse por equipamento, em 600 domicílios de Recife.

O “percentual de presença ou posse” considera no numerador a quantidade de domicílios que possuem o equipamento e no denominador o número total de equipamentos (ARAÚJO; SILVA, 2005).

Eletrodomésticos	Presença ou Posse	Eletrodomésticos	Presença ou Posse
Televisão	97,8	Freezer	21,20
Refrigerador	96,0	Gelo água	17,80
Liquidificador	95,3	Bomba d'água	15,30
Ferro Elétrico	93,0	DVD	11,30
Ventilador/Circulador	91,5	Videogame	11,30
Lâmpadas fluorescentes	89,0	Cafeteira Elétrica	10,00
Aparelho de som	84,7	Aspirador de Pó	10,00
Lâmpadas incandescentes	75,2	Exaustor	7,80
Videocassete	51,0	Forno Elétrico	5,30
Batedeira	46,7	Lava Louça	4,70
Rádio Elétrico	46,3	Enceradeira	4,00
Lava Roupa	40,3	Fax	3,30
Microcomputador	28,5	Purificador	1,70
Secador de cabelo	28,0	Secadora de Roupa	1,50
Forno de Microondas	26,3	Aquecedor de Ambiente	1,20
Impressora	25,0	Churrasqueira Elétrica	0,50
Sanduicheira/Gril	22,7	Outros	19,50

Quadro 1 – Percentual de presença ou posse de aparelhos eletrônicos

Fonte: Adaptado de ARAÚJO & SILVA (2005)

Conforme Quadro 1, observa-se que o item Lâmpada Incandescente, que apesar de pouco eficiente, apresenta um percentual de presença de 75,2%, muito elevado, ocasionando desperdício de energia.

As lâmpadas incandescentes deverão sair do mercado brasileiro até 2016, segundo portarias (nº 1.007 e 1.008, de 31 de dezembro de 2010) emitidas pelos ministérios de Minas e Energia, da Ciência e Tecnologia e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (TERRA, 2013).

As lâmpadas incandescentes e fluorescentes utilizam diferentes tecnologias para converter a energia em luz. A incandescente gasta mais eletricidade para produzir a mesma quantidade de luz - chamada de lumens - que uma fluorescente. A segunda chega a ser cinco vezes mais eficiente que a primeira, dependendo da potência (TERRA, 2013).

É possível comprar, portanto, uma lâmpada fluorescente de 15 W para substituir uma incandescente de 60 W. Isso representa uma economia de 75% de energia elétrica (TERRA, 2013).

4. VARIÁVEIS DO MODELO

Para escolher as variáveis a integrarem o modelo, observaram-se as 17 variáveis que tinha maior incidência nas residências, conforme o método *backward* (CALDEIRA, 2008), e de acordo com o “Quadro 1” Tabela 2 verificou-se o tempo estimado de uso diário e sua frequência de uso mensal, medida em dias. Estas informações foram o suficiente para se estimar os consumos mensais de cada eletrodoméstico através do software SIMULINK RESIDENCIAL.

Para se estimar o consumo no software, o usuário escolhe qual equipamento deseja estimar o consumo, depois insere quanto tempo o referido equipamento fica ligado, e finaliza informando qual a frequência de uso do equipamento, que para o presente trabalho seguiu rigorosamente os dados da Tabela 2. Depois de todos os dados inseridos é só clicar na opção calcular que o software gera o consumo estimado. Após a Tabela 2, abaixo, apresenta-se uma tela do SIMULINK RESIDENCIAL, para uma melhor compreensão.

Tabela 2 – Tempo e frequência de uso

Aparelho	Tempo em h/min	Frequência dias
Televisão	5h	30
Refrigerador	24h	30
Liquidificador	15 min	15
Ferro Elétrico	1h	12
Ventilador/Circulador	8h	30
Lâmpadas Fluorescentes	5h	30
Aparelho de som	3h	20
Lâmpadas Incandescentes	5h	30
Batedeira	20min	8
Rádio Elétrico	10h	30
Lava roupa	1h	12
Microcomputador	8h	30
Secador de cabelo	10 min	30
Forno Microondas	20min	30
Impressora	1h	30
Sanducheira/Gril	10min	30
Freezer	24h	30

Fonte: <http://www.eletronbras.com.br/elb/procel/>

O tempo de uso e a frequência estimada, na Tabela 2, podem oscilar para mais ou para menos, a depender do usuário.

The screenshot shows a window titled "SIMULINK RESIDENCIAL". It contains the following fields and controls:

- Quantidade:** A text input field containing the number "1".
- Potência:** A text input field containing "90.0" followed by a unit label "W".
- Horas:** A text input field containing "05:00".
- Frequência:** A dropdown menu with "Todo dia" selected.
- Ok:** A button located at the bottom left of the form area.

Quadro 2 – Estimando consumo de TV

Fonte: Autoria própria (2013)

Conforme a Tabela 2 estima-se que em uma residência utiliza-se a TV por 5h diariamente, durante todo o mês. Assim, para se estimar o consumo mensal desta TV no software SIMULINK RESIDENCIAL, basta para tanto preencher as lacunas do Quadro 2, que o software irá calcular o consumo, conforme apresentado no Quadro 3.

The screenshot shows the same window "SIMULINK RESIDENCIAL" with the following elements:

- Comodo:** A dropdown menu with "Sala" selected.
- Item:** A dropdown menu with "TV" selected.
- Selecionados:** A list box containing the text "TV".
- Remover:** A button next to the list box.
- 13.5 KHW mensais!**: A text label indicating the calculated monthly consumption.

Quadro 3 – Consumo mensal de uma TV

Fonte: Autoria própria (2013)

5. RESULTADOS

Para cada equipamento ou eletrodoméstico da Tabela 2, gerou-se seu consumo mensal, através do software SIMULINK RESIDENCIAL, sendo que estes consumos serviram de parâmetro para simular os dados de consumos mensais de energia elétrica de 60.000 residências. Os consumos das 60.000 residências foram gerados por simulação, no software R, embasados nos dados gerados pelo SIMULINK RESIDENCIAL. Primeiramente para gerar a população de domicílios, ou seja, o consumo mensal por residência utilizou-se da técnica de amostragem aleatória simples com reposição, onde se gerou 60.000 domicílios, e em seguida através da técnica de amostragem aleatória simples retirou-se 10.000 domicílios para análise. A Tabela 3, abaixo, apresenta um resumo dos dados analisados.

Tabela 3 - Consumos

Min.	: 184.2
1st Qu	: 254.2
Median	: 276.2
Mean	: 275.9
3rd Qu.	: 297.2
Max.	: 378.2

Fonte: Autoria própria (2013)

De acordo com a Tabela 3, infere-se que os consumos mensais das residências estão entre 184.2KWH e 378.2KWH por mês.

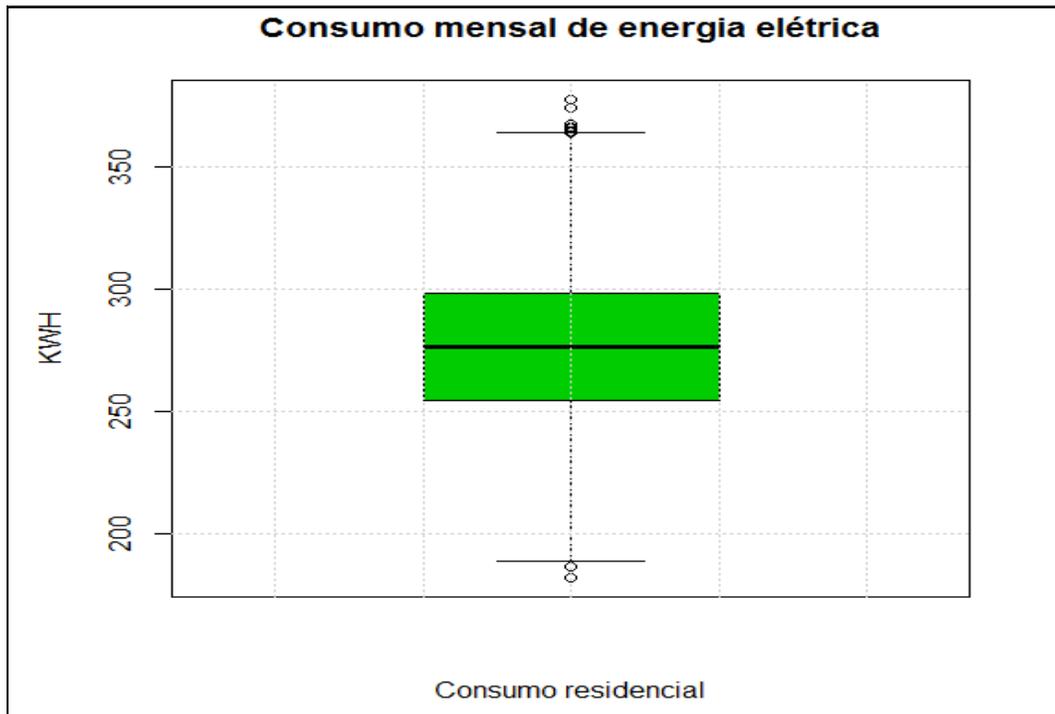


Figura 1 – Gráfico dos quartis

O gráfico da Figura 1 representa as informações contidas na Tabela 3, onde o primeiro quartil apresenta o valor de 254.2KWH por mês, o segundo quartil o valor de 276.2KWH por mês e o terceiro quartil o valor de 297.2KWH por mês, ou seja, 50% dos dados analisados concentram-se entre o primeiro e o terceiro quartil.

Quadro 3 - ANOVA

Analysis of Variance Table						
Response: consumoResidencial						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
x1	1	286591	286591	4.3722e+32	< 2.2e-16	***
x2	1	1127756	1127756	1.7205e+33	< 2.2e-16	***
x3	1	2677	2677	4.0847e+30	< 2.2e-16	***
x4	1	237325	237325	3.6206e+32	< 2.2e-16	***
x5	1	1108618	1108618	1.6913e+33	< 2.2e-16	***
x6	1	22058	22058	3.3652e+31	< 2.2e-16	***
x7	1	210090	210090	3.2051e+32	< 2.2e-16	***
x8	1	44174	44174	6.7391e+31	< 2.2e-16	***
x9	1	1845	1845	2.8154e+30	< 2.2e-16	***
x10	1	61536	61536	9.3880e+31	< 2.2e-16	***
x11	1	21451	21451	3.2725e+31	< 2.2e-16	***
x12	1	4438436	4438436	6.7713e+33	< 2.2e-16	***
x13	1	13246	13246	2.0208e+31	< 2.2e-16	***
x14	1	107701	107701	1.6431e+32	< 2.2e-16	***
x15	1	30393	30393	4.6368e+31	< 2.2e-16	***
x16	1	30308	30308	4.6238e+31	< 2.2e-16	***
x17	1	1404897	1404897	2.1433e+33	< 2.2e-16	***
Residuals	9982	0	0			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Os dados do Quadro 3, representam a significância dos coeficientes β no modelo, que como o p-value foi insignificante, abaixo de 1%, para todos os coeficientes analisados, isso significa que todos os coeficientes são significativos. Os dados do Quadro 3, foram calculados conforme critérios da Tabela 1.

Quadro 4 – Estimativo dos parâmetros do modelo ajustado

```

Call:
lm(formula = consumoResidencial ~ (x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 +
  x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 + x13 + x14 + x15 + x16 +
  x17))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.971e-13 -1.323e-14 -3.400e-16  1.307e-14  1.638e-12

Coefficients:
            Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept) 3.183e-14  3.144e-15  1.013e+01 <2e-16 ***
x1           1.000e+00  4.662e-17  2.145e+16 <2e-16 ***
x2           1.000e+00  2.385e-17  4.193e+16 <2e-16 ***
x3           1.000e+00  5.125e-16  1.951e+15 <2e-16 ***
x4           1.000e+00  5.515e-17  1.813e+16 <2e-16 ***
x5           1.000e+00  2.402e-17  4.163e+16 <2e-16 ***
x6           1.000e+00  1.487e-16  6.726e+15 <2e-16 ***
x7           1.000e+00  5.943e-17  1.683e+16 <2e-16 ***
x8           1.000e+00  1.275e-16  7.841e+15 <2e-16 ***
x9           1.000e+00  6.368e-16  1.570e+15 <2e-16 ***
x10          1.000e+00  1.125e-16  8.892e+15 <2e-16 ***
x11          1.000e+00  1.808e-16  5.530e+15 <2e-16 ***
x12          1.000e+00  1.224e-17  8.170e+16 <2e-16 ***
x13          1.000e+00  2.288e-16  4.371e+15 <2e-16 ***
x14          1.000e+00  8.137e-17  1.229e+16 <2e-16 ***
x15          1.000e+00  1.501e-16  6.664e+15 <2e-16 ***
x16          1.000e+00  1.502e-16  6.657e+15 <2e-16 ***
x17          1.000e+00  2.160e-17  4.630e+16 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.56e-14 on 9982 degrees of freedom
Multiple R-squared: 1, Adjusted R-squared: 1
F-statistic: 8.211e+32 on 17 and 982 DF, p-value: < 2.2e-16

```

O Quadro 4, apresenta os valores assumidos pelos coeficientes, e o coeficiente de determinação R^2 , que representa o quanto a variação do consumo pode ser explicado por este modelo. Como o coeficiente de determinação é 1, que corresponde a 100%, logo o modelo escolhido foi bem ajustado.

Com as informações acima, pode-se escrever o modelo de regressão linear múltipla da seguinte forma.

$$Y = 1,420 \times 10^{-14} + X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} \quad (11)$$

Cada valor de X corresponde a um eletrodoméstico da Tabela 2, seguindo a mesma sequência, ou seja, X1 corresponde ao primeiro eletrodoméstico (TV), e assim sucessivamente até X17 que corresponde ao último eletrodoméstico (freezer).

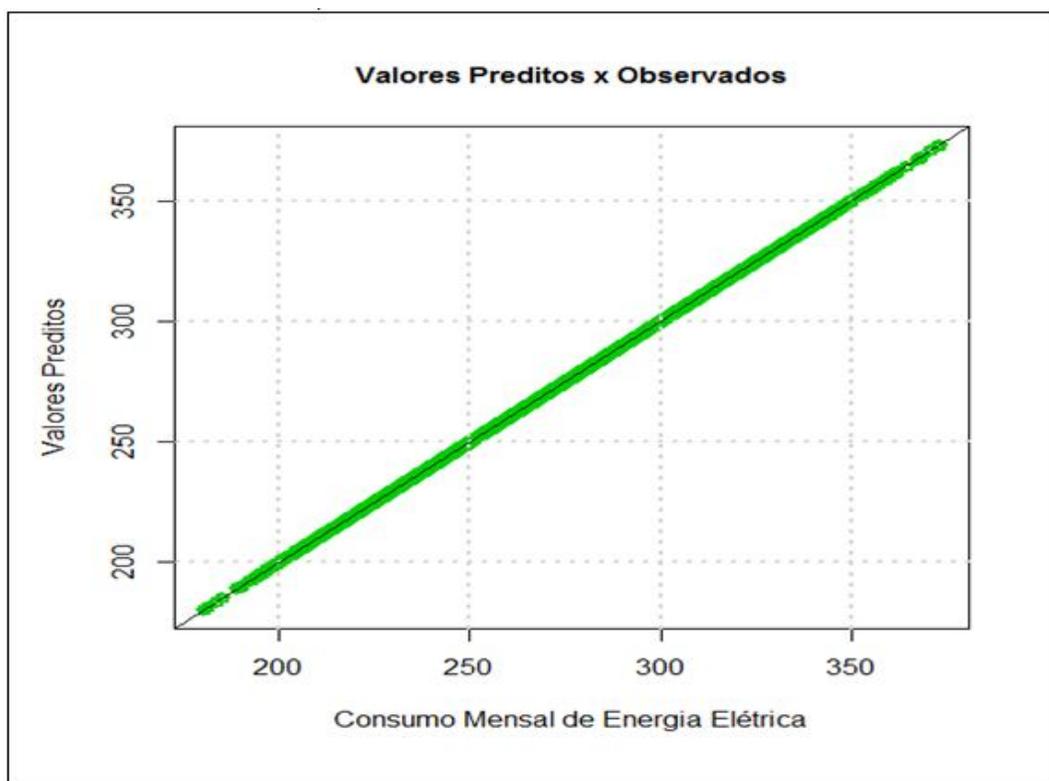


Figura 2 – Gráfico dos Valores preditos vs Observados

O gráfico exposto na Figura 2 representa o quanto o modelo proposto é fidedigno para representar os dados reais, o qual não apresenta variância brusca em torno da reta de regressão.

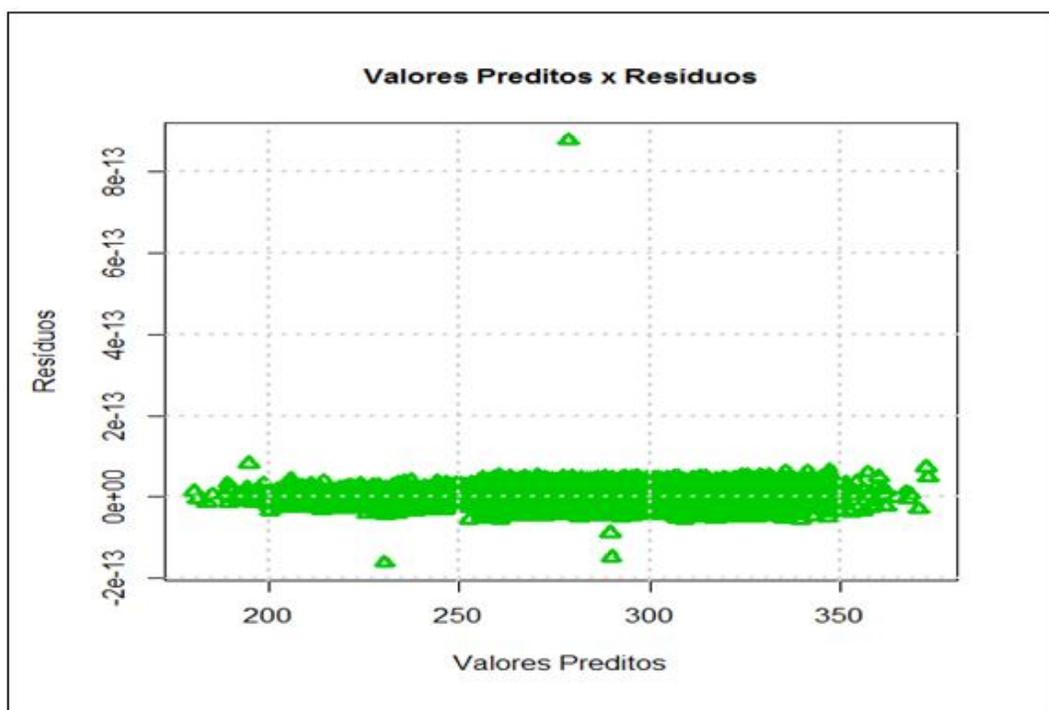


Figura 3 – Gráfico dos Valores preditos vs Resíduos

Pelas suposições básicas de um modelo de regressão linear múltiplo, no que se refere ao erro do modelo, ou seja: independência das variáveis de erro, homogeneidade das variâncias dos erros, normalidade dos erros e relação linear entre as variáveis X e Y. Pode-se verificar na figura acima, Figura32, que há uma possível violação da suposição de normalidade do erro, em virtude do ponto discrepante no gráfico.

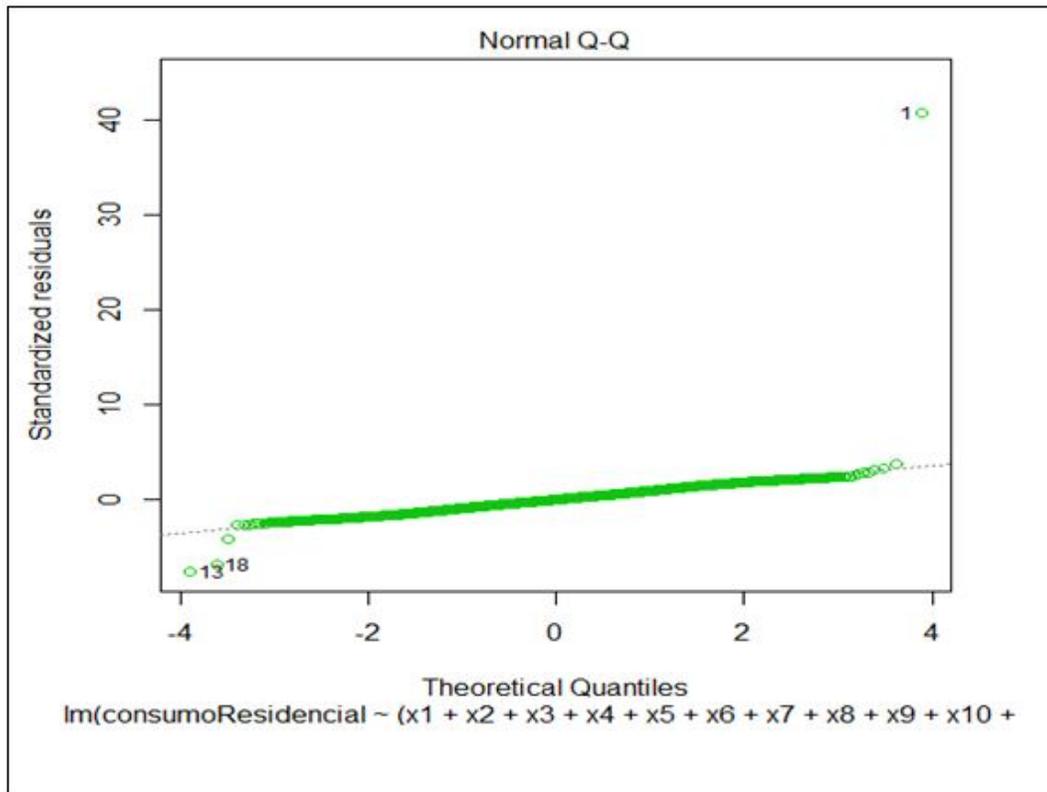


Figura 4 – Gráfico normal probabilístico dos resíduos

Em virtude de aparecerem 3 pontos discrepantes, na Figura 4, estando estes fora do entorno da reta, o que corrobora com as assertivas feitas na Figura 3, ou seja, temos evidências contra a normalidade dos dados.

6. CONCLUSÕES

Este artigo concentrou-se em estimar o consumo de energia elétrica mensal de uma residência através de um modelo de regressão linear múltipla, baseado em dados de consumo de energia elétrica individual dos eletrodomésticos contidos na Tabela 2 que foram estimados pelo software SIMULINK RESIDENCIAL, sendo que o modelo proposto apresentou um coeficiente de determinação de 100%, significando que este modelo consegue representar fidedignamente o consumo de energia elétrica residencial para os dados analisados.

Assim, é plausível afirmar que o modelo abaixo pode ser tranquilamente utilizado por qualquer usuário residencial para estimar seu consumo mensal, onde cada variável X corresponde ao consumo mensal de cada eletrodoméstico que o usuário possui na residência.

$$Y = 1420 * 10^{-14} + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17$$

O software SIMULINK RESIDENCIAL foi desenvolvido em projeto de Mestrado *Stricto Sensu* em Ciências da Computação – UFS, no primeiro semestre de 2013, e brevemente estará disponível no CINTEC-UFS, para transferência de tecnologia.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. M. T.; SILVA, A. C. M.; **Modelagem de Consumo Final de Energia Utilizando Estimadores Robustos**, XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 27 a 30/09/05, Gramado – RS.
- BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de Amostragem**. Ed. Edgard Blucher, 2005.
- CALDEIRA, A. M., et al. **Métodos quantitativos com Excel**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- CHARNET, R, et al., **Análise de Modelos de Regressão Linear: Com Aplicações**, 2ª ed. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.
- FOUNIER, A. C. P.; PENTEADO, C. L. C. **Energia elétrica no setor residencial à luz do consumo consciente: resultados do estudo de caso no município de Santo André (SP)**, V Encontro Nacional da Anppas - 4 a 7 de outubro de 2010 Florianópolis - SC – Brasil.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de Regressão – Uma Introdução à Econometria**. Ed. HUCITEC, 1998.
- LINS, F. E. **Mensurando a inovação tecnológica: indicadores e determinantes**, Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em engenharia de Produção da UFPE, 2003.
- NUNES, M. A. S. N., et al., **Noções sobre usabilidade: Web**, São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2012.
- SILVA, M. A.; OLIVEIRA, E. M. **Modelagem matemática: consumo inteligente de energia elétrica**, 2011. Disponível em: <www.sbem.com.br/files/ix_enem/.../CC00756484740T.doc>. Acessado em 28/05/2013.
- TERRA, **Trocar lâmpada incandescente por fluorescente gera economia**, publicado em 19 de Novembro de 2012. Disponível em:< <http://economia.terra.com.br/trocar-lampada-incandescente-por-fluorescente-gera-economia,eaa832c35076b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>>.
- Acessado em 07/06/2013.

Recebido: 09/07/2013 Aprovado: 11/09/2013