

## ESTIMANDO A TAXA DE POSSE POR BEM FINAL PARA A CLASSE RESIDENCIAL BRASILEIRA

### **Paula Medina Maçaira**

Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro – RJ  
[paulamacaira@gmail.com](mailto:paulamacaira@gmail.com)

### **Gheisa Roberta Telles Esteves**

Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro – RJ  
[gheisa@esp.puc-rio.br](mailto:gheisa@esp.puc-rio.br)

### **Fernando Luiz Cyrino Oliveira**

Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro – RJ  
[cyrino@puc-rio.br](mailto:cyrino@puc-rio.br)

### **Reinaldo Castro Souza**

Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro – RJ  
[reinaldo@ele.puc-rio.br](mailto:reinaldo@ele.puc-rio.br)

### **Rodrigo Flora Calili**

Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade, Inovação e Sustentabilidade, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro – RJ  
[rcalili@esp.puc-rio.br](mailto:rcalili@esp.puc-rio.br)

### RESUMO

A última pesquisa realizada para obtenção de informações referentes às posses e hábitos de uso dos bens-finais dos domicílios brasileiros aconteceu em 2005, gerando assim uma defasagem em relação à realidade atual. Informações dessa natureza possuem papel fundamental para estudos que pretendem trabalhar com séries de consumo de energia, para a classe residencial. Este trabalho tem como objetivos: (i) estimação de séries empíricas da posse de eletrodomésticos para o período de 2005-2013, por região do Brasil; e (ii) previsão dos dados de posse, para o ano de 2050, através da Curva de Bass. Tal Curva é comumente utilizada para difusão de novos produtos, pois apresenta um raciocínio de iteração entre novos adeptos e potenciais adeptos do produto. Com a metodologia proposta foi possível construir uma série histórica para os dados faltantes e também obter previsões satisfatórias até 2050, concluindo então que os métodos sugeridos foram adequados para os objetivos propostos.

**PALAVRAS CHAVE.** Taxa de posse, Estimação, Eletrodomésticos, Curva de Difusão de Bass.

**Tópicos:** EST, EN.

### ABSTRACT

The latest survey made to determine the appliances ownership rate and its usage habits on Brazilian households was made in 2005, hence the information available is out of date. Such data is a crucial input for residential electricity consumption modeling and forecasting. This work aims to: (i) estimate empirical series that reflects the evolution of appliances ownership evolution from 2005 until 2013 by Brazilian regions; and (ii) forecast the ownership up to 2050, applying Bass Curve. With the proposed methodology it was possible to create a time series for the missing data and also get satisfactory forecasts by 2050, concluding then that the suggested methods were adequate for the proposed objectives.

**KEYWORDS.** Ownership rate. Appliances. Bass curve.

**Paper topics:** EST, EN.

## 1. Introdução

No setor residencial brasileiro, variáveis como o número de domicílios e a taxa de posse de bens finais tem importância fundamental na determinação do consumo de energia [EPE,2014]. Com isso, a evolução do consumo dependerá diretamente da combinação do crescimento do número de domicílios, evolução da taxa de posse e de uso dos equipamentos eletrodomésticos, potência dos mesmos, além das perspectivas relacionadas aos seus níveis de eficiência. Porém, por diversas razões, informações a respeito da evolução da posse e uso de bens-finais são escassas no Brasil, tendo a última pesquisa sido realizada em 2005 no âmbito do Programa Nacional de Conservação da Energia (PROCEL).

Dada a importância das informações sobre a taxa de posse dos equipamentos eletrodomésticos, este trabalho tem como objetivos: (i) a construção de séries empíricas de taxa de posse por região geográfica do país para os anos entre 2005 e 2013; e (ii) previsão dos dados de posse até o ano de 2050. A curva de difusão de Bass conjugada com um processo de otimização linear será utilizada como ferramental para alcançar os objetivos propostos no artigo. Estudos de diferentes áreas já utilizaram a referida metodologia desenvolvida por Frank Bass [Bass, 1969], com destaque para Elsland et al. que aplica o modelo para estimar a posse futura no setor residencial da Alemanha [Elsland, et al., 2013] e da Turquia [Elsland, et al., 2014].

A Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso [PROCEL,2005] realizada, em 2005, para as quatro regiões do país teve, como um de seus resultados, a identificação da participação do uso de cada eletrodoméstico no consumo residencial de energia elétrica. Com base nesses dados pôde-se concluir que, os eletrodomésticos que mais respondem pelo consumo de energia elétrica do setor residencial são: chuveiro, geladeira e ar condicionado, com participação de 24%, 22% e 20%, respectivamente. O uso desses três eletrodomésticos corresponde a 66% do total do consumo, sendo o restante abarcado pelo uso de iluminação (14%), televisão (9%), freezer (5%), som (3%) e ferro (3%). Em contrapartida, o Estudo de Demanda de Energia [EPE,2014], publicado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, estimou que os principais usos finais relacionados com o consumo total de energia da classe residencial em 2050 para o Brasil serão: climatização (ar-condicionado, 36%), entretenimento (televisão, 27%), refrigeração (geladeira e freezer, 18%), outros serviços do lar (10%), aquecimento de água (chuveiro-elétrico, 6%), iluminação (2%) e cocção (micro-ondas, 2%).

Com base no exposto no parágrafo anterior, foram selecionados os seguintes eletrodomésticos para alcançar os objetivos propostos no artigo: geladeira, freezer, lava-roupa, televisão, chuveiro-elétrico, iluminação e ar-condicionado. A razão para a escolha dos referidos eletrodomésticos está pautada na disponibilidade de informação sobre a taxa de posse média, no Brasil, para o período entre 2005 e 2013, permitindo assim a aplicação da metodologia proposta.

O artigo encontra-se dividido em cinco seções, incluindo a seção de introdução. As próximas seções deste artigo estão organizadas como segue. Na Seção 2 são apresentadas as informações mais atuais disponíveis, nas fontes oficiais, sobre a taxa de posse de eletrodoméstico, por região. Na Seção 3 são descritos matematicamente os referenciais teóricos, permitindo ao leitor ter um maior entendimento da metodologia proposta. A Seção 4 detalha e avalia os resultados práticos obtidos na aplicação da metodologia, e finalmente na Seção 5 são expostas as conclusões e considerações finais do trabalho.

## 2. Dados utilizados: referencial teórico

Conforme explicitado na Introdução, pode-se, a partir de algumas pesquisas e estudos, extrair informações sobre a evolução da posse dos equipamentos eletrodomésticos selecionados. Na Tabela 1 é apresentada a taxa de posse média, estimada para as regiões do Brasil, em 2005, a partir da Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso, realizada pelo PROCEL. Observa-se que as regiões Sul e Sudeste são as que apresentam as maiores taxas de posse, para os eletrodomésticos analisados, destacando a pequena taxa de posse apresentada pela região Norte para o chuveiro elétrico (taxa de posse próxima de zero).

**Tabela 1 - Taxas de posse segundo Pesquisa de Posses e Hábitos realizada em 2005**

	<i>Sul</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Geladeira	1,01	1,02	1,02	0,95	0,95
Freezer	0,46	0,22	0,16	0,18	0,17
Lava-roupa	0,77	0,74	0,73	0,35	0,55
Televisão	1,63	1,46	1,24	1,3	1,16
Chuveiro-elétrico	1,17	1,1	1,08	0,4	0,05
Iluminação	4,08	4,06	2,63	2,23	2,37
Ar-condicionado	0,25	0,09	0,15	0,2	0,27

Fonte: PROCEL. Elaboração: autores.

O Estudo de Demanda de Energia, elaborado pela EPE e disponibilizado em 2014, fornece informações sobre a taxa de posse, de eletrodomésticos selecionados, para 2013, para o Brasil, ou seja, sem desagregação existente no estudo do PROCEL. A Tabela 2 apresenta a evolução da taxa de posse média, para o Brasil, para os anos de 2005 e 2013, além da taxa de crescimento anual médio da variável.

Destaca-se, primeiramente, a redução da taxa de posse tanto do freezer quanto do chuveiro-elétrico. No caso do aquecimento da água, essa queda pode ser explicada pelo aumento no uso do aquecimento a gás natural e do aquecimento solar nas residências. Para o freezer, a justificativa para essa redução pode estar relacionada com a diminuição do tamanho médio dos domicílios (m<sup>2</sup>), provocando a busca por eletrodomésticos mais compactos, como por exemplo, geladeiras com freezer embutido. Em contrapartida, para a iluminação (número médio de lâmpadas) observa-se o maior crescimento (10%) entre todos os bens-finais estudados, possivelmente motivados pela comercialização de lâmpadas com menor consumo de energia, como o LED.

**Tabela 2 – Evolução das taxas de posse média para o Brasil para 2005 e 2013**

	<i>2005</i>	<i>2013</i>	<i>% crescimento anual (2005-2013)</i>
Geladeira	1.00	1.03	0.33
Freezer	0.24	0.18	-3.15
Lava-roupa	0.64	0.68	0.68
Televisão	1.41	1.61	1.48
Chuveiro-elétrico	0.89	0.70	-2.63
Iluminação	3.43	8.25	10.24
Ar-condicionado	0.16	0.23	4.11

Fonte: PROCEL e EPE. Elaboração: autores.

Outro dado importante, que é usado na estimação da taxa de posse, é o número de domicílios, por região geográfica do país, tanto os dados atuais como a previsão até 2050. No estudo é utilizado o documento intitulado Projeções da População – Brasil e Unidades da Federação, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE [IBGE, 2013]. Os dados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Número de domicílios (por mil) por região do Brasil segundo o IBGE

	2005	2013	2050	% crescimento ao ano (2005-2013)	% crescimento ao ano (2013-2050)
Sul	8.408	9.966	11.246	1,91	0,32
Sudeste	23.861	28.347	33.652	1,93	0,45
Centro-Oeste	3.946	4.991	7.646	2,64	1,13
Nordeste	13.941	17.078	21.943	2,28	0,66
Norte	3.169	4.748	8.146	4,59	1,43
Brasil	53.325	65.130	82.634	2,25	0,63

Fonte: IBGE. Elaboração: autores.

### 3. Metodologia

A Metodologia empregada para obtenção da taxa de posse, por bem final, até 2050, pode ser dividida em três etapas fundamentais:

1. Obtenção das séries de taxas de posse empíricas, para cada equipamento eletrodoméstico, por região, para os anos entre 2005 e 2013;
2. Ajuste da Curva de Difusão de Bass às taxas de posse empíricas, obtidas na etapa anterior, utilizando otimização linear; e
3. Previsão das taxas de posse, por bem-final e por região, até 2050, utilizando os parâmetros estimados na segunda etapa.

No cálculo da Etapa 1, os dados utilizados são:

- Estoque por bem-final, no Brasil, para os anos de 2005 e 2013;
- Estoque, dos bens finais, por região em 2005;
- Número de Domicílios, por região e Brasil

Conforme pode ser visto na Fórmula 1, primeiramente, são calculados os estoques, para o Brasil, para os anos de 2005 e 2013, e por região para o ano de 2005. Em seguida, é calculado o estoque, por região e eletrodoméstico, para o ano de 2013, mantendo constante a taxa de participação de cada região no estoque total (calculado para o ano de 2005). Para calcular a posse do ano de 2013, por região e bem-final, é utilizada operação inversa a empregada para o cálculo do estoque, isto é, divide-se o estoque, calculado para 2013 pelo número de domicílios do mesmo ano. Por fim, as taxas de posse, por região para os anos intermediários (2006 a 2012), são calculadas aplicando um crescimento linear constante entre os anos de 2005 e 2013.

Fórmula 1 - Cálculo da taxa de posse, por bem final, ano e região.

**1. Cálculo do estoque do bem final  $i$  para os anos 2005 por região  $r$  e para os anos 2005 e 2013 para *Brasil***

$$\begin{aligned}
 stock_{i,2005,r} &= ow_{i,2005,r} \times dwellings_{2005,r} \\
 stock_{i,2005,Brasil} &= ow_{i,2005,Brasil} \times dwellings_{2005,Brasil} \\
 stock_{i,2013,Brasil} &= ow_{i,2013,Brasil} \times dwellings_{2013,Brasil}
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

**2. Estimação do estoque do bem final  $i$  para o ano 2013 por região  $r$**

$$stock_{i,2013,r} = \frac{stock_{i,2005,r}}{stock_{i,2005,Brasil}} stock_{i,2013,Brasil} \tag{2.2}$$

### 3. Cálculo da taxa de posse do bem final $i$ para o ano 2013 por região $r$

$$ow_{i,2013,r} = \frac{stock_{i,2013,r}}{dwellings_{2013,r}} \quad (2.3)$$

### 4. Estimação da taxa de posse para $t \in [2006, 2012]$

$$ow_{i,t,r} = \left( \frac{ow_{i,2013,r} - ow_{i,2005,r}}{2013 - 2005} \right) + ow_{i,t-1,r} \quad (2.4)$$

**Legenda:**

**Variáveis**

$stock$  = estoque

$ow$  = taxa de posse

$dwellings$  = número de domicílios

**Índices**

$i$  = tipo de bem final

$t$  = ano

$r$  = região

A Curva de Difusão de Bass tradicional [Sato, 2001] é apresentada na Fórmula 2, sendo as taxas de posse calculadas, estimativas das séries empíricas. O parâmetro de nível de saturação ( $m$ ) é obtido a partir da sugestão de especialistas ou baseado nos valores utilizados em outros estudos. Os coeficientes de inovação ( $p$ ) e de imitação ( $q$ ) são obtidos durante a realização da otimização linear, onde a função objetivo é minimizar a soma dos erros absolutos entre a série empírica e a série calculada, conforme descrito na Fórmula 3.

Fórmula 2 – Cálculo da taxa de posse baseado na curva de difusão de Bass.

### 1. Fórmula da Curva de Bass “tradicional”

$$\widehat{ow}_{i,t,r} = \widehat{ow}_{i,t-1,r} + p_{i,r}m_{i,r} + (q_{i,r} - p_{i,r})\widehat{ow}_{i,t-1,r} - \frac{q_{i,r}}{p_{i,r}}(\widehat{ow}_{i,t-1,r})^2 \quad (2.5)$$

**Legenda:**

**Variáveis**

$\widehat{ow}$  = taxa de posse estimada

$m$  = nível de saturação

$p$  = coeficiente de inovação

$q$  = coeficiente de imitação

**Índices**

$i$  = tipo de bem final

$t$  = ano

$r$  = região

Fórmula 3 – Estimação dos parâmetros  $p$  e  $q$  via Otimização Linear

### 1. Cálculo dos parâmetros $p$ e $q$

Minimizar  $\sum_i |\widehat{ow}_{i,t,r} - ow_{i,t,r}|$

sujeito a

$$\widehat{ow}_{i,t,r} = \widehat{ow}_{i,t-1,r} + p_{i,r}m_{i,r} + (q_{i,r} - p_{i,r})\widehat{ow}_{i,t-1,r} - \frac{q_{i,r}}{p_{i,r}}(\widehat{ow}_{i,t-1,r})^2, t \in [2006, 2013] \quad (2.6)$$

$$p_{i,r} \in [0,1], q_{i,r} \in [0,1]$$

**Legenda:**

**Variáveis**

**Índices**

$\hat{ow}$ = taxa de posse estimada	$i$ = tipo de bem final
$m$ = nível de saturação	$t$ = ano
$p$ = coeficiente de inovação	$r$ = região
$q$ = coeficiente de imitação	

Com isso, para prever a taxa de posse até 2050 é aplicada a Curva de Difusão de Bass com os parâmetros estimados no Passo 2 nas séries empíricas calculadas, onde  $t = 2014, \dots, 2050$ .

#### 4. Aplicação e Resultados

Conforme descrito na seção Metodologia, o primeiro passo consiste no cálculo do estoque, por bem final, (taxa de posse vezes número de domicílios) para o Brasil e por região no ano de 2005 e, somente para o Brasil, no ano de 2013. Os resultados dessa primeira etapa são mostrados na Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 4 – Estoque total por região - 2005

	<i>Sul</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Geladeira	8.424.410	24.278.040	3.956.580	12.934.250	3.550.150
Freezer	3.836.860	5.236.440	620.640	2.450.700	635.290
Lava-roupa	6.422.570	17.613.480	2.831.670	4.765.250	2.055.350
Televisão	13.595.830	34.750.920	4.809.960	17.699.500	4.334.920
Chuveiro-elétrico	9.758.970	26.182.200	4.189.320	5.446.000	186.850
Iluminação	34.031.280	96.636.120	10.201.770	30.361.450	8.856.690
Ar-condicionado	2.085.250	2.142.180	581.850	2.723.000	1.008.990

Tabela 5 – Estoque total para o Brasil – 2005 e 2013

	2005	2013	% crescimento ao ano (2005-2013)
Geladeira	53.374.000	67.083.900	2,57
Freezer	12.809.760	11.723.400	-0,98
Lava-roupa	34.159.360	44.288.400	2,93
Televisão	75.257.340	104.859.300	3,75
Chuveiro-elétrico	47.502.860	45.591.000	-0,46
Iluminação	183.072.820	537.322.500	12,71
Ar-condicionado	8.539.840	14.979.900	6,44

Note que, na Tabela 5, tanto o freezer quanto o chuveiro-elétrico apresentaram queda na taxa de posse e, conseqüentemente, no estoque total, estando esse resultado consistente com os dados existentes para a média Brasil, conforme mencionado na seção 2.

Para estimar o estoque por região em 2013, parte-se do pressuposto que a participação de cada região no estoque Brasil se mantém constante em relação ao ano de 2005. Entretanto, como o somatório dos percentuais de posse por região, não somaram 100%, optou-se por suprimir esse erro distribuindo, igualmente, o percentual remanescente entre todas as regiões. Segue um exemplo da situação: no caso da geladeira, faltaram 0,43% para completar o estoque total, assim, adiciona-se, em cada região 0,086% na participação. Esse procedimento é aplicado para no ajuste da taxa de posse de todos os bens finais, e o resultado pode ser analisado na Tabela 6.

Tabela 6 - Percentual, corrigido, da participação das Regiões no Estoque Total do Brasil

	<i>Sul</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>	<i>Total</i>
Geladeira	15,87	45,57	7,50	24,32	6,74	100
Freezer	30,00	40,93	4,89	19,18	5,01	100
Lava-roupa	19,08	51,84	8,57	14,23	6,29	100
Televisão	18,08	46,19	6,41	23,54	5,78	100
Chuveiro-elétrico	21,28	55,85	9,55	12,20	1,13	100
Iluminação	18,92	53,11	5,90	16,91	5,16	100
Ar-condicionado	24,41	25,08	6,81	31,88	11,81	100

A partir dos percentuais corrigidos estima-se o estoque e taxa de posse, de cada bem final, por região, no ano de 2013 (Tabela 7). Destaca-se que, com a metodologia proposta, nas regiões Centro-Oeste e Norte a geladeira e na região Norte o chuveiro-elétrico apresentaram taxas de posse descoladas (desalinhadas) das tendências observadas nas demais regiões. Por isso, especificamente para tais dados foi estimado o estoque a partir da evolução percentual esperada da taxa de posse utilizando como parâmetro as taxas de posse observadas para o Brasil. À título de exemplo, tem-se a situação onde o crescimento da taxa de posse da geladeira, no Brasil, foi de 1,03% entre 2005 e 2013, assumindo-se, então, um crescimento da taxa de posse desse eletrodoméstico, nas regiões Centro-Oeste de 1,03%, resultando em taxas de posse iguais a 1,05 e 0,98, respectivamente.

Tabela 7 - Estoque e Taxa de Posse Estimada, por região - 2015

		<i>Sul</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Geladeira	Estoque	10.646.303	30.572.172	5.243.545	16.314.562	4.645.918
	Tx. Posse	1,07	1,08	1,05*	0,96	0,98*
	% 2005-2013	0,63	0,62	0,33	0,06	0,33
Freezer	Estoque	3.516.927	4.797.812	573.465	2.248.323	586.873
	Tx. Posse	0,35	0,17	0,11	0,13	0,12
	% 2005-2013	-2,90	-2,87	-3,61	-3,42	-3,48
Lava-roupa	Estoque	8.449.153	22.958.427	3.793.468	6.300.400	2.786.952
	Tx. Posse	0,85	0,81	0,76	0,37	0,59
	% 2005-2013	1,08	1,01	0,45	0,59	0,73
Televisão	Estoque	18.962.107	48.438.407	6.720.376	24.679.928	6.058.482
	Tx. Posse	1,90	1,71	1,35	1,45	1,28
	% 2005-2013	1,73	1,76	0,92	1,18	1,06
Chuveiro-elétrico	Estoque	9.700.100	25.462.340	4.354.613	5.560.715	192.294
	Tx. Posse	0,97	0,90	0,87	0,33	0,04*
	% 2005-2013	-2,02	-2,23	-2,34	-2,26	-2,31
Iluminação	Estoque	101.635.015	285.381.511	31.694.912	90.863.988	27.747.074
	Tx. Posse	10,20	10,07	6,35	5,32	5,84
	% 2005-2013	10,72	10,62	10,29	10,14	10,55
Ar-condicionado	Estoque	3.657.276	3.757.138	1.020.133	4.775.966	1.769.387
	Tx. Posse	0,37	0,13	0,20	0,28	0,37
	% 2005-2013	4,36	4,39	3,50	3,80	3,65

Também na Tabela 7 são apresentados os percentuais de crescimento estimados, por região, e observa-se valores condizentes com os obtidos para o Brasil, pois há decréscimo na taxa de posse dos bens-finais freezer e chuveiro-elétrico, validando assim a metodologia empregada.

Com esses valores estimados é possível então obter as séries empíricas de taxa de posse por bem-final, para as regiões nos entre 2005 e 2013, restando somente o ajuste da Curva de Bass para obtenção dos parâmetros que resultem no menor erro médio. Antes do ajuste, é necessária a definição dos níveis de saturação ( $m$ ), de cada bem-final, isto é, o valor máximo esperado para a taxa de posse. Usualmente, este valor é sugerido por um especialista, porém para esse estudo foram considerados valores presentes no Estudo de Demanda de Energia [EPE, 2014] e também pesquisados valores de outros países, como da Alemanha [Elsland, et al., 2013]. A partir da definição do valor de  $m$  e da realização da otimização linear foram obtidos os valores ótimos dos parâmetros  $p$  e  $q$ , veja Tabela 8.

**Tabela 8 – Resultados da Otimização Linear para os parâmetros da Curva de Bass e Erros de Estimação, por bem final e região**

		<i>Sul</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Geladeira	$p$	0,004	0,000	0,000	0,000	0,018
	$q$	0,045	0,073	0,187	0,082	0,150
	$m$	1,200	1,150	1,050	0,960	0,980
	Erro obtido	0,008	0,013	0,020	0,002	0,017
Freezer	$p$	0,111	0,098	0,079	0,092	0,069
	$q$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	$m$	0,309	0,141	0,074	0,101	0,071
	Erro obtido	0,044	0,019	0,013	0,017	0,012
Lava-roupa	$p$	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
	$q$	0,028	0,030	0,030	0,021	0,088
	$m$	1,350	1,230	0,890	0,520	0,620
	Erro obtido	0,002	0,002	0,002	0,001	0,010
Televisão	$p$	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
	$q$	0,053	0,061	0,109	0,052	0,046
	$m$	2,700	2,300	1,410	1,800	1,610
	Erro obtido	0,016	0,020	0,035	0,015	0,010
Chuveiro-elétrico	$p$	0,066	0,065	0,049	0,058	0,059
	$q$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	$m$	0,735	0,645	0,485	0,216	0,027
	Erro obtido	0,048	0,047	0,037	0,016	0,002
Iluminação	$p$	0,022	0,014	0,000	0,002	0,001
	$q$	0,169	0,199	0,290	0,239	0,244
	$m$	14,680	13,770	6,730	6,720	7,480
	Erro obtido	0,244	0,289	0,845	0,202	0,218
Ar-condicionado	$p$	0,012	0,013	0,003	0,011	0,000
	$q$	0,041	0,041	0,072	0,044	0,089
	$m$	0,860	0,300	0,350	0,580	0,580
	Erro obtido	0,002	0,000	0,000	0,001	0,002



Aplicando os valores obtidos para os parâmetros da Curva de Bass a partir do ano de 2005, por bem final e região, e estendendo a previsão até 2050, é possível obter estimativas de taxa de posse para o referido ano e todos os anos intermediárias. Os resultados são apresentados na tabela abaixo, que contém dados de taxa de posse esperada por bem final e região, para o ano de 2050, e a taxa de crescimento anual esperada entre 2013 e 2050.

**Tabela 9 - Taxa de posse estimada e Taxa de Crescimento Médio Anual, por região e bem final – 2013-2050**

		<i>Sul</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Geladeira	Tx. Posse	1,18	1,15	1,05	0,96	0,98
	% 2013-2050	0,26	0,17	0,01	0,01	0,02
Freezer	Tx. Posse	0,31	0,14	0,08	0,10	0,07
	% 2013-2050	-0,45	-0,56	-1,16	-0,78	-1,38
Lava-roupa	Tx. Posse	1,13	1,05	0,84	0,44	0,62
	% 2013-2050	0,75	0,69	0,27	0,45	0,15
Televisão	Tx. Posse	2,56	2,22	1,41	1,74	1,54
	% 2013-2050	0,79	0,70	0,14	0,50	0,50
Chuveiro-elétrico	Tx. Posse	0,76	0,67	0,55	0,23	0,03
	% 2013-2050	-0,70	-0,82	-1,25	-0,96	-0,96
Iluminação	Tx. Posse	14,68	13,77	6,73	6,72	7,48
	% 2013-2050	0,98	0,85	0,34	0,65	0,68
Ar-condicionado	Tx. Posse	0,75	0,27	0,34	0,52	0,57
	% 2013-2050	1,90	1,84	1,32	1,65	1,13

Com base nos resultados, nota-se até o ano de 2050 uma ainda maior retração das taxas de posse de freezers e chuveiros-elétricos, uma maior aquisição de ar-condicionado, em todas regiões, e também o alcance do nível de saturação da taxa de posse de geladeiras, especificamente para as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

## 5. Conclusão e Considerações Finais

A taxa de posse de equipamentos eletrodomésticos juntamente com o número de horas em uso é um importante indicador do consumo de energia de um domicílio brasileiro. Porém, por diversas razões, para o Brasil e suas regiões geográficas essas informações são escassas.

Este estudo desenvolveu uma metodologia para a obtenção de séries históricas da taxa posse e estoque de bens-finais, por região, entre os anos de 2005 e 2013, seguidos de previsões de tais séries até o ano de 2050, utilizando para isso a Curva de difusão de Bass. A estimação dos parâmetros inovação e imitação da curva foi feita através de otimização linear, onde se buscou minimizar a diferença entre a série empírica e a série estimada. Outro parâmetro essencial para o ajuste é o nível de saturação da posse dos equipamentos que foi obtido a partir de estudos prévios para demais países e análise da evolução em si da posse.

Com base nos resultados, é possível concluir que, assim como ocorrido no histórico, ocorrerá um declínio na posse de freezers e chuveiros-elétricos. Esse declínio pode ser explicado pela substituição de freezers por geladeiras com freezers, economizando espaço nas residências, e também a substituição de eletricidade (chuveiros-elétricos) por gás natural para aquecimento da água. Além da diminuição da posse desses equipamentos, se observou um crescimento próximo de zero da taxa de posse da geladeira nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, indicando que tais regiões alcançariam o nível de saturação, para esse bem final, até 2050.

Conforme descrito acima se conclui que esse trabalho alcançou os objetivos almejados, pois com a metodologia proposta foi possível obter séries empíricas verossímeis e também uma

aproximação suficientemente boa (medidas de erro próximas a zero) com o ajuste da Curva de Bass. Além disso, as previsões obtidas são plausíveis perante análise das taxas de crescimento anual.

### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos colegas da PUC-Rio por seus comentários e sugestões valiosos que artigo e também ao programa de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) pelo apoio financeiro (projeto de P&D PD-7625-0003/2014). Finalmente, os autores gostariam de agradecer ao CNPq, CAPES e a FAPERJ, agências governamentais, que deram apoio a esta pesquisa.

### Referências

Bass, F. M., 1969. A NEW PRODUCT GROWTH FOR MODEL CONSUMER DURABLES. *MANAGEMENT SCIENCE*, January, 15(5), pp. 215-227.

Elsland, R., Divrak, C., Fleiter, T. & Wietschel, M., 2014. Turkey's Strategic Energy Efficiency Plan – An ex ante impact assessment of the residential sector. *Energy Policy*, July, Volume 70, pp. 14-29.

Elsland, R., Schlomann, B. & Eichhammer, W., 2013. *Is enough electricity being saved? Impact of energy efficiency policies addressing electrical household appliances in Germany until 2030*.

EPE, 2014. *Estudos da demanda de energia - Demanda de Energia 2050*, Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia.

IBGE, 2013. *Projeções da População, Brasil e Unidades da Federação. Série Relatórios Metodológicos*, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

PROCEL, 2005. *Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso*, Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Centrais Elétricas Brasileiras S. A.

PROCEL, 2005. *Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso - Classe Residencial Região Centro-Oeste*, Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Centrais Elétricas Brasileiras S. A..

PROCEL, 2005. *Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso - Classe Residencial Região Nordeste*, Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Centrais Elétricas Brasileiras S. A..

PROCEL, 2005. *Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso - Classe Residencial Região Norte*, Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Centrais Elétricas Brasileiras S. A..

PROCEL, 2005. *Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso - Classe Residencial Região Sudeste*, Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Centrais Elétricas Brasileiras S. A..

PROCEL, 2005. *Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso - Classe Residencial Região Sul*, Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Centrais Elétricas Brasileiras S. A..

Satoh, D., 2001. A DISCRETE BASS MODEL AND ITS PARAMETER ESTIMATION. *Journal of the Operations Research*, March, 44(1), pp. 1-18.