

Impactos da lei de eficiência energética 10.295/2001, em equipamentos elétricos e a gás
Impacts of the energy efficiency law 10.295/2001 in electrical equipment and gas

Rafael Balbino Cardoso

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: cardosorb@unifei.edu.br

Recebido: 06/10/2016 – Aceito: 18/01/2017

Resumo

O presente estudo tem por objetivo avaliar os impactos da Lei 10.295/2001, em termos de economia de energia, nos seguintes equipamentos consumidores de energia: Refrigeradores, condicionadores de ar, fogões a gás, aquecedores de água, motores elétricos e lâmpadas fluorescentes compactas. Segundo estimativas baseadas nos cálculos de economia de energia, com base nos cálculos do parque de equipamentos e consumo médio do mesmo para diferentes condições de mercado (real e linha de base), no ano de 2010, as geladeiras, condicionadores de ar, motores elétricos e equipamentos consumidores de gás liquefeito do petróleo – GLP (fornos e fogões) os impactos foram relativamente pequenos, perante ao mercado, com economias de 182,8 GWh, energia suficiente para abastecer cerca de 120.000 residências apenas. Esse pequeno impacto é justificado devido principalmente ao reduzido número de modelos que foram retirados do mercado, de todos os equipamentos avaliados, desde sua regulamentação nos termos da Lei.

Palavras chave: Economia de Energia, Eficiência Energética, Lei 10.295/2001.

Abstract

The present study evaluate the impacts of Law 10,295 / 2001, in terms of energy savings, on the following energy consuming equipment: Refrigerators, air conditioners, gas stoves, water heaters, electric motors and compact fluorescent lamps. According to estimates based on energy saving calculations, based on the calculations of the equipment and average consumption of the same for different market conditions (real and baseline), in the year 2010, refrigerators, air conditioners, electric motors and equipment consuming liquefied petroleum gas - LPG (kilns and stoves) the impacts were relatively small, facing the market, with savings of 182.8 GWh, sufficient energy to supply about 120,000 households only. This small impact is justified mainly due to the reduced number of models that have been withdrawn from the market, from all equipment evaluated, since its regulation under the Law.

Keywords: Ennergy Saving, Energy Efficiency, Law 10.295/2001.

1. Introdução

O presente estudo apresenta uma avaliação do processo de implementação e das consequências energéticas da Lei 10.295/2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética, que estabelece níveis mínimos para o desempenho de equipamentos que consomem eletricidade e combustíveis. Essa lei foi regulamentada através do Decreto no 4.059/2001, que instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética, órgão do Ministério de Minas e Energia que responde diretamente pela implementação da Lei de Eficiência Energética.

Segundo CARDOSO (2015) esta Lei se integra a outras ações governamentais desenvolvidas no Brasil visando estimular a introdução de equipamentos mais eficientes no mercado (Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e Selos Procel e Conpet), conformando um sistema baseado em procedimentos similares de avaliação da eficiência e orientando consumidores, produtores e importadores no sentido da adoção de melhores produtos e de menor consumo de energia.

Nesse sentido o presente estudo tem por objetivo avaliar os impactos da Lei 10.295/2001, em termos de economia de energia, nos seguintes equipamentos consumidores de energia: Refrigeradores, condicionadores de ar, fogões a gás, aquecedores de água, motores elétricos e lâmpadas fluorescentes compactas.

2. Metodologia de avaliação dos impactos energéticos

A metodologia de avaliação dos impactos da Lei 10.295/2001 se baseia em diretrizes de protocolos internacionais, tais como o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP. Entre as principais diretrizes, empregaram-se as seguintes:

- 1) Estabelecimento de linha de base para a avaliação dos impactos energéticos;
- 2) Avaliação ao longo da vida útil;
- 3) Consideração das condições de operação dos equipamentos.

Segundo NOGUEIRA et. al (2015), CARDOSO et. al (2012) e CAPAZ et. al (2014) com base nos índices mínimos de eficiência energética de cada categoria de equipamento estudo, consumo unitário de cada equipamento representativo de cada categoria, considerando duas situações de mercado (Linha de base e Real), e parque de equipamentos estimaram-se as economias de energia de acordo com as seguintes equações:

- a) **Economia de Energia:** a economia de energia em um determinado ano decorre da

diferença entre as condições estimadas para a linha de base e após a mudança induzida pela adoção dos equipamentos mais eficientes (Cardoso et. al, 2012):

$$EE = CEE_B - CEE_E \quad (1)$$

Onde:

EE - Economia de energia (GWh).

CEE_B - Consumo de energia do parque de equipamentos na linha de base (GWh).

CEE_E - Consumo de energia do parque real, com equipamentos eficientes (GWh).

A unidade utilizada nessa equação e subsequentes considera o uso de energia elétrica, mas pode ser naturalmente ajustada para as unidades típicas empregadas para outros vetores energéticos, como tep ou GJ.

b) Consumo de Energia do Parque de Equipamentos: para as diferentes hipóteses de composição do parque (equipamentos na linha de base e adotando equipamentos eficientes, após a regulamentação), em um determinado ano, esse consumo resulta da soma dos consumos parciais estimados para as diversas regiões, setores e classes de desempenho no contexto analisado, tendo em vista os critérios de homogeneidade e a disponibilidade de dados.

Por sua vez, esses consumos parciais podem ser estimados pelo produto entre o número de equipamentos (que não varia com a hipótese de composição do parque) e o consumo unitário de um equipamento representativo (que varia com a hipótese de composição do parque):

$$CEE_K = \sum_{regiões} \sum_{setor} \sum_{classes} CEP_K \quad (2)$$

$$CEP_K = CM_{jK} \cdot P_j \quad (3)$$

Onde:

CEP_K - Consumo anual de energia do parque de equipamentos na condição K (GWh).

CM_{jK} - Consumo unitário médio anual dos equipamentos da região/setor/classe para o ano j (kWh).

P_j - Parque de equipamentos na região/setor/classe no ano j (milhões de unidades).

K - Refere-se ao cenário de composição do parque de equipamentos (linha de base ou melhorado, considerando os níveis mínimos de eficiência).

c) Parque de Equipamentos: a dimensão do parque de equipamentos em uma dada

região/setor/classe para um determinado ano pode ser estimada pela soma das vendas durante um período igual à vida útil e o sucateamento para os equipamentos que atingem a vida útil:

$$P_j = \sum_{i=j-VU}^j V_i - S_j \quad (4)$$

Onde:

P – Parque de equipamentos (milhões de unidades).

V – Vendas anuais de equipamentos (milhões de unidades/ano).

S – Função de sucateamento dos equipamentos (-).

i – Índice referente à idade dos equipamentos (ano).

j – Índice referente ao ano de análise (ano).

VU – Vida útil do equipamento (ano)

Nessa equação a variável S, função de sucateamento, pode ser assumida diretamente como a quantidade de equipamentos completando sua vida útil, nesse caso pressupondo uma retirada completa e simultânea desses produtos nesse ano, ou de maneira mais distribuída no entorno da vida útil, segundo regras de saída arbitradas em função dos históricos de venda e estoque de equipamentos em operação. Por exemplo, estudos efetuados pelo PROCEL indicam que a vida útil média de um refrigerador no Brasil é da ordem de 16 anos, mas 50% dos produtos são retirados de uso com 15 anos, 40% com 16 anos e 10% com 17 anos após sua aquisição (PROCEL, 2010).

d) Consumo unitário médio: tendo em conta as condições definidas pela região/setor/classe, o consumo anual de um equipamento representativo de um grupo homogêneo de consumidores, em um determinado ano pode ser dado pela ponderação dos consumos unitários dos modelos comercializados em função das vendas desses equipamentos nos diversos anos, considerando toda a vida útil.

Assim, o consumo unitário médio resulta de duas ponderações sucessivas dos valores de consumo medidos para cada modelo, inicialmente ponderando pelos modelos vendidos em um mesmo ano, e em seguida entre os consumos nos diversos anos, na medida em que um parque de equipamentos apresenta produtos diferentes, de mesma idade e de idades diferentes.

Observe-se que tais ponderações admitem subjetivamente que os padrões de uso, sob o pressuposto da homogeneidade, se preservam entre os diferentes modelos.

$$CM_{jk} = \frac{\sum_{i=j-VU}^j C_{ik} \cdot V_i}{\sum_{i=j-VU}^j V_i} \quad (5)$$

$$C_k = \frac{\sum_{i=\text{modelos}} CP_{ik} \cdot V_i}{\sum_{i=\text{modelos}} V_i} \quad (6)$$

Onde:

C – Consumo anual de um equipamento representativo do parque de equipamentos, novos e usados, de uma dada região/setor/classe, no ano j (kWh).

CP – Consumo anual de um modelo de equipamento, nas condições de ensaio, para uma dada região/setor/classe, no ano j (kWh).

e) Redução de demanda de Ponta (RDP): A redução de demanda de ponta é calculada de acordo com o produto da economia de energia pelo fator de coincidência de ponta (FCP) dividido pelo tempo de utilização dos equipamentos. Essa RDP indica a potência elétrica poupada pelo país, devido à Lei 10.295/2001.

3. Resultados dos impactos da Lei 10.295/2001

Aplicando a metodologia descrita no capítulo anterior, estimaram-se os impactos energéticos, em termos de economia de energia e redução de demanda de ponta, atribuídos a Lei 10.295/2001 para os equipamentos avaliados: Refrigeradores, condicionadores de ar, fogões a gás, aquecedores de água, motores elétricos e lâmpadas fluorescentes compactas, como mostra a Tabela 1.

As informações para alimentação das equações propostas no capítulo anterior, para as estimativas dos impactos energéticos da Lei 10.295/2001, foram obtidas através de fontes de informação, para estimativas do parque de equipamentos e consumo médio unitário, tais como: (ABRAVA, 2015), (ABINEE, 2015) (PNAD/IBGE, 2010), (Cardoso e Nogueira, 2007), (PPE/COPPE/UFRJ, 2005), (Bortoni et. al., 2007), (Rise, 1997), Tabelas do PBE/INMETRO, entre outras.

Tabela 1. Impactos energéticos da Lei 10.295/2001 em 2010

Equipamentos	EE (GWh)	RDP (MW)
Refrigeradores de 1 porta (300 litros)	43,1	17,7
Refrigeradores combinados(400 litros)	3,1	1,3
Refrigeradores combinados frost-free (400 litros)	3,6	1,5
Condicionadores de ar janela (6 a 12 kBTU/h)	16,7	9,1
Condicionadores de ar janela (12 a 36 kBTU/h)	20,5	8,3
Condicionadores de ar split (6 a 12 kBTU/h)	13,2	7,2
Condicionadores de ar split (12 a 36 kBTU/h)	4,6	1,8
Motores elétricos (1 a 10 cv)	14,0	6,1
Motores elétricos (10 a 40 cv)	27,4	9,6
Motores elétricos (40 a 100 cv)	12,0	3,5
Motores elétricos (100 a 250 cv)	24,6	4,3
Total	182,8	70,4

Fonte: Própria

Como apresenta a Tabela 1, a redução de demanda de ponta promovida pela Lei 10.295/2001 no ano de 2010 foi na ordem de 70 MW, valor que pode ser considerado reduzido frente à capacidade total instalada no país para a geração de energia elétrica, cerca de 110 GW. A economia de energia alcançada em torno de 182 GWh, daria para abastecer cerca de 120.000 residências no país. Nesse sentido cabe observar que os impactos da Lei 10.295/2001 ainda são pequenos devido ao número limitado de modelos que foram retirados do mercado, inclusive pela entrada em vigor relativamente recente da regulamentação dos níveis mínimos de eficiência pela Lei. Os motores elétricos tiveram maior participação nos impactos energéticos, já que foram os primeiros equipamentos a aderirem à Lei, em 2003, enquanto os refrigeradores aderiram somente no ano de 2008 e condicionadores de ar em 2009.

Considerando os equipamentos que utilizam combustíveis, com as informações sobre as vendas anuais, a parcela dessas vendas alterada pelas disposições da Lei de Eficiência Energética (5%, conforme informações da ELETROS para fogões, valor assumido também para os aquecedores) e os parâmetros de desempenho, tem-se as estimativas de economia de energia apresentadas na Tabela 2.

Esses resultados totalizam 9.575 tep, que mesmo considerando serem transformações

na margem no mercado, cerca de 0,15% do consumo doméstico de GLP, considerando a dimensão do consumo brasileiro, se avolumam: correspondem a mais de 736 mil botijões de GLP economizados como resultado da Lei de Eficiência Energética, sem alterar as condições de uso, apenas reduzindo as perdas e melhorando o desempenho energético dos equipamentos.

Tabela 2. Energia economizada (acumulada até 2010) devido à Lei de Eficiência Energética para equipamentos que consomem combustíveis

Produto (s)	Modelo(s) representativo(s)	Energia Economizada
Fogões e fornos a gás	Fogão de quatro bocas, com forno, sem acendimento automático.	8.974 tep
Aquecedores de água a gás	Aquecedor do tipo instantâneo de triagem natural, para 5 litros/min.	620 tep

Fonte: Própria

Como comentado anteriormente, a Tabela 2 mostra o pequeno impacto da Lei de Eficiência Energética na economia de energia de combustíveis fósseis, utilizados em equipamentos domésticos, representando menos 0,2% do consumo de energia do setor.

4. Conclusões

O presente estudo apresentou à sociedade brasileira os impactos energéticos da principal Lei de Eficiência Energética do país, a Lei 10.295/2001. Tais impactos são essenciais para o planejamento energético do país.

A partir de metodologias para avaliação dos impactos energéticos da Lei 10.295/2001, que consideram premissas como avaliação dos impactos ao longo da vida útil dos equipamentos, interferências da temperatura ambiente e da perda de desempenho dos equipamentos nos impactos energéticos, bem como influência dos hábitos de uso, estimou-se as economias de energia para os equipamentos regulamentados pela Lei.

Segundo avaliações, constatou-se que, em 2010, geladeiras, condicionadores de ar e motores elétricos geraram economias de energia de 182,8 GWh (energia suficiente para alimentar cerca de 120.000 residências) e redução de demanda de ponta 70 MW (potência

menor que 1% da capacidade instalada no país) devido á lei de eficiência energética, e as influências; em fogões e fornos a gás e aquecedores de água a gás foram estimados em 9.594 tep, que corresponde apenas 0,15% do consumo doméstico de GLP do país no ano.

Os impactos da Lei 10.295/2001 no avaliado eram relativamente limitados devido ao reduzido número de modelos que foram retirados do mercado, de todos equipamentos avaliados, desde sua regulamentação nos termos da Lei.

Referências

ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica ,*“Histórico de vendas de motores elétricos”*, 2015.

ABRAVA, Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento, *“Vendas de Condicionadores de ar e freezers e refrigeradores”*, 2015.

BORTONI, E. C.; Haddad, J.; Santos, A. H. M.; Azevedo, E. M.; Yamachita, R. A., *“Analysis of Repairs on Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors Performance”*, IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 22, nº. 2, June 2007.

CAPAZ, R. S. ; NOGUEIRA, L.A.H. ; CARDOSO, R. B. . Eficiência Energética. In: Luiz Augusto Horta Nogueira, Rafael Silva Capaz. (Org.). Ciências Ambientais para Engenharia. 01ed.São Paulo - SP: Elsevier, 2014, v. 1, p. 309-330.

CARDOSO, R. B.. Etiqueta e Eficiência Energética. 1. ed. Curitiba - PR: Aprris, 2015. v. 1. 142p .

CARDOSO, R.B., NOGUEIRA, L.A.H; *“Estimativa do consumo de energia elétrica de refrigeradores nas residências brasileiras”*, Revista Brasileira de Energia, v. 13 (2), p.55-67, 2007.

CARDOSO, R.B., NOGUEIRA, L.A.H, HADDAD, J., SOUZA, E.P., *“An assessment of energy benefits of efficient household air-conditioners in Brazil”*, Energy Efficiency, v.5, p.433-446, 2012.

NOGUEIRA, LUIZ AUGUSTO HORTA ; CARDOSO, RAFAEL BALBINO ; CAVALCANTI, CERES ZENAIDE BARBOSA ; LEONELLI, PAULO AUGUSTO . Evaluation of the energy impacts of the Energy Efficiency Law in Brazil. *Energy Sustainable Development*, v. 24, p. 58-69, 2015.

PNAD/IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra a Domicílio / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, “*Distribuição por região de freezers e refrigeradores no Brasil*”, 2010.

PPE/COPPE/UFRJ, “*Avaliação dos Índices de Eficiência Energética para Motores Trifásicos de Indução*”, Coordenador: Roberto Shaeffer, Rio de Janeiro, 2005.

PROCEL, “*Relatório de Avaliação de Resultados do Programa Selo PROCEL de Economia de Energia, Ano base 2009*”, DPS/DPST, 2010.

RISE, S.; “*The Danish High Efficiency Motor Campaign 1996-1998. in: ALMEIDA, A.; BERTOLDI, P.; LONHARD, W. (eds)*”.; *Energy Efficiency Improvements in Electric Motors and Drives*. Alemanha. Springer, 551 p. p 452- 463, 1997.