



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO XIV

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA,
DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO - GET**

AValiação DOS RESULTADOS OBTIDOS EM 2007 PELAS LÂMPADAS EFICIENTES COM SELO PROCEL

Moisés A. dos Santos* George C. dos Santos Leonardo P. Magalhães Emerson Salvador

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S. A. - ELETROBRÁS

RESUMO

Este artigo apresenta a metodologia adotada pelo Procel/Eletrobrás para estimar a economia de energia e redução de demanda na ponta das lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares com o Selo Procel. A metodologia citada é baseada no mercado de lâmpadas mais eficientes mencionadas. O modelo utilizado procura adequar-se às premissas do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), a saber: a utilização de linha de base (*baseline*), a consideração da vida útil das lâmpadas e a verificação de consistência do modelo. Finaliza-se com os resultados alcançados em 2007.

PALAVRAS-CHAVE

Lâmpadas Eficientes, Selo Procel, Avaliação de Resultados, Economia de Energia

1.0 INTRODUÇÃO

O Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL, originalmente instituído pela Portaria Interministerial nº. 1.877, de 30 de dezembro de 1985 e posteriormente mantido pelo Decreto de 18 de julho de 1991, é o programa do Governo Federal, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia - MME, destinado a promover o uso eficiente da energia elétrica no país e o combate ao seu desperdício.

A Eletrobrás, na função de Secretaria Executiva do Procel, é a responsável pelo planejamento e execução do Programa, fornecendo o suporte técnico e financeiro para as ações desenvolvidas em diversos campos, como por exemplo: a pesquisa tecnológica, a educação nos três níveis de ensino, treinamento e capacitação de profissionais, implementação de projetos de eficiência energética em indústrias, estabelecimentos comerciais, residenciais, prédio públicos e iluminação pública, assim como o incentivo ao desenvolvimento tecnológico de equipamentos eletroeletrônicos, eletrodomésticos e de aquecimento solar, por meio do fortalecimento do Selo Procel de Economia de Energia.

Por se tratar de um Programa de Governo desde junho de 1991 e, por consequência, estar a serviço de toda sociedade brasileira, o Procel realiza anualmente a avaliação e divulgação de suas ações, resultados e investimentos realizados. Desde quando foi criado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pelo antigo Ministério da Indústria e Comércio (MIC), em 1985, o Procel promove ações de eficiência energética envolvendo bens e serviços com a finalidade de contribuir para a melhoria da qualidade de vida de milhões de brasileiros e de reduzir impactos ambientais. Os benefícios gerados pelo Procel podem ser contabilizados tanto pela economia de energia elétrica quanto pelos investimentos postergados na expansão do sistema elétrico, que são revertidos para toda a sociedade brasileira. Os bons resultados obtidos encorajaram o planejamento novas ações para orientar o consumidor e estimular a fabricação e comercialização de produtos mais eficientes no Brasil. No dia 8 de dezembro de 1993, por meio de Decreto Presidencial, foi criado o Selo Procel de Economia de Energia, ou como é mais conhecido, o Selo Procel.

(*) Avenida Rio Branco, 53 - 20º andar, centro CEP: 20.090-004 Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Tel: (+55 21) 2514 6487 - e-mail: moisess@eletrobras.com

Desde 2005, a sistemática de avaliação dos resultados do Procel passa por um processo de revisão e de aperfeiçoamento, que foi conduzido em parceria com a Universidade Federal de Itajubá - Unifei, e a colaboração de representantes das seguintes instituições: Ministério de Minas e Energia - MME, Centro de Pesquisa de Energia Elétrica - Cepel, Empresa de Pesquisa Energética - EPE, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Universidade de Campinas - Unicamp, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio e associações de fabricantes. Essa revisão iniciou-se com as metodologias de avaliação dos resultados energéticos do Selo Procel nas categorias refrigeradores, *freezers* e lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares, cujos resultados já estão incorporados na sistemática de avaliação. Na seqüência desse processo, serão revistas as metodologias de avaliação dos condicionadores de ar, motores elétricos e sistemas de aquecimento solar de água.

Este artigo destina-se a apresentar um panorama histórico do advento do Selo Procel e sua relação com a economia de energia proveniente da substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares com Selo Procel. É mostrada a metodologia adotada pelo Procel para estimar a economia de energia e redução de demanda na ponta das lâmpadas mencionadas com o Selo Procel. Finaliza-se com os resultados alcançados em 2007.

2.0 SELO PROCEL DE ECONOMIA DE ENERGIA

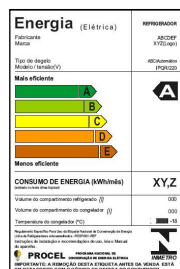
O principal objetivo do Selo Procel de Economia de Energia (cf. Figura 1) é destacar, para a sociedade, os equipamentos eletroeletrônicos e eletrodomésticos, comercializados no país, que são os mais eficientes em suas categorias. A concessão do Selo é fruto do trabalho conjunto da Eletrobrás/Procel com o Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE, programa coordenado pelo Inmetro. O Selo Procel é reconhecido como uma ferramenta que agrega valor ao produto, o que traz um diferencial de mercado.

2.1 Contexto histórico

Desde a sua criação, o Procel promove diversas ações que têm por objetivo induzir o desenvolvimento e a incorporação de novas tecnologias aos equipamentos. Neste contexto, há um crescimento na qualidade e na eficiência energética, por meio da capacitação de laboratórios de referência, que atuam no estabelecimento de índices de consumo de energia elétrica relativos ao PBE e à “Lei de Eficiência Energética” (i.e. Lei 10.295/01) e na elaboração de normas técnicas para ensaios de eficiência energética.



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Selo Procel de Economia de Energia e (b) Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

Em 1995, já apareciam, no mercado brasileiro, os primeiros produtos com o Selo Procel. No início, foram escolhidas três categorias da linha de refrigeradores: uma porta; duas portas ou combinados e freezer vertical. Posteriormente, foram incorporados o *freezer* horizontal, aparelho de ar-condicionado tipo janela e motores elétricos trifásicos até 10 cv e, em 2003, já se observava motores até 250 cv. Em seguida, foram incluídos os coletores solares planos para aquecimento de água para as modalidades banho e piscina, assim como os reservatórios térmicos correspondentes.

Com a finalidade de estabelecer os critérios técnicos e indicar os equipamentos premiados, foi constituída pela Secretaria Executiva do Procel uma Comissão de Análise Técnica, composta por um representante das seguintes entidades: Procel (na condição de Coordenador), Cepel, Inmetro, Idec, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos (Eletros), Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) e Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (Abilux).

Em 2007, o Selo Procel de Economia de Energia foi outorgado a 2.341 modelos de equipamentos de 115 fabricantes, sendo que, pela primeira vez, os televisores de cinescópio em modo de espera (*stand-by*) foram agraciados. Para essa categoria, o Selo foi concedido para os equipamentos que consomem, no modo de espera, até 1W. Foram contemplados com o Selo Procel 38 modelos de televisores de 3 fabricantes. As categorias que atualmente recebem o Selo Procel são: refrigeradores e *freezers*, motores elétricos trifásicos, lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares, reatores eletromagnéticos para lâmpadas a vapor de sódio, reservatórios térmicos, coletores solares, condicionadores de ar, máquinas de lavar roupa e televisores em modo de espera.

Na (a)

(b)

Figura 1, apresenta a participação dos equipamentos eletrodomésticos no consumo de uma residência típica, onde se consolida a estratégia adotada pelo Procel na escolha dos equipamentos de uso mais intenso nessa classe de consumo para concessão do Selo.

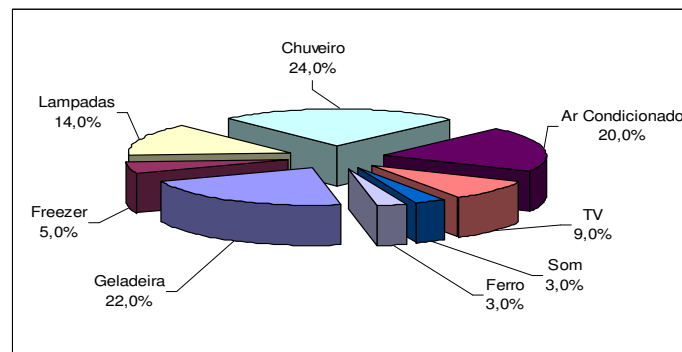


Figura 2 – Participação dos equipamentos no consumo de uma residência típica.

2.2 Critérios para Concessão do Selo Procel

Os quatro critérios vigentes para a concessão do Selo Procel de Economia de Energia são os seguintes:

- O produto deve fazer parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que é coordenado pelo Inmetro;
- O produto deve ser submetido anualmente a ensaios de desempenho em laboratórios de referência indicados pelo Procel e acreditados pelo Inmetro;
- Para as categorias: refrigeradores, *freezers*, condicionadores de ar, máquinas de lavar roupa e coletores solares e televisores, o produto deve estar classificado na faixa A da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence) e respeitar as condições adicionais inerentes a cada categoria;
- Para as categorias: lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares, reatores eletromagnéticos para lâmpadas tubulares ou a vapor de sódio, reservatórios térmicos e motores elétricos de Indução, o produto deve atingir um índice mínimo de eficiência, de rendimento ou máximo de consumo pré-estabelecidos.

Tanto a Ence quanto o Selo Procel devem estar afixados nos produtos em exposição nos pontos de venda, de modo a orientar facilmente o consumidor no ato da compra.

3.0 ECONOMIA DE ENERGIA PROPORCIONADA PELAS LÂMPADAS EFICIENTES COM SELO PROCEL

Nesta seção, é feita uma análise da economia de energia proporcionada pela utilização de lâmpadas fluorescentes compactas e circulares mais eficientes com Selo Procel. Assim, o Procel tem estimulado o consumidor a comprar essas lâmpadas por meio da divulgação do Selo Procel na mídia e por intermédio de parcerias com os próprios fabricantes, importadores, laboratórios e centros de pesquisa.

Em 2007, principalmente, devido ao estabelecimento, no âmbito da “Lei de Eficiência Energética”, de índices mínimos de eficiência energética para lâmpadas eficientes, houve um aumento significativo (cerca de 50%) na quantidade de lâmpadas contempladas com o Selo Procel. Destaca-se, também, o aumento por volta 75% na quantidade de empresas com produtos contemplados.

3.1 Metodologia e Premissas

Para a avaliação dos resultados energéticos referentes à utilização de lâmpadas fluorescentes compactas - LFC ou circulares - LF Circular, detentoras do Selo Procel de Economia de Energia, em substituição às lâmpadas incandescentes, será utilizada a metodologia desenvolvida em parceria com a Universidade Federal de Itajubá - Unifei. No desenvolvimento dessa nova metodologia, é oportuno destacar a participação de importantes agentes do setor, destacando-se, entre eles, o MME, Cepel, Inmetro, IBGE, PUC-RJ, PUC-RS e associações de fabricantes.

As principais características e as premissas adotadas nessa nova metodologia são apresentadas a seguir:

- Avaliação desagregada por região do país, classe de consumo e período do ano (seco e úmido);
- Vida útil de lâmpadas incandescentes e eficientes assumidas como respectivamente 1.000 horas e 5.000 horas¹;
- Substituição de lâmpadas incandescentes de 60 W por LFC de 15 W ou incandescentes de 70 W por LF circulares de 22 W;
- Inclusão dos efeitos de latitude e estações do ano no tempo de utilização das lâmpadas para os cálculos de consumo de energia;
- O tempo de utilização de lâmpadas por ponto de luz de 1.000 horas por ano na classe residencial e 2.500 horas por ano nas classes industrial e comercial.

O modelo procura, também, se adequar às seguintes premissas do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP:

- Utilização de ano-base ou linha de base para comparação dos resultados de economia de energia;
- Consideração da vida útil das lâmpadas;
- Verificação de consistência do modelo.

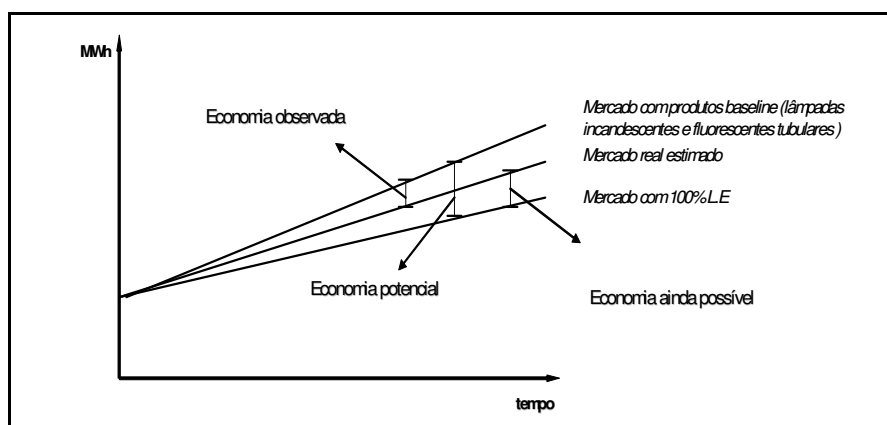


Figura 3 - Evolução do Consumo de Energia do Parque de Lâmpadas Instaladas

A linha de base (*baseline*) do modelo proposto é um mercado fictício onde o parque de lâmpadas seria formado por lâmpadas incandescentes (88%) e fluorescentes tubulares (12%). A diferença de consumo de energia entre o mercado com produtos da linha de base e o mercado real estimado (formado por lâmpadas incandescentes, fluorescentes tubulares, compactas ou circulares) corresponde ao valor da economia de energia atribuível às lâmpadas eficientes, sendo que uma parcela desta é economia atribuída ao Selo Procel. Essa parcela foi assumida pelo Procel em 20%, baseando-se no percentual de lâmpadas com Selo instaladas no país, obtido a partir de consultas ao mercado e em pesquisas relacionadas.

¹ Valores médios baseados nos catálogos dos fabricantes

Na Figura 4, é apresentada a estrutura da modelagem para a determinação da economia de energia atribuída ao Selo Procel, no âmbito dos equipamentos de iluminação, que se baseia na obtenção do parque de lâmpadas incandescentes e eficientes e nos tempos de utilização. Este último parâmetro é considerado variável de acordo com a região e período do ano, devido às influências da latitude e com a classe considerada (residencial ou comercial e industrial).

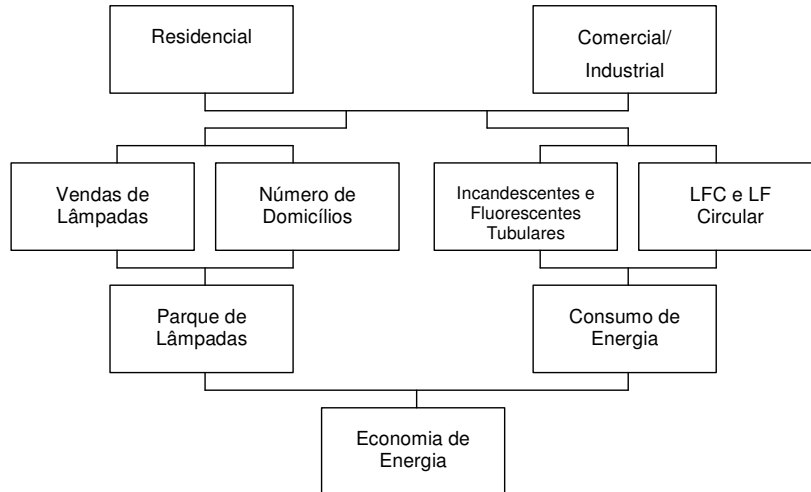


Figura 4 - Visão esquemática da economia de energia a partir do modelo proposto.

Para a formação do parque de lâmpadas foram utilizados o número de residências com iluminação elétrica (PNAD 2006) [1], a posse média de lâmpadas fluorescentes ou incandescentes (PPH 2005) [2] e adotados, como participação nas vendas de mercado, 95% e 5% para as LFCs e LF circulares respectivamente. As vendas totais de lâmpadas fluorescentes foram obtidas a partir do sistema Alice/Web do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior [3].

Neste contexto, a economia de energia atribuída às lâmpadas eficientes em uma região “i” em um período “p” é calculada pela diferença entre o consumo de energia do mercado da linha de base (*baseline*), considerando que todo o parque de lâmpadas seria formado por lâmpadas incandescentes (88%, potência média 60 W)² e fluorescentes tubulares (12%, potência média de 20 W) e o consumo real, com o parque formado por lâmpadas incandescentes, fluorescentes tubulares e lâmpadas eficientes (compactas e circulares). Observe-se que esse valor representa uma economia realizada, sendo a economia potencial máxima dada pela diferença entre o mercado na linha de base e o mercado considerando que a totalidade das lâmpadas é eficiente.

Então, a economia é dada por:

$$EE_{ijp} = CBL_{ijp} - CP_{ijp}$$

Onde:

EE_{ijp} - Economia de energia na região “i” na classe “j” no período “p”.

CBL_{ijp} - Consumo do parque de lâmpadas da linha de base na região “i” na classe “j” no período “p”.

CP_{ijp} - Consumo do parque real na região “i” na classe “j” no período “p”.

Somando a economia das cinco regiões brasileiras tem-se a economia do Brasil atribuída a lâmpadas eficientes na classe “j” e período “p”.

Uma parcela dessa economia de energia (20%, conforme descrito anteriormente) é atribuída ao Selo Procel, então:

² Vale frisar que, 78,53% das lâmpadas incandescentes instaladas no país são de 60 W, segundo a PPH 2005.

$$EE_{jpSP} = EE_{jp} \cdot F_{SP}$$

Onde:

EE_{jpSP} - Economia de energia na classe “j” no período “p” no Brasil atribuída ao Selo Procel;

F_{SP} - Fração de lâmpadas com o Selo Procel.

Somando as economias das 3 classes consideradas (residencial, comercial e industrial) tem-se a economia de energia do Brasil, atribuída ao Selo Procel, no âmbito de lâmpadas eficientes para os dois períodos do ano.

Para a obtenção da redução da demanda na ponta - RDP, considerou-se o fator de coincidência na ponta de 42%³ tanto para a classe residencial quanto para as classes comercial e industrial.

Considerando os possíveis desvios envolvidos na modelagem, a incerteza na estimativa na Redução de Potência e na Economia de Energia é da ordem de respectivamente 12% e 21%.

Todos os detalhes do desenvolvimento dessa metodologia estão disponíveis para consulta no relatório: Avaliação de Resultados do Selo Procel de Economia de Energia - Iluminação, que pode ser encontrado na biblioteca do Procel.

3.2 Resultados Alcançados em 2007

O parque brasileiro de lâmpadas de uso interno (incandescentes, fluorescentes tubulares, compactas e circulares) é estimado em 503,4 milhões de unidades, segundo a metodologia utilizada nesta avaliação, divididas conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Parque brasileiro de lâmpadas de uso interno (em milhões de unidades)⁴

Lâmpada	Classe Residencial	Classe Comercial e Industrial	Total
Incandescentes e Fluorescentes Tubulares	274,6	27,5	302,1
Fluorescentes Compactas	174,1	17,4	191,5
Fluorescentes Circulares	8,9	0,9	9,8
Total	457,6	45,8	503,4

Na Figura 5, são apresentados os cenários de economia de energia totais referentes às substituições das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas eficientes, por classe total, no entanto sem levar em conta o fator de crédito do Procel (20%). Nota-se que existe, ainda, um grande parque de lâmpadas não eficientes a serem substituídas no país, o que justifica a implantação de campanhas de *marketing*, de programas doações e de descontos (rebate) para a aquisição desses produtos, tendo em vista a facilidade de substituição e seus baixos custos frente aos resultados proporcionados. De fato, cerca de 90% do potencial de economia de energia na classe residencial brasileira é atribuído à substituição de lâmpadas, segundo relatório de “*Simulação de potenciais de eficiência energética*” do Procel/Eletrôbrás [4].

³ Valor obtido a partir do percentual de lâmpadas de uso habitual identificado na PPH 2005

⁴ Para determinação do parque de lâmpadas na classe residencial utiliza-se o número de domicílios com iluminação elétrica por região do país, fornecido pela PNAD do IBGE, e o número médio de lâmpadas por domicílio e região, verificado na PPH 2005 e a posse de lâmpadas por tipo e região, também da PPH 2005. O número de lâmpadas nas classes comercial e industrial é considerado como sendo 10% da quantidade da classe residencial (premissa do modelo).

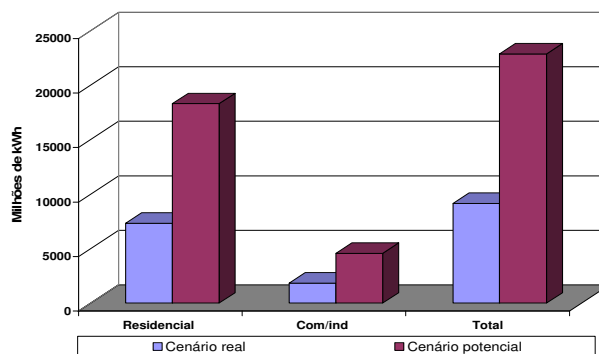


Figura 5 – Cenários de Economia de Energia para as Lâmpadas

Conforme mencionado na descrição da metodologia, a nova sistemática para a quantificação dos ganhos energéticos proporcionados pela utilização das lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares detentoras do Selo Procel permite a divisão dos resultados anuais entre os períodos do ano, assim como nas classes residencial e comercial agregado com industrial, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Economia de energia atribuída às LFC ou circulares com Selo Procel em 2007

Classe e Período do Ano	EE (milhões de kWh/ano)
Residencial - Período Seco	877
Residencial - Período Úmido	587
Subtotal - Residencial	1.464
Com/Ind. - Período Seco	218
Com/Ind. - Período Úmido	148
Subtotal - Com/Ind.	366
Total Geral	1.830

O total de energia economizada se distribuiu entre as regiões geográficas do país, conforme a Figura 6, apresentada a seguir.

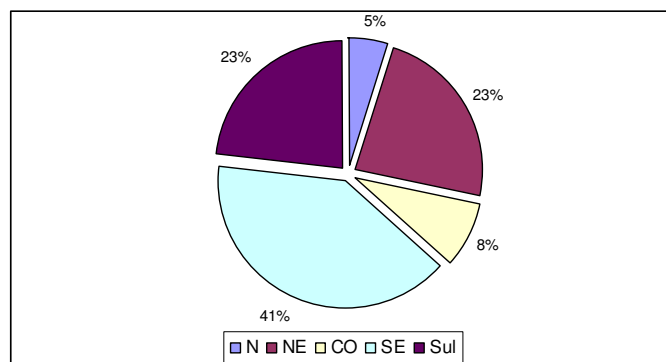


Figura 6 – Resultados de economia de energia por região geográfica

A Redução de Demanda na Ponta - RDP, em 2007, como resultado da substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares contempladas com o Selo Procel de Economia de Energia, é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Redução de Demanda na Ponta Proporcionada pelas Lâmpadas Eficientes

Classe de Consumo	RDP (kW)
Residencial	845.970
Comercial e Industrial	84.597
Total	930.567

Quando se utiliza a metodologia descrita para estimar a economia de energia obtida em 2006, chega-se ao montante de 1.721 milhões de kWh/ano, que comparado aos 1.830 milhão de kWh/ano de 2007, mostra um acréscimo de 6,33%, que pode ser creditado ao crescimento do parque de lâmpadas eficientes entre os dois anos.

A energia de 1.830 milhões de kWh/ano economizada com as substituições analisadas é equivalente à energia produzida em um ano por uma usina hidrelétrica de 440 MW durante um ano, considerando um fator de capacidade médio típico de 56% para usinas hidrelétricas e incluindo 15% de perdas médias na transmissão e distribuição. Tal parque gerador demandaria investimentos da ordem de US\$ 650 milhões, levando-se em consideração um custo de expansão do sistema elétrico de US\$ 1.500 por kW⁵.

4.0 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a metodologia adotada pelo Procel/Eletrobrás para estimar a economia de energia e redução de demanda na ponta das lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares com o Selo Procel. A metodologia citada, se baseou no mercado de lâmpadas mais eficientes mencionadas. O modelo se adequou às premissas do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), a saber: a utilização de linha de base (*baseline*), a consideração da vida útil das lâmpadas e a verificação de consistência do modelo. Esta metodologia com alguns ajustes, pode ser empregada em outras linhas de ações do Procel/Eletrobrás, como por exemplo: na avaliação de resultados de condicionadores de ar, de refrigeradores e outros equipamentos.

A economia de energia obtida mostra-se relevante e necessária no cenário de evolução do consumo de energia no Brasil. E é, neste contexto, que cabe destacar o investimento de 6,8 milhões de reais empregados na capacitação de 22 laboratórios entre 2002 e 2006 para o ensaio de equipamentos para atender o Selo Procel, o PBE e a "Lei de Eficiência Energética". Destes recursos financeiros, foi investido aproximadamente um terço em laboratórios de iluminação, dentre as várias ações de eficiência energética desenvolvidas pelo Procel/Eletrobrás, como por exemplo, a avaliação anual dos resultados energéticos de lâmpadas compactas ou circulares com Selo Procel.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PNAD 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 6 mar. 2009.
- [2] PPH 2005. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com>>. Acesso em: 6 de mar. 2009.
- [3] MDIC - Alice/Web. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 6 mar. 2009.
- [4] PROCEL/ELETROBRAS. *Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil*: Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial. Rio de Janeiro: Procel/Eletrobrás, 2008.

⁵ Valor adotado com base na publicação - "Electric Power Options in Brazil, May 2000" - Prepared for the Pew Center on Global Climate Change pp. 16, table 7- Costs and technical characteristics for selected Power Options in 2000.