

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO UM MÉTODO POR DEMANDA CLIMÁTICA

Amaury Caruzzo

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Departamento de Gestão e Apoio à Decisão
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias
São José dos Campos/SP - Cep 12228-900 - BRASIL
e-mail: acaruzzo@ita.br

Luiz Augusto Horta Nogueira

Universidade Federal de Itajubá - Centro de Excelência em Eficiência Energética
Av. BPS, 1303 - Pinheirinho
Itajubá/MG - Cep 37500-903 - BRASIL
e-mail: horta@unifei.edu.br

RESUMO

Este artigo propõe uma nova metodologia, o Método por Demanda Climática (MDC), para avaliação da economia de energia associada ao uso de tecnologias eficientes em iluminação. O MDC é um aperfeiçoamento dos procedimentos utilizados pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) de modo a incluir o efeito de sazonalidade ambiental (latitude e clima) na economia de energia por mesorregião brasileira. Pelo MDC, a economia de energia em iluminação residencial em 2005 foi estimado em 9,3 TWh e uma redução na demanda de ponta (RDP), de aproximadamente 4,5 GW, considerando a penetração de 49,9% de lâmpadas eficientes (tubulares, compactas e compactas circulares) nas residências. Para este mesmo ano, a economia potencial, caso o mercado fosse composto apenas de lâmpadas eficientes, seria da ordem de 22,9 TWh.

Palavras-chaves: eficiência energética; iluminação residencial; clima.

ABSTRACT

This paper proposes a new methodology, the Method by Climate Demand (MCD), to evaluate the energy savings associated with the use of efficient lighting. The MDC is a refinement of the procedures used by the Brazilian National Electricity Conservation Program (Procel) to consider the effect of environmental seasonality (latitude and climate) in energy savings for Brazilian mesoregions. For the MDC, the energy savings in residential lighting in 2005 was estimated in 9.3 TWh and a reduction demand of approximately 4.5 GW, with the use of 49.9% efficient lighting (tubular, compact and compact circular) in household. For 2005 also, the potential savings, if the market were composed only of efficient lighting, is around 22.9 TWh.

Key-words: energy efficiency; residential lighting; climate.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda energética no Brasil e no mundo e a crescente preocupação das conseqüências climáticas do uso de combustíveis fósseis, tem intensificado o desenvolvimento de pesquisas e o uso de tecnologias mais eficientes, com a respectiva redução do impacto ambiental (ZWAAN E GERLAGH, 2006; CARDOSO et al, 2010). Além disso e não menos importante, a elevação dos custos na geração de energia elétrica também incentiva a adoção de Programas de Eficiência Energética - PEE, através da mudança nos hábitos de consumo da população e da aplicação de equipamentos que consomem energia de forma mais racional (CARDOSO E NOGUEIRA, 2007; NOGUEIRA, 2007).

O consumo de energia é uma função da potência e do tempo de utilização do equipamento. A respectiva redução, no caso da iluminação, pode ser obtida através da substituição das lâmpadas incandescentes - LI por lâmpadas eficientes - LE. As LE (LFT – lâmpada fluorescente tubular; LFC – lâmpada fluorescente compacta e LFCirc – lâmpadas fluorescente compacta circular), são cerca de quatro vezes mais eficientes que as lâmpadas incandescentes (COSTA, 2005; CARUZZO, 2008).

No Brasil, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL foi criado com o objetivo de promover o uso mais eficiente da energia em suas diversas formas, bem como reduzir os custos de investimento do setor energético brasileiro e de contribuir para a redução dos impactos ambientais indesejáveis resultantes da produção de energia (ELETROBRÁS, 2006; NOGUEIRA, 2007). Em iluminação, a Eletrobrás através do PROCEL, estima que a economia de energia devido ao uso de lâmpadas mais eficientes em 2005 ficou em 6,3 TWh (ELETROBRÁS, 2006).

No ano de 2005, o consumo de energia em iluminação ficou em 17,7% de toda a energia elétrica utilizada no País e 32,8% da energia do setor residencial (MME, 2006). Nos domicílios, a demanda de energia por iluminação tem uma correlação direta com a iluminância ou claridade no ambiente. Devido às dimensões continentais do Brasil e a respectiva variabilidade climática e de latitude, a iluminância tem uma variação significativa para as diferentes regiões e períodos do ano.

O Método por Demanda Climática - MDC, proposto inicialmente por Caruzzo (2008), tem como objetivo identificar estas variações na demanda mensal de energia devido à diferença de latitude e do clima nas 137 mesorregiões brasileiras (IBGE, 2000 e 2005). A proposta do MDC, é um refinamento das metodologias apresentadas em outros estudos em iluminação (ELETROBRÁS, 2006; ELETROBRÁS, 2007c; CARDOSO et al, 2009), nas quais os fatores ambientais não são considerados.

2. METODOLOGIA

Através de uma abordagem sequencial, serão apresentados os dados e as premissas aplicadas na metodologia do MDC, envolvendo a definição do parque de lâmpadas, a estimativa do tempo de utilização, os efeitos ambientais e a classificação por mesorregião.

2.1. Parque de lâmpadas

O parque de lâmpadas dos domicílios brasileiros foi determinado utilizando as seguintes informações:

- número total de domicílios eletrificados, disponíveis pelo Censo 2000 (IBGE, 2000), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio – PNAD (IBGE, 2005), estimados para todas as mesorregiões brasileiras (total de 137).
- número de lâmpadas por domicílio no Brasil, separadas por regiões geográficas, disponíveis em Eletrobrás, 2007a e 2007b.

Deste modo, o parque total de lâmpadas no Brasil é estimado pela equação 1:

$$PL_{total} = \sum_{i=1}^{137} \sum_{k=1}^4 PL_{ik} = \sum_{i=1}^{137} \sum_{k=1}^4 N_i \cdot LD_{ik} \quad (1)$$

onde:

PL_{total} = parque de lâmpadas total no Brasil (unidades)

PL_{ik} = parque de lâmpadas na mesorregião “i” e por tipo de lâmpada “k” (4 tipos diferentes, LI, LFT, LFC e LFCirc)

N_i = número de domicílios eletrificados estimados na mesorregião “i”

LD_{ik} = número de lâmpadas por domicílio, na mesorregião “i” e por tipo “k” (4 tipos diferentes de lâmpadas);

2.2. Fator climático

O principal fator climático que influencia o uso de iluminação é a insolação solar. Esta é uma variável meteorológica relacionada à incidência de luz solar direta na superfície terrestre, sendo portanto uma medida indireta da claridade natural do dia (CARUZZO, 2008). Isto é, quando o Sol incide na superfície terrestre em um dia com céu sem nuvens, a claridade é mais elevada em relação a um dia com céu encoberto (com nuvens). Vale lembrar, que a insolação solar é também uma função da latitude e da época do ano, como apresentado no item 2.3, na determinação do dia claro astronômico.

Através do banco de dados climatológicos (INMET, 1992 e TIBA, 2003) foram obtidos os valores médios mensais de insolação solar de mais de 200 estações meteorológicas espalhadas pelo Brasil. Na figura 1, é apresentado um mapa com os valores médios anuais da insolação solar diária, em horas.

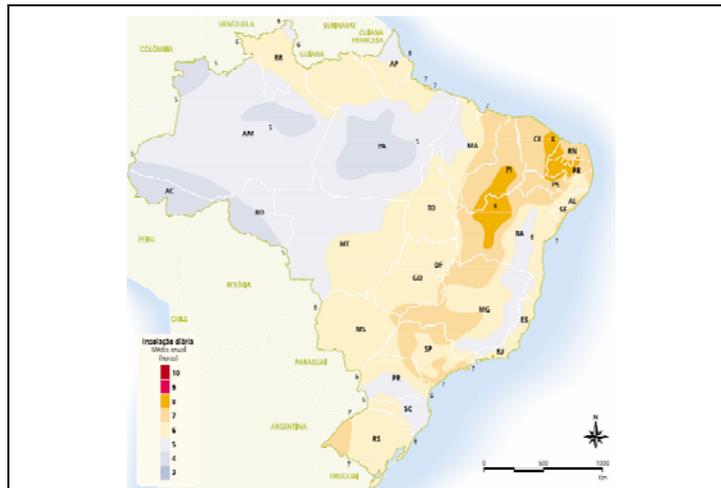


Figura 1 – Média anual da insolação solar diária (em horas) para o Brasil.
(fonte: Aneel, 2005, com informações de Tiba, 2003).

2.3. Fator latitude

A diferença de latitudes entre dois locais ocasiona a variação na duração do dia astronômico ou dia claro. Este é o período entre o nascer e o pôr do Sol e tem uma variação em função da época do ano e da latitude do local. Através das equações 2 e 3, é possível calcular a duração do dia astronômico de um determinado local de latitude ‘ Φ ’, dado o dia do ano (VIANELLO E ALVES, 1991).

$$\delta = 23,45 \cdot \text{sen}\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right) \quad (2)$$

$$Td = \frac{2}{15} \cdot \text{ar cos}(-\text{tg}\phi \cdot \text{tg}\delta) \quad (3)$$

onde: δ = declinação solar ao longo do ano (em graus);
23,45 = inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao Plano da Eclíptica;
Td = duração do dia claro astronômico (horas de dia claro, entre nascer e pôr do Sol);
n = dia Juliano do ano;
 Φ = latitude da localização (em graus).

2.4. Determinação do tempo de utilização (TU)

Para determinar o tempo de utilização - TU ou horas de uso de uma lâmpada na iluminação residencial no MDC, esse tempo foi desagregado em: i) TU constante e ii) TU variável. Essa desagregação do TU é uma forma de considerar o fato de que o uso das lâmpadas pode ser ou não susceptível às variações naturais de luminosidade ambiente.

Na literatura, existem diversos estudos sobre iluminação residencial e TU (tabela 1). Entretanto estes artigos, apesar de não considerarem as variações de TU ao longo do ano ou mesmo a susceptibilidade à iluminação natural, foram bons indicadores para estimar o TU constante, que foi adotado no presente trabalho.

Tabela 1 – Tempo de Utilização médio de lâmpadas residenciais, em horas/ ano e horas/ dia.

Referência	TU p/ LI (horas/:		TU p/ LFC (horas/:		TU p/ LFCirc (horas/:	
	ano	dia	ano	dia	ano	dia
Jannuzzi e Santos, 1996	1.095	3,0	n.d.		n.d.	
Kazakevicius et al, 1999	1.460	4,0	1.460	4,0	1.460	4,0
Mahlia et al, 2005	1.533	4,2	1.533	4,2	1.533	4,2
Eletrobrás, 2006	n.d.		2.190	6,0	1.500	4,1
Eletrobrás, 2007c	n.d.		1.460	4,0	730	2,0

Observação: n.d. = não disponível

No presente método, não foi feita uma diferenciação nos TU para os diferentes tipos de lâmpadas compactas (LI, LFC e LFCirc), por considerar que o hábito de consumo em iluminação é independente do tipo de lâmpada. Com base nos dados apresentado na tabela 1, optou-se por utilizar um valor padrão, intermediário para o TU constante nas lâmpadas residenciais.

O TU constante adotado (tabela 2) é também considerado como um tempo mínimo de uso das lâmpadas nos domicílios, que adicionado ao TU variável, resultará no TU que considera os efeitos ambientais, demonstrado a seguir.

Tabela 2 – Valor do tempo de utilização constante das lâmpadas residenciais adotadas no MDC.

TU _{cte}	Horas por ano	Horas por dia
Tempo de utilização constante	1.000	2,74

O tempo de utilização considerando os efeitos ambientais (TUA ou TU com variações de latitude e clima), é determinado pela combinação entre o valor do TU constante e do TU variável, apresentado pela equação 4.

$$TUA = TU_{\text{não susceptível}} + TU_{\text{susceptível}} \quad (4)$$

sendo:

$$TU_{\text{não susceptível}} = (1 - \alpha) \cdot TU_{\text{cte}} \quad (5)$$

$$TU_{\text{susceptível}} = \alpha \cdot (TU_{\text{cte}} + (12 - Td) \cdot \beta_L + (Td - I) \cdot \beta_C) \quad (6)$$

onde: α = fator de susceptibilidade devido ao efeito ambiental (latitude e clima)
 TU_{cte} = tempo de utilização constante das lâmpadas residenciais (em horas)
 12 = duração média anual do dia claro (em horas)
 Td = duração do dia claro astronômico (horas de dia claro, entre nascer e pôr do Sol)
 I = insolação solar média mensal na mesorregião (em horas)
 β_L = fator de correção do TU no efeito latitude
 β_C = fator de correção do TU no efeito clima
 $(12 - Td) \cdot \beta_L$ = termo para variação de latitude
 $(Td - I) \cdot \beta_C$ = termo para variação do clima

Vale destacar que, devido às diferenças de latitude e clima, o valor de TU susceptível (equação 6), é variável para cada uma das 137 mesorregiões brasileiras. As variações na duração do dia astronômico (T_d) e dos fatores climáticos, que alteram os valores de insolação solar (I), podem ser observadas pela variação do termo ($T_d - I$) na equação 6. Portanto, é determinado para cada mesorregião o respectivo TU susceptível médio mensal.

Já os fatores de susceptibilidade e de correção do TU (α e β), são utilizados para a calibração do MDC, sendo que o termo α é um indicador de susceptibilidade da lâmpada ou pode ser interpretado como a porcentagem das lâmpadas residenciais que são susceptíveis aos efeitos na variação de latitude e clima. Já o termo β , é um fator de correção do TU que pode ser considerado como a porcentagem do tempo em que as lâmpadas residenciais susceptíveis que foram ligadas além do TU constante, devido às variações ambientais. No MDC, estes fatores (susceptibilidade e correção) foram estimados de forma empírica, através de avaliações e estudos não publicados por consultores e pela equipe técnica da Eletrobrás. É conveniente ressaltar que, o ideal seria ajustar os termos α e β através de observações do TU nas residências, para todas as mesorregiões. Entretanto, isso é inviável e vai além da proposta do MDC, pois teriam que ser considerados os hábitos de consumo e características socioeconômicas médias nos domicílios brasileiros. Na tabela 3, são apresentados os valores dos termos utilizados neste estudo.

Observe-se que, segundo esse equacionamento, para valores unitários dos termos (α e β), TUA se reduz a TU.

Tabela 3 – Fator de susceptibilidade e de correção do tempo de utilização (termo α e β) para as lâmpadas residenciais utilizados neste estudo com o MDC.

Efeito	α (alfa)	β (beta)
Latitude	0,7	1,0
Clima		0,2

Como equação final por mesorregião, tem-se:

$$TUA_{ij} = (1 - \alpha) \cdot TU_{cte} + \alpha \cdot (TU_{cte} + (12 - Td_{ij}) + (Td_{ij} - I_{ij}) \cdot \beta_C) \quad (7)$$

onde:

TUA_{ij} = tempo de utilização devido ao efeito ambiental na mesorregião “i” e mês do ano “j” (em horas)

β_C = fator de correção do TU no efeito clima

12 = duração média anual do dia claro (em horas)

Td_{ij} = duração média mensal do dia claro astronômico, na mesorregião “i” e no mês “j”, dado pela equação 3 (em horas)

I_{ij} = insolação solar média mensal na mesorregião “i” e mês “j” (em horas)

2.5. Parâmetros do método

O MDC também utiliza alguns parâmetros padrões adotados em outros estudos (ELETROBRÁS, 2006; ELETROBRÁS, 2007c; CARDOSO et al, 2009), como a participação no

mercado de LE, a redução média de potência na substituição de LI para LE e no Fator de Coincidência de Ponta - FCP, conforme listado na tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros utilizados pelo MDC.

Item	Unidade	LFC	LFCirc
Participação no mercado nas lâmpadas eficientes compactas (LFC e LFCirc)	% no ano	95	5
Potência média na substituição de LI para LE	W	60 para 15	75 para 22
Redução média de potência - RMP	W	45	48
Fator de coincidência de ponta - FCP	%	70 (ou 0,7)	70 (ou 0,7)

2.6. Definição dos cenários

Para a avaliação do consumo evitado devido ao uso de lâmpadas eficientes no setor residencial com o MDC, foi adotada a metodologia utilizada no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP (MILANEZ et al, 2001). Como ponto principal, o PIMVP recomenda a comparação das curvas de carga antes e após a adoção das medidas de racionalização energética, através da comparação das curvas de referência ou linha de base com as curvas de carga após o programa de eficiência.

Neste trabalho, foram utilizados os seguintes cenários: a) linha de base: mercado com 100% de lâmpadas incandescentes; b) cenário real estimado: considerado como o mercado de 2005; c) cenário potencial estimado: mercado com 100% de lâmpadas eficientes. Na figura 2, é apresentada uma visão conceitual do PIMVP e aplicado no MDC.

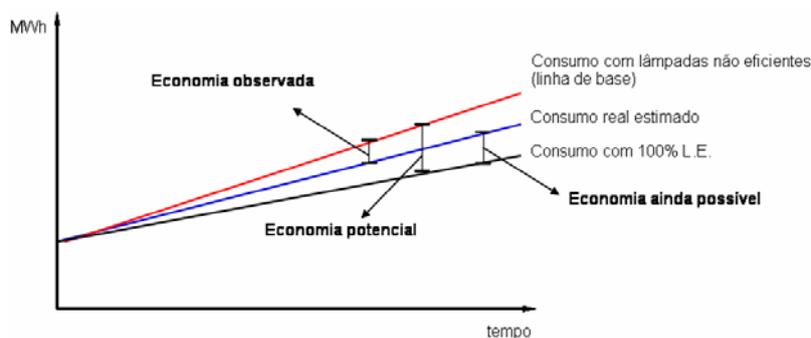


Figura 2 – Conceito da metodologia utilizado pelo PIMVP e aplicado ao MDC (fonte: Caruzzo, 2008).

2.7. Cálculo da economia de energia

A economia de energia - EE é determinada pela diferença no consumo de energia - CE dos diferentes cenários, a) linha de base; b) consumo real estimado e c) consumo potencial estimado, onde:

$$CE = N.P.TU \quad (8)$$

onde: CE = consumo de energia (Wh);
N = número estimado de lâmpadas em uso (unidades);
P = potência média das lâmpadas em uso (W);
TU = tempo de utilização da lâmpada (horas).

Aplicando para as 137 mesorregiões do Brasil, nos 12 meses do ano e nos 4 tipos de lâmpadas consideradas (LI, LFT, LFC e LFCirc), tem-se para cada cenário o consumo de energia:

$$CE_z = \sum_{i=1}^{137} \sum_{j=1}^{12} \sum_{k=1}^4 CE_{ijk} = \sum_{i=1}^{137} \sum_{j=1}^{12} \sum_{k=1}^4 N_{ik} \cdot P_k \cdot TU_{ij} \quad (9)$$

onde: CE_z = consumo de energia no cenário “z” (linha de base, real estimado ou potencial estimado) com efeito ambiental (latitude e clima);
CE_{ijk} = consumo de energia na mesorregião “i”, no mês “j” e do tipo “k” (LI, LFT, LFC ou LFCirc)
N_{ik} = número estimado de lâmpadas em uso na mesorregião “i” e do tipo “k”;
P_k = potência média das lâmpadas em uso do tipo “k”;
TU_{ij} = tempo de utilização da lâmpada na mesorregião “i” e no mês “j”.

A economia de energia é dada por:

$$EE = (CE_{LB} - CE_{PEE}) \quad (10)$$

onde: EE = economia de energia (Wh);
CE_{LB} = consumo de energia no cenário Linha de Base (Wh);
CE_{PEE} = consumo de energia no Programa de Eficiência Energética (Wh);

2.8. Redução na demanda de ponta (RDP)

Para a Redução na Demanda de Ponta - RDP, para o valor total pelo MDC, utiliza-se:

$$RDP_{total} = \sum_{i=1}^{137} RDP_i = N_i \cdot RMP \cdot FCP \quad (11)$$

onde: RDP_{total} = redução na demanda de ponta total, com efeito ambiental (W)
RDP_i = redução na demanda de ponta na mesorregião “i” (W)
N_i = número de LE compactas (LFC e LFCirc) na mesorregião “i” (unidades)
RMP = redução média de potência (W)
FCP = fator de coincidência de ponta

3. RESULTADOS

Para o ano de 2005, foi estimado com dados do IBGE um total de 51,5 milhões de residências eletrificadas e um parque de lâmpadas de aproximadamente 424 milhões de unidades em todo o Brasil. Neste contexto, para o MDC, que considera as variações de latitude e do clima, a economia de energia estimada total anual, ou o consumo evitado devido ao uso de lâmpadas eficientes compactas foi de 9,3 TWh.ano⁻¹, em 2005, considerando a penetração de 49,9% de lâmpadas eficientes nas residências. Já a economia potencial estimada, considerando que todas as

lâmpadas residenciais em 2005 fossem substituídas por eficientes, o valor é de 22,9 TWh.ano⁻¹ (figura 3).

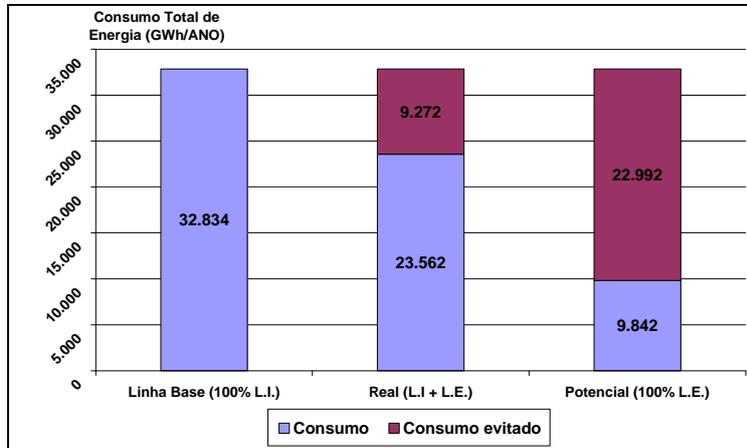


Figura 3 – Consumo total de energia elétrica estimada (azul) e a respectiva economia de energia nos cenários real e potencial (vermelho), em iluminação residencial.

Já a variação mensal na economia de energia durante o ano de 2005, devido ao uso de LE, é apresentado na figura 4. Os valores médios diários para cada mês são demonstrados para os cenários real e potencial estimado pelo MDC, onde pode-se observar que existe uma pequena sazonalidade ao longo do ano, devido às variações do dia claro astronômico e das condições climáticas, causadas pelas mudanças das estações do ano (inverno-verão).

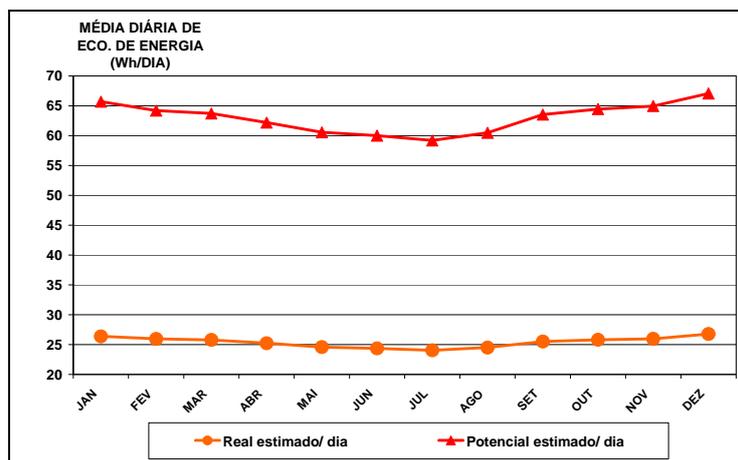


Figura 4 – Valores médios mensais, para o Brasil, de Economia de Energia (média por dia) nos cenários real (círculo) e potencial (triângulo).

Para a redução na demanda de ponta, que são apresentados somente para valores anuais, para o cenário real estimado, a economia foi de 4,5 GW e para a economia potencial estimada, temos uma RDP de 11 GW.

5. CONCLUSÕES

Para a iluminação residencial, o Método por Demanda Climática estimou o consumo de energia do cenário real em 28% da energia total consumida no Brasil, sendo este muito próximo do percentual real observado pelo Balaço Energético Nacional em 2005, com o valor de 32% no consumo residencial (MME, 2006).

A economia de energia potencial da ordem de 22,9 TWh.ano⁻¹, é extremamente relevante, mesmo considerando outros programas semelhantes pelo mundo. Este valor potencial demonstra que investir na substituição por lâmpadas mais eficientes no setor residencial traz ganhos para o setor elétrico brasileiro, seja por iniciativa de programas governamentais, ou por estímulos ao mercado consumidor.

Vale ressaltar que, as condições climáticas, mais especificamente, a redução da insolação solar ou da luminosidade do ambiente por causa da nebulosidade, provoca um aumento na demanda de energia por iluminação, devido ao escurecimento local. Portanto, o efeito climático, através da nebulosidade, sempre aumenta a demanda de energia por iluminação. Caso sejam utilizadas lâmpadas com tecnologias mais eficientes, conseqüentemente haverá uma ampliação na economia de energia. Esta conclusão também é válida quando se observa as variações mensais na economia de energia. Na figura 4, apesar dos valores serem médios para todo o Brasil, a redução na economia de energia ou consumo evitado, durante os meses de junho a agosto, é determinada pela estação seca nas Regiões Centro-Oeste, Sudeste e parte do Sul do País. Durante estes meses, a estação seca é caracterizada pela redução da chuva e da nebulosidade, ou seja pelo maior número de dias com céu sem nuvens. Vale destacar que, estas Regiões, de grande concentração populacional no Brasil, acabam definindo as características de consumo padrão na iluminação residencial. Por fim, apesar dos dias claros serem mais curtos e com poucas nuvens no inverno, há uma redução na demanda por iluminação (menor TU das lâmpadas), em relação aos longos dias claros e com maior nebulosidade no verão. Logo, para valores médios no Brasil, ocorre durante o inverno uma redução no consumo evitado de energia devido a predominância do fator climático, isto é, dias com pouca nebulosidade.

Em comparação a outros trabalhos, pode-se destacar que por introduzir a variável ambiental na demanda de energia em iluminação e por considerar o parque total de lâmpadas eficientes e não apenas do determinado ano, o MDC apresentou valores de economia de energia superiores aos obtidos pelo PROCEL (ELETROBRÁS, 2006). Entretanto, os valores são mais próximos de Cardoso et al (2009), pois neste trabalho é proposto um ajuste regional nos dados, mas ainda não considera os fatores ambientais (tabela 5).

Tabela 5 – Comparação dos resultados de economia de energia e RDP obtidos para 2005.

Referência	Economia de energia (TWh)	RDP (GW)
MDC	9,3	4,5
Eletrobrás, 2006	6,3	1,8
Cardoso et al, 2009	12,2	4,4

Para a RDP, que não considera o TU, as estimativas do parque de lâmpadas e do Fator de Coincidência de Ponta – FCP regional são fundamentais, pois a diferença de métodos possibilita valores do parque distintos e o FCP ainda é uma estimativa aproximada da Eletrobrás para todo o Brasil (ELETROBRÁS, 2006).

O grande diferencial do MDC é o refinamento dos dados de economia de energia através de informações mensais e divididas por mesorregião, onde é possível ajustar o modelo baseado nas características ambientais e nos hábitos de consumo regionais. Com esta informação, é possível, entre outras finalidades, identificar quais mesorregiões brasileiras têm o maior potencial para economizar energia por iluminação ou mesmo, como é a variação do consumo em função dos diferentes climas no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. (2005). Atlas de Energia Elétrica no Brasil. 2ª edição. Brasília: ANEEL. 243p. Disponível em: <http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_2edicao/>. Acesso em: 12 Mai 2007.

CARDOSO, R.B. et al. (2009). Impactos Energéticos, Ambientais e Econômicos do Uso de LFC's no Brasil. In: III Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 7 a 10 Set 2009, Belém/PA. Anais do III Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, CBEE.

CARDOSO, R.B.; NOGUEIRA, L.A.H. (2007). Estimativa do consumo de energia elétrica em refrigeradores no setor residencial brasileiro. Revista Brasileira de Energia. Itajubá, v.13, n.2, p.55-67.

CARDOSO, R.B.; NOGUEIRA, L.A.H.; HADDAD, J. (2010). Economic feasibility for acquisition of efficient refrigerators in Brazil. Applied Energy, v. 87, p. 28-37.

CARUZZO, A. (2008). Análise do uso de tecnologias eficientes em iluminação: um estudo considerando condições climáticas. Ago 2008, 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

COSTA, J.C. (2005). Iluminação Econômica: cálculo e avaliação. 4ª edição. Porto Alegre: EDIPUCRS. 562p. (Coleção Engenharia nº5).

ELETROBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. (2006). Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Avaliação dos Resultados do Procel 2005. Rio de Janeiro: DPST/Eletrobrás, Set 2006. 144p. (Relatório impresso)

_____(2007a). Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso: Ano base 2005. Classe Residencial – Relatório Brasil. Rio de Janeiro: DPST/Eletróbras, Jul 2007a. 184p. (Relatório impresso)

_____(2007b). Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso: Ano base 2005. Classe Residencial – Relatórios Regionais (5 volumes). Rio de Janeiro: DPST/Eletróbras, Set 2007b. (Relatórios – versão digital). Disponível em: <<http://www.eletrabras.com/pci/>>. Acesso em: 12 Dez 2007.

_____(2007c). Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 2006: Avaliação dos Resultados do Procel. Rio de Janeiro: DPST/Eletróbras, Nov 2007c. 154p. (Relatório do Procel Avaliação). Disponível em: <<http://www.eletrabras.com/pci/>>. Acesso em 12 Dez 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2000). Censo Demográfico 2000. Resultados do Universo – Agregados por Estados. Brasília, 2000. (Banco de dados eletrônicos) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo/>>. Acesso em 10 Fev 2007.

_____(2005). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese dos indicadores – Resultados. Brasília, 2005. (Dados eletrônicos) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2005/>>. Acesso em 10 Fev 2007.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (1992). Normas Climatológicas (1961-1990). Brasília: INMET. 84p.

JANNUZZI, G.M.; SANTOS, V.F. (1996). Cost and benefits of a utility rebate program to promote compact fluorescent lamps in Brazilian households. The Journal of the International Energy Initiative, v.2, n.6, p.53-56.

KAZAKEVICIUS, E.; GADGIL, A.; VORSATZ, D. (1999). Residential lighting in Lithuania. Energy Policy, n.27, p.603-611.

MAHLIA, T.M.I., et al. (2005). Cost-benefit analysis and emission reduction of lighting retrofits in residential sector. Energy and Buildings, n.37, p. 573–578.

MILANEZ, F.; MENDONÇA DE SOUZA, M.H.; MESQUITA, A. (2001). Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance. Brasil, RJ: INEE, Out 2001. 76p. Disponível em <http://www.inee.org.br/escos_mev.asp?Cat=escos>. Acesso em: 14 Jul 2007.

MME - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. (2006). Empresa de Pesquisa Energética. Relatório final – Balanço Energético Nacional 2006: Ano base 2005. Rio de Janeiro: EPE, 2006. 188p. Disponível em: <http://ben.epe.gov.br/BEN2006_default.aspx>. Acesso em: 12 Jul 2007.

NOGUEIRA, L.A.H. (2007). Uso racional: a fonte energética oculta. Estudos Avançados. São Paulo, v.21, n.59, 2007.

TIBA, C. (2003). Atlas Solarimétrico do Brasil. Recife: UFPE, Nov 2003. CD-ROM.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. (1991). Meteorologia básica e aplicações. 1º edição. Viçosa: UFV. 449p.

ZWAAN, B.; GERLAGH, R. (2006). Climate sensitivity uncertainty and the necessity to transform global energy supply. Energy, n.31, p.2571–2587.