

INFLUÊNCIA LEGISLATIVA NO AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

Cássio T. C. Andrade¹, Tomaz Nunes Cavalcante Neto², Ricardo S. T. Pontes²

¹ *Agência Reguladora dos Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE)*
Av. Santos Dumont, 1789 – Térreo – Fortaleza – CE CEP 60000
Tel. 55 85 3101-1003, fax 55 85 3101 1000, e-mail: cassiotca@arce.ce.gov.br

² *Departamento de Engenharia Elétrica/Universidade Federal do Ceará (UFC)*
Caixa Postal 6001 – Campus do Pici – Fortaleza – CE CEP 60455-760
Tel./fax 55 85 3366-9942 e-mail: ricthe@dee.ufc.br

Abstract: The use of public policies to improve energy efficiency is justified by the economic and environmental gains. This article analyzes the Brazilian experience since the Energy Efficiency Law (Law 10295/2001), which gave to the Executive the means to set mandatory energy efficiency indexes for machinery and equipments used in the country, and details the methodology used during to achieve these goals, the regulation already approved and the first results. *Copyright © 2009 CBEE/ABEE*

Keywords: Regulation, energy efficiency, induction motor, equipment, energy, consumption.

Resumo: A utilização de políticas públicas para promover a melhoria da eficiência energética se justifica pelos ganhos econômicos e ambientais associados. Este artigo analisa a experiência brasileira a partir da promulgação da Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) que concedeu ao Poder Executivo os meios para definir índices obrigatórios de eficiência energética para máquinas e equipamentos elétricos fabricados ou comercializados no país, explicitando a metodologia adotada na implementação desta lei, as regulamentações já aprovadas e os resultados alcançados.

Palavras Chaves: Regulamentação, eficiência energética, motor de indução, equipamentos, energia, consumo.

1 INTRODUÇÃO

A crise no abastecimento de energia elétrica que atingiu o Brasil no ano de 2001 alertou para a necessidade de políticas públicas para incentivar a melhoria nos índices de eficiência energética. No mesmo ano, o Congresso aprovou a Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) dando poderes ao Poder Executivo para estabelecer níveis máximos de consumo, ou mínimos de eficiência, para aparelhos elétricos fabricados ou comercializados no país. Este ato deu uma nova dimensão à política de melhoria da eficiência de aparelhos elétricos, que até então consistia de programas de etiquetagem com adesão voluntária por parte dos fabricantes e, por força da Lei, passou a incluir regulamentações e procedimentos definindo a performance energética de equipamentos fabricados e comercializados no país, e ainda estabelecendo penalidades para o não cumprimento indicadores estabelecidos.

Este trabalho apresenta a metodologia adotada para a implementação desta lei, detalha as regulamentações já implementadas mostrando os índices de eficiência para os equipamentos e, por fim, apresenta os resultados desta iniciativa enfatizando a experiência de outros países e as diferenças nos índices.

2 METODOLOGIA

A Regulamentação da Lei de Eficiência Energética criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) formado por representantes de órgãos governamentais ligados ao setor elétrico e ainda especialistas em matéria de energia com o objetivo de elaborar uma regulamentação específica para cada tipo de aparelho e máquina elétrica, além de propor medidas para fiscalizar a implementação e avaliar os resultados obtidos.

Inicialmente, esta Comissão estudou as experiências internacionais na implantação de padrões e etiquetagem de equipamentos, avaliou a capacidade dos laboratórios de ensaio existentes no país, realizou estudos de mercado dos principais máquinas e equipamentos elétricos e as implicações comerciais da adoção dos índices de eficiência e definiu os equipamentos que seriam objeto de regulamentação e um programa de metas para os fabricantes.

Após estas etapas iniciais, ficaram definidos os seguintes equipamentos para os quais seriam estabelecidos índices obrigatórios de eficiência mínima:

A. GRUPO 1: Equipamentos Elétricos

- 1) Refrigeradores
- 2) Combinados
- 3) Congeladores Verticais
- 4) Congeladores Horizontais
- 5) Ar Condicionado Domiciliar
- 6) Motores Elétricos Trifásicos
- 7) Transformadores

- 8) Equipamentos eletrorurais (desintegrador / picador / moedor - DPM)
- 9) Sistema de iluminação
- 10) Aquecedores elétricos

B. GRUPO 2: Equipamentos que empregam outras fontes de energia

- 1) Coletores solares
- 2) Fogões à Gás
- 3) Aquecedores à Gás
- 4) Veículos Automotivos

De acordo com os procedimentos da Comissão, a próxima etapa consiste na elaboração da regulamentação para cada equipamento, seguindo uma ordem que leva em consideração o potencial de economia de energia. A elaboração da regulamentação segue as seguintes fases de implantação:

1. Estabelecimento de índices de eficiência para adesão voluntária através de programas de etiquetagem;
2. Trabalho em conjunto com os fabricantes para determinação destes índices com base em valores técnica e economicamente viáveis;
3. Elaboração da versão inicial da regulamentação para análise jurídica
4. Consulta Pública com ampla divulgação e aquisição de contribuições via internet;
5. Audiência Pública;
6. Promulgação da regulamentação na forma de Decreto Presidencial,

3 EQUIPAMENTOS REGULAMENTADOS

Para dar início à elaboração das regulamentações específicas para cada equipamento consumidor de energia, o CGIEE selecionou o motor elétrico de indução trifásico. A escolha deste equipamento ocorreu devido ao significativo potencial consumo de energia que representa na matriz energética de consumo – cerca de 30% do consumo total do país e cerca de 50% do consumo do setor industrial. Já no final do ano de 2002, foi aprovada a regulamentação dos índices mínimos de eficiência para motores fabricados e comercializados e em 2004 uma nova lei foi aprovada aumentando estes índices. Nos últimos dois anos foram aprovadas as regulamentações referentes aos refrigeradores, aos fornos e fogões a gás, aos condicionadores e aos aquecedores de água.

3.1 Motores de Indução Trifásicos

Este processo já havia sido iniciado em um período anterior à promulgação da lei de eficiência Energética, daí a rapidez da implementação da regulamentação, que ocorreu no final do ano de 2002 (Decreto 4508/2002) e já teve regulamentada uma segunda fase que aumenta os índices mínimos de eficiência estabelecidos neste decreto (Portaria Interm. MME 553/2005). Esta agilidade foi possível porque desde 1992, o Instituto

Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro e o Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL/ Eletrobrás vem implementando um sistema voluntário de etiquetagem informativa através do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE.

O índice de eficiência mínimo de um motor de indução trifásico é dado pela razão entre a potência entregue no eixo da máquina ($P_{saída}$) em condição de carga nominal e a potência elétrica fornecida nos bornes do motor ($P_{entrada}$). O método de ensaio para a obtenção deste valor também é estabelecido na regulamentação e obedece aos critérios definidos na norma NBR 5383 -1 /2001 da ABNT - Máquinas Elétricas Girantes - Parte 1 - Motores de Indução Trifásicos - Ensaio.

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} \quad (1)$$

A promulgação do Decreto 4508/2002 tornou obrigatória a adesão aos índices de eficiência mínimos para os motores fabricados e comercializados no país a partir de agosto de 2003. E ainda estabeleceu avaliação de conformidade dos motores e dos laboratórios, assim como as formas de fiscalização e as penalidades ao não cumprimento das disposições estabelecidas na Regulamentação. Foram definidas duas tabelas com índices mínimos de eficiência obrigatórios, uma denominada Padrão e outra denominada Alto Rendimento. Os Índices aprovados para um motor de 4 pólos estão mostrados na Figura 1. Os índices do motor de Alto rendimento são compatíveis com aqueles definidos no padrão EPC (EUA) e eff2 (IEC).

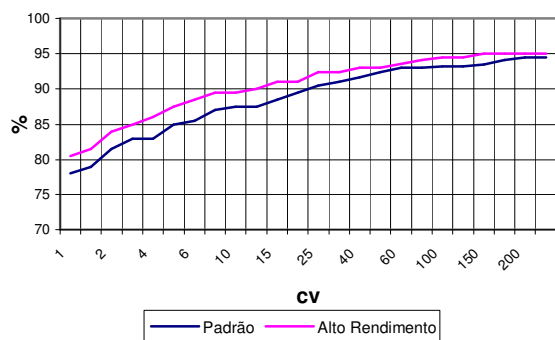


Figura 1 – Índices Mínimos de Eficiência para motores de indução trifásicos – 4 pólos

Esta regulamentação foi alterada no final do ano de 2005 através da Portaria Interministerial MME-MCT-MDIC No. 553/2005, que restringiu as especificações de eficiência mínima para a tabela referente ao motor de alto rendimento e estabeleceu a sua adesão obrigatória a partir de julho de 2010.

3.2 Refrigeradores

A Portaria Interministerial MME-MCT-MDIC No. 362/2007 estabeleceu níveis máximos de consumo para refrigeradores e congeladores a serem obedecidos obrigatoriamente por equipamentos fabricados e comercializados no país a partir de maio de 2008.

Seguindo o padrão destas regulamentações, também estabeleceu os critérios de avaliação de conformidade e de laboratórios, assim como as penalidades e as formas de fiscalização do cumprimento da legislação. Definiu a obrigatoriedade da indicação do consumo mensal do equipamento em sua etiqueta de identificação.

O Cálculo do nível máximo de consumo para cada equipamento depende da categoria definida para o refrigerador (simples, combinado ou combinado frost free) e congelador (vertical, vertical frost free ou horizontal), do tipo de elemento utilizado para a expansão das espumas isoladoras (R141b ou Ciclopentano), do volume de cada compartimento e da temperatura nestes compartimentos (f). O Cálculo do Volume Ajustado (VA) do equipamento é dado por:

$$VA = m \left[V_R + \sum (fV_C) \right] \quad (2)$$

Onde V_R é o volume do refrigerador, V_C o volume dos demais compartimentos, o valor de f é tabelado de acordo com a temperatura máxima de cada compartimento ou seção e m é 1,2 para tecnologia frost free e 1,0 para os demais casos. A partir deste Volume Ajustado, obtém-se o Nível de Consumo Máximo (NMC) para cada tipo de equipamento a partir da expressão:

$$NMC = p_1.VA + p_2 \quad (3)$$

Os fatores p_1 e p_2 são os parâmetros relativos a cada categoria e cada elemento de expansão das espumas isoladoras. O parâmetro p_1 varia de 0,0214 (Congelador vertical *frost free* com espuma a Ciclopentano) a 0,1292 (refrigerador combinado *frost free* com espuma a R14b), e parâmetro p_2 varia de 8,8936 (refrigerador combinado *frost free* com espuma a Ciclopentano) a 71,6286 (Congelador vertical *frost free* com espuma a R14b). Estes fatores indicam que espumas a Ciclopentano tendem a ser mais eficientes e que o volume dos compartimentos tem mais influência sobre o consumo nos refrigeradores que nos congeladores.

Exemplificando, um refrigerador com capacidade de armazenamento interna de 300 litros deve ter um Nível Máximo de Consumo de 36 kWh/mês, enquanto um congelador vertical *frost free* com a mesma capacidade de armazenamento deve consumir no máximo 82 kWh/mês.

3.3 Fogões e Fornos a Gás

Neste item as ações resultantes da Lei de Eficiência Energética se voltam para outra fonte de energia, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e o Gás Natural (GN), por meio da Portaria Interministerial MME-MCT-MDIC No. 363/2007 que define índices mínimos de eficiência energética a serem obedecidos obrigatoriamente por todos os fogões e fornos a gás fabricados e comercializados no país a partir de maio de 2008.

Os índices mínimos de eficiência compreendem a mesa de cocção e o forno e possuem valores e métodos de ensaio diferentes.

3.3.1 Mesa de Cocção

O rendimento de um queimador (η_{Queim}) da mesa de cocção é dado pela relação entre dos rendimentos relação entre a quantidade de energia térmica (U_{Queim}) efetivamente absorvida pelo conteúdo de um recipiente padrão sobre o queimador preenchido com uma determinada massa de água durante o intervalo de tempo necessário para que a temperatura da água se eleve de 20°C para 90°C, e a quantidade de energia térmica ($U_{Gás}$) disponível pela combustão completa do gás em função de seu poder calorífico.

$$\eta_{Queim} = \frac{U_{Queim}}{U_{Gás}} \times 100 \quad (4)$$

O índice mínimo de eficiência energética da mesa de cocção (η_{Mesa}) é calculado a partir da média aritmética dos j queimadores cuja potência nominal seja igual ou superior a 1,16 kW (1.000 kcal/h).

$$\eta_{Mesa} = \frac{\sum_1^j \eta_{Queim}}{j} \geq 56\% \quad (5)$$

3.3.2 Forno

O índice de consumo do forno (I_c) é dado pela relação entre o valor de seu consumo de manutenção (C_{Manut}), que é medida da quantidade de gás por unidade de tempo que, na combustão no queimador do forno, é necessária para manter, no centro geométrico do forno vazio, a elevação de 210°C acima da temperatura ambiente, e o valor máximo desse consumo ($C_{Máx}$), calculado segundo a norma de ensaio (item 3.2 - NBR 13723-2/ 99) para um forno de mesmo volume.

$$I_c = \frac{C_{Manut}}{C_{Máx}} \times 100 \quad (6)$$

O índice de eficiência energética do forno (IE) é dado pelo complemento percentual do índice de consumo do forno (IC).

$$IE = 100\% - IC \geq 33\% \quad (7)$$

3.4 Condicionadores de Ar

A Portaria Interministerial MME-MCT-MDIC No. 364/2007 estabeleceu índices mínimos de eficiência energética obrigatórios para Condicionadores de Ar Monobloco, de janela ou parede, de corpo único ou tipo split system hi-wall de parede, de uma única unidade evaporadora para uma única unidade condensadora, de fabricação nacional ou importados, para comercialização e/ou uso no Brasil a partir de maio de 2008.

O índice de eficiência energética para os condicionadores é dado pela relação entre capacidade total de refrigeração (expressa em Watts) e a potência elétrica demandada (expressa em Watts). Os métodos de ensaio estão definidos nas Normas NBR-5858 e NBR-5882. A Tabela 1 relaciona a capacidade de refrigeração para condicionadores de ar de janela ou parede com os índices mínimos de eficiência energética por faixa de potência. A ser notado que os índices estabelecem uma relação superior a 1,0 para a potência elétrica entregue ao aparelho e a capacidade de refrigeração, isso se justifica por estarmos tratando com a eficiência de um sistema termodinâmico, cujos ciclos de operação não podem ser comparados com as conversões eletromagnéticas de um motor elétrico ou com a queima de um combustível fóssil.

Tabela 1 – Índices Mínimos para condicionadores de ar de janela

Capacidade de Refrigeração - CR		Índice Mínimo de Eficiência Energética
BTU/h	W	W/W
CR ≤ 9.000	CR ≤ 2.637	2,08
9.000 < CR < 14.000	2.637 < CR < 4.102	2,16
14.000 ≤ CR < 20.000	4.102 ≤ CR < 5.860	2,24
20.000 ≤ CR	5.860 ≤ CR	2,11

Os Condicionadores de ar tipo split possuem índices mínimos de eficiência superiores aos do tipo janela; para aparelhos com capacidade de refrigeração até 36.000 BTU/h (10.548 W), o índice Mínimo é de 2,39, ou seja, possuem uma capacidade de refrigeração cerca de 7% superior ao mais eficiente dos aparelhos do tipo janela para uma mesma potência elétrica.

3.5 Aquecedores de Água a Gás

Mais um equipamento que utiliza GLP e GN tem seus índices de eficiência energética definidos e tornados obrigatórios pela Portaria Interministerial MME-MCT-MDIC No. 298/2008. A partir de janeiro de 2009 todos os aparelhos que utilizam gás para aquecimento d'água, do tipo instantâneo ou de acumulação, fabricados ou comercializados no país deverão obedecer aos índices definidos na referida Resolução.

Os procedimentos para o cálculo dos índices de eficiência para aquecedores de água são similares aos da mesa de cocção do fogão a gás. O rendimento do aquecedor é calculado de modo similar ao rendimento do queimador da mesa de cocção, como mostrado em (4) e o índice de eficiência energética do aquecedor é a média aritmética de três medições do rendimento de um mesmo aparelho. Os valores dos índices são aqueles da Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo dos índices de eficiência mínimos obrigatórios

Equipamento	Tipo	Índice Mínimo de Eficiência Energética
Motores de Indução Trifásicos	Padrão	77 – 94,5 %
	Alto Rendimento	80 - 95,4 %
Aquecedor de Água a Gás	Instantâneo	72 – 74 %
	Acumulação	72 %
Refrigeradores	Combinado	30 – 70 kWh/mês
	Frost-free	45 – 78 kWh/mês
Congelador	Vertical/Horiz	60 – 90 kWh/mês
	Frost-free	82 – 89 kWh/mês
Fogões e Fornos a Gás	Mesa de Cocção	56 %
	Forno	33 %
Condicionadores de Ar	Janela	$P_{OUT,W} = (2,08 - 2,24)P_{IN,W}$
	Split	$P_{OUT,W} = 2,39P_{in}$

4 RESULTADOS E DESAFIOS

A implementação destas regulamentações tem sido um processo relativamente rápido devido a existência prévia de órgãos que organizavam a certificação de produtos (CONMETRO), a normatização (ABNT) e a avaliação de conformidades (INMETRO). Desta forma foi possível a regulamentação dos motores de indução apenas um ano após a promulgação da Lei de Eficiência. No entanto, a resposta dos fabricantes e principalmente dos consumidores tem sido lenta, os motores de Alto Rendimento aumentaram sua participação na produção de motores de 10% para 15% nos cinco anos posteriores à regulamentação, e a nova regulamentação que obriga a fabricação única destes motores a partir de 2010 parece de difícil execução.

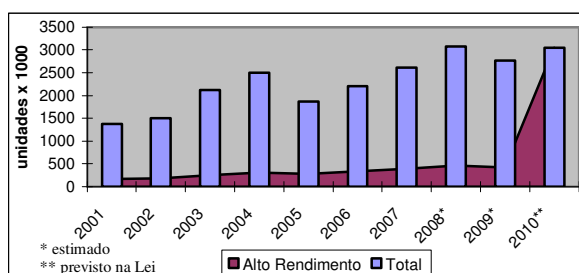


Figure 2 – Produção brasileira de motores de indução trifásicos

Por parte do consumidor, o aumento no preço em cerca de 40% é um dos fatores que influenciam na baixa procura pelos motores de alto rendimento; aparentemente, a informação de que o custo de aquisição representa menos de 2% do custo de operação da máquina e que o aumento na eficiência reduz os custos de operação, não está sendo adequadamente divulgada. No entanto, a experiência sobre o impacto

dos programas de padronização e etiquetagem mostra que a tendência sobre as vendas dos equipamentos é positiva, resta aguardar que este conceito se torne realidade no país.

No lado do fabricante, esta imposição irá requerer uma forte mudança no processo fabril, incluindo novas máquinas, ferramentas e programação da produção, o que irá afetar principalmente os pequenos produtores. A produção em massa de motores de alto rendimento requererá aumentos significativos na demanda de alguns materiais, em especial chapas de ferro-silício e cobre, insumos cujo preço tem aumentado significativamente nos últimos tempos e com limitações na produção nacional.

Quanto aos demais equipamentos, a aprovação da regulamentação obrigatória, apesar de ser recente, já foi assimilada pelo mercado e o consumidor aos poucos vai reconhecendo a importância de equipamentos testados e aprovados por órgãos oficiais. Uma das preocupações é que o impacto nos preços dos equipamentos pode estimular a importação de produtos mais baratos, daí a necessidade, por parte dos órgãos governamentais, de um maior controle na fiscalização destes produtos. Além disso, a regulamentação deve ampliar a sua área de abrangência e passar a legislar sobre o sistema ao qual o equipamento está conectado, no caso dos motores, o dimensionamento correto e o uso de inversores de frequência podem gerar até mais economia que o aumento da eficiência do próprio motor.

5 CONCLUSÕES

Com esta iniciativa, o Brasil passou a fazer parte de um seleto grupo de países que possuem normas de desempenho energético mínimo para equipamento elétricos, alinhando-se com a iniciativa SEEEM (Standards for Energy Efficiency of Electric Motor Systems), no caso dos motores de indução, e indo até um pouco além com a regulamentação de equipamentos com outras fontes de energia. A primeira etapa deste processo foi atingida com sucesso: as regulamentações estão sendo aprovadas obedecendo a um criterioso processo de pesquisa e consultas a fabricantes, especialistas e ao público consumidor. O Motor de indução trifásico, primeiro equipamento a ser regulamentado, já está sendo fabricado e comercializado dentro dos padrões, porém com uma produção abaixo do esperado para os motores de alto rendimento e colocando dúvidas sobre o sucesso da nova regulamentação que obriga a fabricação e comercialização somente destes motores a partir de 2010. A baixa procura, os altos preços, as limitações industriais e ainda um horizonte incerto com a recente crise mundial são obstáculos a serem vencidos para a implantação plena da regulamentação.

Com relação aos demais equipamentos, a experiência com a etiquetagem será um grande aliado para se atingir os objetivos da regulamentação. O consumidor

residencial já está se habituando aos selos do INMETRO e do PROCEL e os recentes aumentos do custo da energia elétrica tem aumentado a procura por equipamentos com baixo consumo. A fiscalização e a avaliação dos produtos será o grande desafio do Poder Executivo para que o sucesso da legislação.

6 REFERÊNCIAS

Conrad U. Brunner, Aníbal. T. Almeida e Outros (2008), *Normas de Eficiência Energética: Construindo uma Comunidade Internacional*, pp. 280-300, Revista Eletricidade Moderna, Brasil;

Stephen Wiel, James E. Macmahon (2005), *Energy-Efficiency Labels and Standarts – A Guide Book for Appliances, Equipment and Lighting*, Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP), Washington, D.C., USA;

Sebastião E. M. de Oliveira, e Outros (2005), *Assesment of energy performance Standards for Three-fase Induction Motors*, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil;

Geller H., Roberto S, e Outros (2004), *Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil*, pp. 1437-1450, Energy Policy, Vol. 32, Elsevier Science Ltd., EUA.

MME – Ministério das Minas e Energia, Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001, Decretos 4059/2001 e 4508/2002, Portarias Interministeriais MME-MCT-MDIC 553/2005, 362/2007, 363/2007, 364/2007 e 298/2008, Disponível em www.mme.gov.br, Acesso em 10/09/2008;

WEG, Relatórios Anuais de 2001 a 2008, Disponível em www.weg.com.br, Acesso em 20/12/2008.