

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DA ENERGIA**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES**

**EMERSON SALVADOR**



**Itajubá – MG, novembro de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DA ENERGIA**

**EMERSON SALVADOR**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.**

**Área de Concentração: Exploração do Uso Racional de Recursos Naturais e Energia**

**Orientador: Prof<sup>o</sup>. LUIZ AUGUSTO HORTA NOGUEIRA, D.SC.  
Co-Orientador: Prof<sup>o</sup>. JAMIL HADDAD, D.SC.**



**Itajubá – MG, novembro de 2013**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste Trabalho, por qualquer meio convencional ou digital para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Emerson Salvador**

Graduou-se em Engenharia Elétrica na UERJ em 2000; pós-graduação MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas – FGV em 2005; especialista em Uso Racional de Energia na UNIFEI em 2010.

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –  
Bibliotecária Jacqueline Balducci- CRB\_6/1698

S182e

Salvador, Emerson.

Eficiência energética em refrigeradores / Emerson Salvador. –  
Itajubá, (MG) : [s.n.], 2013.  
93 p. il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira.

Co-orientador: Prof. Dr. Jamil Haddad.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Eficiência Energética. 2. Refrigerador. 3. Selo Procel. I.  
Nogueira, Luiz Augusto Horta, orient. II. Haddad, Jamil, co-orient.  
III. Universidade Federal de Itajubá. IV. Título.



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de abril de 2002

## A N E X O II

### FOLHA DE JULGAMENTO DA BANCA EXAMINADORA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Título da Dissertação: "Eficiência Energética em Refrigeradores"

Autor: **Emerson Salvador**

#### JULGAMENTO

Examinadores	Conceito	Rubrica
	A = Aprovado - R = Reprovado - I = Insuficiente	
1º	A	
2º	A	
3º	A	
4º	A	

#### Observações:

- (1) O Trabalho será considerado Aprovado se todos os Examinadores atribuírem conceito A.
- (2) O Trabalho será considerado Reprovado se forem atribuídos pelos menos 2 conceitos R.
- (3) O Trabalho será considerado Insuficiente (I) se for atribuído pelo menos um conceito R. Neste caso o candidato deverá apresentar novo trabalho. A banca deve definir como avaliar a nova versão da Dissertação.

Este documento terá a validade de 60 (sessenta) dias a contar da data da defesa da Dissertação.

Resultado Final: Conceito: A, ou seja, aprovado

Observações: \_\_\_\_\_

Itajubá, 01 de novembro de 2013.

Prof. Dr. Reinaldo Castro Souza  
1º Examinador – PUC-Rio

Prof. Dr. Jamil Haddad  
2º Examinador – UNIFEI

Prof. Dr. Rafael Balbino Cardoso  
3º Examinador – UNIFEI

Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira  
4º Examinador (Orientador) - UNIFEI

## **AGRADECIMENTOS**

Aos amigos de trabalho Luiz Menandro, pelo constante incentivo, Rafael Meirelles David, Hamilton Pollis e Ronaldo Tabosa pelas informações sobre o tema.

Aos professores Luiz Augusto Horta Nogueira, Jamil Haddad e Rafael Balbino Cardoso pela valiosa orientação e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos senhores Álvaro Medeiros de Farias Theisen e Luiz Alberto Zanardi por permitir as condições para alavancar uma parte valiosa desta dissertação.

A minha família.

## RESUMO

A presente dissertação trata da questão da evolução da eficiência energética em refrigeradores, tomando como base a participação dos modelos de equipamentos disponíveis no Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE. Para isso, o trabalho procurou avaliar separadamente os refrigeradores de 1 e 2 portas, convencional e frost-free, empregando-se a metodologia utilizada, desde 2003, no PBE. Essa metodologia utiliza como indicador a razão do consumo de energia elétrica em quilowatt-hora do refrigerador, fruto de ensaio em laboratório, e o consumo padrão. A determinação do consumo padrão faz parte de um estudo que considerou uma reta de regressão (do gráfico: volume x kWh) a partir dos modelos disponíveis em 2001, e pode ser considerada como referência (*baseline*) para os modelos de outros anos, permitindo avaliar a evolução da eficiência. O cálculo do consumo padrão leva em consideração o volume do refrigerador e a temperatura do congelador. Dessa forma, este estudo retrata como se comportou a eficiência energética ano a ano, através do cálculo dos índices médios de eficiência energética dos refrigeradores. Como resultado principal, observou-se uma melhoria expressiva na eficiência desses equipamentos, principalmente nos últimos 10 anos, a partir da concessão do Selo Procel. Nesse período, a eficiência dos refrigeradores apresentou 22% de aprimoramento enquanto os combinados do tipo convencional atingiram 16% e combinados frost-free 23%. Outra conclusão importante diz respeito à diferença da eficiência energética entre equipamentos com e sem Selo Procel, chegando a 14%, 18% e 21% para refrigeradores, combinados e combinados frost-free respectivamente. Estudos adicionais puderam ser realizados quanto à degradação da eficiência energética desses aparelhos, confirmando um aumento no consumo de eletricidade e indicando potencial importante de conservação para substituições dos aparelhos antigos, com mais de 11 anos, que atingiu no projeto piloto um incremento no consumo de 21 kWh/mês em média por refrigerador, cerca de 33% maior que o consumo dos refrigeradores novos.

**Palavras-Chaves:** Eficiência Energética. Refrigerador. Selo Procel.

## **ABSTRACT**

This monograph deals with the evolution of the electrical efficiency in refrigerators, taking as its basis the models of appliances participating in the Brazilian Labeling Program — BLP. In order to do so, this work separately evaluates one- and two-door, regular and frost-free refrigerators, employing the methodology used since 2003 by the BLP. This methodology uses an index that is the electrical consumption in kilowatt-hour, as tested at the laboratory, divided by standard consumption. The concept of standard consumption comes from a study that considered a regression curve (volume vs. kWh graphic) from models available in 2001. It could be considered a baseline for models from other years, allowing for evaluation based on evolution of efficiency. Standard consumption takes into account the volume of the refrigerator and temperature of the freezer. Thus, this study analyses the electrically efficient behavior year by year by calculating the index for average electric efficiency of the refrigerator. As the main result, significant improvement in the efficiency was observed, especially in the last 10 years, when the Procel Seal Program started. In this period, the efficiency of one-door refrigerators increased by 22%, that of two-door refrigerators increased by 16%, and that of two-door, frost-free refrigerator increased by 23%. Another important conclusion regards the variation of efficiency between refrigerator with and without the Procel Seal, which reached 14%, 18% and 21% for one-door, two-door, and two-door frost-free refrigerator respectively. Additional studies were done considering the degradation in efficiency for these models, confirming an increase in electrical consumption and indicating the importance of substituting old models in order to potentially save electricity. This has been proven by the pilot Project, in which a difference in consumption of 21kWh per month on average was found, representing a decrease of 33%.

**Key-words:** Energy efficiency. Refrigerator. Procel Seal Program.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (2009)	6
FIGURA 2.2	ANTIGA ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	6
FIGURA 2.3	SELO PROCEL DE ECONOMIA DE ENERGIA	8
FIGURA 2.4	EXEMPLOS DE ETIQUETAS EM OUTROS PAÍSES	11
FIGURA 3.1	CONSTITUIÇÃO BÁSICA DE UM REFRIGERADOR	15
FIGURA 3.2	EQUAÇÃO DA RETA DO CONSUMO PADRÃO	16
FIGURA 5.1	EXEMPLOS DE REFRIGERADORES NOVOS USADOS NO PROJETO PILOTO	49
FIGURA 5.2	LABORATÓRIO DE ENSAIOS EM REFRIGERADORES (LABELO)	51
FIGURA 5.3	ETIQUETA DO COMPRESSOR	53
FIGURA 5.4	NOTA FISCAL DE VENDA	53
FIGURA 5.5	EXEMPLO DE FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA	59
FIGURA 5.6	FOTO DE REFRIGERADOR DEPOSITADO EM FERRO-VELHO	61
FIGURA 7.1	PROTÓTIPO DE UMA GELADEIRA JAPONESA	68

## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1	COEFICIENTES DA RETA DO CONSUMO PADRÃO (2001)	17
TABELA 3.2	CLASSIFICAÇÃO DO REFRIGERADOR EM NÚMERO DE ESTRELAS	18
TABELA 3.3	VALORES DO FATOR F EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE ESTRELAS	19
TABELA 4.1	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO IEE EM REFRIGERADORES	25
TABELA 4.2	PARTICIPAÇÃO DE EQUIPAMENTOS COM ÍNDICE “A” NO PBE (REFRIGERADORES)	27
TABELA 4.3	EVOLUÇÃO DO IEE EM REFRIGERADORES: MÉDIA, MAIS E MENOS EFICIENTES	29
TABELA 4.4	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO IEE EM COMBINADOS	33
TABELA 4.5	PARTICIPAÇÃO DE COMBINADOS COM ÍNDICE “A” NO PBE	35
TABELA 4.6	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO IEE E QUANTIDADE DE MODELOS <i>FROST FREE</i>	40
TABELA 4.7	PARTICIPAÇÃO DE COMBINADOS <i>FROST FREE</i> COM ÍNDICE “A” NO PBE	42
TABELA 5.1	RELAÇÃO DE REFRIGERADORES NOVOS DOADOS PELOS FABRICANTES	50
TABELA 5.2	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA MEDIDO NOS REFRIGERADORES USADOS	52
TABELA 5.3	DEPRECIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NOS REFRIGERADORES USADOS	55
TABELA 6.1	FABRICAÇÃO DE REFRIGERADORES, FREEZERS E ASSEMBLADOS	63
TABELA 6.2	CONSUMO ENERGÉTICO DO PARQUE DE REFRIGERADORES	65

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1	CONSUMO MÉDIO DE ELETRICIDADE DOS REFRIGERADORES NOVOS NOS EUA (ADAPTADO)	12
GRÁFICO 4.1	RETAS DE REGRESSÃO PARA OS MODELOS DE REFRIGERADORES (IEE x AV)	22
GRÁFICO 4.2	EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES	23
GRÁFICO 4.3	MÉDIA DO IEE, DISPERSÃO E LINHA DE REGRESSÃO	26
GRÁFICO 4.4	EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES A PARTIR 1999	27
GRÁFICO 4.5	QUANTIDADE DE MARCAS E MODELOS NO PBE (REFRIGERADORES)	28
GRÁFICO 4.6	EVOLUÇÃO DO IEE EM REFRIGERADORES: MÉDIA, MAIS E MENOS EFICIENTES	29
GRÁFICO 4.7	MÉDIAS DO IEE: TOTAL, COM E SEM SELO PROCEL (REFRIGERADORES)	30
GRÁFICO 4.8	PARTICIPAÇÃO DOS REFRIGERADORES EM FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DO PBE	30
GRÁFICO 4.9	RETAS DE REGRESSÃO PARA OS MODELOS DE COMBINADOS (IEE x AV)	31
GRÁFICO 4.10	EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM COMBINADOS	32
GRÁFICO 4.11	MÉDIA DO IEE E LINHA DE REGRESSÃO EM COMBINADOS	34
GRÁFICO 4.12	EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM COMBINADOS, INCLUINDO SELO PROCEL	35
GRÁFICO 4.13	EVOLUÇÃO DO IEE: MÉDIA, MAIS E MENOS EFICIENTES (COMBINADOS)	36
GRÁFICO 4.14	MÉDIAS DO IEE: TOTAL, COM E SEM SELO PROCEL (COMBINADOS)	37
GRÁFICO 4.15	PARTICIPAÇÃO DOS COMBINADOS EM FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DO PBE	37
GRÁFICO 4.16	RETAS DE REGRESSÃO PARA OS MODELOS DE COMBINADOS <i>FROST FREE</i>	38
GRÁFICO 4.17	ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MODELOS DE COMBINADOS <i>FROST FREE</i>	39
GRÁFICO 4.18	MÉDIA, DISPERSÃO E LINHA DE REGRESSÃO DO IEE	41
GRÁFICO 4.19	EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM COMBINADOS <i>FROST FREE</i> , INCLUINDO SELO PROCEL	42
GRÁFICO 4.20	EVOLUÇÃO DO IEE: MÉDIA, MAIS E MENOS EFICIENTES (COMBINADOS <i>FROST FREE</i> )	43
GRÁFICO 4.21	MÉDIAS DO IEE: TOTAL, COM E SEM SELO PROCEL (COMBINADOS <i>FROST FREE</i> )	44
GRÁFICO 4.22	PARTICIPAÇÃO DOS COMBINADOS <i>FROST FREE</i> EM FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DO PBE	45
GRÁFICO 5.1	CURVAS HIPOTÉTICAS DA DEGRADAÇÃO DA EFICIÊNCIA	46
GRÁFICO 5.2	AUMENTO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE EM REFRIGERADORES	48
GRÁFICO 5.3	DEPRECIAÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE EM REFRIGERADORES USADOS	56

GRÁFICO 5.4	BALANÇO DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DAS RESIDÊNCIAS ANTES E APÓS A SUBSTITUIÇÃO DOS REFRIGERADORES	58
GRÁFICO 5.5	CONSUMO RELATIVO DOS REFRIGERADORES (KWH/LITRO/MÊS)	60

## LISTAS DE SIGLAS

ABINEE	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA
ADEME	AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE
ANEEL	AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
BEN	BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL
CLASP	COLLABORATIVE LABELING AND APPLIANCE STANDARDS PROGRAM
ELETOBRAS	CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A.
ELETOBRAS CEPEL	CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA
ELETROS	ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE PRODUTOS ELETRÔNICOS
EPA	ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
EPE	EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA
FUPAI	FUNDAÇÃO DE PESQUISA E ASSESSORAMENTO À INDÚSTRIA
IEE	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
IEI	INTERNATIONAL ENERGY INITIATIVE
INMETRO	INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL
MME	MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
PBE	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM
PROCEL	PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
USAID	UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. EVOLUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA	4
2.2. PROGRAMAS BRASILEIROS DE FOMENTO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	5
2.2.1. PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM	5
2.2.2. PROCEL	7
2.2.3. LEI 9.991/2000	8
2.2.4. LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (10.295/2001)	9
2.3. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	10
2.3.1. PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM DE EQUIPAMENTOS	10
2.3.2. ESTUDOS SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES	11
3. REFRIGERADORES E A METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA	14
3.1. FUNCIONAMENTO BÁSICO DO REFRIGERADOR	14
3.2. METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA	15
4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES	21
4.1. REFRIGERADORES DE 1 PORTA	21
4.2. COMBINADOS	31
4.3. COMBINADOS FROST-FREE	38
5. DESEMPENHO DE REFRIGERADORES AO LONGO DO TEMPO	46
5.1. DEGRADAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	47
5.2. PROJETO PILOTO DE SUBSTITUIÇÃO DE REFRIGERADORES	48
5.3. RESULTADOS ENERGÉTICOS	52
6. POTENCIAL TÉCNICO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	62
7. CONCLUSÕES	67
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APÊNDICE A	75

# 1. INTRODUÇÃO

Os primeiros registros da invenção de que mais se aproxima de uma geladeira para uso doméstico datam de meados do século XIX. Surgiu da necessidade de conservar e armazenar alimentos ou produtos por mais tempo e em sua primeira versão, ou tentativa, baseava-se em armazenar gelo do inverno para ser usado no verão. Uma máquina movida a vapor tomou seu lugar em 1850 e mais tarde, no final daquele século, a de amônia foi adotada em substituição ao vapor de água, sendo deslocada pela utilização de compostos clorofluorcarbonados (CFC) no início dos anos vinte do século passado.

Segundo a Pesquisa de Posse e Hábitos de uso de equipamentos, realizada pela PUC-Rio em 2004, o refrigerador é o eletrodoméstico mais presente na classe residencial (ELETROBRAS, 2007), abrangendo 96% das residências, sendo que a posse média já apresenta valor além de 1 unidade, indicando que o parque de equipamentos é superior ao número de casas no território brasileiro, ou seja, algo como 60 milhões de equipamentos ligados a rede elétrica, e apresentando vendas anuais atingindo 5 milhões de unidades (FUPAI, 2007).

Em pesquisa anterior, a refrigeração doméstica de alimentos (geladeira + freezer) respondia por cerca de 32% do consumo da classe residencial (SOUZA, 1998). Em 2005 essa fatia caiu para 27%, (sendo a geladeira responsável por 22%) deixando de representar a maior consumidora de energia elétrica nessa classe de consumo. Vale lembrar que no meio desse caminho há um período de retração no consumo de energia elétrica, onde vários freezers foram desligados e, por alguns fatores, inclusive econômicos, não foram religados. Por outro lado, a média do volume, em litros, dos modelos disponibilizados no varejo apresentam um ligeiro aumento, podendo acarretar um acréscimo no consumo de energia elétrica, caso não seja acompanhado por uma compensação na eficiência.

A classe residencial foi responsável pelo consumo de 100.638 GWh em 2009, que correspondeu a 25,9% do consumo de eletricidade no Brasil nesse ano (BRASIL, 2010). Portanto, a partir dos dados apresentados, pode-se estimar que a refrigeração de alimentos no Brasil seja responsável por 22.140 GWh/ano, sem considerar os equipamentos de uso comercial, o que equivale ao consumo anual de eletricidade de toda Região Norte do Brasil. Os refrigeradores brasileiros formavam um parque com 8% desses equipamentos em idade superior a 16 anos (ELETROBRAS, 2007), grupo em que o consumo de energia elétrica apresenta um acréscimo importante, em relação aos novos, vendidos nas lojas, e em relação a eles próprios

quando saíram das fábricas, em função da degradação e perda da eficiência da ordem de 60% em 16 anos (FUPAI, 2007).

Perante o consumo significativo de eletricidade dos refrigeradores, facilmente percebe-se a importância da adoção de políticas públicas de eficiência energética, principalmente na produção e divulgação dos equipamentos mais eficientes e ecologicamente amigáveis.

Em estudos realizados em 1993 no Canadá, verificou-se uma redução de 40,2% no consumo de energia elétrica em refrigeradores em relação a 1987 (SAMPSON, 1993). Nos Estados Unidos, no mesmo período, a melhora foi de 19%. Na verdade, a fábrica canadense precisava modernizar a tecnologia de seus refrigeradores e o projeto lançado foi exatamente para aproximar a eficiência energética dos modelos canadenses aos vendidos nos EUA, o que chegou muito perto em 1993, com uma diferença de apenas 4,9% contra quase 41% em 1987, antes das mudanças na legislação canadense, introduzindo critérios mínimos de eficiência energética durante esse período, que contribuiu para essa melhoria, conclui o estudo.

Outro exemplo importante, o uso médio de energia dos novos refrigeradores norte-americanos diminuiu de 1.725 kWh ao ano, em 1972, para cerca de 650 kWh, em 1995, significando uma redução no consumo de 62% em 24 anos (GELLER, 2003). A redução percentual nos é mais útil para fins de comparação que o valor absoluto em kWh, uma vez que as metodologias de ensaios laboratoriais podem não ser as mesmas das utilizadas no Brasil.

Esses trabalhos foram realizados em refrigeradores novos, a exemplo do que acontece em vários países no mundo onde processos de medição do consumo de energia elétrica para classificação e etiquetagem foram estabelecidos. No Brasil, existe o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, onde esse procedimento acontece desde 1987, para refrigeradores de 1 porta. Em 1999 foi a vez das geladeiras de 2 portas, justamente quando foi lançado o Selo Procel de Economia de Energia para refrigeradores, neste caso, somente para os mais eficientes. Portanto, um aspecto importante é a questão da evolução da eficiência energética ao longo do tempo.

Nesse contexto, o objetivo geral do presente trabalho é avaliar o comportamento dessa evolução em refrigeradores brasileiros, tendo como referência o regulamento e os resultados do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. Nesse sentido, será também avaliada a evolução daqueles equipamentos mais eficientes, detentores do Selo Procel.

Quanto aos objetivos específicos, tem-se a apresentação de uma revisão bibliográfica sobre eficiência energética em refrigeradores, tecendo conteúdo sobre trabalhos nacionais e internacionais, avaliar os indicadores de eficiência desses aparelhos, ano a ano, à luz do PBE, apresentar os resultados sobre um projeto piloto de substituições de refrigeradores antigos por outros novos e, por último, estimar o consumo de energia elétrica do parque de refrigeradores no Brasil, juntamente com o potencial técnico de economia caso todos esses aparelhos fossem contemplados com o Selo Procel.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta seção são relatadas algumas percepções do uso da energia pela sociedade, através de um pequeno histórico, é apresentada a configuração básica de um refrigerador, que serve de introdução aos assuntos que posteriormente serão tratados nesta dissertação, e são retratados alguns programas e resultados importantes de ações de eficiência energética no Brasil e no mundo.

### **2.1. EVOLUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA**

É indiscutível o fato de que o Homem, desde seus primórdios, busca na natureza meios de proporcionar soluções para o seu bem-estar ou para facilitar algum tipo de trabalho. Desde o advento e domínio do fogo até o uso da fissão nuclear. A história registra o desmatamento das florestas gregas nos anos 400 a. C., para construção de navios e fornecimento de lenha para fornalhas usadas para produção de armas (GOLDEMBERG e LUCON, 2008).

Em tempos mais recentes, no período pré Revolução Industrial, as atividades de produção utilizavam a força de trabalho humana e complementação animal, porém já se utilizavam moinhos movidos à água (roda d'água) ou a vento, para atividades na área rural como moer grãos, e queima da lenha para coser, forjar metais e como forma de iluminar e aquecer ambientes.

A partir da Revolução Industrial, século XVIII, começa um grande período de utilização dos combustíveis fósseis como o petróleo e o carvão mineral, sendo que o uso do petróleo foi intensificado após a Segunda Grande Guerra.

O Brasil desponta atualmente como indutor a utilização e desenvolvimento de energias renováveis, como por exemplo, a utilização da cana-de-açúcar para produção de etanol, além do grande potencial hidráulico aproveitado para geração de energia elétrica, representando 16,4% e 13,8% respectivamente de toda oferta interna de energia no país, contra 36,7% de utilização do petróleo e seus derivados (BRASIL, 2010). Outra ação importante, no que diz respeito às energias renováveis, pode ser citado o primeiro leilão brasileiro de energia eólica, realizado em dezembro de 2009, onde viabilizou a construção de 1.805 MW médios, associados à implantação de 71 empreendimentos.

Além dessas opções para suprir a demanda por energia, a que provoca menos impacto, sem dúvida, é a “usina virtual”, ou seja, aquela que não precisa ser construída, mas sim, fruto de ações de conservação de energia. O fato é que o consumo de energia, no Brasil e no Mundo, é crescente. O Plano Nacional de Energia 2030 aponta, em seu cenário mais modesto, um crescimento anual de 2,5% e 3,5% no consumo de energia e energia elétrica respectivamente (BRASIL, 2007). Ou seja, o consumo de energia deverá passar de 165.044 milhares de tep em 2005 para 309.283 milhares de tep em 2030. Segundo o estudo, praticamente todos os setores terão expansão no seu consumo. Em termos percentuais, a classe residencial é a que mais avançará, saindo de 19% em 2005 para 23% em 2030, levando em consideração apenas o consumo de energia elétrica.

Há um confronto entre benefícios e ônus resultantes desse consumo crescente de energia: de um lado está o acréscimo de produtividade e a melhoria das condições de trabalho e conforto pessoal propiciadas por essa disponibilidade e uso, aliados ao progresso tecnológico; de outro estão os ônus que a produção e o consumo crescentes impõem às condições de vida em certas regiões e na Terra como um todo. Onde se conclui que energia, meio ambiente e qualidade de vida estão diretamente relacionadas (LEITE, 2007).

## **2.2. PROGRAMAS BRASILEIROS DE FOMENTO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Diversos programas que visam a implementações de políticas públicas de eficiência energética têm sido criados. Alguns com participação voluntária, outros com caráter obrigatório na forma de lei. Serão aqui relatadas algumas experiências importantes e seus resultados.

### **2.2.1. PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM**

O Brasil dispõe de um Programa de etiquetagem desde 1984. O Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE trabalha com etiquetas informativas, com o objetivo de alertar ao consumidor quanto à eficiência energética de eletrodomésticos. Abrange inclusive, desde 2008, etiquetagem de veículos automotores. Em 2009 existiam 54 categorias de produtos participantes no Programa que passam por testes para recebimento da Etiqueta, mostrada na Figura 2.1 (Inmetro, 2005).

<b>Energia</b> (Elétrica)		REFRIGERADOR
Fabricante	ABCDEF	
Marca	XYZ(Logo)	
Tipo de degelo	ABC/Automático	
Modelo/tensão (V)	IPQR/Z20V	
<b>Mais eficiente</b>		<b>A</b>
<b>Menos eficiente</b>		
<b>CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês)</b> <small>(ajustado no teste clima tropical)</small>		<b>XY,Z</b>
Volumes: compartimento refrigerado (ℓ)		000
compartimento do congelador (ℓ)		000
<b>total do refrigerador (ℓ)</b>		<b>000</b>
Temperatura do congelador (°C)		<b>-18</b>
<small>Regulamento Específico Para Uso De Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e seus Acessórios - RESP001-REF Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>		
<b>PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>		
<b>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</b>		

Figura 2.1 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (2013)

O PBE é decorrente de um Protocolo firmado entre o então Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - Abinee, com a interveniência do Ministério de Minas e Energia. O Inmetro é responsável pelo Programa e trabalha com uma rede de laboratórios independentes para a realização dos ensaios de eficiência energética.

Atualmente são utilizadas escalas de A a E, para classificar o equipamento como mais ou menos eficiente, respectivamente. Um programa de etiquetagem normalmente tem início com participação voluntária dos fabricantes, porém o Inmetro tem a prerrogativa de tornar obrigatório o procedimento para alguns equipamentos. No início do Programa, em 1987, não havia a classificação em escalas, a etiqueta era apenas informativa, como no exemplo apresentado na Figura 2.2.

TIPO	COMBINADO/DEGELO AUTOMÁTICO
MARCA	BRASTEMP
MODELO	BRF 30 AB/220V
CAPACIDADE	<b>293 LITROS</b>
TEMPERATURA DO CONGELADOR	<b>-18°C</b>
CAPACIDADE DE CONGELAMENTO	<b>4,20 kg/24h</b>
TEMPO MÁXIMO DE CONSERVAÇÃO SEM ENERGIA	<b>6 h</b>
<b>CONSUMO DE ENERGIA</b> em kWh/mes	
<b>86,5</b>	
<small>COMPARE ESTE VALOR COM MODELOS ENTRE 30 E 350 LITROS</small>	
<small>NORMA UTILIZADA: CONSUMO DE ENERGIA</small>	
<small>IMPORTANTE: ANTES DE INSTALAR E LIGAR, LEIA O MANUAL DE INSTRUÇÕES</small>	
<small>406250</small>	
<small>PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA</small>	

Figura 2.2 – Antiga Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

### 2.2.2. PROCEL

O Programa Brasileiro de Conservação de Energia Elétrica - Procel, instituído em 30 de dezembro de 1985, a partir de Portaria Interministerial assinada pelos Ministérios de Minas e Energia, Ciência e Tecnologia e Indústria, é executado pela Eletrobras e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, destinado a promover o uso eficiente da energia elétrica e combater ao seu desperdício. Os resultados energéticos obtidos pelas ações desse Programa possibilitam a postergação de investimentos no setor elétrico e contribuem para a redução das emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente. Somente como resultado de suas ações em 2012, o Procel atribuiu com um resultado em economia de energia da ordem de 9,1 bilhões de kWh, cerca de 2% do consumo de energia elétrica nesse período (ELETROBRAS, 2013).

O Procel foi criado após alguns períodos de instabilidade energética, alguns de nível mundial, como os choques de petróleo na década de 70, que elevou consideravelmente os preços desse insumo, outros nacionais, como se pode verificar num período de retomada do crescimento, após uma conjuntura recessiva dos anos 80, em que a demanda pelo insumo energia elétrica voltou a crescer.

Uma das primeiras atividades do Programa foi o desenvolvimento de diagnósticos energéticos na indústria nacional. Responsável por quase metade do consumo de energia elétrica, vislumbrou-se aí uma oportunidade de conservação de energia através de práticas, equipamentos e processos mais eficientes.

Atualmente, o Procel atua implementando ou apoiando o desenvolvimento de políticas públicas. O Selo Procel de Economia de Energia, apresentado na Figura 2.3, pode ser citado como um exemplo. Criado em 1993 pelo Governo Federal, através de Portaria Presidencial, o Selo Procel tem como principal missão fazer com que o consumidor identifique facilmente no mercado aqueles equipamentos mais eficientes. Ao final de 2012, o Selo Procel era concedido a 36 categorias de equipamentos, abrangendo 3.467 diferentes tipos de produtos com o Selo, uma quantidade duas vezes maior que aquela em 2006. Cabe ressaltar que a participação no Programa é totalmente voluntária.



Figura 2.3 – Selo Procel de Economia de Energia

### 2.2.3. LEI 9.991/2000

Com vistas a incentivar a busca por inovações e fazer frente aos desafios tecnológicos do setor elétrico, foi regulamentado o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D e o Programa de Eficiência Energética – PEE, através da Lei 9.991/2000.

Neste contexto, as empresas concessionárias de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica devem aplicar anualmente um percentual mínimo de sua receita operacional líquida no Programa. A Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel é responsável pelas diretrizes e orientações para execução dos projetos, além de fiscalizar os investimentos realizados.

Sob a ótica financeira, trata-se do maior programa de eficiência energética no Brasil, onde o orçamento somado de todas as empresas concessionárias chega a R\$ 375 milhões anuais (POMPERMAYER, 2012). No âmbito desse programa milhares de refrigeradores antigos têm sido substituídos, em áreas de baixa renda. Realmente, como será trabalhado nesse documento, os refrigeradores comercializados no Brasil apresentam um consumo médio de energia elétrica decrescente, potencializando os benefícios de programas desse padrão. Sem contar com a diminuição de riscos a curto-circuito e melhoria da qualidade de vida dessa população. O que precisa ser pensado, também, é o que diz respeito à logística reversa dos equipamentos retirados, principalmente quanto ao manejo dos gases prejudiciais a camada de ozônio presentes no compressor de algumas geladeiras e, nos equipamentos mais recentes, na espuma de expansão.

Segundos dados da Aneel, atualizados em seu sitio na internet em 29/4/2010, estão cadastrados na Agência projetos de eficiência energética para substituição, em três anos, de 285 mil refrigeradores, a maioria na classe residencial, considerada como baixa renda.

#### **2.2.4. LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (10.295/2001)**

Para ser comercializado no Brasil, todo equipamento consumidor de energia deverá obedecer a um patamar máximo de consumo de eletricidade ou mínimo de eficiência energética. A novidade começou a ser implantada no país pela Lei 10.295/2001, mais conhecida como “Lei da Eficiência Energética” válida também para qualquer equipamento movido a gás, diesel etc. A lei foi regulamentada pelo decreto 4.059 do mesmo ano e estabelece os pontos a serem abordados na regulamentação específica de cada produto, tais como normas técnicas de referência, mecanismo de avaliação da conformidade, níveis a serem atingidos, fiscalização entre outros.

Na prática, os produtos vêm sendo regulamentados com base no PBE. Ou seja, os primeiros equipamentos em que os índices mínimos de eficiência energética foram estabelecidos correspondem àqueles em que a participação no PBE estava consolidada. Com isso, os produtos que não atingirem o nível mais baixo da Etiqueta ficam proibidos de serem comercializados no Brasil. Em 2009 já estavam regulamentados os seguintes equipamentos: Motores elétricos trifásicos, refrigeradores, freezers, condicionadores de ar, lâmpadas fluorescentes compactas, além de fogões e aquecedores de água a gás.

Outro impulso para o desenvolvimento da Lei de Eficiência Energética foi a estruturação no Brasil de uma rede de laboratórios, acreditados pelo Inmetro, para realizar ensaios técnicos em equipamentos. Trata-se de uma doação a fundo perdido do Global Environment Facility – GEF, por intermédio do Banco Mundial, onde a Eletrobras, por meio das ações do Procel, investiu cerca de USD 6 milhões entre 2003 e 2006. Foram 22 laboratórios capacitados em 11 instituições, entre Universidades e Centros de Pesquisa, onde se adquiriu equipamentos de primeira linha, alguns pioneiros na América Latina, como o Simulador Solar, adquirido da Alemanha para ensaios em coletores solares para aquecimento de água. Inclusive, o aquecedor solar deverá ser um dos próximos a serem regulamentados para índices mínimos de eficiência energética.

## **2.3. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL**

A bibliografia internacional nos apresenta estudos interessantes quanto às questões ligadas ao desempenho energético de refrigeradores domésticos. Algumas publicações técnicas podem ser acessadas via *web*, o que muito facilita nos trabalhos de levantamento bibliográficos. O mesmo serve para pesquisas sobre programas de classificação energética, que integra esta parte do trabalho.

Esta seção apresenta uma síntese de programas de etiquetagem em outros países e alguns estudos atinentes ao objetivo proposto por esta dissertação, como a evolução da eficiência energética ao longo dos anos, potencial de conservação de eletricidade frente a substituições de aparelhos e ensaios laboratoriais.

### **2.3.1. PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM DE EQUIPAMENTOS**

Existem no mundo vários programas de etiquetagem de equipamentos. Os mais comuns são aqueles de classificação por faixa contínua ou por categoria, esta utilizada no Brasil.

Um programa de etiquetagem que merece destaque é o Energy Star. Criado em 1992 pela Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA), ganhou força em 1996 com o apoio do Departamento de Energia (DOE) daquele país. Em 2008, cerca de 60 categorias de produtos passam pela qualificação do Programa. Em seu relatório de resultados 2008, é estimado em 190 bilhões de kWh o total de energia elétrica economizada, cerca de 5% do consumo de eletricidade daquele país (EPA, 2009). Diferente do programa brasileiro, quanto aos ensaios laboratoriais, o Energy Star aceita a declaração do fabricante quanto ao índice de eficiência energética de seus produtos.

Na França, como praticamente no restante da Europa, a etiqueta utilizada é bastante similar à brasileira. A principal diferença diz respeito à possibilidade do equipamento ser agraciado com um A+ ou um A+ +, obviamente mais eficiente que o A simples. O programa é de responsabilidade do Ministério da Energia e Desenvolvimento Sustentável francês e é gerido pela ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). A etiqueta é obrigatória para uma série de equipamentos elétricos, além de veículos automotores a combustão.

O CLASP (Collaborative Labeling and Appliance Standards Program), criado em 1999 e com base nos Estados Unidos, é uma fonte de informação importante sobre programas de etiquetagem. A França foi o primeiro país a adotar etiquetas de classificação de eficiência energética para refrigeradores, lavadoras de roupas, lavadoras de louças, televisores entre outros (CLASP, 2004). Dez anos mais tarde vieram os Estados Unidos e a Alemanha, seguidos pelo Canadá, Japão e China. O Brasil, segundo o CLASP, foi o nono país a adotar índices para classificação do índice de eficiência energética em equipamentos.

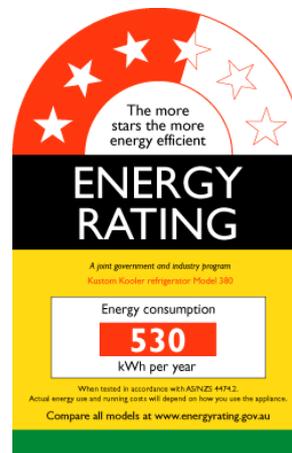
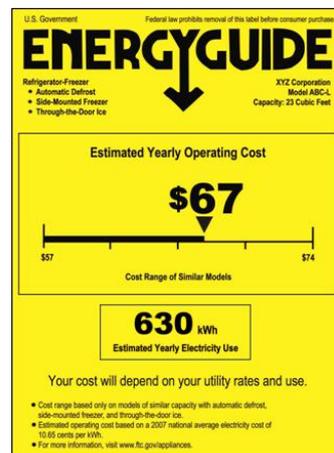
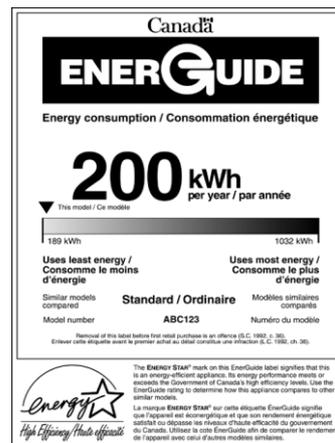
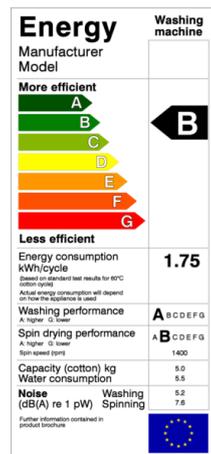


Figura 2.4 – Exemplos de Etiquetas em outros países

### 2.3.2. ESTUDOS SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES

A eficiência energética de equipamentos domésticos, tais como refrigeradores, congeladores, condicionadores de ar, lavadoras de roupa e equipamentos de aquecimento, aumentou drasticamente nos Estados Unidos, nos últimos 25 anos (GELLER, 2003). O Gráfico 2.1 reproduz a evolução do consumo médio dos refrigeradores naquele país, onde o consumo médio

de eletricidade dos modelos em 2000 representava apenas 29% do consumo dos modelos em 1972.

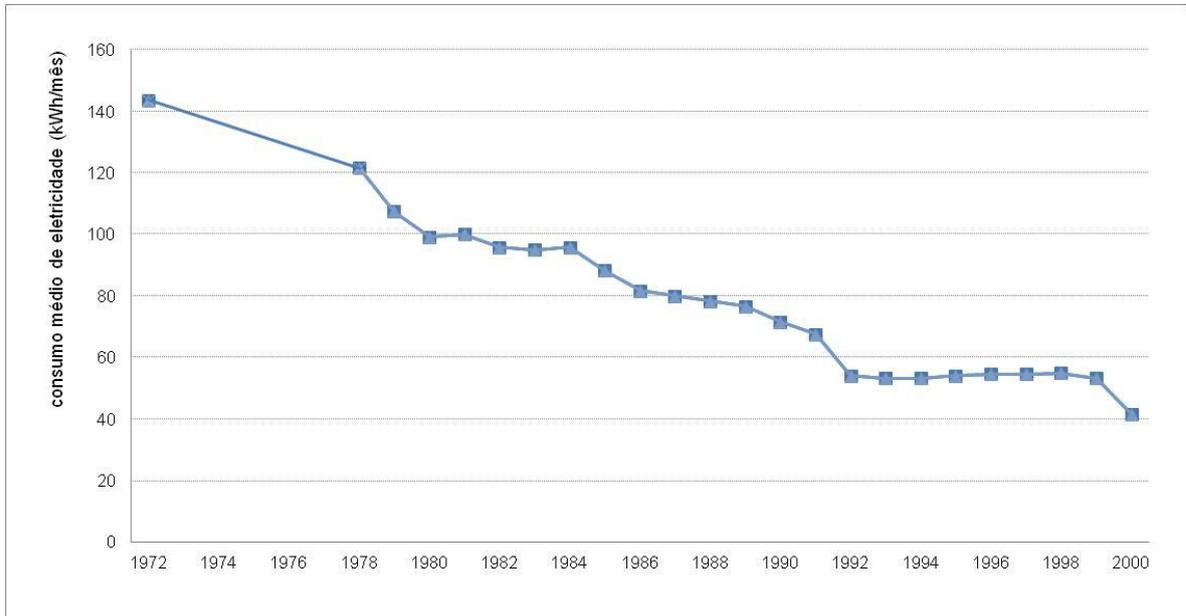


Gráfico 2.1 – Consumo médio de eletricidade dos refrigeradores novos nos EUA (adaptado)

Este resultado é fruto basicamente de aprimoramentos nos projetos de refrigeradores realizados pelos fabricantes. Os programas de etiquetagem ajudaram a alavancar produtos mais eficientes, uma vez que essa informação aparece estampada no produto. Ações das concessionárias distribuidoras de energia elétrica também foram fundamentais para o estímulo ao consumidor para adquirir equipamentos mais eficientes. Por último, ações de governo no sentido de estabelecer padrões mínimos de desempenho energético ajudaram em muito com a melhoria energética dos produtos comercializados nos Estados Unidos.

Outros estudos realizados na China, Brasil e no México, três economias crescentes e de destaque, apresentam resultados para implementações de programas de padrões mínimos de eficiência e substituição de refrigeradores antigos por outros novos com alto padrão energético.

Na China, estudos para avaliação a longo termo de impactos energéticos e ambientais com a aplicação de padrões de eficiência apresentam alto potencial de economia de energia. Diante do rápido crescimento econômico, as famílias chinesas estão adquirindo mais eletrodomésticos, entre os quais o refrigerador é indispensável (TAO e YU, 2011). Além da redução da emissão de gases poluentes, que é uma necessidade daquele país, o potencial de con-

servação considerando o período entre 2003-2023 varia entre 588 a 1180 TWh. Essa energia retrata a total acumulada no último ano e o caso otimizado considera a participação nas vendas de 75% de equipamentos com alta eficiência.

O Brasil também publicou trabalho similar ao chinês em 2010, porém dando ênfase aos benefícios energéticos. O trabalho confirma que a adoção de níveis mínimos de eficiência energética (*minimum energy performance standards* - MEPS) pode contribuir com as políticas de conservação de energia. Ao final do período de 2010-2030 a economia de energia pode chegar a 21 TWh (MELO e JANNUZZI, 2010), cerca de 25% do atual consumo residencial de eletricidade.

O México contribuiu com estudos quanto ao potencial de economia de energia frente à substituição de refrigeradores domésticos. Os resultados indicaram uma economia de 1 TWh/ano, considerando a troca anual de 20% do parque instalado naquele país durante um período de cinco anos (CABAÑAS; MARTINEZ; GARCIA et al, 2009).

Uma pesquisa anterior à mexicana, publicada em 1995 nos Estados Unidos, apresenta a redução do uso de eletricidade frente à substituição de refrigerador antigo por outro novo e eficiente. O resultado do trabalho apontou uma redução de 60% (MEIER, 1995) do consumo de energia elétrica nesse uso final, indicando ser esse um alvo importante quando se tratar de programas de conservação de energia.

O próximo bloco traz à tona a metodologia de ensaio e classificação energética de refrigeradores no âmbito do programa brasileiro de etiquetagem. Para melhor entendimento, a constituição e o funcionamento básico do refrigerador introduz o assunto.

### **3. REFRIGERADORES E A METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA**

Conforme já relatado, a refrigeração de alimentos representa uma fatia importante do consumo de energia elétrica. No Brasil os refrigeradores representam 22% do total da energia elétrica entregue às residências, atrás apenas do chuveiro elétrico com 24% (ELETROBRAS, 2005). Neste capítulo, será apresentado o princípio básico de funcionamento do refrigerador doméstico e discorrido sobre a metodologia de classificação da eficiência energética no Brasil.

#### **3.1. FUNCIONAMENTO BÁSICO DO REFRIGERADOR**

O refrigerador é uma máquina térmica utilizada para retirar calor de um ambiente, neste caso, de seu interior. É constituído basicamente por um compressor (motor), radiador, válvula de expansão e evaporador, como apresentado na Figura 3.1. O seu funcionamento baseia-se em ciclos em um circuito fechado, utilizando-se inicialmente, em escala comercial, o cloro-fluorcarbono (CFC) como fluido refrigerante, podendo ser o freon 12. Mais tarde verificou-se a reação danosa a camada de ozônio que esses gases provocam. Esse assunto foi discutido internacionalmente e, como consequência, foi efetivado o Protocolo de Montreal, que trata a questão da redução da fabricação e utilização dos CFCs, não só em refrigeradores como em outras utilizações. Atualmente existem outras opções disponíveis no mercado para trabalhar como fluido refrigerante de refrigeradores, podendo ser o isobutano ou o HFC.

Quanto ao funcionamento do refrigerador, o compressor comprime o gás refrigerante, aumentando a pressão e temperatura fazendo-o circular através dos tubos do circuito. Ao passar por uma serpentina (condensador), o gás perde calor para o exterior se liquefazendo. Ao sair do condensador, o gás liquefeito, ainda a alta pressão, chega a um estreitamento da tubulação (válvula de expansão) onde ocorre uma diminuição da pressão. Quando o gás, em estado líquido e a baixa pressão, chega a serpentina do evaporador, de diâmetro maior, se vaporiza retirando calor da região próxima. O gás, a baixa pressão e temperatura, é então aspirado para o compressor, onde se inicia um novo ciclo.

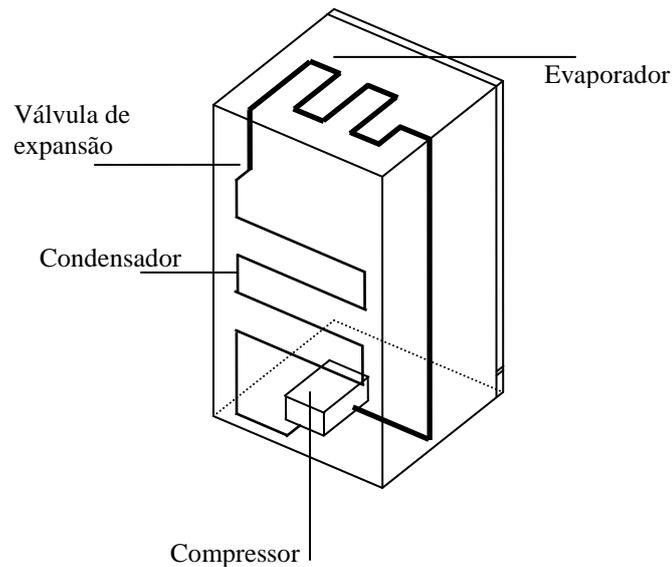


Figura 3.1 – Constituição básica de um refrigerador

As principais melhorias nos refrigeradores, nos últimos 10 anos, podem ser consideradas no aprimoramento do compressor, na espessura do isolamento, na utilização de termostato eletrônico e na otimização do trocador de calor (FUPAI, 2007).

### 3.2. METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De um modo geral, neste trabalho, o comportamento da eficiência energética em refrigeradores brasileiros será analisado em função do Índice de Eficiência Energética – IEE dos equipamentos, tendo como referência o regulamento do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE de 15/12/2005, em especial em seu Anexo VI – Metodologia de cálculo da eficiência energética de refrigeradores.

O PBE define, através de seus regulamentos, dois tipos de ensaios específicos para fins de etiquetagem: classificação térmica e consumo energético.

No ensaio de classificação térmica, o aparelho sob teste é submetido a um ambiente de temperatura controlada de 43°C, onde são medidas e verificadas as temperaturas internas declaradas. Por exemplo, na existência de compartimento de baixa temperatura (congelador) o mesmo é preenchido com carga térmica com propriedades equivalentes a carne magra. Nesta condição, as temperaturas devem obedecer aos limites estabelecidos. Caso seja classificado como três estrelas, o resultado que se busca é a de temperatura menor de -18°C (dezoito graus negativos).

No ensaio de consumo de eletricidade, a temperatura ambiente de teste é reduzida de 43°C para 32°C, onde o consumo de energia elétrica do produto é tomado em ciclos de medições durante 72 horas ininterruptas. Nesses ensaios as portas dos refrigeradores são mantidas fechadas.

O índice (IEE) leva em consideração a razão entre o consumo declarado (C) e o consumo padrão (Cp), conforme representado pela equação a seguir:

$$IEE = \frac{C}{C_p}$$

O consumo declarado (C) é aquele medido durante os procedimentos laboratoriais e expresso em kWh/mês, já o consumo padrão é definido como o consumo de energia equivalente ao volume ajustado e pode ser representado pela equação a seguir:

$$C_p = a \times AV + b$$

Onde:

Cp = Consumo padrão (kWh/mês)

AV = Volume ajustado (litros)

Sobre o Consumo Padrão (Cp), é importante ressaltar que se trata de uma equação do primeiro grau, traçada num gráfico AV x Cp, com seus coeficientes a e b. O coeficiente “a” determina a inclinação da reta e é denominado coeficiente angular; já a constante “b”, que determina a translação vertical do gráfico, recebe o nome de coeficiente linear da reta, conforme Figura 3.2 a seguir.

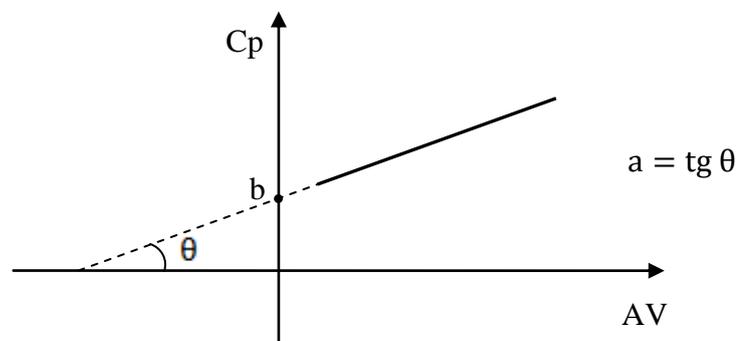


Figura 3.2 – Equação da reta do consumo padrão (Cp)

Esses estudos que apresentaram essa nova metodologia foram estabelecidos em 2001, talvez impulsionada pela Lei de Eficiência Energética, fazendo com que, a partir daí, pudesse ser avaliada a evolução da eficiência tendo como linha de base a estabelecida em 2001. Com isso, o IEE permitiu avaliar a distância tecnológica de cada produto daquele que seria o padrão (MOCARZEL e TABOSA, 2003).

Portanto, como será avaliada nesse estudo a evolução temporal da média do IEE, espera-se que em 2001 esse índice tenda a 1. Em outras palavras: o Consumo padrão (Cp) foi estabelecido para os equipamentos disponíveis em 2001, dentro de cada categoria de equipamento: refrigerador, combinado, combinado frost-free etc. Dessa forma, para esse ano, o Cp médio é exatamente igual ao consumo declarado (C) e pela formulação matemática:

$$IEE = \frac{C}{C_p} = 1$$

Para as médias dos IEEs anteriores a 2001, a tendência é que seja maior que uma unidade e, por outro lado, a média do IEE a partir de 2002 seja menor que 1. Obviamente, levando em consideração que a eficiência de refrigeradores foi aprimorada ano a ano. Esses resultados serão vistos na próxima seção.

Por exemplo, se um refrigerador fabricado em 2005 possui o IEE igual a 0,85, isso quer dizer que ele é 15% mais eficiente que a média dos refrigeradores em 2001.

Dessa maneira, traçando o gráfico Cp x AV, foi determinado os valores de a e b da equação da reta do consumo padrão (Cp) em 2001, de cada categoria, e encontram-se representados na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Coeficientes da reta do consumo padrão (2001)

Categoria	a	b
Refrigerador	0,0346	19,117
Combinado	0,0916	17,083
Combinado Frost-Free	0,1059	7,4862

Quanto ao cálculo do volume ajustado (AV), este é determinado considerando-se o volume interno do refrigerador em relação às temperaturas nominais de classificação de cada compartimento e seção, conforme descritas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Classificação do refrigerador em número de estrelas

Temperatura mais elevada obtida no compartimento congelador ou em sua seção (Tc)	Temperatura nominal de classificação (°C)	Número de estrelas
Tc > -6 °C	0	0
-12 °C < Tc ≤ -6 °C	- 6	1
-18 °C < Tc ≤ -12 °C	- 12	2
Tc ≤ -18 °C	- 18	3

Os refrigeradores que contêm no compartimento congelador, uma ou mais seções de diferentes temperaturas nominais, tem seus volumes internos totalizados por temperatura nominal, conforme a expressão a seguir:

$$AV = V_r + \Sigma (f \times V_c)$$

Onde:

AV = volume ajustado do equipamento (em litros)

V<sub>r</sub> = volume do compartimento refrigerador (em litros)

V<sub>c</sub> = volume do compartimento congelador ou de sua seção segundo temperatura de classificação (em litros)

f = valor equivalente a classificação de cada compartimento e definido conforme Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Valores do fator  $f$  em função do número de estrelas

Compartimento	$f$
1 estrela	1,41
2 estrelas	1,63
3 estrelas	1,85

Para modelos *frost free*,  $V_r$  e  $V_c$  são multiplicados por 1,2. Isso se deve ao fato de que esses modelos possuem tecnologia degelo e estabelece-se esse acréscimo de 20% como forma de compensação e alterando o cálculo do AV.

O fator  $f$  foi determinado considerando as temperaturas nominais dos compartimentos internos do refrigerador em relação a temperatura equivalente a ambiental, onde foi arbitrado 32°C para o Brasil. Dessa forma, o cálculo do fator  $f$  corresponde a equação a seguir.

$$f = \frac{(32 - T_c)}{(32 - T_r)}$$

Onde:

$T_c$  = Temperatura nominal de classificação (Tabela 3.2)

$T_r$  = Temperatura nominal do refrigerador, estabelecido como 5°C

Tome-se, como exemplo, um refrigerador com as seguintes características: 270 litros, congelador de 1 estrela com 30 litros. Após ensaio em laboratório acreditado pelo Inmetro, verifica-se que seu consumo é de 25 kWh/mês. Executando os cálculos descritos no Regulamento, chega-se aos seguintes valores: Volume ajustado igual a 312 litros, consumo padrão de 30 kWh/mês e Índice de Eficiência Energética de 0,849. Este valor será utilizado para classificação da eficiência do refrigerador.

Desde 1986, quando foi publicada a primeira tabela do Programa Brasileiro de Etiquetagem para refrigeradores de uma porta, a metodologia adotada no PBE passou por alterações. Não foi possível encontrar disponível, em papel ou em meio magnético, as metodologias anteriores. Porém, diante entrevistas com especialistas da área, chegou-se a conclusão que a me-

metodologia de ensaio laboratorial para determinação do consumo de energia elétrica não mudou, diferente da metodologia de classificação dos equipamentos, que passaram por alguns aperfeiçoamentos. Por exemplo: inicialmente não se considerava os cálculos do Volume Ajustado e do Índice de Eficiência Energética, que só em 1995 aparecia nas tabelas, passando ainda por revisões metodológicas mais tarde. O Consumo Padrão, que leva em consideração o volume ajustado, só veio a ser utilizado em 2003. Cabe ressaltar ainda que no início do Programa não havia a classificação quanto ao desempenho dos produtos, o que só veio acontecer em 1999.

Como esse trabalho propõe avaliar a evolução da eficiência energética, foi necessário determinar os índices de eficiência energética para os anos anteriores, ou seja, aplicar a metodologia vigente em 2009 para todos os equipamentos ensaiados anteriores a 2003. Entre 2003 e 2009 não houve alteração na metodologia de determinação dos índices para refrigeradores.

Para o estudo relatado neste documento, apenas serão considerados equipamentos com capacidade acima de 200 litros, tendo em vista que equipamentos abaixo dessa capacidade podem ser tratados como frigobar.

Este trabalho tratará dos índices de eficiência energética sem levar em consideração as diferenças de desempenho dos equipamentos quanto ao gás agente de expansão das espumas. Atualmente existem duas tabelas de classificação dos índices, uma para cada tipo de gás utilizado nas espumas. Em 2006 entraram os primeiros equipamentos com gás ciclopentano no PBE.

Outra limitação do estudo diz respeito à avaliação restrita aos modelos ensaiados no PBE. Dessa forma, os resultados aqui relatados não incorporam o desempenho daqueles equipamentos que não participavam do Programa, lembrando que por muito tempo a adesão de modelos e fabricantes era voluntária. Ou seja, a verificação da evolução da eficiência energética pode não refletir a totalidade de refrigeradores fabricados e vendidos no Brasil no período analisado. Além disso, não foi possível avaliar a participação no mercado de cada modelo disponibilizado nas tabelas do PBE, não permitindo uma inferência sobre o parque real de refrigeradores no Brasil.

Tendo em mente a mecânica de classificação e comparação da eficiência em diferentes tipos de refrigeradores, o próximo capítulo analisa o desempenho energético dos produtos co-

mercionalizados no Brasil desde 1987, permitindo avaliar como se comportou essa evolução ao longo do tempo.

## 4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERADORES

Conforme proposto, será avaliado o comportamento e a evolução da eficiência energética em refrigeradores brasileiros, tendo como referência o regulamento do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. No âmbito desse trabalho, serão avaliados distintamente os modelos de Refrigeradores (1 porta), Combinados (2 portas) e Combinados Frost-Free (2 portas), com capacidade acima de 200 litros. A seção a seguir apresenta os resultados dos estudos para os refrigeradores.

### 4.1 REFRIGERADORES DE 1 PORTA

De uma maneira geral, traçando retas de regressão do Índice de Eficiência Energética (IEE), dos refrigeradores, em relação ao Volume Ajustado, considerando os últimos quatro anos, tem-se o seguinte resultado apresentado no Gráfico 4.1.

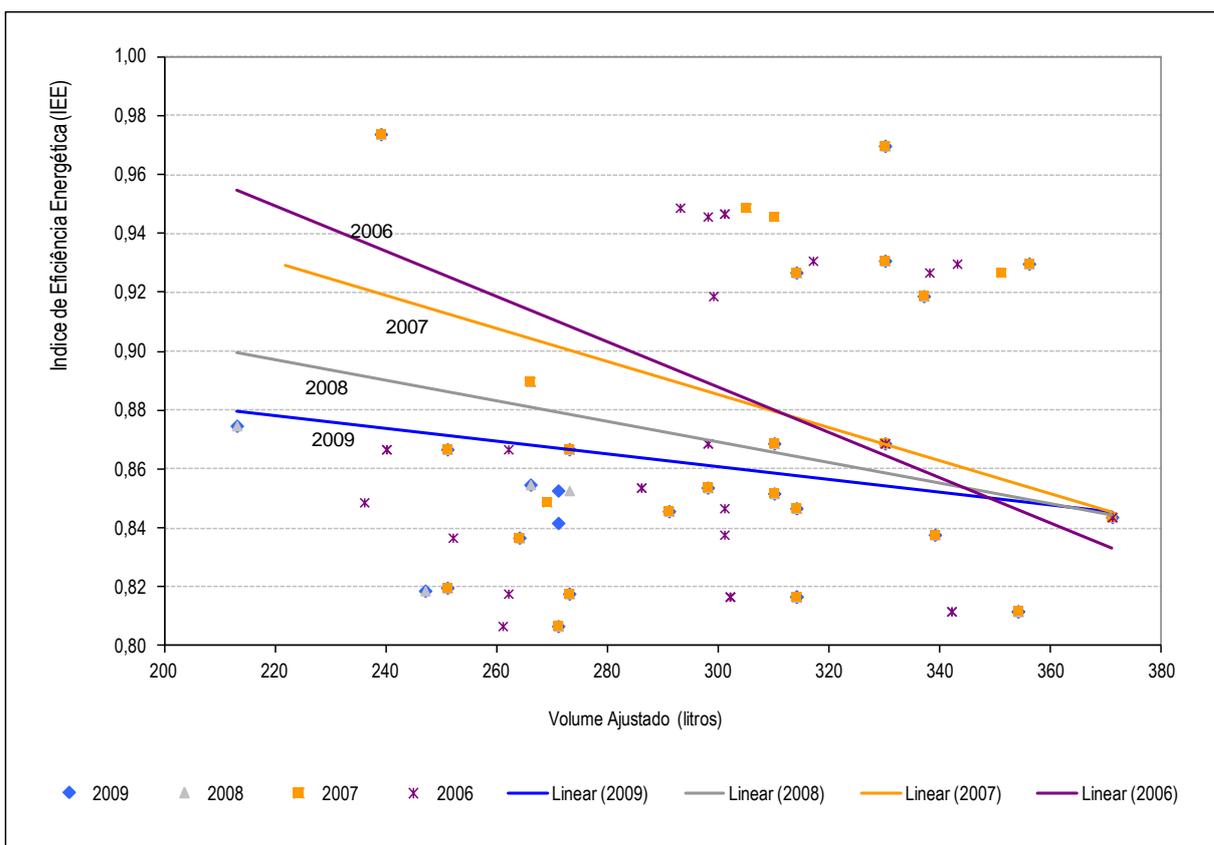


Gráfico 4.1 – Retas de regressão para os modelos de refrigeradores (IEE x AV)

Através de uma análise qualitativa, pode-se afirmar que refrigeradores disponíveis no Brasil em 2009 são mais eficientes energeticamente que aqueles fabricados em anos anterior-

res, apesar de observarmos uma dispersão significativa dos pontos no Gráfico 4.1 (cada ponto representa um refrigerador). De uma forma geral, quanto menor o IEE mais eficiente é o refrigerador. Para esse estudo, foi dada preferência aos índices dos equipamentos calculados para nível de tensão nominal em 220V e, em sua ausência, 127V.

Na maioria dos casos não há diferença no consumo medido em função do nível de tensão do refrigerador. No caso dos refrigeradores de 1 porta, o consumo de eletricidade foi exatamente o mesmo em cerca de 70% dos modelos disponíveis no PBE. Nos casos onde apresenta essa diferença, normalmente o consumo de eletricidade é menor quando o aparelho é alimentado em 220V. Nesses casos, a diferença média no consumo girou em torno de 4%.

Como já foi relatado, a metodologia descrita na seção anterior é válida para equipamentos ensaiados a partir de 2003. Como o objetivo deste trabalho é avaliar a evolução da eficiência energética desde o início do PBE, foi necessário realizar o cálculo dos parâmetros descritos na metodologia para os modelos presentes nas tabelas do PBE anteriores a esse ano. Dessa forma, será possível estabelecer o Índice de Eficiência Energética de cada modelo de refrigerador para cada ano.

A seguir, é apresentado o Gráfico 4.2 que representa a média do Índice de Eficiência Energética, para os modelos participantes do PBE, de refrigeradores de 1 porta desde 1987.

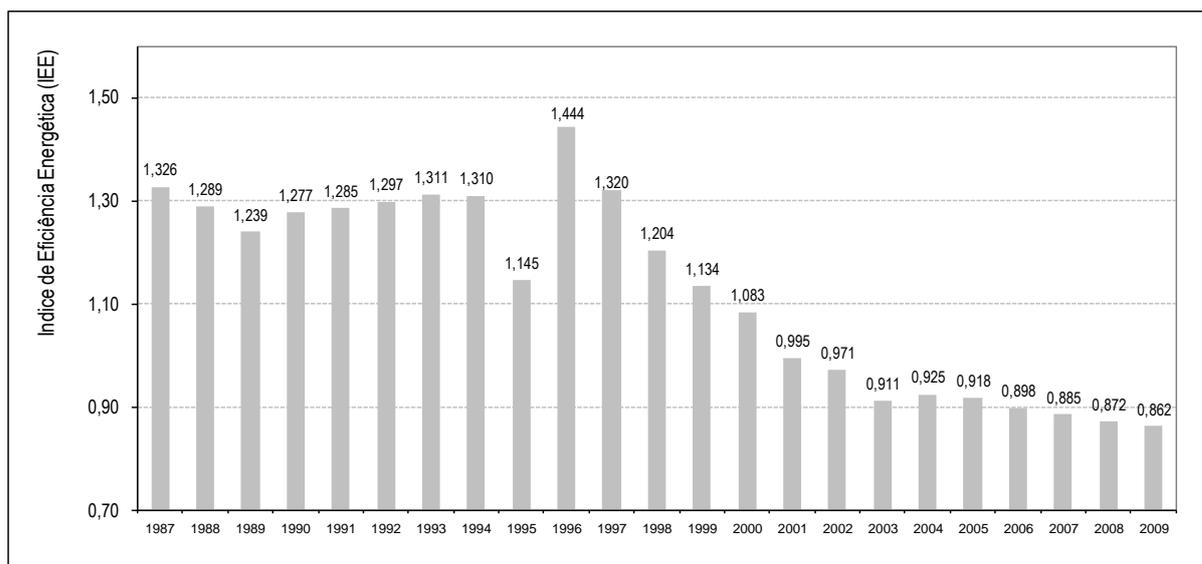


Gráfico 4.2 – Evolução da eficiência energética em refrigeradores

A média do IEE dos modelos disponibilizados no mercado pelos fabricantes em 2009 é cerca de 35% mais eficiente que aqueles no início do Programa de etiquetagem. Cabem as seguintes observações:

- (1) Alguns refrigeradores que participaram do PBE em 1994 foram substituídos por outros modelos mais eficientes, causando o afundamento da média em 1995.
- (2) Em 1996, dois modelos apresentaram o consumo de energia elétrica 42% superior a média dos demais. Como não se sabe a participação desses modelos no mercado de vendas, decidiu-se considerá-los no cálculo da média. A Tabela 4.1 apresenta o desvio padrão em cada ano, comprovando a disparidade para esse ano específico, apesar de não ser o maior do período avaliado. O desvio padrão é uma medida do grau de dispersão dos valores em relação ao valor médio.
- (3) Não foi possível ter acesso à tabela do PBE de refrigeradores para 1997. Para esse ano, foi considerada a média do ano anterior e subsequente.

O valor médio esperado do IEE para 2001, como visto na seção anterior desse documento, era de 1 unidade. Após os cálculos verifica-se um valor bem próximo disso: 0,995. Somente lembrando, a linha de base da metodologia utilizada foi traçada para aquele ano, portando uma leitura da eficiência energética em 2009 poderia ser a seguinte: Os equipamentos disponíveis no PBE em 2009 são 13,1% mais eficientes que aqueles em 2001. Por outro lado, em 1987 os refrigeradores eram 32,6% menos eficientes daqueles produzidos em 2001.

No que diz respeito à dispersão dos dados, verifica-se que após um período inicial de relativa estabilidade, o desvio padrão sofreu uma elevação e chegou ao seu maior valor em 1997 (0,298). Podemos observar que a dispersão começa a reduzir a partir de 1999, chegando em 2009 a 0,094.

Tabela 4.1 – Média e Desvio padrão do IEE em Refrigeradores

Ano	Média do IEE	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Quantidade de modelos
1987	1,326	0,148	0,111	10
1988	1,289	0,103	0,079	13
1989	1,239	0,137	0,110	16
1990	1,277	0,162	0,126	14
1991	1,285	0,159	0,123	15
1992	1,297	0,211	0,162	12
1993	1,311	0,218	0,166	11
1994	1,310	0,218	0,166	11
1995	1,150	0,206	0,179	9
1996	1,444	0,256	0,177	13
1997	1,319	0,298	0,225	13
1998	1,204	0,298	0,247	13
1999	1,134	0,250	0,220	15
2000	1,083	0,186	0,171	22
2001	0,995	0,105	0,105	28
2002	0,971	0,104	0,107	30
2003	0,911	0,096	0,105	27
2004	0,925	0,104	0,112	37
2005	0,918	0,094	0,102	46
2006	0,898	0,091	0,101	34
2007	0,885	0,077	0,087	36
2008	0,872	0,094	0,107	34
2009	0,869	0,094	0,108	34

O Gráfico 4.3 permite visualizar essa dispersão entre os modelos em cada ano e apresenta uma visão gráfica detalhada quanto aos modelos participantes do PBE, neste caso o índice de eficiência energética de cada unidade. O gráfico apresenta ainda a média desse índice em cada ano e a reta de regressão linear, que aponta uma evolução da eficiência energética de 38,7% durante o período avaliado. A eficiência energética desses equipamentos apresentou um acréscimo médio anual de 2,2%.

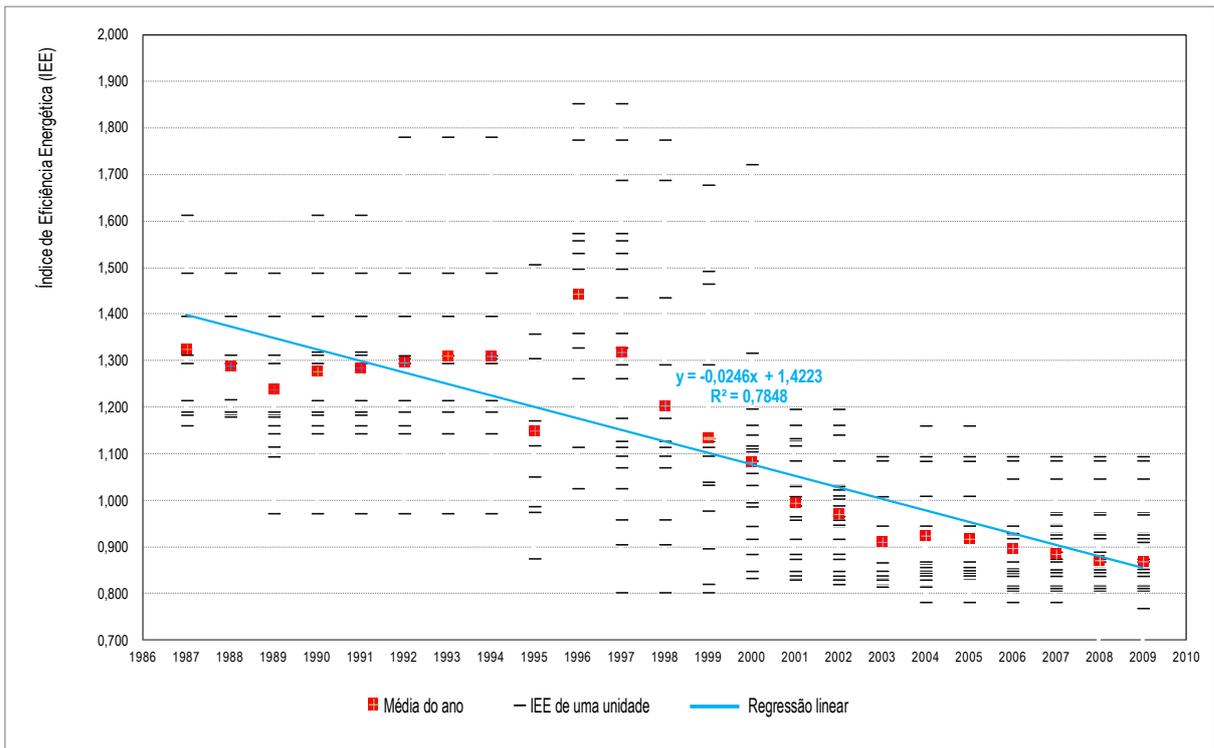


Gráfico 4.3 – Média do IEE, dispersão e reta de regressão (Refrigeradores)

Os primeiros Refrigeradores com Selo Procel de Economia de Energia foram comercializados em 1999. O Gráfico 4.4 apresenta a média dos modelos participante do PBE a partir desse ano, destacando a média dos IEEs de todos os participantes no Programa e àqueles mais eficientes, que receberam o Selo Procel.

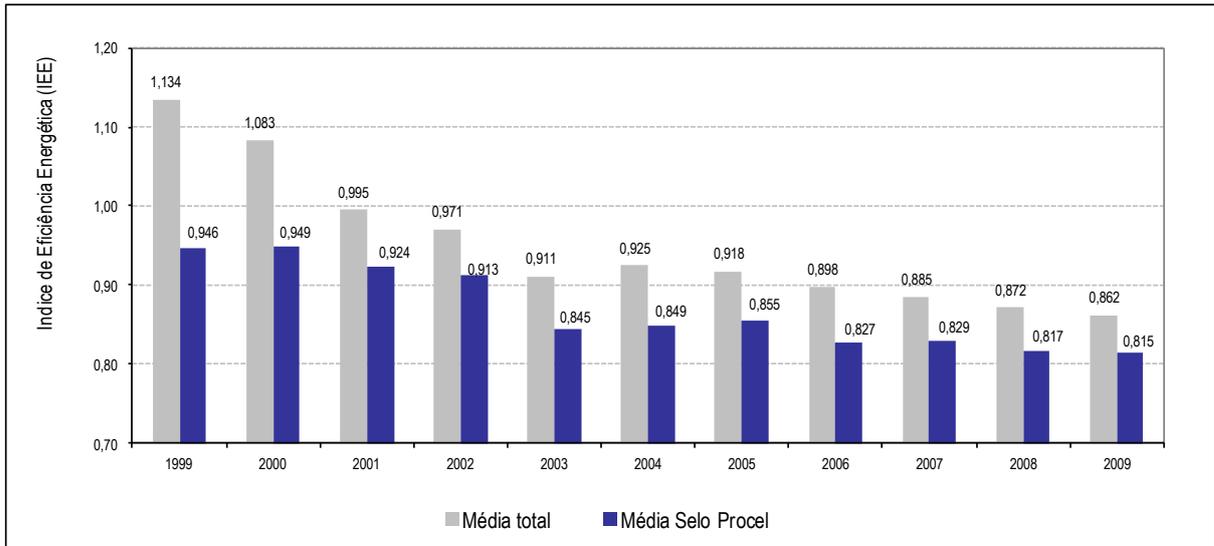


Gráfico 4.4 – Evolução da eficiência energética em Refrigeradores a partir de 1999

Nesse caso, a evolução média da eficiência relativa ao PBE e ao Selo Procel são, respectivamente, 24% e 14%, durante o período avaliado.

A Tabela 4.2 retrata a quantidade de modelos de Refrigeradores considerados a cada ano, sem duplicar a contagem em relação à tensão nominal (127V ou 220V) de utilização do equipamento e apresenta o percentual de equipamentos na classe “A” de eficiência energética, a partir de 1999. Como já relatado, somente equipamentos com capacidade acima de 200 litros foram considerados no estudo.

Tabela 4.2 – Participação de equipamentos na classe “A” no PBE (Refrigeradores)

Ano	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
“A” no PBE (%)	33	45	46	63	63	59	63	44	50	56	59
Modelos no PBE	15	22	28	30	27	37	46	34	36	34	34

Nota-se que em 2006 novos índices de eficiência energética foram estabelecidos, mais rigorosos que os anteriores, fazendo a participação de modelos classificados como “A” reduzir de 63% para 44%. Esse movimento é importante tendo em vista a necessidade de manter o Selo Procel como um diferencial, inclusive adotando-se critérios adicionais para a sua concessão, como, por exemplo, o consumo de outros insumos como a água, no caso de máquinas

de lavar roupas, e utilização de gás não prejudicial à camada de ozônio, neste caso em geladeiras, este em processo de análise na Eletrobras Procel.

O Gráfico 4.5 apresenta a quantidade de marcas e modelos presentes no Programa Brasileiro de Etiquetagem, entre 1987 e 2009.

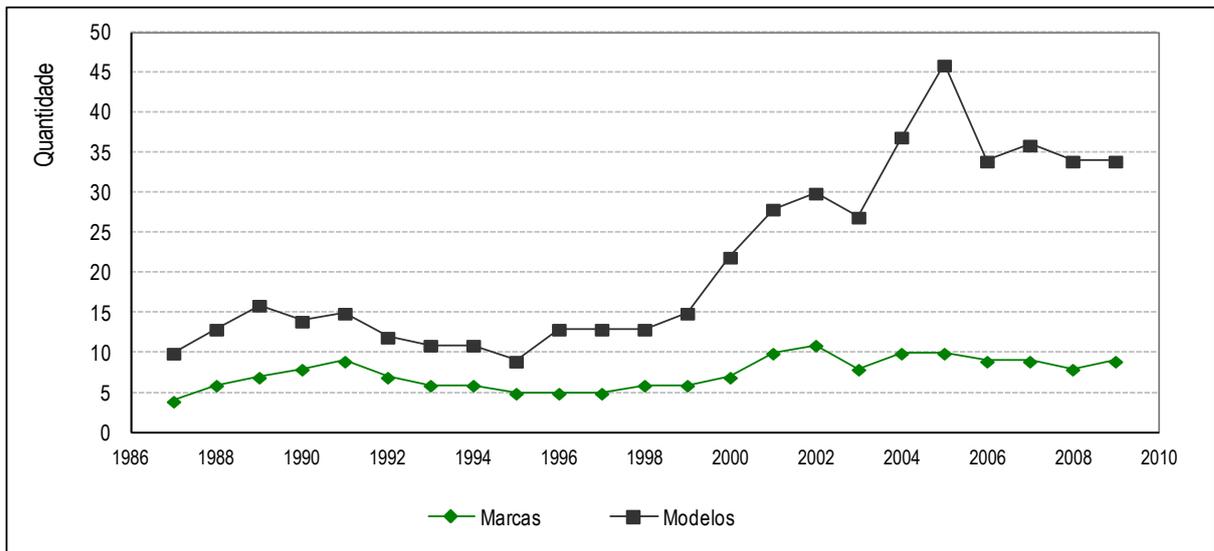


Gráfico 4.5 – Quantidade de marcas e modelos no PBE (Refrigeradores)

Outra análise importante é mostrada no Gráfico 4.6, onde são apresentadas três linhas de regressão e seus respectivos erros ( $R^2$ ), a saber:

- (1) A primeira, traçada a partir dos equipamentos menos eficientes em cada ano, levando em consideração o Índice de Eficiência Energética, que é representada na parte superior no gráfico.
- (2) Na parte central do gráfico, a linha de regressão traçada a partir da média dos Índices de Eficiência Energética dos equipamentos em cada ano.
- (3) A terceira é traçada a partir dos equipamentos mais eficientes em cada ano, na parte inferior do gráfico.

As curvas de tendências para a média e para os mais eficientes, no que diz respeito ao IEE, apresentam um valor de  $R^2$  com certa confiabilidade, 0,7849 e 0,8166 respectivamente. Quanto à curva de tendência do IEE dos Refrigeradores menos eficientes, podemos verificar uma dispersão maior que as anteriores, causando uma diminuição do  $R^2$ , passando para 0,5197.

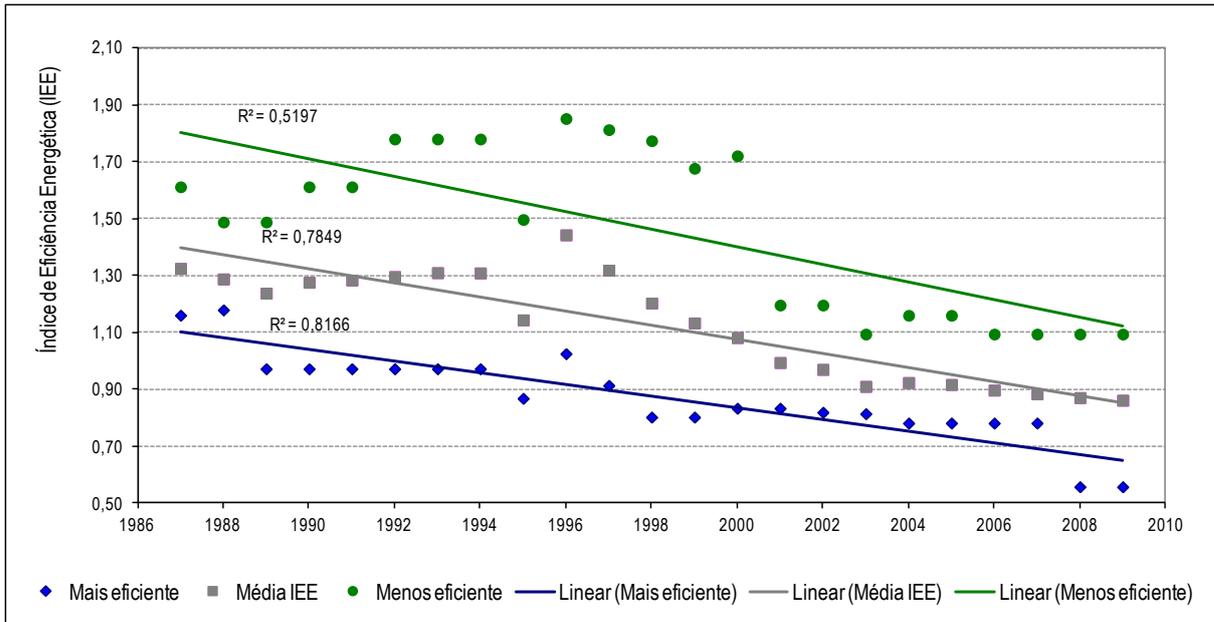


Gráfico 4.6 – Evolução do IEE em Refrigeradores: média, mais e menos eficientes

Levando em consideração os equipamentos mais eficientes, pelo critério do IEE, entre 1987 e 2009 houve uma melhora de quase 52%, passando de 1,161 para 0,558. Quanto aos menos eficientes, verifica-se um aprimoramento de 32%, de 1,613 para 1,095, enquanto que a média apresentou uma evolução de 35%, saindo de 1,326 em 1987 para 0,869 em 2009, conforme já relatado anteriormente e apresentado na Tabela 4.3 a seguir.

Tabela 4.3 – Evolução do IEE em Refrigeradores: média, mais e menos eficientes

Ano	Índice de Eficiência Energética (IEE)		
	Mais eficiente	A média	Menos eficiente
1987	1,161	1,326	1,613
2009	0,558	0,862	1,095

Outra avaliação interessante diz respeito à diferença entre equipamentos com e sem Selo Procel, no que tange à eficiência energética. O Gráfico 4.7 apresenta essas informações incluindo a média do IEE de todos Refrigeradores a partir de 1999. Em 2009 a diferença de eficiência energética entre Refrigeradores com e sem Selo Procel era de 14%. Dez anos antes essa distância era maior, 23%.

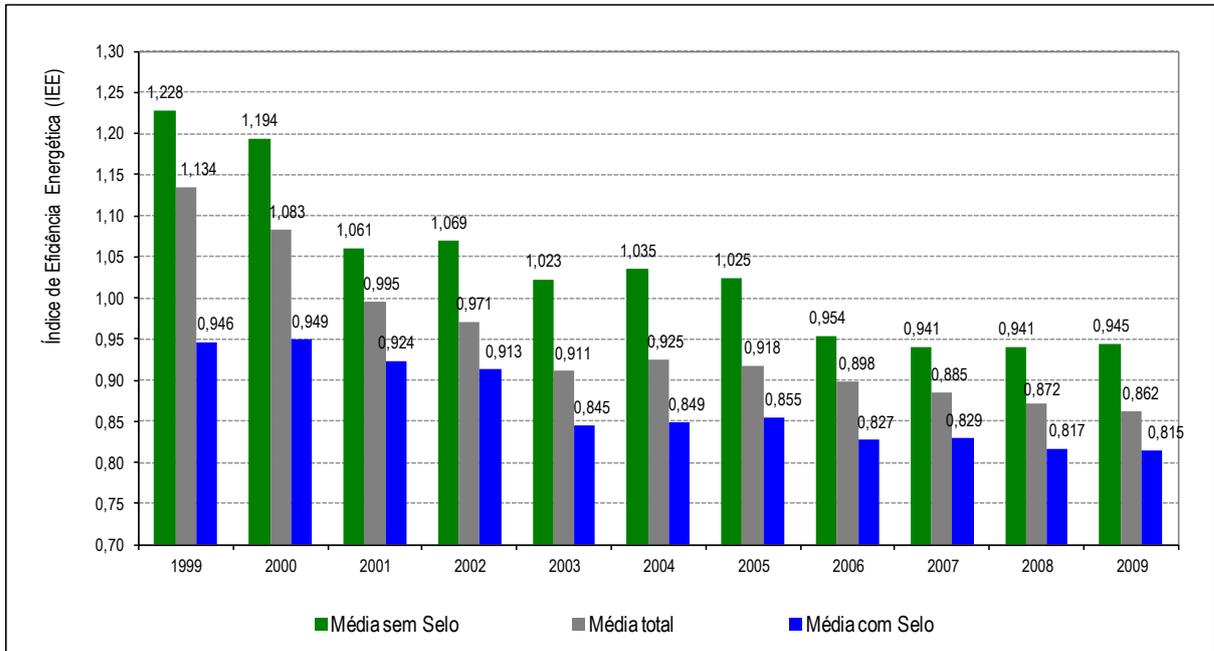


Gráfico 4.7 – Médias do IEE: total, com e sem Selo Procel (Refrigeradores)

O Gráfico 4.8 apresenta a evolução do que diz respeito à classificação dos modelos de Refrigeradores nas faixas de consumo do PBE. A participação de equipamentos na classificação máxima do PBE saiu de 33,3% em 1999 para 58,8% em 2009. Apesar de quase dobrar a quantidade de refrigeradores no topo da ENCE, percebe-se certa diferenciação quanto aos mais eficientes e os demais classificados nas faixas “B”, “C”, “D” e “E”.

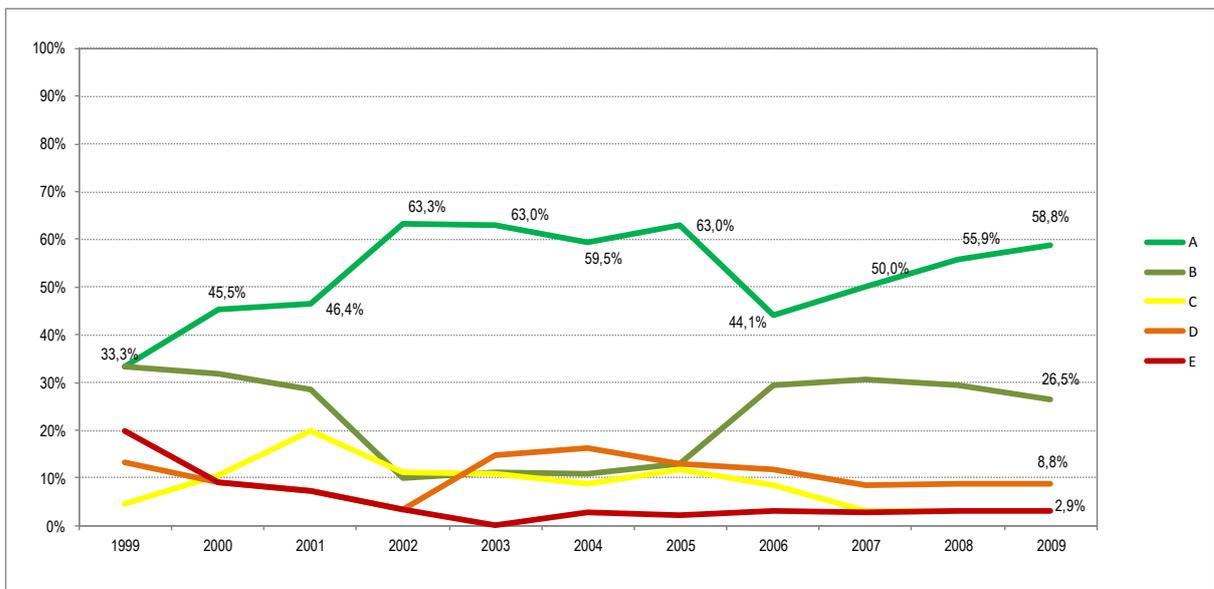


Gráfico 4.8 – Participação dos refrigeradores em faixas de classificação do PBE

Na seção seguinte serão feitas análises quanto aos refrigeradores denominados Combinados, que possuem duas portas, mas não dispõem da tecnologia *frost free*.

## 4.2. COMBINADOS

Mais uma vez, traçando retas de regressão do Índice de Eficiência Energética (IEE), dos aparelhos tipo Combinado (2 portas), em relação ao Volume Ajustado, considerando nesse primeiro momento os últimos quatro anos, verificamos o resultado apresentado no Gráfico 4.9:

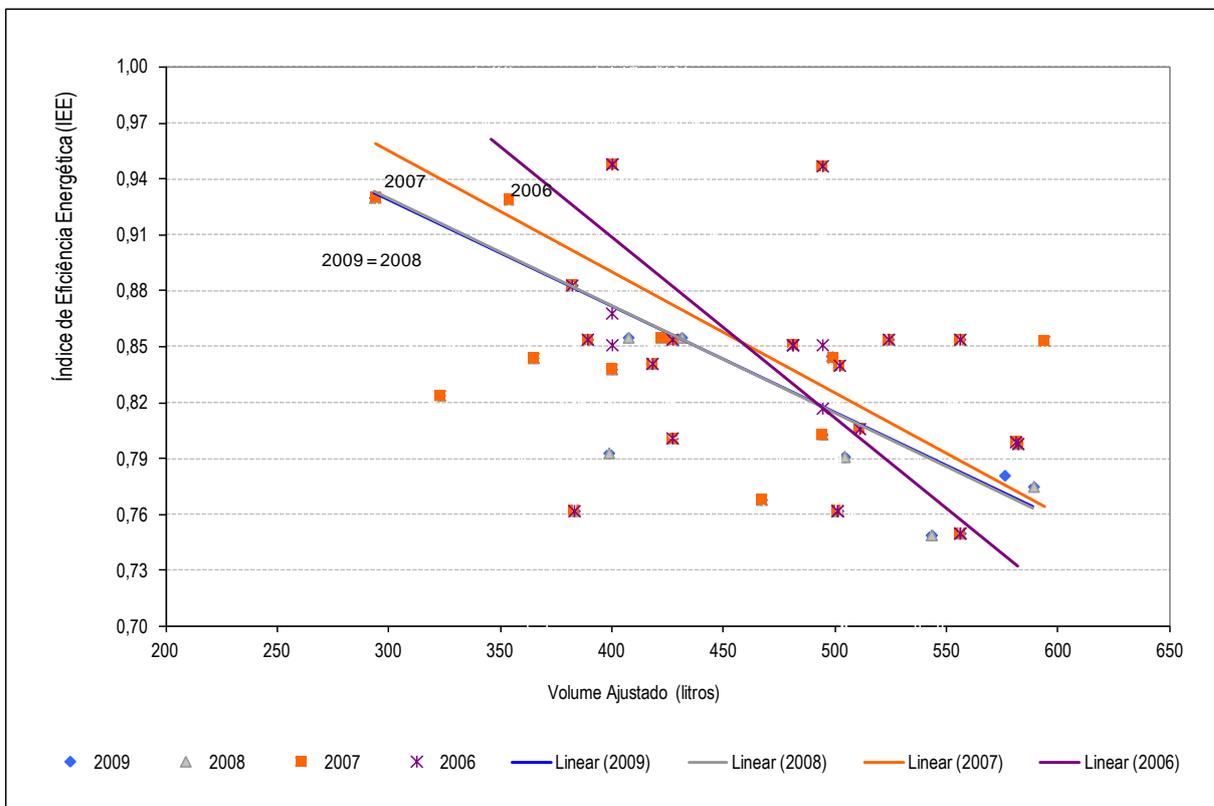


Gráfico 4.9 – Retas de regressão em Combinados (IEE x AV)

Como no caso anterior, realizando uma análise qualitativa, pode-se perceber que os Combinados fabricados e participantes do PBE em 2009 e 2008 são mais eficientes energeticamente que aqueles disponibilizados em anos anteriores. Os pontos foram traçados utilizando-se os índices de eficiência energética calculados para nível de tensão nominal em 220V e, em sua ausência, 127V. Diferente do que ocorreu aos Refrigeradores, neste caso não se verifi-

ca ganhos em 2008 e 2009, onde praticamente as retas de regressão do IEE desses anos coincidiu.

A seguir, é apresentado o Gráfico 4.10 que representa a média do Índice de Eficiência Energética, para os modelos participantes do PBE, dos equipamentos tipo Combinado desde 1999. Vale observar que os aparelhos Combinados começaram a participar do Programa de etiquetagem somente nesse ano.

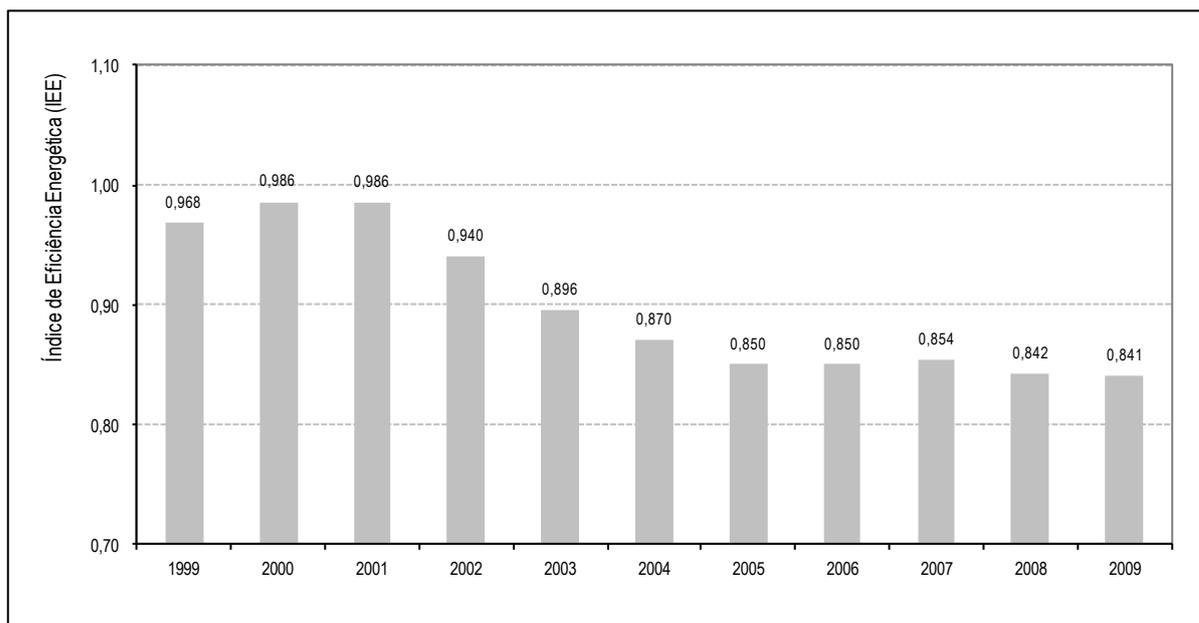


Gráfico 4.10 – Evolução da eficiência energética em Combinados

A média do IEE dos modelos disponibilizados pelos fabricantes em 2009 é cerca de 13% mais eficiente que aqueles no início do Programa de etiquetagem, dez anos antes. Tendo como referência o ano 2001, os Combinados fabricados em 2009 são 16% mais eficientes. A Tabela 4.4 apresenta a média do IEE para cada ano, assim como seus desvios padrão e a quantidade de modelos participantes do PBE em cada ano. Em termos gerais, o desvio padrão para Combinados apresenta uma dispersão menor quando comparado aos Refrigeradores.

Tabela 4.4 – Média e Desvio padrão do IEE em Combinados

Ano	Média do IEE	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Quantidade de modelos
1999	0,968	0,078	0,080	07
2000	0,989	0,067	0,067	12
2001	0,985	0,078	0,079	16
2002	0,940	0,066	0,070	26
2003	0,890	0,077	0,0865	28
2004	0,896	0,087	0,097	32
2005	0,870	0,096	0,110	41
2006	0,850	0,125	0,147	37
2007	0,854	0,098	0,114	37
2008	0,842	0,086	0,102	34
2009	0,841	0,085	0,101	35

Como pode ser verificado na Tabela 4.4, o IEE médio calculado para 2001 chegou a 0,985, como no caso de Refrigeradores, um pouco abaixo do valor médio esperado (1 unidade). Pelo apresentado, os Combinados disponibilizados em 2009 apresentam uma eficiência superior em 15,9%, quando comparados aos de 2001 (*baseline* da metodologia).

Quanto à dispersão dos cálculos do IEE, não observamos grandes variações. Apesar de um pequeno pico em 2006 (0,125), o desvio padrão variou entre 0,06 e 0,09 na maior parte dos anos avaliados.

O Gráfico 4.11 permite visualizar essa dispersão entre os modelos em cada ano e apresenta uma visão gráfica detalhada quanto aos modelos participantes do PBE, neste caso o índice de eficiência energética de cada unidade. O gráfico apresenta ainda a média desse índice em cada ano e uma reta de regressão linear com o  $R^2$  atingindo 0,8858. Pela avaliação da evolução da eficiência, levando em consideração a reta de regressão, o IEE atinge em 2009 uma melhora de 16,8% no período avaliado, ou ainda a um decréscimo anual de 1,8%.

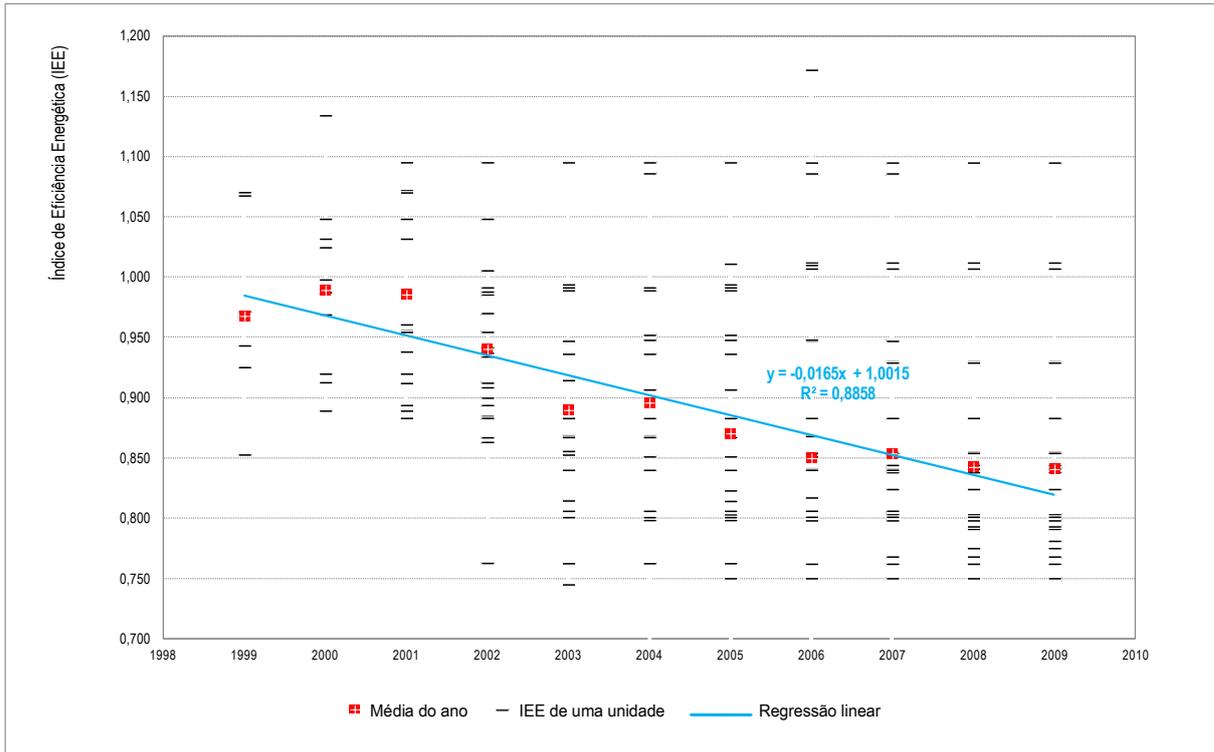


Gráfico 4.11 – Média do IEE e reta de regressão (Combinados)

O Gráfico 4.12 apresenta a média dos IEEs dos modelos de Combinados participantes do PBE a partir de 1999, incluindo a média daqueles que receberam o Selo Procel. Nesse caso, a evolução da eficiência relativa a média de todos equipamentos participantes do PBE e a média do Selo Procel são, respectivamente, 13% e 15%, durante o período avaliado. A pouca diferença entre as médias nos dois primeiros anos de análise pode ser explicada pela forte presença de equipamentos no topo do ranking, ou seja, uma forte concentração de equipamentos classificados em “A” e “B”.

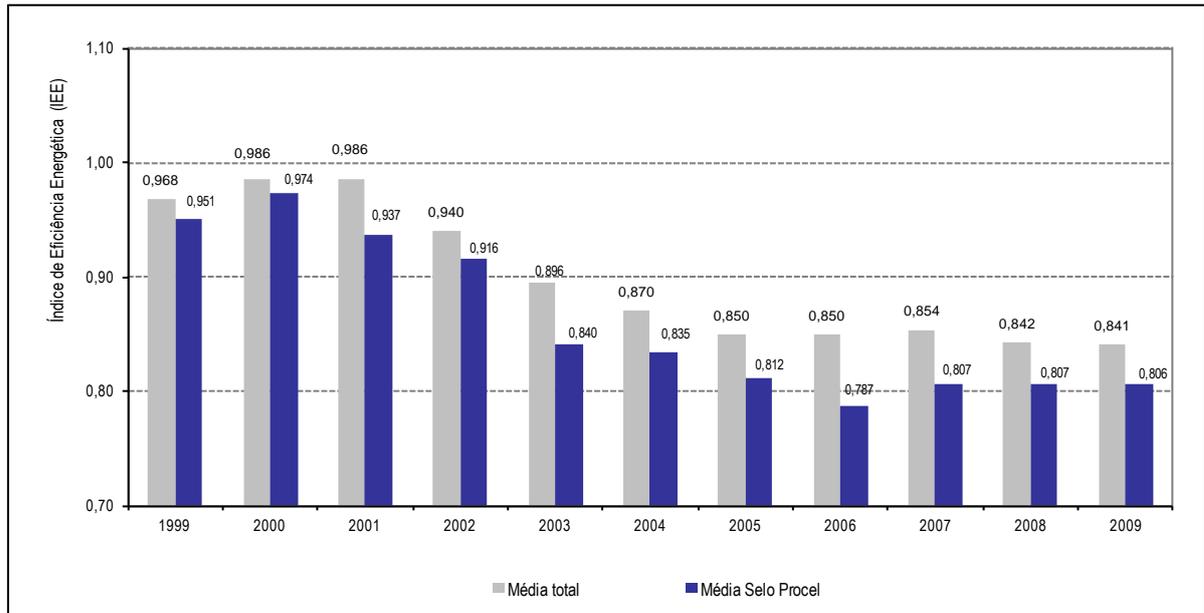


Gráfico 4.12 – Evolução da eficiência energética em Combinados, incluindo Selo Procel

A Tabela 4.5 apresenta a quantidade de modelos de Combinados considerados a cada ano, sem duplicar a contagem em relação à tensão nominal (127V ou 220V) do equipamento, e o percentual de equipamentos na classe “A” de eficiência energética, a partir de 1999.

Tabela 4.5 – Participação de Combinados com índice “A” no PBE

Ano	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
“A” no PBE (%)	85,7	83,3	56,3	73,1	60,7	53,1	61,0	70,3	75,7	79,4	80,0
Modelos no PBE	7	12	16	26	28	32	41	37	37	34	35

Nota-se a participação de Combinados classificados como “A” crescente a partir de 2005, culminando numa participação bastante significativa de Combinados classificados no topo da etiqueta em 2009. Isso é positivo por apresentar uma evolução de eficiência dos equipamentos fabricados, por outro lado pode provocar dificuldade de compreensão nos consumidores, uma vez que a maioria dos equipamentos encontra-se nessa classificação.

O Gráfico 4.13 apresenta as curvas de regressão para as médias dos IEEs, incluindo os mais eficientes e menos eficientes, no que diz respeito ao IEE. A curva de tendência para as médias do IEE apresenta um valor de  $R^2$  com certa confiabilidade, 0,852, além de apontar

para uma eficiência crescente. Para os aparelhos mais eficientes, o  $R^2$  ficou em 0,4576 enquanto aos menos eficientes o valor do IEE pouco variou com o passar dos anos.

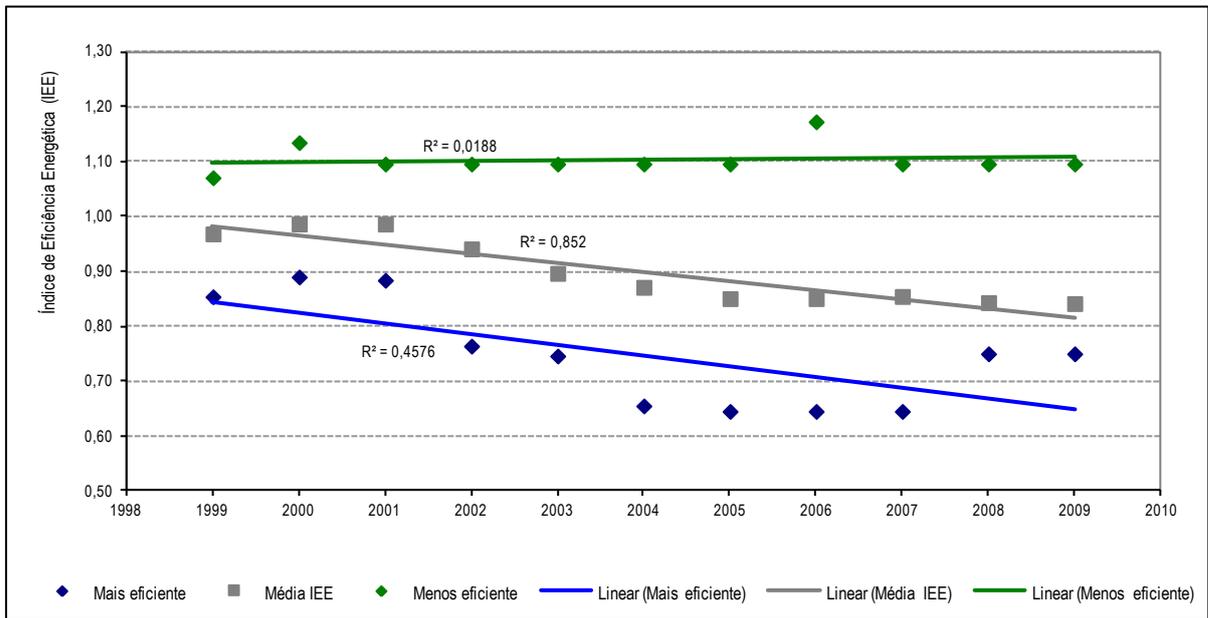


Gráfico 4.13 – Evolução do IEE: média, mais e menos eficientes (Combinados)

Levando em consideração os equipamentos mais eficientes, pelo critério do IEE, entre 1999 e 2009 houve uma melhora de 12,2%, passando de 0,853 para 0,749. Quanto aos menos eficientes, praticamente não houve evolução no que respeito à eficiência energética, enquanto que a média apresentou uma evolução de 13,1% no período avaliado.

Quanto à diferença entre Combinados com e sem Selo Procel, no que tange à eficiência energética, o Gráfico 4.14 apresenta essas informações incluindo a média do IEE dos Combinados a partir de 1999. Neste caso, a oposito dos Refrigeradores, a distância da eficiência energética entre aqueles com e sem Selo Procel aumentou de 11%, em 1999, para 18%, em 2009.

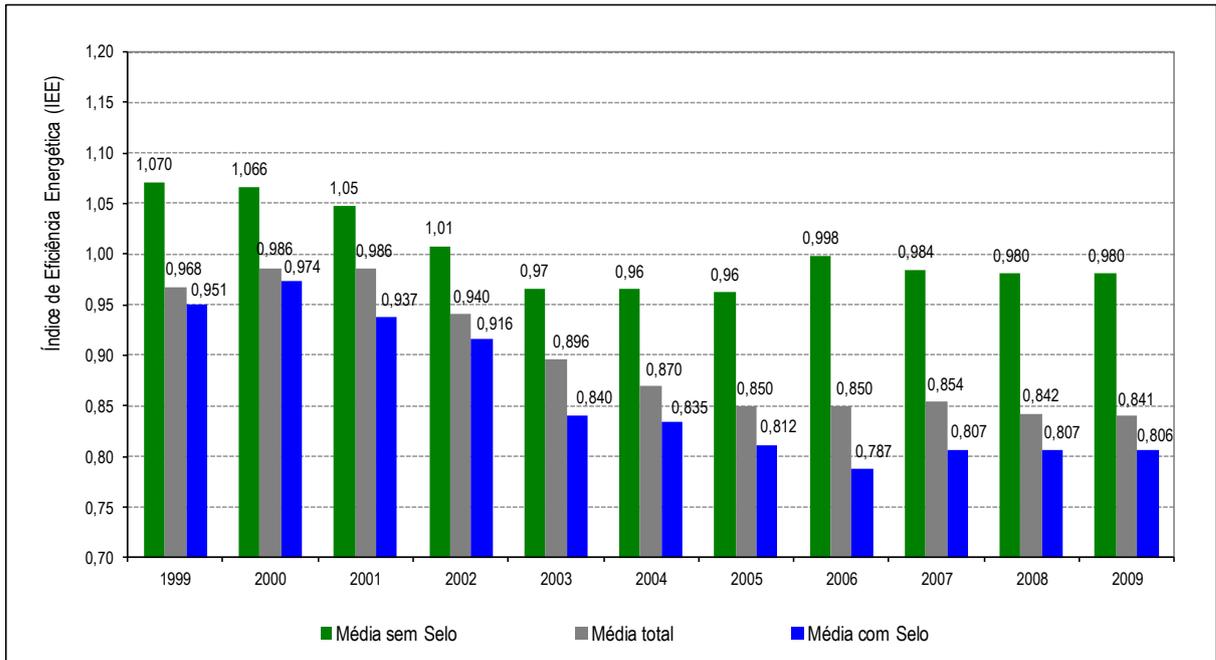


Gráfico 4.14 – Médias do IEE: total, com e sem Selo Procel (Combinados)

Os modelos de Combinados classificados na faixa “A” de consumo do PBE representam a maioria absoluta desde 1999. O Gráfico 4.15 apresenta essa evolução, que apresentou o ápice em 85,7% no início do programa, foi reduzido a 53,1%, em 2004, e chegou a 80% em 2009. Na seção seguinte essas análises serão retomadas para os modelos *frost free*.

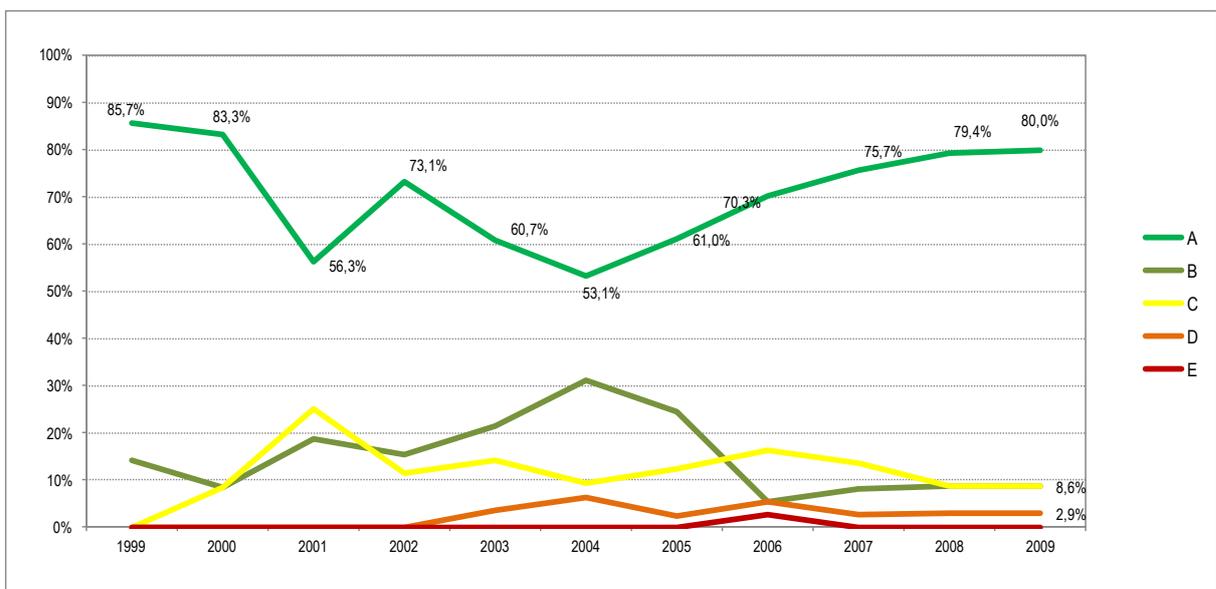


Gráfico 4.15 – Participação dos Combinados em faixas de classificação do PBE

### 4.3. COMBINADOS *FROST FREE*

Como nos casos anteriores, inicialmente foram traçadas retas de regressão do Índice de Eficiência Energética (IEE), dos refrigeradores do tipo Combinado *Frost Free* (2 portas), em relação ao Volume Ajustado, considerando, nessa primeira abordagem, apenas o período entre 2006 a 2009, sendo o resultado apresentado no Gráfico 4.16.

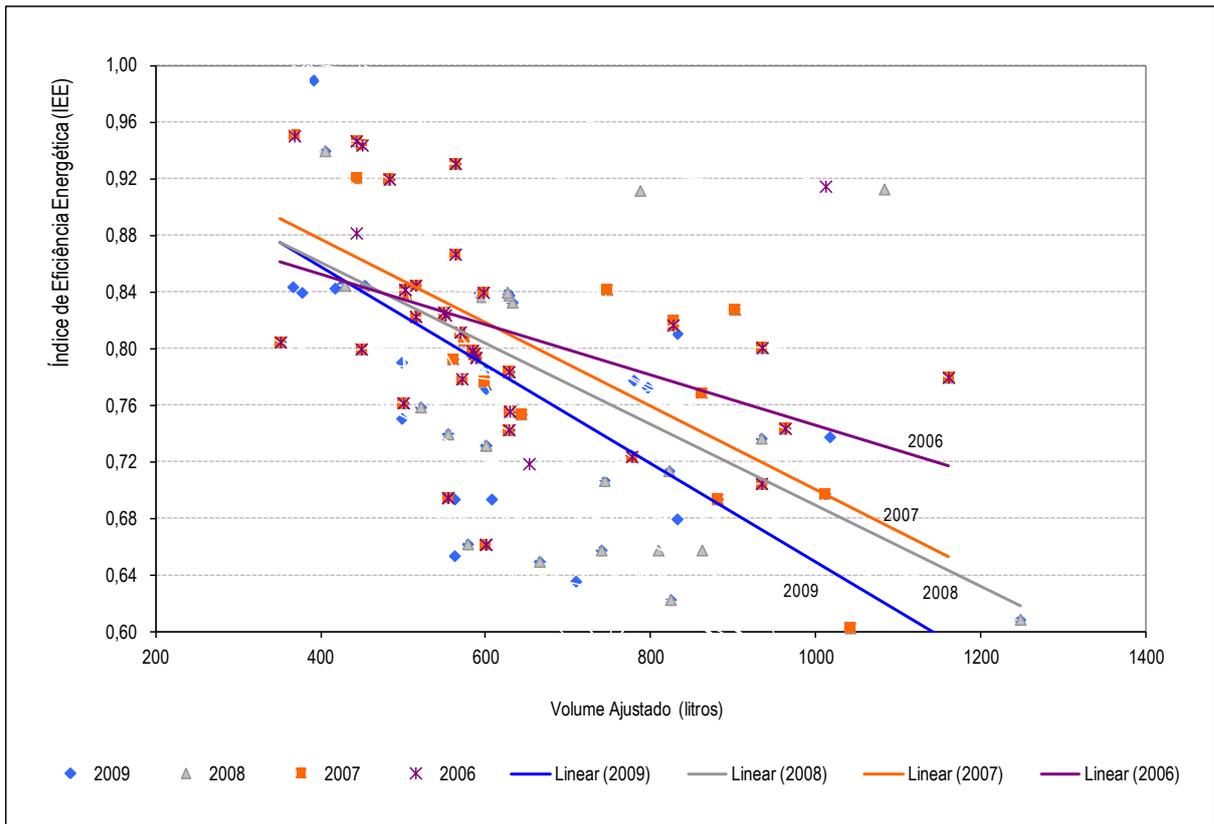


Gráfico 4.16 – Retas de regressão em Combinados *Frost Free* (IEE x AV)

A primeira percepção, quando se observa o gráfico anterior, é tocante aos volumes ajustados, muito superiores aos casos anteriores dos refrigeradores e combinados. Isso certamente afeta o consumo de energia elétrica do equipamento onde o compressor precisará “trabalhar” mais para refrigerar um compartimento maior. Além disso, o próprio sistema que não permite a formação de gelo no interior do congelador é alimentado por energia elétrica, onde normalmente há uma resistência elétrica nas serpentinas do evaporador. Esse vapor d’água é levado a um recipiente acima do compressor, onde então se evapora.

Realizando novamente uma análise qualitativa, observa-se que os Combinados *Frost Free* fabricados nos últimos anos são ligeiramente mais eficientes energeticamente que aque-

les disponibilizados em anos anteriores. Os pontos foram traçados utilizando-se os índices dos refrigeradores Combinados *Frost Free* calculados para nível de tensão nominal em 220V e, em sua ausência, 127V.

A seguir, é apresentado o Gráfico 4.17 que representa a média do Índice de Eficiência Energética, para os modelos participantes do PBE desde 1999.

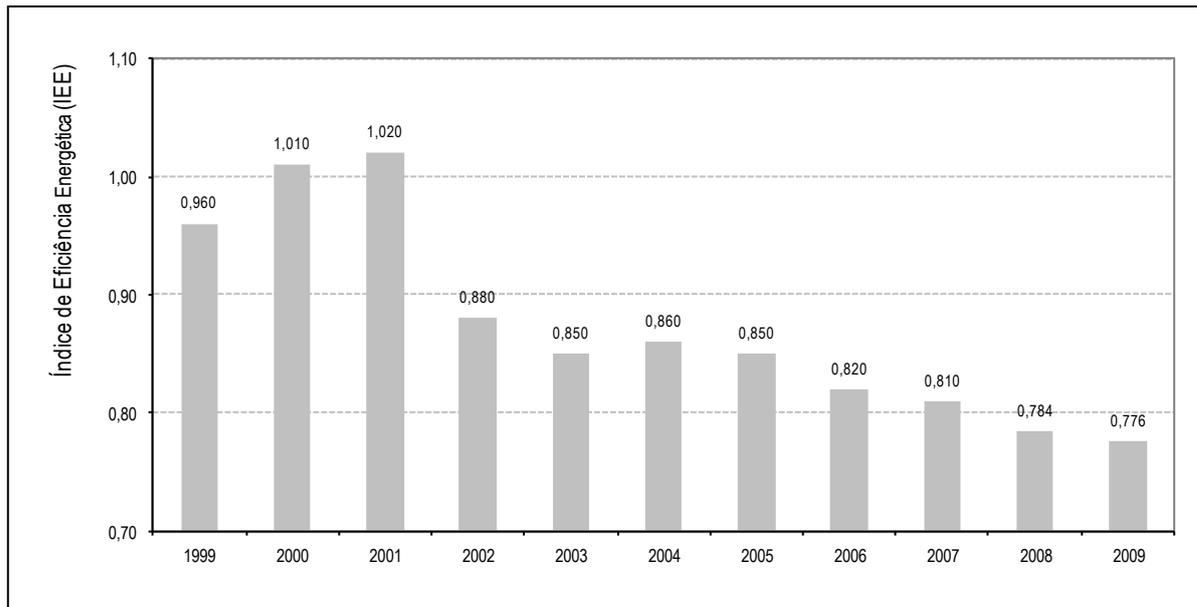


Gráfico 4.17 - Índice de Eficiência Energética dos modelos *Frost Free*

A média do IEE dos modelos disponibilizados no mercado em 2009 é cerca de 19% mais eficiente que aqueles no início do programa de etiquetagem em Combinados *Frost Free*, dez anos antes. Um fato importante ocorreu em 2002, quando observamos uma melhora expressiva dos índices dos modelos desses refrigeradores, aprimorando o IEE médio em quase 14% de um ano para outro. A partir de 2002 o índice médio segue uma trajetória descendente, chegando em 2009 a 0,776, podendo ser traduzido como: a média do IEE dos refrigeradores do tipo Combinado *Frost Free* comercializados no Brasil em 2009 são 22% mais eficientes que aqueles disponíveis em 2001.

A Tabela 4.6 apresenta a média do IEE para cada ano, assim como seus desvios padrão e a quantidade de modelos participantes do PBE em cada ano, a partir de 1999. Vale observar o incremento importante da quantidade de modelos disponíveis no mercado, principalmente a partir de 2007. Apesar da predominância de aparelhos de uma porta no parque de refrigeradores no Brasil, cerca de 70% (AC Nielsen, 2005), pela quantidade de modelos *Frost*

*Free* ofertados pelos fabricantes, atingindo em 2009 a quantidade de 80 modelos distintos contra 35 e 34 de modelos Combinados e Refrigeradores no mesmo ano respectivamente, pode-se concluir que as vendas da opção com degelo automático ganhou envergadura no país a partir de 2008.

Tabela 4.6 – Média e desvio padrão do IEE e quantidade de modelos *Frost Free*

Ano	Média do IEE	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Quantidade de modelos
1999	0,960	0,115	0,120	8
2000	1,010	0,065	0,064	12
2001	1,020	0,157	0,154	18
2002	0,880	0,129	0,147	24
2003	0,850	0,111	0,131	33
2004	0,860	0,096	0,112	38
2005	0,850	0,104	0,122	37
2006	0,820	0,089	0,109	39
2007	0,810	0,094	0,116	50
2008	0,784	0,100	0,128	71
2009	0,776	0,095	0,122	80

Como pode ser verificado na Tabela 4.6, o IEE médio calculado para 2001 (*baseline* da metodologia) chegou a 1,020, um pouco acima do valor médio esperado (1 unidade). Quanto à dispersão dos cálculos do IEE, alguns picos foram identificados, como em 2001 (0,157) e 2002 (0,129).

O Gráfico 4.18 permite visualizar essa dispersão entre os modelos em cada ano e apresenta uma visão gráfica detalhada quanto aos modelos participantes do PBE, neste caso o índice de eficiência energética de cada unidade. O gráfico apresenta ainda a média desse índice em cada ano e uma reta de regressão linear, com o  $R^2$  de 0,8217. Durante o período de 1999 a 2009, a reta de regressão indica uma evolução de 23,6% na eficiência desses modelos. Além

disso, os modelos de refrigeradores *frost free* apresentaram uma evolução de 2,88% ao ano, ao que diz respeito a esse índice.

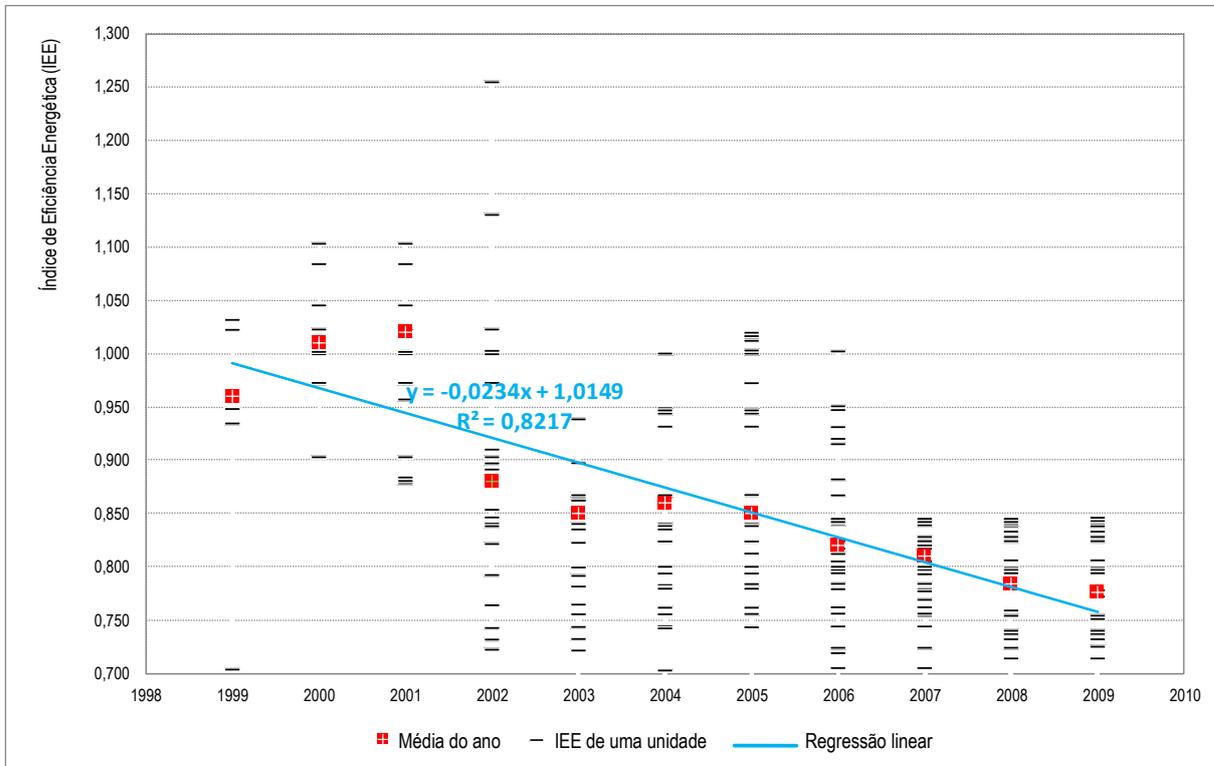


Gráfico 4.18 – Média e dispersão do IEE e reta de regressão (Combinados)

O Gráfico 4.19 apresenta novamente a média dos IEEs dos modelos de Combinados *Frost Free* participantes do PBE a partir de 1999, incluindo a média daqueles que receberam o Selo Procel, ou seja, os mais eficientes. Em 2009, a média da eficiência dos aparelhos que receberam o Selo Procel foi de 21,5% superior à média daqueles classificados nas outras faixas de classificação.

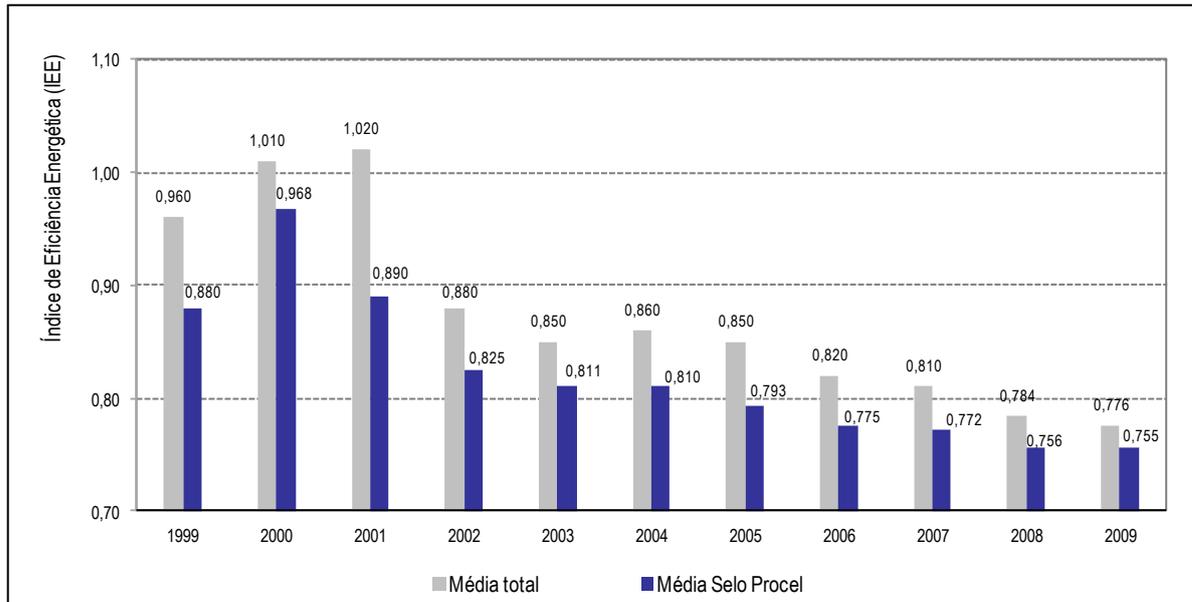


Gráfico 4.19 – Evolução do IEE em Combinados *Frost Free*, incluindo Selo Procel

A Tabela 4.7 apresenta a quantidade de modelos de Combinados *Frost Free* considerados a cada ano, sem duplicar a contagem em relação à tensão nominal (127V ou 220V) de utilização do equipamento, e o percentual de equipamentos na classe “A” de eficiência energética, a partir de 1999.

Tabela 4.7 – Participação de Combinados com índice “A” no PBE

Ano	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
“A” no PBE (%)	50,0	58,3	27,8	75,0	78,8	71,1	70,3	74,4	80,0	85,9	90,0
Modelos no PBE	8	12	18	24	33	38	37	39	50	71	80

Nota-se um crescimento acentuado de Combinados *Frost Free* classificados como “A” a partir de 2006, culminando em 90% dessa participação em 2009. Se por um lado isso é positivo por apresentar uma evolução de eficiência dos equipamentos fabricados, por outro lado pode provocar dificuldade de compreensão nos consumidores, uma vez que a maioria dos equipamentos encontra-se nessa classificação, não havendo praticamente separação entre faixas de desempenho. Uma medida interessante seria a revisão dos índices de eficiência energética para reimpulsionar a indústria a produzir equipamentos mais eficientes.

O Gráfico 4.20 apresenta as curvas de regressão linear para as médias dos IEEs, incluindo os modelos mais e menos eficientes. A curva de regressão linear para as médias do IEE apresenta um valor de  $R^2$  com certa confiabilidade, 0,8217, além de apontar para uma eficiência crescente. Para os mais eficientes, o  $R^2$  ficou em 0,5759 e aos menos eficientes, por conta da dispersão elevada em 2001, o  $R^2$  ficou em 0,2292. Levando em consideração o critério do IEE, em 2009, a média dos Combinados *Frost Free* era 19,2% mais eficiente que aqueles em 1999, passando de 0,96 para 0,78.

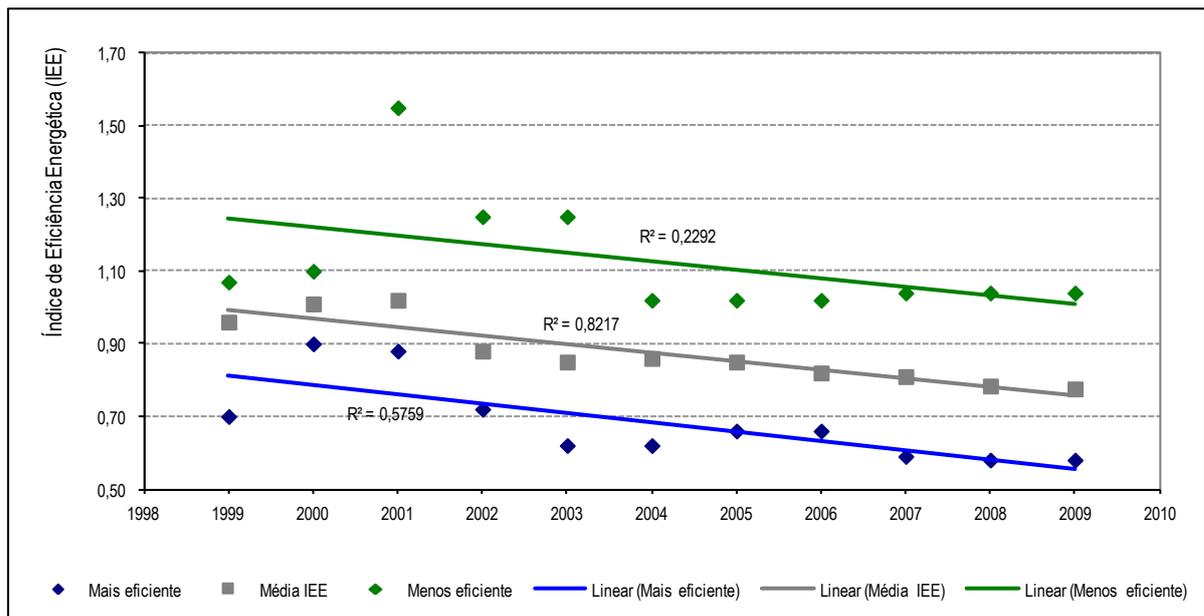


Gráfico 4.20 – Evolução do IEE: média, mais e menos eficientes (Combinados *Frost Free*)

Quanto à diferença entre Combinados *Frost Free* com e sem Selo Procel, no que tange à eficiência energética, o Gráfico 4.21 apresenta essas informações incluindo a média do IEE de todos os aparelhos a partir de 1999. Apesar de poucos modelos fora da classificação máxima, conforme será visto a seguir, a distância da eficiência energética entre aqueles com e sem Selo Procel em 2009 é de 21,5%.

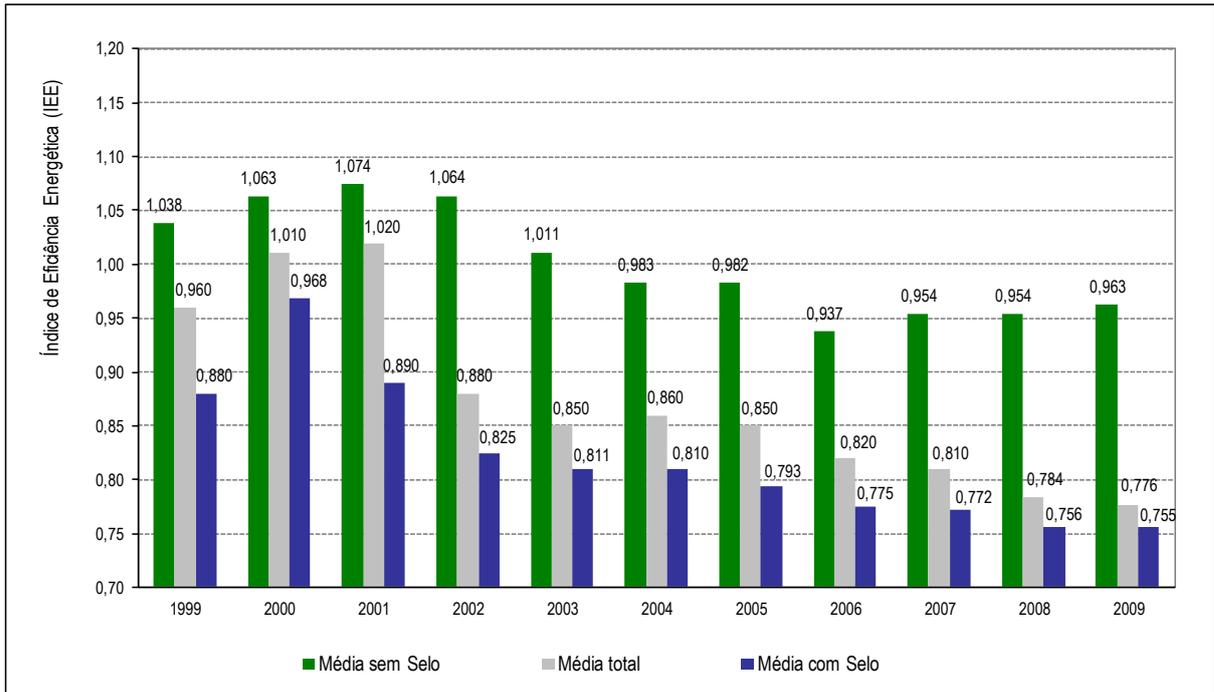


Gráfico 4.21 – Médias do IEE: total, com e sem Selo Procel (Combinados *Frost Free*)

Uma última informação relevante adicionada nessa seção, diz respeito à classificação dos modelos de Combinados *Frost Free* nas faixas de consumo do PBE. O Gráfico 4.22 apresenta essa evolução que pode ser observada a seguir. A participação de equipamentos na classificação máxima do PBE saiu de 50% em 1999 para 90% em 2009, restando apenas 10% para todas as outras faixas. Dentre os modelos estudados nesta Dissertação, o Combinado *Frost Free* apresentou o mais alto índice de participação dos modelos disponíveis do mercado na faixa “A” de eficiência energética.

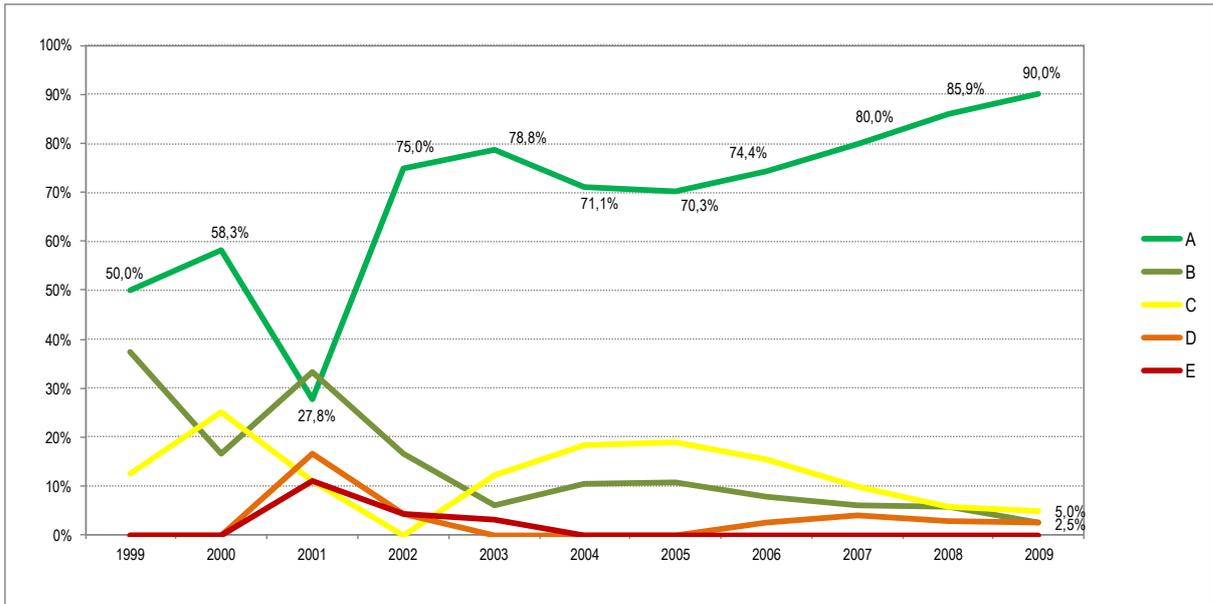


Gráfico 4.22 – Participação dos Combinados *Frost Free* em faixas de classificação do PBE

## 5. DESEMPENHO DOS REFRIGERADORES AO LONGO DO TEMPO

Essa parte da dissertação diz respeito à avaliação da degradação da eficiência energética em refrigeradores, considerando o período e as condições reais de utilização em residências sem monitoramento. O objetivo principal e específico nessa etapa é verificar o consumo de energia elétrica em refrigeradores antigos, com mais de 10 anos de fabricação que permaneceram em utilização durante esse tempo, e comparar com seus valores de consumo de energia elétrica quando novos. Dessa forma, possibilitar entender o comportamento do consumo de energia elétrica em refrigeradores ao longo do tempo.

O Gráfico 5.1 apresenta hipóteses para a questão abordada, onde a curva (a) considera que não há aumento no consumo de energia elétrica dos refrigeradores ao longo do tempo, a (b) pressupõe uma curva de crescimento do tipo logarítmico, estabilizando esse acréscimo a partir de algum ponto, e a terceira opção, a curva (c), que leva em consideração um crescimento linear do consumo de eletricidade.

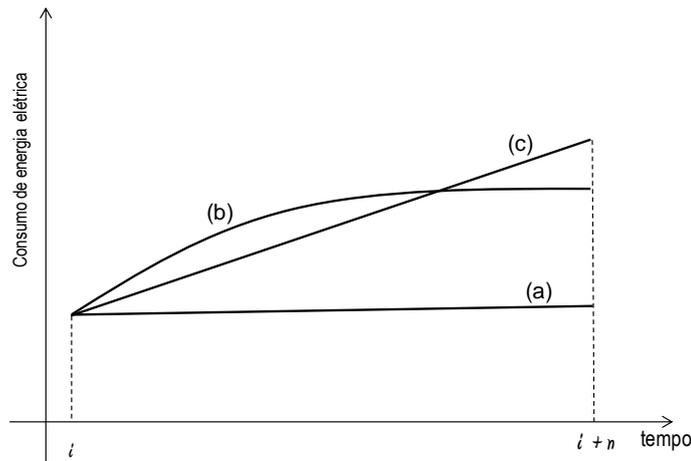


Gráfico 5.1 – Curvas hipotéticas do consumo de eletricidade em refrigeradores ao longo do tempo

A Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, dentro do escopo de atuação do Centro de Excelência em Eficiência Energética - EXCEN, atendendo a uma demanda da Eletrobras Procel, elaborou diversos estudos para a avaliação dos resultados energéticos do Selo Procel.

Em especial para o caso dos refrigeradores, o trabalho trouxe à tona a questão da degradação da eficiência energética, considerando que os equipamentos elétricos sofrem desgast-

tes ao longo da vida de operação, como consequências acabam reduzindo o desempenho e consumindo mais energia (CARDOSO, 2008).

Um resumo desse trabalho será apresentado na próxima seção dessa dissertação e por se tratar de um estudo teórico sobre a degradação da eficiência energética será de grande valia para o desenvolvimento do projeto piloto apresentado aqui. Os resultados desse estudo específico, que contará com medições dos consumos de energia elétrica em refrigeradores antigos, não tem caráter conclusivo ou determinante. Esta dissertação apresenta um esforço inicial para verificar a atinência desse estudo sobre a degradação da eficiência em refrigeradores a partir de alguns casos medidos em um estudo de campo.

## **5.1. DEGRADAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (TEORIA)**

A metodologia desenvolvida pela UNIFEI teve como objetivo principal a determinação dos ganhos energéticos advindos da utilização de refrigeradores com Selo Procel. Para uma abordagem mais ampla, necessária para atinência ao Protocolo Internacional de Medição e Verificação, foi estudada influências de distintas variáveis na formulação proposta pela Universidade e adotada pela Eletrobras Procel nos cálculos da economia de energia anual (ELETROBRAS, 2012).

Dessa forma, após um trabalho de quase dois anos, a conclusão foi que os principais fatores que interferem na degradação da eficiência de refrigeradores são: vedação, isolamento, termostato e compressor.

Com o apanhado de toda informação levantada junto a fabricantes, laboratórios e especialistas, os refrigeradores não sofrem um aumento de seu consumo de energia elétrica até seus 5 anos de funcionamento. Após esse período, os fatores levantados anteriormente começam a interferir no desempenho do aparelho, atingindo uma degradação de 20% no décimo ano de funcionamento, em função principalmente da vedação e isolamento, e atinge no décimo sexto ano um acréscimo de 60% no consumo de energia elétrica, por influência adicional do compressor, conforme pode ser observado no Gráfico 5.2 a seguir.

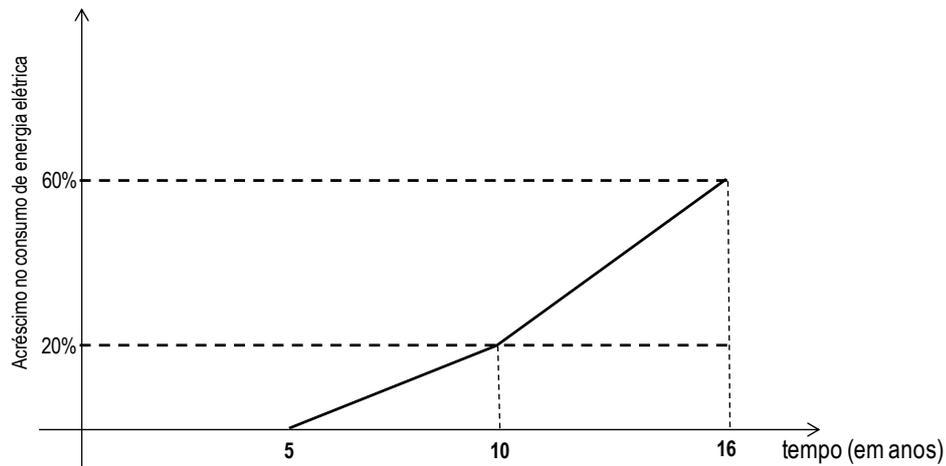


Gráfico 5.2 – Aumento no consumo de energia elétrica de refrigeradores

Fonte: Adaptado (CARDOSO, 2008)

A metodologia desenvolvida envolvia outras variáveis para a formulação dos ganhos energéticos do Selo Procel, como, por exemplo, a influência da temperatura ambiente, a formação de um parque de equipamentos, fator de sucateamento etc.

## 5.2. PROJETO PILOTO DE SUBSTITUIÇÃO DE REFRIGERADORES

O Projeto Piloto foi realizado na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. A cidade foi escolhida por abrigar um dos laboratórios acreditados pelo Inmetro para ensaios em refrigeradores para o Programa Brasileiro de Etiquetagem. O Labelo - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica, localizado na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), foi o responsável por colocar em prática o projeto piloto, que incluía a seleção das pessoas interessadas em participar, elaborar os ensaios de consumo de energia elétrica nos refrigeradores antigos e providenciar a logística de substituição de refrigeradores antigos por novos nas residências.

As pessoas selecionadas a participar do projeto trabalhavam à época na Universidade, em especial em atividades de serviços gerais. Para participar do estudo bastava doar seu refrigerador antigo, responder a um questionário sobre o histórico do eletrodoméstico, como, por exemplo, o ano de aquisição do bem, receber a geladeira nova e, por último, fornecer as faturas de energia elétrica dos meses subsequentes.

Ao todo foram selecionados 12 funcionários da PUC-RS a participar do projeto. Esse quantitativo ficou por conta da quantidade de refrigeradores doados pelos fabricantes. O entendimento foi intermediado pela Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos - Eletros, que, sem ônus, se prontificou a colaborar com os estudos. Por fim, modelos de refrigeradores das marcas BOSCH, BRASTEMP, CONSUL e MABE foram gentilmente disponibilizados. A Figura 5.1 apresenta exemplos desses refrigeradores doados por seus fabricantes.



Figura 5.1 – Exemplos de refrigeradores novos usados no projeto piloto

A relação completa desses refrigeradores pode ser visualizada na Tabela 5.1, juntamente com os dados técnicos. Todos os modelos foram fabricados em 2008 e obtiveram classificação máxima em eficiência energética em suas categorias.

Tabela 5.1 – Relação de refrigeradores novos doados pelos fabricantes

Ref.	Marcas	Modelo	Categoria	Consumo (kWh/mês)	IEE	Cp	AV (litros)	Portas	Volume Congelador	Estrelas	Volume Refrigerador
1	Bosch	KDV44	Combinado	53	0,845	62,7	498,4	2	98	2 e 3	318
2	Consul	CRM49A	Comb. FF	56	0,756	74,1	628,7	2	107	3	326
3	Mabe	REDK380	Combinado	45	0,838	53,7	399,9	2	74	3	263
4	Mabe	REDK34	Refrigerador	25,4	0,851	29,9	310,3	2	30	1	268
5	Brastemp	BRD49D	Combinado	51	0,750	68,0	556,1	2	131	2 e 3	319
6	Consul	CRP38A	Refrigerador	25,5	0,813	31,4	354,3	1	30	1	312
7	Mabe	REDK380	Combinado	45	0,838	53,7	399,9	2	74	3	263
8	Mabe	REDK380	Combinado	45	0,838	53,7	399,9	2	74	3	263
9	Consul	CRM33	Comb. FF	36	0,806	44,6	350,8	2	51	3	198
10	Brastemp	BRA34D	Refrigerador	24,5	0,817	30,0	314,3	1	30	1	272
11	Mabe	REDK380	Combinado	45	0,838	53,7	399,9	2	74	3	263
12	Mabe	R620F	Comb. FF	56,5	0,658	85,9	740,2	2	128	3	380

Onde:

IEE – Índice de Eficiência Energética

Cp – Consumo padrão

AV – Volume ajustado (litros)

Esses refrigeradores estavam no Labelo, apresentado na Figura 5.2, para serem submetidos aos ensaios de eficiência energética no âmbito do PBE e normalmente voltariam às empresas fabricantes após as baterias de ensaios. Esses eletrodomésticos foram utilizados em substituição aos refrigeradores antigos que estavam em residências em Porto Alegre e arredores, no âmbito do projeto piloto.



Figura 5.2 – Laboratório de ensaio em refrigeradores (Labelo)

Para que as amostras de refrigeradores antigos fossem retiradas das residências, o morador deveria concordar e assinar um “Termo de Doação” declarando a doação voluntária do bem ao Labelo e registra o recebimento do novo aparelho, incluindo as responsabilidades do morador sob o novo eletrodoméstico. Além disso, o Termo de Doação inclui informações importantes quanto à manutenção, tempo de uso dos refrigeradores, se o aparelho apresentou problemas etc.

No Apêndice A podem ser visualizadas as reproduções dos Termos de Doação e as fotos dos refrigeradores recuperados nas residências dos participantes do projeto. Para facilitar a identificação, será adotado um número de referência para cada amostra no estudo, conforme já apresentado na Tabela 5.1, confrontando o refrigerador novo doado às residências e o antigo recuperado.

### 5.3. RESULTADOS ENERGÉTICOS

A Tabela 5.2 apresenta o resumo dos resultados dos ensaios realizados nos refrigeradores usados para determinação do consumo de energia elétrica. Como já registrado, os equipamentos passaram pela mesma rotina e procedimento de testes que passam os refrigeradores no Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE.

Tabela 5.2 – Consumo dos refrigeradores usados medido em laboratório

Referência	Fabricante	Modelo	Volume Ajustado (litros)	Idade (em anos)	Consumo medido (kWh/mês)
1	Brastemp	BRM-34D	395,7	24	92,4
2	Brastemp	BRM-34D	395,7	26	133,7
3	Consul	Contest 28	290,7	14	47,7
4	Consul	Pratice 300	311,9	11	35,4
5	Consul	Contest 28	290,7	13	65,7
6	IBESA	CLIMAX RCL290	300,2	16	62,1
7	Steigleder	250	258,9	19	47,7
8	Admiral	220	248,4	37	44,4
9	Consul	280SL	289,8	23	48,9
10	Brastemp	BRS36X10	341,6	23	79,2
11	Consul	Maxi Gran Luxo	353,1	24	52,2
12	Prosdócimo	311	310,5	37	48

Os aparelhos de referência número 1 e 2 possuem duas portas enquanto os demais apenas uma porta. A idade do equipamento foi verificada na etiqueta do compressor, como exemplo o caso referência número 3, apresentado na Figura 5.3, ou ainda, como no caso referência número 2, um aparelho Brastemp com quase trinta anos, o proprietário nos forneceu a nota fiscal de compra, como pode ser vista na Figura 5.4. Como último recurso, vale a resposta direta no Termo de Doação do antigo proprietário.

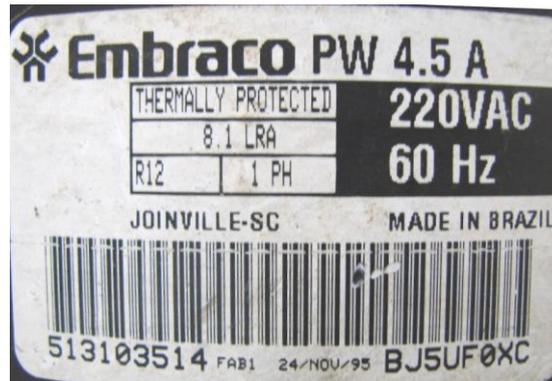


Figura 5.3 – Etiqueta do compressor (Ref. 3)

imcosul s.a.

NOTA FISCAL

1.º VIA Cliente Nº 84881 Série B-06

Av. Presidente Vargas, 2016/2023 - Fone: 732666  
 Estado - Rio Grande do Sul  
 Inscrição em CGC/MP Nº 02.352.644/1000  
 Inscrição Estadual Nº 824/00079  
 Nat. da Operação: VENDA  
 Via de Transporte: 27 JAUETRO  
 Data da Emissão da Nota: 27/01/83

DESTINATÁRIO DA MERCADORIA

Nome: WANDERLEI SOUZA DA SILVA  
 Endereço: RUA ALVARENGA PEIXOTO Nº 223-  
 Município: SALVADOR DO SUL Estado: R.S.  
 Inscrição em CGC/MP Nº Inscrição Estadual Nº

Quant.	Retenções	Tax.	Desc.	DESCRIÇÃO DA MERCADORIA	PREÇO (C/%)	TOTAL
01	5217,44			REFRIGERADOR BRASTEMP DUPLEX 340LTS - 220V. AMARELO 3u d	152.0000	1
				DOC	95000	2
						3
						4
						5
						6
						7
						8

Sub-TOTAL: 27777,3

VALOR TOTAL DA NOTA C/5: 153.100,00

FRFETE C/5: 100

SUCESSO C/5: 100

TOTAL C/5: 153.100,00

Nome do Transportador: FARMACIA SUA MERCADORIA

Endereço: RUA LAFAYETTE, 1000

Placa do Veículo: RA-1111

Marca: RAMAIS

CARÊNCIA: 10

ENTRADA: 2526200

PLANO: 10

NR: 2702

Figura 5.4 – Nota Fiscal de venda (Ref. 2)

A maioria dos aparelhos recuperada para o projeto piloto é de marcas conhecidas. As exceções ficam por conta das não mais fabricadas Steigleder, de fabricação local no estado no Rio Grande do Sul, a Climax fabricada pela paulista IBESA e a Admiral, que pouca informação pode ser levantada e foi adotada a mesma idade da geladeira mais velha no projeto (Referência 12). Quanto aos compressores, nove dos 12 foram fabricados pela Embraco.

De uma forma geral, a maior parte das amostras apresentava um bom estado de conservação. Em algumas situações o proprietário relatou que o aparelho passou por reformas e manutenção, como exemplo a substituição da borracha de vedação ou nova camada de pintu-

ra. A média da idade dos refrigeradores ficou em 22 anos, sendo a mais nova com onze e a mais velha com 37 anos.

Para a determinação da perda de desempenho dos refrigeradores, resta agora levantar o consumo das mesmas quando novas. Nesse caso foram adotados dois caminhos distintos: o primeiro foi uma busca nas tabelas do PBE dos modelos testados nesse projeto piloto. Nessa situação foram localizados quatro dos 12 modelos testados. Para as oito geladeiras restantes, duas foram descartadas para esse estudo específico por ter mais de 30 anos, dessa forma prejudicando o levantamento de informações pertinentes. Para os outros seis modelos, foi estabelecida uma interpolação com os modelos disponíveis no PBE para determinar seu consumo de energia elétrica a partir do Índice de Eficiência Energética – IEE de um modelo que mais se aproximava da amostra, levando em consideração o fabricante, volume em litros do aparelho e ano de fabricação.

A Tabela 5.3 apresenta esses valores de consumo de energia elétrica, quando nova e após anos funcionando, a taxa de depreciação da eficiência energética de cada refrigerador do projeto piloto, além de outros dados técnicos dos aparelhos usados.

Tabela 5.3 – Depreciação do consumo de energia elétrica nos refrigeradores usados

Referência	Fabricante	Modelo	Idade (em anos)	Consumo (kWh/mês)		Taxa de depreciação (%)
				Inicial	Final	
1	Brastemp	BRM-34D	24	62,4	92,4	48,1
2	Brastemp	BRM-34D	26	62,4	133,7	114,3
3	Consul	Contest 28	14	45,2	47,7	5,5
4	Consul	Pratice 300	11	27,0	35,4	31,1
5	Consul	Contest 28	13	45,2	65,7	45,4
6	IBESA	CLIMAX RCL290	16	47,6	62,1	30,4
7	Steigleder	250	19	43,8	47,7	8,9
8	Admiral	220	37	ND	44,4	ND
9	Consul	280SL	23	41,8	48,9	16,9
10	Brastemp	BRS36X10	23	42,9	79,2	84,6
11	Consul	Maxi Gran Luxo	24	46,4	52,2	12,6
12	Prosdócimo	311	37	ND	48	ND

Avaliando a média dos 10 aparelhos onde foi possível essa determinação, chega-se a um acréscimo médio de 43% no consumo de energia elétrica a uma idade de 19 anos de funcionamento. O Gráfico 5.3 apresenta essas taxas de depreciação da eficiência energética juntamente com a curva teórica desenvolvida pela Unifei (FUPAI, 2007).

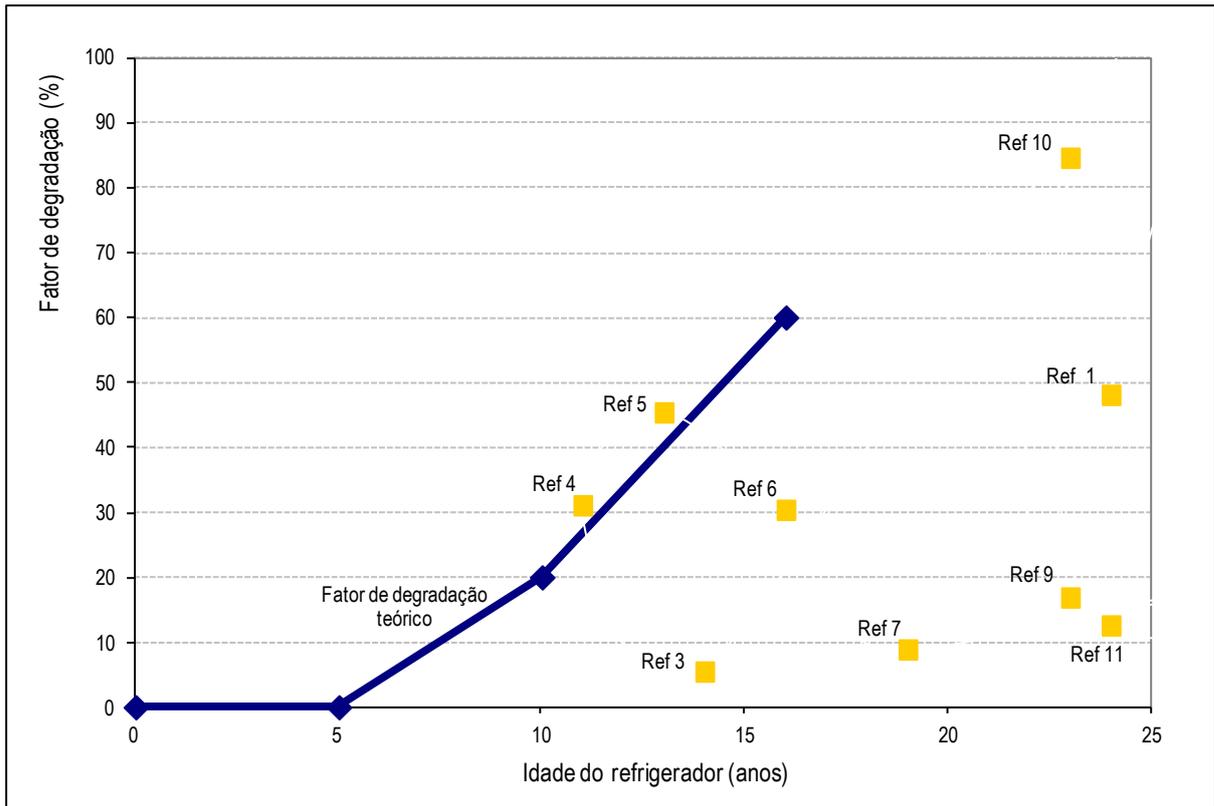


Gráfico 5.3 – Depreciação do consumo de energia elétrica nos refrigeradores usados

Somente os refrigeradores de referência número 3, 4, 5 e 6 ficaram no limite de idade do estudo desenvolvido pela Unifei, os demais apresentaram mais de 16 anos de funcionamento. Pode-se notar que em todos os casos houve um acréscimo no consumo de energia elétrica, porém com esses valores apresentando uma grande dispersão.

Avaliando a distância entre o valor esperado do fator de degradação e o medido, para os modelos de referência número 3, 4, 5 e 6, os erros encontrados foram, nessa sequência, 88,2%, 16,2%, 13,5% e 49,3%. Esses resultados apontam a necessidade de ampliar o espaço amostral do estudo de forma a permitir uma melhor avaliação quanto à atinência à curva de degradação proposta.

O acréscimo no consumo de energia elétrica não chegou a 60% na maioria dos refrigeradores. Que pese um bom aspecto geral dos aparelhos testados, onde na maioria das amostras era possível visualizar as portas funcionando de maneira adequada e com a borracha de vedação em bom estado, mostrando que os proprietários mantinham certo cuidado com a manutenção e conservação. Além disso, vale lembrar que a temperatura ambiente na região Sul está normalmente abaixo do restante do país, apresentando 18°C de temperatura média ponderada

(CARDOSO, 2008), no mínimo 4 graus abaixo das outras regiões, e isso pode contribuir para um desgaste menor do refrigerador como um todo, não só no isolamento térmico como no desempenho do compressor.

Outra vertente estudada nesse projeto piloto foi à redução do consumo de energia elétrica da residência frente à substituição de refrigeradores antigos por outros novos. Portanto, a etapa subsequente a medição em laboratório do consumo dos aparelhos antigos foi o monitoramento das residências que participaram do projeto através das faturas de energia elétrica.

Essa atividade também contou com o apoio logístico do Labelo, que recolheu as faturas de energia elétrica dos participantes do estudo. Dados complementares, como a posse e hábitos de uso de aparelhos eletroeletrônicos, não foi possível o levantamento. Na verdade, esse estudo adicional sofreu uma descontinuidade com a saída do diretor do laboratório e somente na metade das amostras foi possível realizar o levantamento das faturas e avaliação o impacto no consumo de energia elétrica das residências. Mesmo assim, considerando apenas seis consumidores do projeto, está aqui representado o potencial técnico de economia de energia que um programa de substituição de refrigeradores poderia alavancar em uma comunidade ou grupo de consumidores.

O Gráfico 5.4, a seguir, apresenta a avaliação *ex-ante* e *ex-post* do consumo de energia elétrica das residências que fizeram parte do projeto.

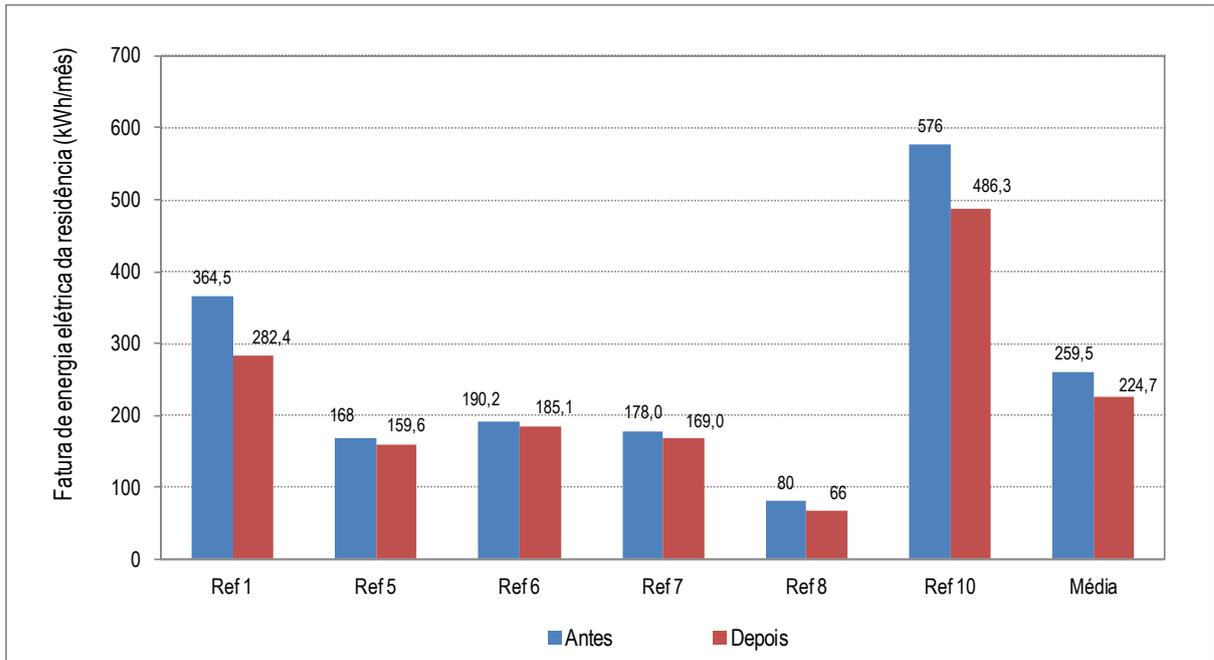


Gráfico 5.4 – Balanço das faturas de energia elétrica das residências antes e após a substituição dos refrigeradores

Pode-se perceber uma redução no consumo faturado dos seis casos apresentados, variando entre 2,7% (Referência 6) a 22,5% (Referência 1). Na média, comparando antes e após a substituição dos refrigeradores, a redução apresentada ficou em 13,4%, representando uma redução do consumo de energia de 34,7 kWh/mês. O levantamento do consumo de eletricidade no período *ex-post* foi feito no mês seguinte a substituição do refrigerador, evitando excluir outras influências, como a aquisição ou substituição de outros eletrodomésticos, variações grandes de temperatura etc.

Essa análise foi realizada a partir das faturas de energia elétrica recolhidas dos consumidores, conforme exemplificado na Figura 5.5, para o caso referência número 6. Nesse caso específico, foi adotado o consumo diário de 6,17 kWh e multiplicado por 30 dias, atingindo 185,1 kWh/mês, conforme apresenta o gráfico anterior. A mesma metodologia foi adotada para os outros casos estudados.

**CEEE**  
DISTRIBUIÇÃO

COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
Av. Joaquim Porto Vilanova, 201 - Fênix A s/n - CEP 91418-000 Porto Alegre - RS  
CNPJ: 08.487.119/0001-00 INSCRIÇÃO ESTADUAL: 0963166655  
NOTA FISCAL / CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA  
Série Única nº: 507359

**Cliente e Unidade Consumidora**  
ELDEMAR AVILA DOS SANTOS  
Roc dos Cunhas N  
Viamão  
Cliente 2823395 -  
Classe RESIDENC

**Número da Instalação**  
Código de bloco em coria corrente  
5044373-9

Monofasico

Medição	kWh	kvarh
Nº do medidor	3630787	
Fator de Multiplicação	1,00	
Leitura 09/09/2009	5013	
Leitura 11/05/2009	5434	
Consumo	172(1)	
(*) Leitura Eletiva		
Média Móvel Mensal(kWh) 213,6		
Emissão	12/05/2009	
Apresentação	17/05/2009	
Próxima leitura prevista	09/07/2009	

Consumo	Faturamento	Vencimento	Total
179 kWh	JUN/2009	24/06/2009	RS*****78,25

Descrição	Quantidade	Preço kWh	Valor total
Consumo Ativo			RS 78,25

Composição da Fatura	RS
Criação	23,61
Transmissão	0,15
Distribuição (CEEE)	20,12
Energias Reservas	4,98
Tributos	23,39
Custos	0,00
Total	78,25

Consumos Faturados em kWh	dias	consumo diário
2009 Jun 29	179	6,17
Mai 31	203	6,54
Abr 30	229	7,63
Mar 29	215	7,45
Fev 31	231	7,45
Jan 31	254	8,19
2008 Dez 29	188	6,82
Nov 30	217	7,25
Out 30	227	7,56
Sep 30	209	6,93
Ago 31	207	6,68
Jul 29	229	7,89
Jun 30	245	7,85

Tributos (Valores incluídos no preço)	Base para Cálculo	aliquota	RS
ICMS	RS 78,25	25%	RS 19,56
PIS/COFINS	Conforme Resolução ANEEL nº 234/2005		RS 3,83

**Reservado ao Fisco** 4D03.8841.09D7.6DD8.1D64.9700.A902.6C01

**Ind. de Qualidade** Conjunto VIAMÃO urbano ABR/2009  
DIC Duração de Interrupção Individual Padrão: 22h00min Realizado: 00h00min  
DMIC Duração Máxima de Interrupção Contínua 11h00min 00h00min  
FIC Frequência de Interrupção Individual 18 0

Tensão Nominal: 220 Volts. Limites adequados: Inferior 201,00 Volts Superior 231,00 Volts

Para enquadramento na tarifa de Baixa Tensão (residencial monofásico até 250kWh) é necessário a participação em programas do Governo Federal, informando o NIS à CEEE-D. Consulte a Prefeitura Municipal.

Horário de atendimento ao público: na Agência Centro de Porto Alegre, Av. Borges de Medeiros, nº 679, das 8h30min às 18h30min; demais agências da capital, das 8h30min às 18h00min. No interior do Estado, das 8h30min às 11h30min e das 13h00min às 16h00min.

A localização e o padrão de entrada de energia encontram-se no Regulamento de Instalações Consumidoras - RIC, disponível no site [www.cee.com.br](http://www.cee.com.br) ou nas agências da CEEE-D. Pode, ainda, ser solicitado através da Central de Atendimento.

A CEEE-D é a maior distribuidora de energia elétrica do Rio Grande do Sul. Atende 1,4 milhão de clientes, instalados em 72 municípios beneficiando 4 milhões de gaúchos.

Figura 5.5 – Exemplo de fatura de energia elétrica (Referência 6)

Comparando o consumo de energia elétrica medido em laboratório do conjunto de refrigeradores antigos com os novos doados, a diferença é de 32,9%, ou a 20,8 kWh por refrigerador por mês.

Outra análise interessante a ser apresentada é o consumo relativo do refrigerador, antigo e novo, levando em consideração o consumo de eletricidade mensal e sua capacidade em litros (volume ajustado). Esse indicador representa a quantidade de energia elétrica necessária para cada volume unitário do refrigerador, portanto quanto menor: mais eficiente é o aparelho. Apesar dos refrigeradores novos doados no projeto piloto apresentarem um volume, na média, 21,4% maior, o consumo relativo médio em kWh/litro/mês reduziu de 0,210 para 0,111, ou seja, 47,1% menor, conforme apresenta o Gráfico 5.5.

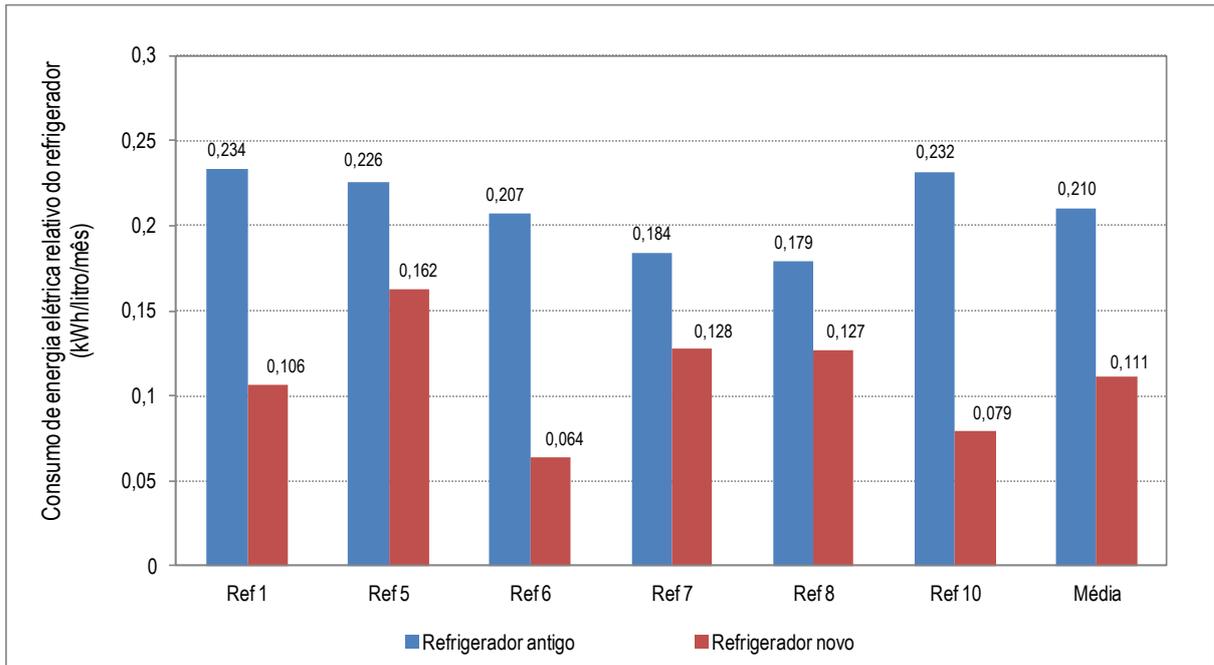


Gráfico 5.5 – Consumo relativo dos refrigeradores (kWh/litro/mês)

Dessa forma, a partir dos resultados apresentados nesse projeto piloto, respeitando-se as limitações aqui apresentadas, a substituição de refrigeradores antigos apresenta um potencial técnico de conservação de energia interessante, tanto ao que diz respeito à atitude individual do consumidor como no desenvolvimento de programas de incentivo à troca, utilizando-se de incentivos fiscais, por exemplo. É importante ressaltar a necessidade de uma logística reversa para o refrigerador antigo, garantindo a retirada do sistema elétrico de um aparelho com consumo elevado de eletricidade e conseqüentemente os ganhos energéticos advindos dessa substituição, dessa forma viabilizando o devido fim dos materiais, fluidos e gases do refrigerador antigo, estes muitas vezes nocivos ao meio ambiente, evitando uma cena por vezes comum em ferros-velhos, como apresentada na Figura 5.6.



Figura 5.6 – Foto de refrigerador depositado em ferro-velho

## 6. POTENCIAL TÉCNICO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Para finalizar o trabalho dessa dissertação sobre a eficiência energética em refrigeradores, torna-se interessante uma avaliação quanto ao potencial técnico de conservação de energia elétrica numa situação hipotética em que todos refrigeradores vendidos no Brasil tivessem o nível máximo de eficiência energética. Em outras palavras, qual o volume adicional de energia elétrica é necessário para atender ao parque de refrigeradores tendo em vista que nem todos possuíam o Selo Procel.

Nesse sentido, o primeiro esforço foi de levantar o quantitativo de refrigeradores vendidos em cada ano. Para atender esse propósito, foi considerada a Pesquisa Industrial Anual (PIA), realizada pelo IBGE e disponibilizada em seu sítio na internet. Como essa pesquisa incorpora refrigeradores, freezers e frigobares, o total vendido em cada ano foi reduzido de 20% (ELETROBRAS, 2013), visando resultar no valor líquido de refrigeradores que entraram no mercado nacional a cada ano. A única exceção fica por conta do ano 2011, onde o valor de unidades fabricadas nesse ano considerou o crescimento de unidades consumidoras disponibilizado pela EPE, que atingiu 3%. Por falta de informações, considera-se que o total exportado anula o montante importado ao Brasil. A Tabela 6.1 apresenta a síntese desse levantamento.

Tabela 6.1 – Fabricação de refrigeradores, freezers e assemelhados

<b>Ano</b>	<b>Unidades fabricadas (milhões)</b>	<b>Somente refrigeradores (milhões)</b>
1995	3,864	3,091
1996	5,053	4,042
1997	4,650	3,720
1998	4,461	3,569
1999	5,300	4,240
2000	4,159	3,327
2001	4,698	3,758
2002	4,176	3,341
2003	4,888	3,911
2004	5,408	4,326
2005	5,526	4,421
2006	5,825	4,660
2007	6,027	4,821
2008	6,298	5,038
2009	7,701	6,160
2010	8,127	6,502
2011	8,371	6,697

O próximo passo é desagregar as unidades vendidas em refrigeradores de 1 porta, combinados e combinados *frost free*, tendo em vista que o consumo de eletricidade apresenta valores bastante diferenciados para cada um desses produtos.

Para isso, tomou-se que em 2005, 65% do parque de refrigeradores brasileiros era de apenas uma porta e que o nível de vendas de combinados *frost free* era crescente desde seu lançamento chegando à metade dos vendidos naquele ano (AC Nielsen, 2005).

Para determinar o consumo de energia elétrica desse parque de refrigeradores, e posteriormente seu potencial de conservação, é necessário ainda levar em consideração a fatia das vendas por faixa de eficiência (A, B, C, D e E); o consumo médio de eletricidade por cada uma dessas faixas; e levar em consideração a degradação da eficiência nesses equipamentos, tendo em vista que o consumo de eletricidade tende a sofrer um aumento com o passar do tempo.

Estimativas da associação de fabricantes, em entrevista não formal, apontam para participações distintas nas vendas de cada categoria. No caso de refrigeradores, 80% dos aparelhos vendidos em 2010 apresentavam classificação máxima, enquanto em 2006 essa fatia era de 40%.

Em combinados, tanto os convencionais quanto os *frost free*, a participação dos classificados em “A” é bem mais expressiva. Em 2010, 80% dos combinados convencionais apresentavam a classificação máxima, enquanto para os do tipo *frost free* esse índice foi de 90%. Nada muito diferente quando comparado a 2006, apresentando índices de 70% e 80% respectivamente.

O consumo médio de eletricidade de cada classe de consumo foi determinado tomando-se como base as tabelas do PBE, ano a ano. Por falta de maiores informações, foram tomados todos os modelos de cada faixa de consumo, sem levar em consideração a participação de cada modelo específico nas vendas, portanto, uma média simples.

Os equipamentos de refrigeração são os mais suscetíveis ao desgaste de seus componentes conforme o uso. Isso claramente afeta seu desempenho energético, fazendo com que o consumo de energia elétrica aumente com o passar do tempo. Conforme matéria estudada no capítulo anterior, que aqui foi levada em consideração para o cálculo do potencial técnico de conservação de energia, tendo em vista que será necessário simular o consumo de eletricidade do parque de refrigeradores. O sucateamento dos equipamentos varia na idade de 15 a 17 anos, admitindo-se as taxas de saída de refrigeradores do parque de 40% em 15 anos, 50% em 16 anos e os 10% restantes em 17 anos. (FUPAI, 2007).

Por fim, a proposta aqui apresentada considera dois cenários: (1) o cálculo do potencial de economia de eletricidade é feito com base na substituição dos refrigeradores não eficientes pela média daqueles mais eficientes, classificados com o Selo Procel. (2) a segunda hipótese considera o consumo de energia dos aparelhos mais eficientes dentre aqueles que receberam o Selo Procel, portanto, um potencial mais ambicioso.

A Tabela 6.2, a seguir, consolida os resultados das simulações realizadas, indicando e fragmentando o parque de equipamentos em 2011, o consumo de energia naquele ano, considerando os dois cenários delineados.

Tabela 6.2 – Consumo energético do parque de refrigeradores

	Parque em 2011 (milhões)	Consumo de eletricidade em 2011 (TWh)		
		Linha de base	Cenário 1	Cenário 2
Refrigeradores	44,583	17,582	15,722	13,040
Combinados	14,187	10,967	10,770	9,042
Combinados <i>frost free</i>	9,820	7,757	7,527	5,445
Total	68,590	36,305	34,018	27,527

Para estabelecer a linha de base foi levado em consideração o consumo estimado do parque de refrigeradores em 2011, com as características descritas nos parágrafos anteriores, tais como a degradação com o uso, fatia de vendas de acordo com a faixa de consumo, etc. Dessa forma, o consumo de energia elétrica em 2011, dos mais de 68 milhões de refrigeradores presentes nos lares brasileiros, foi de 36,305 TWh, ou cerca de 32,4% do consumo de eletricidade da classe residencial naquele ano, que totalizou 112.098 TWh (BRASIL, 2012). Nessa simulação não foi levada em consideração a correção do consumo energético dos aparelhos diante a temperatura ambiente regional. Era de se esperar que, caso essa correção fosse feita, o resultado do consumo de eletricidade seria menor, uma vez que os ensaios são realizados a uma temperatura de 32° C, maior que a média nacional.

Ao que diz respeito ao consumo adicional frente à utilização de refrigeradores não eficientes, no primeiro cenário, onde foi considerado no estudo a substituição desses por um modelo que apresentava a média do consumo dos aparelhos com Selo Procel, o recuo energético foi de 6,3%, totalizando 2,287 TWh, ou a cerca de 0,5% de toda energia elétrica consumida naquele ano.

Estudos conduzidos por laboratórios técnicos nos Estados Unidos, com base na economia média das melhores tecnologias disponíveis, indicam um potencial de economia de energia em 33% do parque de equipamentos para o caso de refrigeração residencial naquele país (Geller, 2003).

O segundo cenário aqui relatado mira exatamente nessa ótica das melhores tecnologias disponíveis. Portanto, os estudos foram conduzidos nessa condição, onde a premissa adotada foi de que todos os refrigeradores vendidos em cada ano tivessem o menor consumo energético dentre àqueles que receberam o Selo Procel, em cada uma das três categorias. Assim, a redução do consumo atinge 8,778 TWh ou a 31,9% da energia consumida pelo parque de refrigeradores na linha de base, subindo o resultado para 2% frente ao total de eletricidade consumida no país em 2011.

## 7. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a evolução da eficiência energética em refrigeradores comercializados no Brasil, através de estudo do comportamento do Índice de Eficiência Energética (IEE). Esse índice é utilizado no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) desde 2003, a partir de estudos conduzidos pelo Eletrobras Cepel, e sua função principal é permitir uma comparação entre equipamentos a fim de se obter uma classificação entre eles em função de sua eficiência energética. Além disso, permitem verificar essa evolução em relação ao ano de 2001, onde se estabeleceu a linha de base com os dados dos refrigeradores disponíveis no PBE aquela época.

Sob essa ótica, o estudo permitiu uma avaliação quantitativa dessa evolução e demonstrou que nos últimos dez anos a eficiência energética dos refrigeradores evoluiu sensivelmente. Para o refrigerador de 1 porta, que representa 65% do parque nacional (AC Nielsen, 2005), essa evolução foi de 38,7%, para o período entre 1987 e 2009, tomando-se uma reta de regressão linear como referência. Para os combinados, comparando a eficiência entre 1999 e 2009, a evolução foi de 16,8% e 23,6%, para os aparelhos comuns e frost-free, respectivamente.

Ganhos dessa natureza são de grande importância para a sociedade, melhorando a economia doméstica das famílias. Quanto mais baixa a classe de renda, maior a representatividade do consumo de refrigeradores na fatura de energia elétrica, devido à grande penetração desses equipamentos e a seu relativo consumo unitário.

Sem dúvida, o avanço tecnológico contribuiu para que os refrigeradores se tornassem mais eficientes nos dias de hoje. Isso pode ser atribuído a alterações no projeto, utilização novos materiais, compostos e substâncias, além de utilização de motores (compressores) mais eficientes. Os projetos antigos previam, como exemplo, uma resistência elétrica dissipadora de calor dentro do volume do refrigerador (entre 10 W e 15 W) para evitar a condensação, contribuindo para o aumento do consumo de energia elétrica do aparelho. Estudos continuam em andamento e novas tecnologias, como a refrigeração magnética e novos materiais, como os biopolímeros, parecem apontar como uma opção no futuro.

Um caso que merece destaque é de um protótipo encontrado em uma feira de eficiência energética em Tokyo, em janeiro de 2012. O modelo sugere a adoção de uma quantidade

maior de portas e gavetas para acesso a compartimentos menores e isolados um dos outros, conforme apresenta a Figura 7.1.

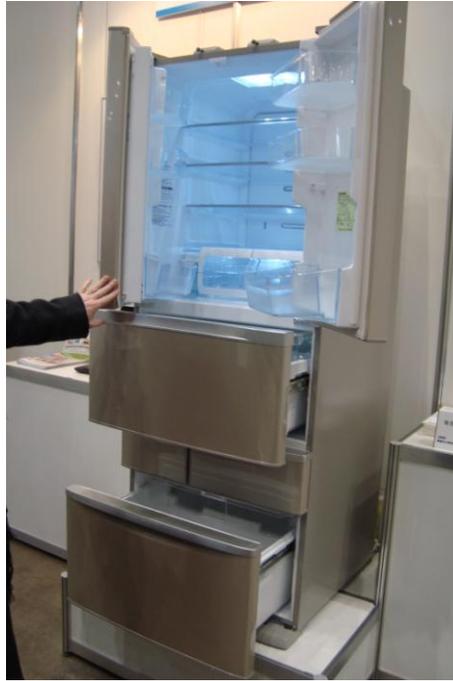


Figura 7.1 – Protótipo inovador de uma geladeira japonesa

Além dessa partição especial, destaca-se a adoção de dois compressores menores, no lugar de um único. Essas alterações combinadas, segundo informações do fabricante, garantiu uma redução de 67% no consumo de eletricidade quando comparado a outro modelo compatível produzido em 2005.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem pode ser considerado como indutor à eficiência energética. Apesar de ter-se verificado poucos ganhos energéticos entre 1987 e 1998, o Programa ganhou envergadura com o início da concessão do Selo Procel em 1999, não só pela evolução energética dos equipamentos como pela participação bastante acentuada de fabricantes e modelos. A média da participação de modelos no PBE nos últimos 10 anos quase triplicou, em relação aos 13 anos iniciais.

Outro fato que merece atenção diz respeito à fatia de equipamentos com o Selo Procel disponíveis no mercado em 2009, principalmente no caso dos Combinados, onde mostrou 80% dos modelos classificados como “A”. Se por um lado isso é bastante positivo, uma vez que demonstra um nível de eficiência desejado, por outro pode provocar confusão de entendimento nos consumidores, uma vez que acaba não destacando nem distinguindo os mais efi-

cientes. Como sugestão, a adoção de critérios adicionais para concessão do Selo Procel, como o tipo de gás utilizado, por exemplo, pode dar novo ânimo ao Programa. Com isso, o Selo ganha força no sentido de aproximar-se ainda mais de um Selo “verde”, promovendo a eficiência energética, enfatizando os benefícios para o meio ambiente.

Pelos resultados dos estudos neste documento, a aquisição de refrigerador com Selo Procel mostra-se bastante interessante em termos energéticos. A diferença na eficiência entre a média daqueles com e sem Selo é bastante significativa, apontando como 14% para Refrigeradores, 18% em Combinados e 21,5% para Combinados *Frost Free*. Entretanto, apenas com estudo econômico, incorporando dados sobre custo de aquisição, classificação tarifária, custo da energia elétrica e impostos atrelados e taxa de oportunidade será possível afirmar as circunstâncias de uma efetiva viabilidade.

Ao que diz respeito à questão da degradação da eficiência energética, considerando o tempo de uso, os ensaios em laboratório para determinação do consumo de energia elétrica em equipamentos usados apresentou certa aderência ao modelo teórico, merecendo continuar a ser considerado nos cálculos de economia de energia no programa do Selo Procel. Porém, diante o fato da maioria dos produtos antigos apresentarem um tempo de utilização acima de 16 anos, o tamanho de a amostra ser bastante reduzido e o projeto ter sido desenvolvido em uma única cidade, destaca-se a necessidade de estudos similares em outras regiões. Ainda assim, verificou-se uma redução de 21 kWh/mês na média por refrigerador, cerca de 33% menor que o consumo do conjunto de refrigeradores antigos.

Esses ganhos energéticos poderiam ser maiores caso o volume do refrigerador fosse mantido constante. Nesse projeto piloto, por conta do não controle dessa variável, os refrigeradores novos doados apresentavam uma média de volume ajustado 21,4% superior aos aparelhos antigos. Ainda assim, um indicador interessante foi levantado e denominado de consumo relativo médio, cuja unidade é kWh/litro/mês. Comparando esse indicador para os dois conjuntos de amostras, refrigeradores antigos e refrigeradores novos, esse valor reduziu de 0,210 para 0,111, ou seja, uma distância de 47,1%, quase a metade da energia elétrica necessária para refrigerar um mesmo volume.

O impacto no consumo de eletricidade do parque brasileiro de refrigeradores, na hipótese de substituição de todos os aparelhos ineficientes, também mostrou resultados energéticos interessantes. Considerando nos cálculos de potencial de conservação a média da eficiên-

cia energética dos aparelhos similares com o Selo Procel, no lugar daqueles ineficientes, chega-se a uma economia de 2,79 TWh/ano. O resultado fica muito mais interessante quando se considera na substituição somente os modelos mais eficientes, atingindo a 36,31 TWh/ano de economia no parque de refrigeradores.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AC NIELSEN. **Estudo Geral de Eletrodomésticos (Refrigeradores e Freezers)**. São Paulo: AC Nielsen, 2005.
- BRASIL. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, novembro de 2007.
- BRASIL. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, janeiro de 2010.
- BRASIL. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, janeiro de 2012.
- BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de outubro de 2001. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 13 jun. 2013.
- CABAÑAS, F. G. Arroyo; MARTINEZ, J.E. Aguillón; GARCIA, J.J. Ambriz; et al. Electric energy saving potential by substitution of domestic refrigerators in Mexico. **Energy Policy**, v. 37, novembro de 2009.
- CARDOSO, Rafael B. Avaliação da Economia de Energia atribuída ao Programa Selo PROCEL em Freezers e Refrigeradores. **Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia**, Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2008.
- CARDOSO, Rafael B.; NOGUEIRA, Luiz A. H.; HADDAD, Jamil. Economic feasibility for acquisition of efficient refrigerators in Brazil. **Applied Energy**, 87, 2009.
- CLASP. **The Status of Energy Efficiency Labels and Standards**. (September 2004). Disponível em: <<http://www.clasponline.org>>. Acesso em: 14 jun. 2010.
- ELETROBRAS PROCEL. **Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo: Ano base 1988 - Classe Residencial**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 1989.
- ELETROBRAS PROCEL. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de uso: - Ano base 2005 - Classe Residencial**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2007.
- ELETROBRAS PROCEL. **Relatório de Resultados 2012: ano base 2011**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em 02 mai. 2012.
- ELETROBRAS PROCEL. **Relatório de Resultados 2013: ano base 2012**. Relatório Completo. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em 12 nov. 2013.
- EPA. **Energy Star 2008 Annual Report**. Washington DC: December 2009.
- FUPAI. **Avaliação de Resultados do Programa Selo Procel de Economia de Energia - Refrigeradores e Freezers**. Itajubá: Excen, março de 2007.

- GELLER, Howard S. **Revolução Energética: Políticas para um futuro sustentável**. Rio de Janeiro: USAID, 2003.
- GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3ª edição ampliada e revisada, São Paulo, 2008.
- HADDAD, J; NOGUEIRA, Luiz A. H ; VIANA, Augusto N. C. et al. **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos**. Itajubá: Unifei, 2001.
- INMETRO. **Regulamento Específico para Uso da ENCE – Refrigeradores e Assemelhados**. Dez. 2005. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em 14 jun. 2010.
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. Setembro de 1987, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 1988, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 1989, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 1º semestre – 2ª edição – maio de 1990, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 1º semestre – 1ª edição – abril de 1991, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 2º semestre – 1992, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 2º semestre – 1993, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 1º semestre – 1994, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 2º semestre – 1995, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores 01 Porta**. 2º semestre – 1996, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados**. 1º semestre – 1998, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados**. 1º semestre – 1999, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados**. 2000, [Arquivo Inmetro].

- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** Edição 04 – 2001, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 2002, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 2003, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 2004, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 25 out. 2005, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 15 dez. 2006, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 26 dez 2007, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 17 dez. 2008, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica – Refrigeradores e Combinados.** 09 out. 2009, [Arquivo Inmetro].
- INMETRO. **Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do Programa Brasileiro de Etiquetagem.** (Dezembro 2005). Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp>>. Aceso em 14 jun. 2010.
- JANNUZZI, Gilberto M. **Power sector reforms in Brazil and its impacts on energy efficiency and research and development activities.** IEI Latin American Office, 2004.
- LEITE, Antônio D. **A Energia do Brasil.** 2ª edição, Elsevier. Rio de Janeiro: 2007.
- MEIER, Alan. Refrigerator energy use in the laboratory and in the field. **Energy and Buildings**, v. 22, 3ª edição, agosto de 1995.
- MELO, Conrado; JANNUZZI, Gilberto M. O estoque de refrigeradores no Brasil: diferenças e semelhanças regionais por faixa de renda. **Espaço Energia** nº 08, abril de 2008.
- MELO, Conrado; JANNUZZI, Gilberto M. Energy efficiency standards for refrigerators in Brazil: A methodology for impact evaluation. **Energy Policy**, v. 38, novembro de 2010.
- MOCARZEL, Paulo; TABOSA, Ronaldo. Índices de Eficiência Energética e sua Aplicabilidade à Lei de Eficiência Energética. **SNPTEE**, Uberlândia, outubro de 2003.
- POMPERMAYER, Máximo L. Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição de Energia Elétrica-PEE. **AbineeTec 2012**, São Paulo, 4 de dezembro de 2012 [Apresentação do autor].

- SAMPSON, John A (org.). **Energy Efficient Refrigerator Program Evaluation Report**. British Columbia: BC Hidro Power, December 1993.
- SOUZA, Reinaldo C. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Ano base 1997 - Classe Residencial. **Efficientia 1998**, Rio de Janeiro, 1998. [Apresentação do autor].
- TAO, Jing; YU, Suiran. Implementation of energy efficiency standards of household refrigerator/freezer in China: Potential environmental and economic impacts. **Applied Energy**, v. 88, 5ª edição, maio de 2011.
- USAID. **Cost-Benefit Analysis of a Refrigerator Replacement Program for Low-income Households in Brazil**. January 2007.
- VENTURINI, Osvaldo. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL/FUPAI, 2005.

# APÊNDICE A

Referência 1	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: right; margin-bottom: 0;">127</p> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>ROBERTO BIANCHI SILVA</u>                  CPF nº <u>183.457.480-49</u> e residente na <u>RUA HILARIO RAIBEO Nº 2</u>  <u>AP 202, em Porto Alegre/RS</u> declaro                  que recebi o refrigerador marca <u>Bosch</u>, modelo <u>KDV44</u> e fabricante <u>Bosch</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUCRS.                  Em troca, dei a geladeira marca <u>BRASTEMP</u>, modelo <u>BR 344</u> fabricante <u>BRASTEMP</u>, ao Labeo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b></p> Adquiriu? <input checked="" type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1985</u> Já apresentou defeito? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas vezes? <u>01 (uma)</u> Passou por algum conserto? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? <u>01 (uma)</u> A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Bosch</u>, modelo <u>KDV44</u> e fabricante <u>Bosch</u> em <u>14/05/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> Assinatura: <u>Ribas</u> <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo KDV44)</small> Assinatura: <u>Olavandilma</u> <small>(Labeo)</small> Testemunha 1: <u>Blute</u> Testemunha 2: <u>Amorlatu</u>	

Referência 2	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: right; margin-bottom: 0;">128 - 2207</p> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>JOEL GULFUSKI DE SOUZA</u>                  CPF nº <u>579.865.680-20</u> e residente na <u>RUA CATUPE Nº 588</u>  <u>LONDO DO PINHEIRO PARQUE N 100</u> declaro                  que recebi o refrigerador marca <u>Consul</u>, modelo <u>ERM49A</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUCRS.                  Em troca, dei a geladeira marca <u>BRASTEMP</u>, modelo <u>BR 344</u> fabricante <u>BRASTEMP</u>, ao Labeo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b></p> Adquiriu? <input type="checkbox"/> Novo <input checked="" type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>98/95 - Adquirida em 1983</u> Já apresentou defeito? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas vezes? <u>4</u> <small>em 26 Anos</small> Passou por algum conserto? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? <u>4</u> A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Consul</u>, modelo <u>ERM49A</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> em <u>14/05/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> Assinatura: <u>Joel Gulfuski de Souza</u> <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo ERM49A)</small> Assinatura: <u>Olavandilma</u> <small>(Labeo)</small> Testemunha 1: <u>Blute</u> Testemunha 2: <u>Amorlatu</u>	

Referência 3	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<div style="text-align: right; font-size: small;">230V</div> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>Miguel A. Lopes Zocchetto</u>,                      CPF nº <u>44044466000</u> e residente na <u>Rua Esperança</u>  <u>neu13, sala 30, B. Barroco, Gravata - RS</u> declaro                      que recebi o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>REDK380</u> e fabricante <u>Mabe</u> dos Laboratórios                      Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUC/RS.                      Em troca, dei a geladeira marca <u>Consul</u>, modelo <u>contest 2</u> fabricante                      _____ ao Labeo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o                      consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b></p> Adquiriu? <input type="checkbox"/> Novo <input checked="" type="checkbox"/> Usado Qual ano? _____ Já apresentou defeito? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas vezes? <u>01</u> Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? <u>01</u> A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>REDK380</u> e fabricante <u>Mabe</u> em  <u>11/5/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável                      pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas                      para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos                      referentes.</p> Assinatura: <u>Miguel A. Lopes Zocchetto</u> <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo REDK380)</small> Assinatura: <u>Alvanolli Muri</u> <small>(Labeo)</small> Testemunha 1: <u>Luiz Carlos</u> Testemunha 2: <u>Marcos de A. Silva</u>	

Referência 4	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<div style="text-align: right; font-size: small;">Consul 4</div> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>Claudio Antonio Machado Teixeira</u>,                      CPF nº <u>36946320000</u> e residente na <u>Rua dois nr 195 casa 22</u>  <u>Residencial Jovem I - Canoas - RS</u> declaro                      que recebi o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>REDK34</u> e fabricante <u>Mabe</u> dos Laboratórios                      Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUC/RS.                      Em troca, dei a geladeira marca <u>Consul</u> modelo <u>CRAB3000</u> fabricante  <u>Multibras SA</u> ao Labeo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o                      consumo de energia elétrica.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b></p> Adquiriu? <input checked="" type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1995</u> Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____ Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? _____ A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>REDK34</u> e fabricante <u>Mabe</u> em  <u>10/09/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável                      pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas                      para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos                      referentes.</p> Assinatura: <u>Claudio Antonio Machado Teixeira</u> <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo REDK34)</small> Assinatura: <u>Alvanolli Muri</u> <small>(Labeo)</small> Testemunha 1: <u>Luiz Carlos</u> Testemunha 2: <u>Luiz Carlos</u>	

Referência 5	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: right;">2144</p> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>JUPIANAMA BORGES MARQUES FILHO</u>, CPF nº <u>81302619049</u> e residente na <u>RUA RAUL POMPEIA</u> <u>Nº 144 VILA LINDA - VIAMÃO</u> declaro que recebi o refrigerador marca <u>Brastemp</u>, modelo <u>BRA34D</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labelo, localizado na PUCRS. Em troca, dei a geladeira marca <u>CONSUL</u>, modelo <u>CEA799 2R</u> e fabricante <u>Labelo</u>, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labelo</b></p> <p>Adquiriu? <input checked="" type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1994</u> Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____ Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? _____ A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Brastemp</u>, modelo <u>BRA34D</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> em <u>19/05/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> <p>Assinatura: <u>Jupianama Borges Marques Filho</u> (Novo Proprietário do Refrigerador modelo <u>BRA34D</u>)</p> <p>Assinatura: <u>Alvany de Moraes</u> (Labelo)</p> <p>Testemunha 1: <u>Helio</u></p> <p>Testemunha 2: <u>Amadeus</u></p>	

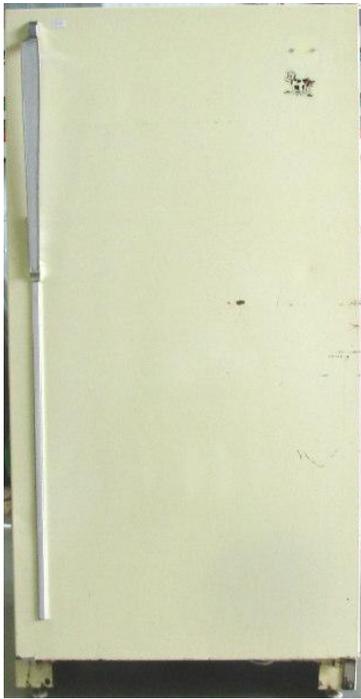
Referência 6	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: right;">2204</p> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>Edimar Melo dos Santos</u>, CPF nº <u>44498179072</u> e residente na <u>Rua Vitor Azevedo</u> <u>nº 425 - Vila União - Parada 47</u> declaro que recebi o refrigerador marca <u>Consul</u>, modelo <u>CRP38A</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labelo, localizado na PUCRS. Em troca, dei a geladeira marca <u>Edmore</u>, modelo <u>EA288</u> e fabricante <u>Refrigeração Labelo</u>, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labelo</b></p> <p>Adquiriu? <input checked="" type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>+ 15 Anos</u> Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____ Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? <u>Três vezes</u> A geladeira funciona: <input type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input checked="" type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Consul</u>, modelo <u>CRP38A</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> em <u>19/05/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> <p>Assinatura: <u>Edimar Melo dos Santos</u> (Novo Proprietário do Refrigerador modelo <u>CRP38A</u>)</p> <p>Assinatura: <u>Alvany de Moraes</u> (Labelo)</p> <p>Testemunha 1: <u>Helio</u></p> <p>Testemunha 2: <u>Amadeus</u></p>	

Referência 7	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">7</div> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>CALLAS LUGUSTO SILVA HOZELE</u>                  CPF nº <u>39830355-12</u> residente na <u>Rua Davi Machado</u>  <u>Bloco 29 B/327</u> <u>SAPOCITA da SUC</u> declaro                  que recebi o refrigerador marca Mabe, modelo REDK34 e fabricante Mabe dos Laboratórios                  Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labelo, localizado na PUCRS.                  Em troca, dei a geladeira marca <u>Stiebel</u> modelo <u>250</u> e fabricante  <u>Stiebel</u> ao Labelo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o                  consumo de energia elétrica.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labelo</b></p> <p>Adquiriu? <input checked="" type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1990</u></p> <p>Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____</p> <p>Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? _____</p> <p>A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca Mabe, modelo REDK34 e fabricante Mabe em  <u>19/07/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável                  pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas                  para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos                  referentes.</p> <p>Assinatura: _____  <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo REDK34)</small></p> <p>Assinatura: <u>Domício</u>  <small>(Labelo)</small></p> <p>Testemunha 1: <u>Chate</u></p> <p>Testemunha 2: <u>Amor</u></p>	

Referência 8	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">8</p> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>WANDYAN TEIXEIRA DA SILVA</u>                  CPF nº <u>592281910-98</u> e residente na <u>Voluntários da</u>  <u>Pátria, 1800 - CS 18</u> declaro                  que recebi o refrigerador marca Mabe, modelo REDK380 e fabricante Mabe dos Laboratórios                  Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labelo, localizado na PUCRS.                  Em troca, dei a geladeira marca <u>Mabe</u> modelo <u>X</u> e fabricante  <u>X</u> ao Labelo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o                  consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labelo</b></p> <p>Adquiriu? <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? _____</p> <p>Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____</p> <p>Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas Vezes? _____</p> <p>A geladeira funciona: <input type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca Mabe, modelo REDK380 e fabricante Mabe em  <u>26/05/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável                  pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas                  para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos                  referentes.</p> <p>Assinatura: <u>Wandyan Teixeira da Silva</u>  <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo REDK380)</small></p> <p>Assinatura: <u>Domício</u>  <small>(Labelo)</small></p> <p>Testemunha 1: <u>Chate</u></p> <p>Testemunha 2: <u>Amor</u></p>	

Referência 9	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: right;">2197</p> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>Rafael Schwan da Silva</u>, CPF nº <u>816582730-87</u> e residente na <u>Rua Paroliniana 326 FUNDOS</u> <u>LONOR NO PINTO</u> - <u>Porto Alegre</u> declaro que recebi o refrigerador marca <u>Consul</u>, modelo <u>CRM33</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUC/RS. Em troca, dei a geladeira marca <u>Consul</u>, modelo <u>210 5L</u> e fabricante <u>Labeo</u>, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b></p> <p>Adquiriu? <input type="checkbox"/> Novo <input checked="" type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1996</u> Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____ Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____ A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Consul</u>, modelo <u>CRM33</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> em <u>18/05/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> <p>Assinatura: <u>Rafael Schwan da Silva</u> (Novo Proprietário do Refrigerador modelo <u>CRM33</u>)</p> <p>Assinatura: <u>Armando Martins</u> (Labeo)</p> <p>Testemunha 1: <u>Helio</u></p> <p>Testemunha 2: <u>Armando</u></p>	

Referência 10	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: right;">2198</p> <p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>Ruilens Ribeiro da Costa</u>, CPF nº <u>292.656.500-45</u> e residente na <u>Rua Martins de</u> <u>Silva nº: 1415 - Portinari - Porto Alegre</u> declaro que recebi o refrigerador marca <u>Brastramp</u>, modelo <u>BRD49D</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUC/RS. Em troca, dei a geladeira marca <u>Brastramp</u>, modelo _____ e fabricante <u>Labeo</u>, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica e posterior descarte.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b></p> <p>Adquiriu? <input checked="" type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1986</u> Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____ Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____ A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Brastramp</u>, modelo <u>BRD49D</u> e fabricante <u>Whirlpool</u> em <u>18/05/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> <p>Assinatura: <u>Ruilens Ribeiro da Costa</u> (Novo Proprietário do Refrigerador modelo <u>BRD49D</u>)</p> <p>Assinatura: <u>Armando Martins</u> (Labeo)</p> <p>Testemunha 1: <u>Helio</u></p> <p>Testemunha 2: <u>Armando</u></p>	

Referência 11	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>Maria Judite Dias Souza</u>                      CPF nº <u>37800420704</u> e residente na <u>Rua A, 133 Jardim Morada do Sol - Portenon</u> declaro que recebi o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>REDK34</u> e fabricante <u>Mabe</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUC/RS. Em troca, dei a geladeira marca <u>Cósmul</u>, modelo _____ e fabricante <u>Cósmul</u> ao Labeo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b>                      Adquiriu? <input type="checkbox"/> Novo <input checked="" type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1985</u>                      Já apresentou defeito? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas vezes? <u>05</u>                      Passou por algum conserto? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantas vezes? <u>05</u>                      A geladeira funciona: <input type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>REDK34</u> e fabricante <u>Mabe</u> em <u>10/09/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> <p>Assinatura: <u>Maria Judite Dias Souza</u>  <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo REDK34)</small></p> <p>Assinatura: <u>Abraão Mior</u>  <small>(Labeo)</small></p> <p>Testemunha 1: <u>[Assinatura]</u></p> <p>Testemunha 2: <u>[Assinatura]</u></p>	

Referência 12	
Termo de Doação	Foto do refrigerador
<p style="text-align: center;"><b>Termo de Doação</b></p> <p>Eu, <u>Carla Luiza Barth</u>                      CPF nº <u>579.300.400-77</u> e residente na <u>Rua Maria José Bins, 68</u> declaro que recebi o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>R620E</u> e fabricante <u>Mabe</u> dos Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica, Calibração e Ensaios - Labeo, localizado na PUC/RS. Em troca, dei a geladeira marca <u>Prodolimo</u> modelo <u>0311</u> e fabricante <u>Prodolimo</u> ao Labeo, para que este realize ensaios de eficiência energética para determinar o consumo de energia elétrica.</p> <p><b>Informações adicionais do refrigerador doado ao Labeo</b>                      Adquiriu? <input checked="" type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> Usado Qual ano? <u>1972</u>                      Já apresentou defeito? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____                      Passou por algum conserto? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Quantas vezes? _____                      A geladeira funciona: <input checked="" type="checkbox"/> Direto (24 h, todo ano) <input type="checkbox"/> Parte do dia ou ano</p> <p>Dessa forma, recebo o refrigerador marca <u>Mabe</u>, modelo <u>R620E</u> e fabricante <u>Mabe</u> em <u>10/02/2009</u> em perfeito estado de funcionamento e a partir desse momento serei responsável pela sua manutenção e em caso de futuros defeitos, buscarei profissionais e empresas qualificadas para que realizem os serviços necessários para manutenção corretiva e assumo todos os custos referentes.</p> <p>Assinatura: <u>Carla Luiza Barth</u>  <small>(Novo Proprietário do Refrigerador modelo R620E)</small></p> <p>Assinatura: <u>Abraão Mior</u>  <small>(Labeo)</small></p> <p>Testemunha 1: <u>[Assinatura]</u></p> <p>Testemunha 2: <u>[Assinatura]</u></p>	