

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DE CURITIBA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA
ÊNFASE ELETROTÉCNICA**

**ALLAN DA SILVA INÁCIO
CÉSAR AUGUSTO SANCHEZ HORNING
ROMUALDO PETTERS PIETROVSKI**

**ESTUDO DO IMPACTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
REFRIGERADORES NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

**ALLAN DA SILVA INÁCIO
CÉSAR AUGUSTO SANCHEZ HORNING
ROMUALDO PETERS PIETROVSKI**

**ESTUDO DO IMPACTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
REFRIGERADORES NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Projeto Final 2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadora: Prof^ª. Maria de Fátima Ribeiro Raia, Dr. Eng.

CURITIBA

2011

RESUMO

INÁCIO, Allan da Silva; HORNING, César Augusto Sanchez; PIETROVSKI, Romualdo Petters. **Estudo do impacto da eficiência energética em refrigeradores no sistema elétrico brasileiro**. 2011. 105 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica - Eletrotécnica) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2011.

Este trabalho apresenta um estudo do impacto da eficiência energética em refrigeradores domésticos no sistema elétrico brasileiro. Discute programas de incentivo a eficiência energética, normas de eficiência, conceitos de eficiência energética, etiquetagem, selo Procel e o sistema elétrico brasileiro. Apresenta os procedimentos de ensaios de eficiência retirados das normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561, e demonstra um ensaio em uma amostra de refrigerador de 1995. Complementado por uma pesquisa e coleta de dados através de órgãos governamentais, o estudo verificou, por meio de equações e das tabelas de eficiência energética dos refrigeradores pesquisados, o consumo de um refrigerador padrão para os anos de 1999, 2000 e 2011, de refrigeradores com uma porta, combinados e *frost free*, apresentando uma melhora significativa na eficiência de todos os modelos e uma redução do consumo de energia através dessa eficiência.

Palavras-chave: Eficiência energética. Refrigeradores. Sistema elétrico brasileiro. Ensaio. Consumo.

ABSTRACT

INÁCIO, Allan da Silva; HORNING, César Augusto Sanchez; PIETROVSKI, Romualdo Petters. **Study of the impact of energy efficiency in refrigerators in the Brazilian electric system.** 2011. 105 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica - Eletrotécnica) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2011.

This work presents a study of the impact of energy efficiency in domestic refrigerators in the Brazilian electric system. Discusses programs to encourage energy efficiency, efficiency standards, energy efficiency concepts, labeling, seal Procel and the Brazilian electric system. Presents procedures for testing efficiency taken from ISO 7371, ISO 8187 and ISO 8561, and shows a sample test of an 1995 refrigerator. Complemented by research and data collected of government agencies, the study found, through equations and tables of the energy efficiency of refrigerator surveyed, the consumption of a standard refrigerator for the years of 1999, 2000 and 2011, refrigerators with one door, combined and *frost free*, showing a significant improvement in the efficiency of all models and a reduction of energy consumption through this efficiency.

Keywords: Energy efficiency. Refrigerator. Brazilian electric system. Test. Consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etiqueta de Eficiência Energética Utilizada nas Filipinas.....	22
Figura 2 – Selo <i>Energy Star</i> (E.U.A.).....	23
Figura 3 – Etiqueta de Eficiência Energética Utilizada na Austrália.....	24
Figura 4 – Etiqueta de Eficiência Energética Utilizada na Tailândia.....	24
Figura 5 – Etiqueta Utilizada na União Européia.....	26
Figura 6 – Etiqueta de Eficiência Energética Norte Americana.....	27
Figura 7 – Etiqueta de Eficiência Energética Canadense.....	28
Figura 8 – Padrões Normatizados e Implementação de Etiquetas	34
Figura 9 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.....	36
Figura 10 – Fator de Degradação da Eficiência.....	41
Figura 11 - Exemplo de Operação de um Refrigerador-Congelador Livre de Gelo.....	58
Figura 12 – Partições para Restringir a Circulação de Ar.....	62
Figura 13 – Visão Lateral.....	73
Figura 14 – Visão Lateral.....	74
Figura 15 – Visão Lateral com Recipientes.....	74
Figura 16 – Visão Lateral.....	74
Figura 17 – Visão Lateral.....	75
Figura 18 – Visão Frontal.....	75
Figura 19 – Visão Frontal.....	76
Figura 20 – Visão Frontal: Recipientes com Cantos Arredondados.....	76
Figura 21 – Compartimento de Comida Resfriada.....	78
Figura 22 – Compartimento de Comida Resfriada ou Congelada.....	79
Figura 23 – Compartimento de Comida Resfriada ou Congelada.....	80
Figura 24 – Compartimento de Comida Resfriada ou Congelada.....	80
Figura 25 – Compartimento de Comida Resfriada ou Congelada.....	81
Figura 26 – Tomada Controlada pelo CLP.....	87
Figura 27 – Câmara Climática.....	87
Figura 28 – Conexão entre os Termopares e o Transdutor de Temperatura.....	87
Figura 29 – Interface SCADA para Controle de CLP.....	88

Figura 30 – Vista Frontal do Refrigerador.....	89
Figura 31 – Vista Traseira.....	89
Figura 32 – Vista Interior.....	89
Figura 33 – Esquema Elétrico e Etiquetas.....	90
Figura 34 – Refrigerador Inserido na Câmara Climática.....	91
Figura 35 – Interface Mostrando a Estabilização da Câmara.....	92
Figura 36 – Plano de Carga com Embalagem Padrão.....	93
Figura 37 – Duas Embalagens Padrão de 1 kg.....	93
Figura 38 – Três Termopares.....	94
Figura 39– Resultado do Ensaio do Capítulo 13 da Norma ISO 8187.....	95
Figura 40 – Interface Mostrando a Estabilização da Câmara.....	98
Figura 41 – Interface Apresentando a Situação do Ensaio.....	98
Figura 42 – Planilha de Resultado do Capítulo 15.....	99
Figura 43 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 7371.....	124
Figura 44 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 7371.....	124
Figura 45 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 8187.....	125
Figura 46 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 8187.....	125
Figura 47 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 8561.....	126
Figura 48 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 8561.....	126
Figura 49 – Exemplo de uma Embalagem Padrão.....	128
Figura 50 – Exemplo de uma Embalagem Padrão Pequena.....	129
Figura 51 – Exemplo de uma Embalagem Padrão Tipo “M”.....	129

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperaturas no Compartimento Refrigerador.....	96
Gráfico 2 – Temperaturas no Compartimento Congelador.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Perfil do Consumo de Energia Elétrica no Brasil	14
Quadro 2 – Resultados e Investimentos Anuais Obtidos pelo Procel.....	30
Quadro 3 – Resultados Acumulados pelo Procel.....	31
Quadro 4 – Estrutura do Mercado Nacional de Refrigeradores, 2000.....	42
Quadro 5 – Estrutura do Mercado Nacional de Refrigeradores, 2008.....	43
Quadro 6 – Classes Climáticas.....	56
Quadro 7 – Temperatura de Armazenamento para Todas as Classes Climáticas.....	57
Quadro 8 – Dimensões e Massa dos Pacotes de Teste.....	63
Quadro 9 – Quantidade de Embalagens “M” para Determinado Volume.....	72
Quadro 10 – Diferentes Condições Possíveis de Temperatura de Armazenamento.....	80
Quadro 11 – Reta de Consumo Padrão.....	100
Quadro 12 – Fator de Resfriamento.....	100
Quadro 13 – Dados de Refrigeradores do Ano de 1999.....	102
Quadro 14 – Dados de Refrigeradores do Ano de 2000.....	103
Quadro 15 – Dados de Refrigeradores Atuais.....	104
Quadro 16 – Consumo do Modelo Equivalente.....	106
Quadro 17 – Consumo do Modelo Equivalente.....	106
Quadro 18 – Consumo do Modelo Equivalente.....	106
Quadro 19 – Unidades de Refrigeradores Comercializados antes da ENCE.....	107
Quadro 20 – Unidades de Refrigeradores Comercializados Atualmente.....	107
Quadro 21 – Divisão da Venda de Refrigeradores por Tipo.....	108
Quadro 22 – Quantidade de Refrigeradores Comercializados no Ano de 2000.....	108
Quadro 23 – Quantidade de Refrigeradores Comercializados no Ano de 2010.....	109
Quadro 24 – Quantidade Total de Refrigeradores Anteriores a ENCE.....	109
Quadro 25 – Quantidade Total de Refrigeradores Novos.....	109
Quadro 26 – Consumo Total de Refrigeradores, Ano Base 2010.....	110

LISTA DE SIGLAS

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Agência do Meio Ambiente e da Gestão de Energia) – (França)
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CE	Comunidade Européia
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CGIEEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
EEO	Equal Employment Opportunity (Oportunidades iguais de emprego) – (E.U.A.)
E.U.A.	Estados Unidos da América
ELETRORBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPA	Agência de Proteção Ambiental norte-americana
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (Instituto para a Diversificação e Poupança de Energia)
IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão Internacional de Eletrotécnica)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization of Standardization (Organização Internacional de Padronização)
LABESE	Laboratório de Segurança de Aparelhos Eletrodomésticos da Electrolux
MME	Ministério de Minas e Energia
OCDE	Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.

PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RGR	Reserva Global de Reversão
UE	União Européia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 TEMA.....	12
1.1.1 Delimitação do Tema.....	15
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo Geral.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
1.4 JUSTIFICATIVA.....	17
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2 PROGRAMAS DE INCENTIVO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	20
2.1 ETIQUETAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE OUTROS PAÍSES.....	21
2.2 PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL).....	29
2.3 PROGRAMA DE ETIQUETAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	32
2.3.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).....	34
2.3.2 A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE.....	35
2.4 NORMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	36
2.4.1 Regulamento Brasileiro.....	37
2.4.2 Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.....	38
3 METODOLOGIA DE ANÁLISE	40
3.1 CONSUMO MÉDIO DE ENERGIA	40
3.1.1 Degradação da Eficiência Energética	41
3.2 SEGMENTAÇÃO DO MERCADO DE REFRIGERADORES.....	42
4 PROCEDIMENTOS DE ENSAIO DE EFICIÊNCIA	44
5 DEMONSTRAÇÃO DO ENSAIO DE EFICIÊNCIA.....	86
5.1 LABORATÓRIO DE ENSAIO.....	86
5.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	86
5.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	88
5.4 APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DE ENSAIO SEGUNDO ISO 8187.....	91

5.4.1 Ensaio do Capítulo 13 da Norma ISO 8187.....	92
5.4.1.1 Resultado do ensaio do capítulo 13 da norma ISO 8187.....	92
5.4.2 Ensaio do Capítulo 15 da Norma ISO 8187.....	97
5.4.2.1 Resultado do ensaio do capítulo 15 da norma ISO 8187.....	98
6 APRESENTAÇÃO DE DADOS REFERENTES A EFICIÊNCIA.....	94
7 ANALÍSE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	105
7.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	105
7.2 REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA.....	107
8 CONCLUSÃO.....	111
8.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	113
REFERÊNCIAS.....	114
ANEXO A	117
ANEXO B	123
ANEXO C.....	127
ANEXO D.....	130
ANEXO E.....	134

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Durante a década de 1970 o mundo passou por duas crises do petróleo (1973¹ e 1979²) e desde então, segundo Dias (2007), o governo brasileiro está mais atento para dependência estrangeira e para a situação energética do país. Com o passar dos anos foi possível observar ações governamentais cíclicas visando à racionalização do uso da energia. Essa racionalização, em um primeiro momento, foi direcionada para as indústrias e transportes. Nessa fase, o foco dos projetos era a substituição do petróleo pela energia elétrica nas indústrias e emprego do álcool combustível no lugar da gasolina e, também, redução de desperdícios. Com a redução do preço do barril de petróleo, no ano de 1989, houve uma diminuição dos investimentos na área da conservação de energia. Consequentemente, a frota nacional e as indústrias retornaram ao uso do petróleo e seus derivados.

No Brasil, a preocupação com a eficiência energética tomou forma com a criação do Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica – PROCEL³ – pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, e gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobras⁴ (ELETROBRAS, 2010).

Uma nova turbulência mundial, a guerra do Golfo⁵, em 1991, reavivou a questão da dependência do petróleo e segundo Dias (2007) as dificuldades nas empresas de energia, endividamento das estatais e falta de capital para investimentos, ficaram evidenciadas e,

¹ O primeiro choque do petróleo ocorreu em 1973, quando os países do Oriente Médio descobriram que o petróleo é um bem não-renovável.

² Como consequência da revolução islâmica, a paralisação da produção de petróleo iraniana provocou o segundo grande choque.

³ O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL foi criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio.

⁴ Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras) é uma empresa de capital aberto, controlada pelo governo brasileiro, que atua nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (ELETROBRAS, 2010).

⁵ Guerra ocorrida em 1991, contra o Iraque, para libertação do Kuwait, liderada pelos Estados Unidos, junto com os aliados europeus e a Arábia Saudita.

então, foi uma revisão da condição estratégica nacional, visando um desenvolvimento sustentável, iniciando um novo ciclo de programas de conservação de energia. Neste mesmo ano, segundo a Eletrobrás, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo, tendo responsabilidade e abrangência ampliadas. Com o novo patamar, o objetivo do PROCEL passou a ser promover a eficiência energética, reduzir os impactos ambientais e contribuir para melhorar a qualidade de vida da população e a eficiência dos bens e serviços.

Segundo Tolmasquim (2000) no período entre 1990 e 2000 a capacidade instalada foi expandida em 35%, enquanto o consumo cresceu 49%.

Para Martins (1999), o PROCEL, a partir de 1994, passou por uma revitalização, procurando aproveitar os avanços das experiências internacionais, conseguidas por meio de convênios com Canadá, Comunidade Européia e Estados Unidos. Os programas de eficiência energética adotados nesses países possuíam uma sólida base tecnológica e uma forte orientação para o mercado, ou seja, era preciso ter o conhecimento das expectativas e necessidades dos consumidores.

Segundo Martins (1999) devido às dimensões continentais e considerando a experiência estrangeira, verificou-se a necessidade de inovar na forma de atuação dos programas de eficiência energética. Assim, o PROCEL começou a firmar parcerias com governos estaduais, concessionárias, prefeituras, agências de regulação e associações de classe com o objetivo de criar uma rede de convênios no Brasil. Através dela, o PROCEL, vem fomentando o desenvolvimento regulatório, educacional e tecnológico.

E a partir das crises energéticas de 1999, quando o problema atingiu dez estados, correspondendo a mais de 60% do território nacional, e de 2001, quando o país convivia com o receio de um novo blecaute, tudo isso somado a poucos investimentos no setor nos últimos anos, aumentou o interesse tanto do governo quanto da população em eficiência energética.

As metas de longo prazo do PROCEL, incluídas no Plano 2015 da Eletrobrás, apontam para uma redução do consumo da ordem de 130 TWh no ano de 2015, o que equivale a evitar a expansão do sistema elétrico brasileiro em 25.000 MW (cerca de duas usinas de Itaipu), com ganho líquido para o Brasil de R\$ 34 bilhões (ELETROBRAS, 2010).

O quadro 1 demonstra o perfil de consumo de energia elétrica no Brasil, no período compreendido entre os anos de 1999 e 2004, um dado relevante a observar é o consumo de energia elétrica total que em 1999 era 291.110 GWh e em 2004 era de 320.701 GWh. Ou seja, houve um incremento de 10,16% em 5 anos.

Perfil do Consumo de Energia Elétrica no Brasil (em GWh)						
Classe	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Residencial	81.249	83.494	73.770	72.660	76.165	78.473
Industrial	123.560	131.195	122.629	127.694	129.877	145.996
Comercial	43.562	47.437	44.517	45.251	47.532	49.691
Outros	42.739	44.621	42.882	44.327	47.072	46.541
Total	291.110	306.747	283.798	289.932	300.646	320.701

Quadro 1 – Perfil do Consumo de Energia Elétrica no Brasil (GWh)

Fonte: PROCEL (2005).

Desde 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, INMETRO, tratando, de forma pioneira, do consumo residencial, abriu uma discussão com a sociedade da questão da eficiência energética, buscando racionalizar o uso de energia no país e informar os consumidores sobre a eficiência energética de cada produto com o intuito de estimulá-los a fazer uma compra consciente.

Segundo o INMETRO (2011), este projeto inicialmente voltado para a área automotiva, cresceu e tornou-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem, com enfoque principalmente na área de produtos consumidores de energia elétrica. Esse programa é desenvolvido através de adesão voluntária dos fabricantes e possui, entre os parceiros, dois que valem destacar: PETROBRAS, por meio do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET – e a Eletrobrás, por meio do PROCEL.

De acordo com o INMETRO (2011), essas parcerias já desenvolveram 22 programas de etiquetagem, e prevê o desenvolvimento de mais 20 para os próximos anos. O governo brasileiro, após a crise energética de 2001, resolveu resgatar o projeto de lei que estava no senado federal, e que estabeleceria uma política nacional de eficiência energética para aparelhos e máquinas consumidores energia no país.

Este projeto tornou-se lei quando foi decretada pelo Presidente da República em 17 de Outubro de 2001, a Lei 10.295 que determina que o Poder Executivo estabeleça os níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência energética de aparelhos e máquinas

consumidores de energia comercializados no país. Estabelece ainda que, num prazo de até 1 ano a partir da regulamentação específica de cada produto, será elaborado um programa de metas, para uma progressiva evolução de índices (INMETRO, 2011).

Após a publicação da lei foi criado e publicado o decreto 4.059, que regulamenta a lei que estabelece os temas abordados na regulamentação específica de cada equipamento (normas técnicas de referência, mecanismo de avaliação da conformidade, níveis a serem atingidos, fiscalização, etc.). Ficou oficializado que o Inmetro é o órgão responsável pela fiscalização e avaliação da conformidade. Por meio deste decreto, criou-se o CGIEEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética com a função de elaborar a regulamentação específica para cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia (INMETRO, 2011).

Segundo o INMETRO, após o decreto, o instituto passou a ter a responsabilidade, não apenas como voluntário por estabelecer programas de avaliação da conformidade compulsória na área de desempenho energético. Passou, então, portanto, a ter participação fundamental na implementação da Lei de Eficiência Energética (INMETRO,2011) .

1.1.1 Delimitação do Tema

O presente trabalho abordará ensaios relacionados à eficiência energética em refrigeradores domésticos. Serão realizados ensaios descritos nas normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561 para verificar a degradação da eficiência energética com o passar dos anos. Será calculado um refrigerador equivalente para cada tipo de refrigerador (uma porta com compartimento congelador, combinado e *frost free*) com os dados de tabelas de eficiência energética. Serão comparados os refrigeradores equivalentes para determinar a melhora percentual se comparado os anos de 1999 e 2000 com 2011. E será estudado o impacto no sistema elétrico nacional, para que comentários possam ser feitos a respeito do Programa Nacional de Conservação de Energia do Governo Federal, PROCEL.

Apenas serão abordados neste estudo refrigeradores domésticos. Este em particular foi escolhido pelo seu consumo relevante e maior presença nos domicílios e por fazer parte de programas de retrofit⁶ em concessionárias, como é o caso da COPEL.

Nos ensaios será utilizada uma amostra de refrigerador da década de 1990.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Devido à escassez de documentação disponível a respeito da eficiência energética em refrigeradores, de um estudo a respeito do seu impacto no sistema elétrico brasileiro e da carência de dados que demonstrem que esse programa realmente está causando efeito na rede energética, pois antes de 1993⁷ não era obrigatório realizar ensaios de eficiência, optou-se, então, por desenvolver uma documentação baseada em ensaios que serão realizados para verificar temperatura, corrente, potência e consumo.

De posse dos resultados, será calculada a variação da eficiência energética, serão comparados valores obtidos nos equipamentos antigos com os atuais, que serão anexados com o restante do estudo, gerando, assim, uma documentação técnica.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo do impacto da eficiência energética em refrigeradores domésticos no sistema elétrico brasileiro.

⁶ É um termo utilizado, principalmente na engenharia, para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma.

⁷ O SELO PROCEL DE ECONOMIA ou simplesmente Selo Procel, foi instituído por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993 (ELETROBRAS,2011).

1.3.2 Objetivos Específicos

Este trabalho visa alcançar os seguintes objetivos específicos:

- a) pesquisar a respeito da eficiência energética, etiquetagem e o sistema elétrico brasileiro;
- b) traduzir os capítulos relevantes para o desenvolvimento dos ensaios das normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561;
- c) realizar os ensaios para verificar a potência, corrente e consumo e obter as temperaturas em pontos estratégicos das amostras, baseados nas normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561;
- d) encontrar o índice de eficiência da amostra selecionada de acordo com o RESP/001-REF: regulamento específico para o uso da etiqueta nacional de conservação de energia;
- e) comparar os dados obtidos sobre refrigeradores anteriores a compulsoriedade da ENCE com os utilizados atualmente, e determinar se houve e qual o valor percentual da melhora da eficiência energética;
- f) avaliar o consumo total dos refrigeradores por tipo antes da introdução da ENCE e atualmente, através da fatia de mercado de cada fabricante;
- g) verificar a diferença no consumo de energia no sistema elétrico brasileiro, devido a introdução do programa de etiquetagem de refrigeradores;

1.4 JUSTIFICATIVA

Este estudo é importante para gerar uma documentação técnica a respeito de eficiência energética em refrigeradores, verificar a eficiência do PROCEL e o impacto na demanda de energia do sistema elétrico brasileiro.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Serão realizadas pesquisas sobre: eficiência energética, o sistema elétrico brasileiro e a preocupação a respeito da eficiência energética ao longo dos anos. Serão consultados artigos científicos, livros técnicos, normas técnicas e profissionais da área.

Parte do referencial teórico será elaborado com base no Procel e em seus testes realizados utilizando as normas ISO 7371: equipamentos de refrigeração doméstica – refrigeradores com ou sem compartimento de baixa temperatura – características e métodos de ensaios; ISO 8187: equipamentos de refrigeração doméstica – combinados (refrigerador-congelador) – características e métodos de ensaios e ISO 8561: equipamentos de refrigeração doméstica livres de gelo – refrigeradores, combinados, compartimentos de armazenagem de comida congelada e refrigeração de alimentos por circulação forçada de ar – características e métodos de ensaios, como também serão observadas as etiquetas apropriadas.

As normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561 serão traduzidas neste trabalho, esta tradução será informal, portanto não oficial.

Será utilizada uma amostra fabricada no período de 1991 a 2000. Para demonstração dos procedimentos e materiais utilizados nos ensaios descritos nas normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561.

Serão levantados dados (potência nominal, consumo de energia, capacidade de resfriamento) a respeito da amostra utilizada nos ensaios.

Para os ensaios serão utilizados os laboratórios cedidos pela empresa ELECTROLUX, e a verificação da potência, corrente, consumo e temperaturas em pontos estratégicos das amostras, serão baseados nas normas ISO 7375, ISO 8187 e ISO 8561.

Os dados obtidos nos ensaios serão dispostos em tabelas, e será verificada a degradação decorrente do período de utilização.

Em seguida, serão comparados os dados com o intuito de determinar um refrigerador equivalente por tipo dos anos 1999, 2000 e 2011. Estes modelos equivalentes serão calculados levando em consideração os modelos no mercado nestes anos e seus *market shares*. Verificando assim se houve melhora na eficiência energética.

Com base na segmentação de mercado atual será calculado através dos dados de eficiência dos modelos atuais, o consumo atual decorrente dos refrigeradores, e comparado com o consumo de 1999 e 2000.

Com os valores faremos uma análise para verificar o impacto do consumo no sistema elétrico brasileiro.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será constituído por:

1. introdução: será composto pelo tema, sua delimitação, objetivos e estrutura do trabalho.
2. revisão bibliográfica: a respeito de eficiência energética, etiquetagem e sistema elétrico brasileiro.
3. metodologia: serão explicados os métodos usados nos ensaios.
4. procedimentos: serão descritos os ensaios e serão analisados os dados obtidos.
5. considerações finais.
6. referências bibliográficas: serão listados todos os livros, artigos científicos, tabelas e dados utilizados neste trabalho.
7. anexos: parte do regulamento específico para uso da etiqueta de conservação de energia e algumas imagens de modelos de refrigeradores utilizados nos ensaios.

2 PROGRAMAS DE INCENTIVO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com DuPont (1999) existem duas formas de iniciar um projeto de eficiência energética em um país. A primeira é através dos consumidores, utilizando de etiquetas informativas, conscientizando o consumidor da melhor compra. Outro é por meio dos fabricantes, onde é estabelecido um conjunto de normas e regulamentos para a comercialização de produtos consumidores de energia elétrica.

Os programas e medidas implementadas pela União Européia (UE) e OCDE⁸ relatados por Martins (1999) podem ser classificados em sete categorias principais: informação, treinamento e promoção de gerenciamento de energia; medidas institucionais e organizacionais; pesquisa, desenvolvimento e demonstração; regulação e acordos voluntários; incentivos econômicos e financeiros; políticas tarifárias e fiscais; e programas de gerenciamento pelo lado da demanda.

Segundo Martins (1999) as diferentes abordagens escolhidas pelos países da União Européia e OCDE as taxas de sucesso das medidas adotadas são de difícil mensuração, uma vez que estão relacionadas a questões históricas, políticas, e econômicas e sociais dos diferentes países.

Foi observado na maioria dos países que o primeiro passo foi o estabelecimento de uma política ou programa de conservação de energia, visando formar uma instituição encarregada de coordenar e motivar a sociedade para desenvolver, de forma centralizada, ações de eficiência energética nas esferas nacional, regional e local.

Como exemplos, em alguns países foram criados departamentos de administração de energia encarregados da eficiência energética na França – SERUSE – e Reino Unido – EEO, as agências públicas de eficiência energética da França – ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) – e da Espanha – IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) – também encarregadas da proteção ambiental e desenvolvimento de energia renováveis (MARTINS,1999).

A adoção de uma nova forma de organização do setor de energia, segundo Martins (1999), incluindo outras formas de energia, foi o segundo passo importante. A Comunidade

⁸ OCDE – Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento, fundada em 1961, é uma organização intergovernamental de trinta países membros comprometidos com a democracia e a economia de mercado, constitui um fórum multilateral de discussão, desenvolvimento, e reforma de políticas econômicas e sociais (APA, 2011).

Européia (CE) intervém no setor elétrico através de resoluções elaboradas pelo Conselho de Ministros, e seus três principais objetivos são garantir o fornecimento de energia, proteção ambiental e disseminação da competitividade e a eficiência.

Outro fator importante a ser destacado na progressão das atividades de eficiência energética na experiência européia, se refere à formação de redes de inovação. Exemplos desses programas são THERMIE, JOULE e OPET. Fruto desse avanço no campo da pesquisa e desenvolvimento, a Comissão Européia publicou uma série de documentos sobre eficiência energética, entre eles, normas técnicas para etiquetagem de aparelhos eletrodomésticos e índices mínimos de eficiência energética dos mesmos.

Nos Estados Unidos da América a preocupação com a eficiência energética começou, também, com as crises do petróleo (1973 e 1979) que afetaram fortemente a sua geração de energia. O enfoque da política norte-americana de eficiência energética deslocou-se para as questões ambientais, devido ao temor do aumento do consumo de energia provocar um acréscimo do grau de poluição local (MARTINS, 1999).

2.1 ETIQUETAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE OUTROS PAÍSES

Segundo Wiel (2001), existem três categorias de etiquetas de energia utilizadas em vários países, são elas:

- a) somente informativa;
- b) conformidade;
- c) comparativa.

As informativas apresentam somente informação. Etiquetas meramente informativa geralmente são eficazes apenas para os mais conscientes e economicamente e/ou ambientalmente interessados (WIEL, 2001).

As etiquetas de informação somente fornecem dados sobre o desempenho técnico do produto e não oferecem nenhuma forma simples (como um sistema de classificação) para comparar o desempenho energético entre os produtos. Estes tipos de rótulos não são, em

geral, favoráveis ao consumidor, pois eles contêm apenas informações técnicas genéricas (CLASPONLINE, 2009). Um exemplo de etiqueta informativa é apresentado na figura 1, que é uma ilustração de uma etiqueta de eficiência energética filipina.

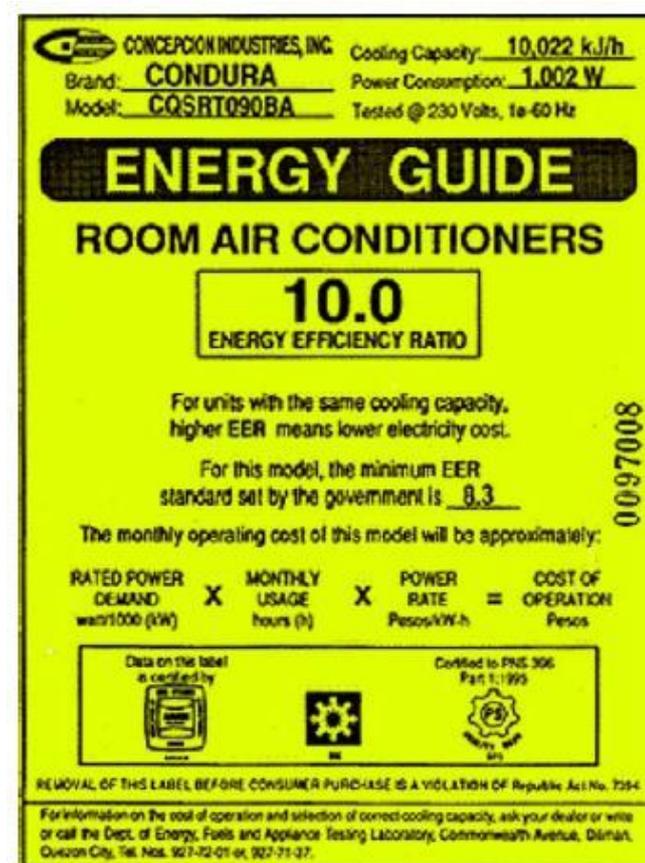


Figura 1 – Etiqueta de Eficiência Energética Utilizada nas Filipinas

Fonte: CLASP Online, 2010.

As etiquetas de conformidade, essencialmente, oferecem um selo de aprovação quando um produto satisfaz critérios pré-especificados (CLASPONLINE, 2010).

Eles são geralmente baseados em um simples critério binário de “atende ou não atende” certos procedimentos e oferece poucas informações adicionais (CLASPONLINE, 2010). Um exemplo de uma etiqueta de aprovação de eficiência é o selo “*Energy Star*”, mostrada na figura 2, fornecida pela EPA (Agência de Proteção Ambiental norte-americana).



Figura 2 – Selo “Energy Star”, Exemplo de Etiqueta de Aprovação de Eficiência

Fonte: Energy Star, 2011.

A maioria dos países escolhe um rótulo comparativo para a aplicação de normas de eficiência energética e etiquetas (WIEL; MCHON, 2001). O formato básico em uso ao redor do mundo para etiquetas comparativas podem ser agrupadas em três estilos básicos que são:

- a) etiquetas no estilo australiano, ver figura 3 e 4;
- b) etiquetas no estilo europeu, ver figura 5;
- c) etiquetas no estilo norte-americano, ver figura 6 e 7;

A etiqueta no estilo australiano apresenta base quadrada ou retangular com semicírculo na parte superior. Assemelha-se a um velocímetro ou medidor, a qualidade do produto cresce no sentido horário. Este tipo de etiqueta é utilizado na Austrália, Tailândia e Coreia do Sul e é proposto na Índia. O número de estrelas ou de classificação numeral na escala depende do desempenho da eficiência que o modelo é capaz de atender (há cinco, seis ou sete posições) (AGO, 2002). Como exemplo de etiqueta comparativa com formato básico australiano tem-se as figuras 3 e 4.

A figura 3 um ilustração da etiqueta de eficiência energética utilizada na Austrália, à eficiência, neste caso pode variar de uma a seis estrelas, onde seis é mais eficiente.

A figura 4 ilustra a etiqueta de eficiência energética tailandesa, também, uma etiqueta no formato básico australiana. Na Tailândia adota-se a numeração representando a eficiência, onde um é menos e cinco o mais eficiente possível.

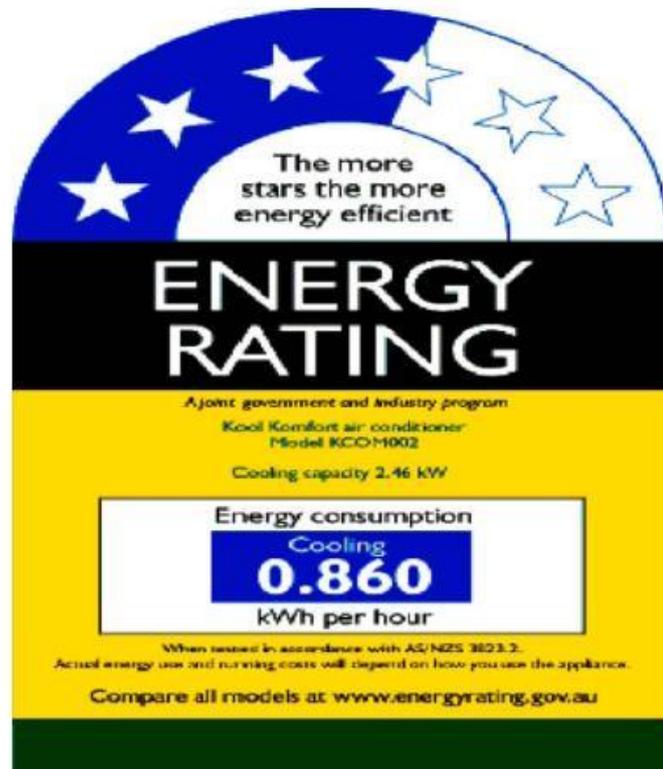


Figura 3 – Etiqueta de Eficiência Energética Utilizada na Austrália

Fonte: ENERGYRATING, 2009.



Figura 4 – Etiqueta de Eficiência Energética Utilizada na Tailândia

Fonte: United Nations Technical Cooperation, 2011.

Já a etiqueta estilo europeu é retangular vertical com letras variando de A a G, onde A é a melhor, classificada na parte superior da etiqueta, e G é a pior, localizada na parte inferior da etiqueta. Observa-se na figura 5 uma barra ao lado de cada letra: por exemplo. Curto e verde para A e longo e vermelho para G. Todas as sete barras da classe são visíveis em todas as etiquetas. A qualidade do produto é indicada por um marcador de seta preta localizada ao lado da barra adequada, por exemplo: para um produto classe B, o marcador carrega a letra B e se posiciona contra a barra B. Devido a requisitos linguisticos da União Européia, a etiqueta é dividida em duas partes. O lado esquerdo é composto por um texto de linguagem específica e tende a ser fornecida e afixada no país de venda. O lado direito, mostra os dados, e tende a ser fornecida pelo fabricante. Um exemplo de etiqueta no formato básico europeu é apresentado na figura 5. Este formato básico de etiqueta é usado em toda a Europa Ocidental e em alguns países do Leste Europeu. O Irã utiliza um espelho da etiqueta do formato básico europeu, devido a direção da escrita persa e usa algarismos ao invés de letras para o ranking, onde 1 é o melhor e 7 é o pior. O Brasil, também, utiliza uma etiqueta no formato básico europeu ver figura 5, e será melhor apresentado na seção 2.2 programa de conservação de energia elétrica (PROCEL,2007).

O formato básico europeu mostra o custo da energia, com base na tarifa nacional de energia média. Também, tem uma escala linear, indicando o maior e o menor uso de energia de modelos no mercado e localiza o modelo específico nessa escala (DUPONT, 1998) (THOTNE, 2000). Esse tipo de rótulo é usado nos EUA e Canadá, ver figuras 6 e 7.

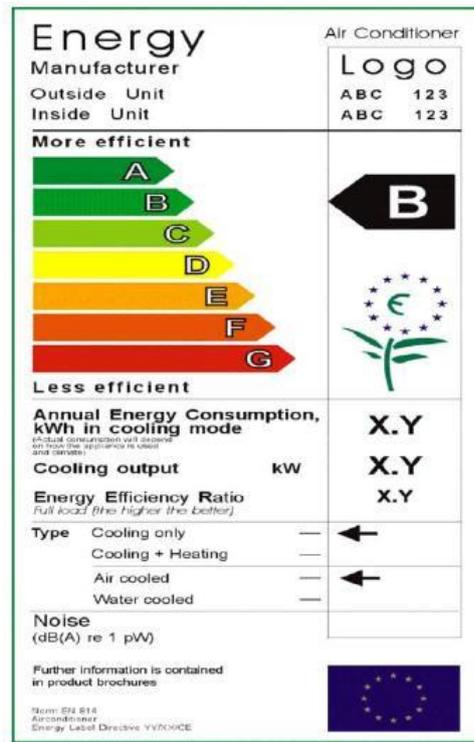


Figura 5 – Etiqueta Utilizada na União Européia, Exemplo de Etiqueta de Eficiência Energética Comparativa.

Fonte: CLASP Online, 2010.

As etiquetas comparativas são divididas em duas subcategorias:

- uma utiliza um sistema de classificação categórica;
- outra usa uma escala contínua ou gráfico de barras para mostrar o uso de energia relativa.

As etiquetas categóricas usam um sistema de classificação que mostram aos consumidores como a eficiência energética de um modelo é comparada com outros. A ênfase principal é sobre o estabelecimento de categorias claras para que o consumidor possa entender facilmente, olhando para uma única etiqueta, como a eficiência energética de um produto em relação aos outros no mercado (MAHLIA, 2002). Como exemplo de uma etiqueta categórica tem a figura 5 que apresenta a etiqueta de eficiência energética na união européia.

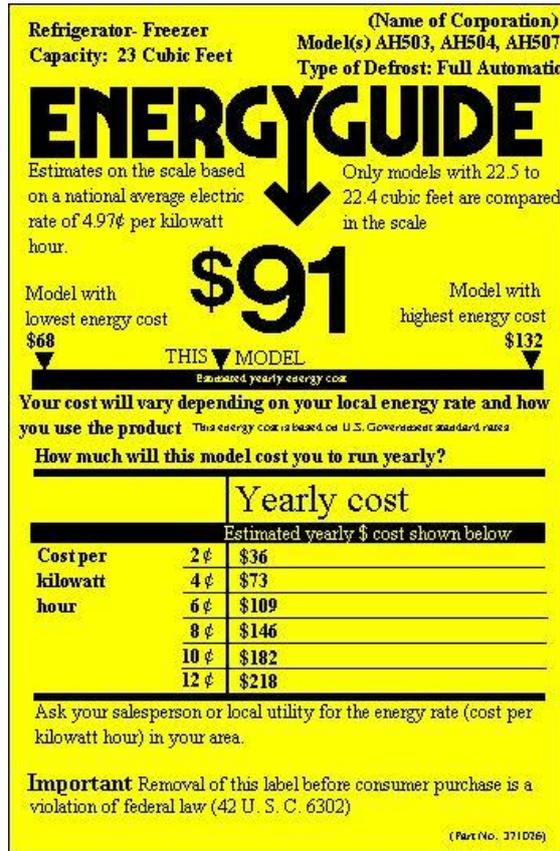


Figura 6 – Etiqueta de Eficiência Energética Norte Americana

Fonte: Departamento de Recursos Naturais do Estado da Louisiana (EUA),

2011

As etiquetas com rótulos contínuos mostram uma informação comparativa que permite aos consumidores escolherem entre os modelos, mas não usa categorias específicas (HARRINGTON, 2001).

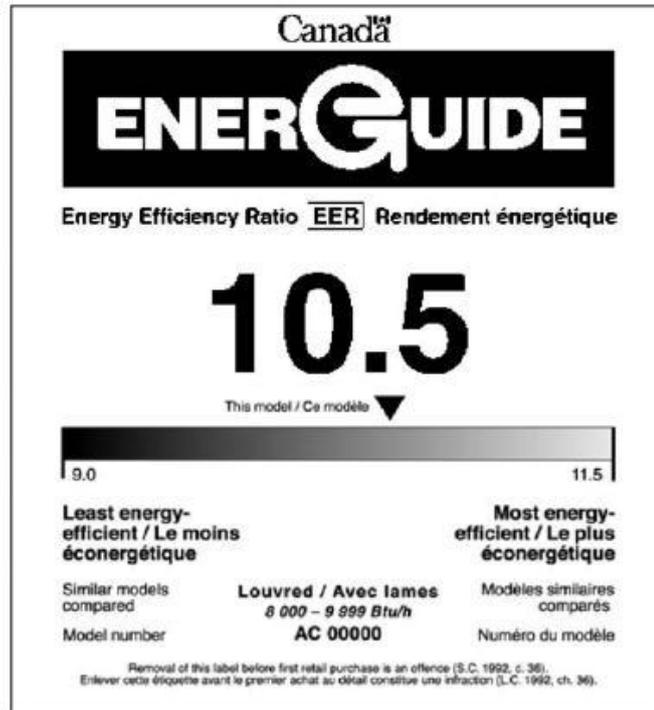


Figura 7 – Etiqueta de Eficiência Energética Canadense, Exemplo de Etiqueta com Escala Contínua

Fonte: Nature Resources Canada, 2011.

É importante manter um estilo de etiqueta consistente e um formato através dos tipos de produto. Isto é mais fácil para os consumidores a compreender um tipo de etiqueta para avaliar diferentes produtos. Para selecionar qual rótulo utilizar nem sempre é fácil. Certamente depende dos consumidores locais, conhecimentos e atitudes. O rótulo de conformidade é bastante eficaz, pelo menos para um segmento de consumidores. Etiquetas de comparação categórica fornecem mais informações sobre o uso de energia e se bem concebido e executado, podem fornecer uma base consistente para consumidores com foco na eficiência energética de uma compra para outra. Etiquetas com escala contínua podem transmitir informações mais detalhadas sobre o uso de energia relativa, mas a pesquisa mostrou que este formato de etiqueta pode ser difícil para o consumidor entender (EGAN, 1998) (DUPONT, 1998) (THORNE, 2000).

A literatura mostra que apenas dois tipos de etiquetas de energia funcionam efetivamente. Em primeiro lugar, a etiqueta com letra e grau que foi introduzida nos países da

União Européia, Irã e Brasil, e em segundo, o tipo estrela ou numérico de usada na Tailândia, Austrália e Índia.

2.2 PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL)

A preocupação com o crescente aumento no consumo de energia já era tema de discussão no Brasil há décadas atrás.

O Programa Conserve criado em 1981 foi considerado a primeira medida de peso em termos de conservação de energia, e visou uma melhora na eficiência energética voltada para a indústria, envolvendo o desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes (ELETROBRAS, 2010).

Na década de 80, devido à problemas relativos às tarifas de energia elétrica, investimentos requeridos e grande prazo de maturação dos projetos de geração e transmissão para a época, a expansão do nosso sistema elétrico tornou-se inviável. Dessa forma, foi tomada a decisão de implementar uma política de conservação do uso de energia elétrica, a qual acabou refletindo na criação do Procel, em dezembro de 1985, como uma medida para melhorar a eficiência energética no Brasil, através da racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, eliminando os desperdícios e reduzindo os custos e os investimentos setoriais (PROCEL, 2007).

Segundo a Petrobras, o Procel vem realizando anualmente a avaliação e divulgação de suas ações, de resultados obtidos e dos investimentos realizados. Investimentos esses que apresentam dados que contabilizam, além de recursos financeiros da própria Eletrobrás, também os de terceiros que provém de fundos de alguns setores e de órgãos internacionais (ELETROBRAS, 2010).

Os dados nos Quadros 2 e 3 demonstram o impacto do Procel de diversas maneiras:

Resultados e Investimentos Anuais Obtidos pelo Procel

	1986/ 2003	2004	2005	2006	2007
Investimentos Eletrobrás/Procel (R\$ milhões) ⁽¹⁾	252,01	27,18	37,17	29,24	13,62
Investimentos RGR (R\$ milhões)	412,00	54,00	44,60	77,80	39,16
Investimentos do Projeto de Eficiência Energética para o Brasil (R\$ milhões) ⁽²⁾	2,09	12,97	16,23	6,20	-
Investimentos Totais Realizados (R\$ milhões)	666,08	94,15	98,02	113,24	52,78
Energia Economizada (bilhões de kWh/ano)	17,22	2,373	2,158	2,845	3,930
Redução de Demanda na Ponta (MW)	4.633	622	585	772	1.357
Usina Equivalente (MW) ⁽³⁾	4.033	569	518	682	942
Investimentos Postergados (R\$ bilhões)	10,65	2,50	1,77	2,23	2,76

Quadro 2 – Resultados e Investimentos Anuais Obtidos pelo Procel

Fonte: Eletrobrás, 2010

(1) refere-se somente aos recursos orçamentários do Procel efetivamente realizados em cada ano, não sendo considerados os salários do pessoal Eletrobrás/Procel;

(2) refere-se ao investimento de US\$ 11,9 milhões do GEF e a contrapartida da Eletrobrás;

(3) obtida a partir da energia economizada, considerando um fator de capacidade médio típico de 56% para usinas hidrelétricas e incluindo 15% de perdas médias na T&D para a parcela de conservação de energia;

Resultados Acumulados pelo Procel

	Total
Investimentos Totais Realizados (R\$ bilhão) (4)	1,02
Energia Economizada e Geração Adicional (bilhões de kWh/ano) (5)	28,5
Redução de Demanda na Ponta (MW)	7.969
Usina Equivalente (MW)	6.841
Investimento Postergado (R\$ bilhões)	19,9

Quadro 3 – Resultados Acumulados pelo Procel

Fonte: Eletrobrás, 2010 / Procel Avaliação

(4) inclui a parcela relativa à RGR⁹ e os Recursos do Projeto de Eficiência Energética para o Brasil;

(5) a energia economizada e a geração adicional acumuladas são calculadas apenas adicionando-se as economias a cada ano, não considerando a persistência das medidas implementadas.

O subprograma do Procel que será abordado nesse trabalho é o Selo Procel, que foi criado pelo Governo Federal em 1993 e atualmente é regido pela Eletrobras/Procel em parceria com o Inmetro, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. Esse subprograma é hoje a mais importante ferramenta desse avanço da eficiência energética em equipamentos, eletrodomésticos e sistemas de aquecimento solar no país, além de ser um instrumento simples e fácil, tornando possível ao consumidor tomar conhecimento dos equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes a disposição no mercado brasileiro, esses são os objetivos do Selo Procel de Economia de Energia. Em 2009, o Selo Procel foi outorgado a mais de 3000 modelos de equipamentos, distribuído em diversas categorias e de diferentes fabricantes. Nesse mesmo ano, foi estimado que as ações desse subprograma possibilitassem a economia de cerca de 5.420 milhões de kWh, sendo que desse valor, 1.191,51 milhões de kWh foram da economia de refrigeradores (ELETROBRAS/PROCEL AVALIAÇÃO, 2009).

⁹ Reserva Global de Reversão – RGR – é um encargo, criado em 1957, a gestora dos recursos oriundos da RGR é a Eletrobrás, e a reserva é usada em projetos de universalização dos serviços de energia elétrica (Luz para Todos) e no Programa Nacional de Conservação de Energia (Procel, 2011)

Para que seja concedido o Selo Procel ao produto, este deve atender a todos os critérios em vigor atualmente, são eles:

- a) o produto deve fazer parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE – o qual é coordenado pelo Inmetro;
- b) o produto deve ser submetido todos os anos à ensaios de desempenho em laboratórios de referencia indicados pelo Procel e aceitos pelo Inmetro;
- c) para as categorias: refrigeradores, freezers, condicionadores de ar, máquinas de lavar roupa, coletores solares e televisores, o produto deve estar classificado na faixa A da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE – e respeitar as condições adicionais próprias de cada categoria, como por exemplo, a segurança elétrica.

A ENCE e o Selo devem ser aparentes nos produtos que estiverem em exposição nos pontos de venda, para que o consumidor possa estar bem informado e orientado no ato da compra, como será visto a seguir.

2.3 PROGRAMA DE ETIQUETAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A etiqueta de eficiência energética serve normalmente como um complemento aos padrões de eficiência energética. O objetivo de introduzir a etiqueta é convencer os consumidores a adquirirem aparelhos energeticamente eficientes e os fabricantes a produzi-los. Uma etiqueta de eficiência energética é uma etiqueta obrigatória ou voluntária que é colocada nos produtos e em suas embalagens, contendo informações sobre a eficiência energética e consumo de energia do produto (DUFFY, 1996).

De acordo com AGO, os principais objetivos da introdução de etiquetas de energia são os seguintes:

- a) encorajar os consumidores a selecionar o aparelho que usa menos energia e que satisfaça as suas necessidades;

- b) permitir aos consumidores ter o conhecimento do custo da energia operacional de um aparelho e minimizar o custo total do ciclo de vida do equipamento, sempre que possível;
- c) incentivar os fabricantes e importadores a melhorar a eficiência energética dos produtos que fornecem ao mercado.

A melhora da eficiência energética do produto, através de padrões de eficiência energética e rótulos, são essenciais para a transformação do mercado. A distribuição do equipamento em função dos produtos energeticamente eficientes, normalmente, corresponde a uma curva de distribuição normal. Introduzindo etiquetas energéticas está incentivando a disponibilidade de equipamentos mais eficientes que também provocam uma transformação no mercado. É esperado assim, que os consumidores adquiram aparelhos mais eficientes, devido às etiquetas. Assim, a distribuição do produto é representada por três curvas de sino que é apresentada na figura 8 (ADNOT, 1999). A figura 8 mostra a transformação esperada do mercado na distribuição de produtos devido aos padrões normatizados e a implementação de etiquetas.

O principal propósito dos programas voluntários ou obrigatórios é retirar do mercado os produtos energeticamente ineficientes. Em muitos casos, os requisitos obrigatórios são mais eficazes que os voluntários (NADEL, 1997).

O motivo é simples, os fabricantes que produzem produtos ineficientes tendem a não declarar a eficiência energética dos seus produtos na etiqueta.

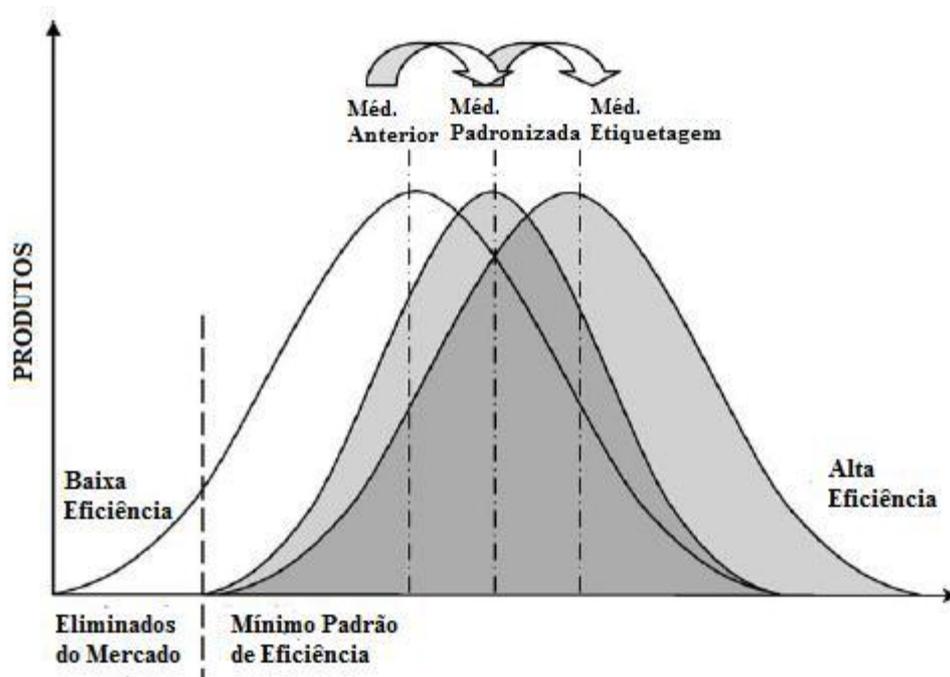


Figura 8 – Padrões Normalizados e Implementação de Etiquetas.

Fonte: Desenvolvimento de Etiqueta de Eficiência para Condicionadores de Ar na Ásia, 2002.

Caso os produtos ineficientes não sejam etiquetados, muitos consumidores que poderiam evitar comprá-los, acabam fazendo por falta de informação. Em última análise, etiquetas energéticas funcionam eficazmente se todos os produtos são rotulados e se os consumidores podem facilmente distinguir os produtos ineficientes dos com classificação mais elevados e isso pode ser conseguido através da introdução de etiquetas de energia como programas obrigatórios (WIEL, 2001).

2.3.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

No Brasil a política de padronização de eficiência energética começou com implementação da Lei de Eficiência Energética – Lei 10.295 de 17 de outubro de 2001. A especificação de um padrão de mínima eficiência energética para refrigeradores, congeladores e condicionadores de ar foi adotada somente 6 anos depois da Lei (MME, 2007). Critérios

para especificar o primeiro regulamento para refrigeradores domésticos foram baseado na experiência brasileira no programa de etiquetagem (PBE). Através do PBE, dos fabricantes nacionais, CEPEL e INMETRO foi decidido eliminar as últimas classes na etiqueta na base voluntária. A norma proibiu os fabricantes e importadores de colocar as classes F e G no mercado nacional de eletrodomésticos.

No entanto, não foram concedidas as estimativas de uma potencial economia de energia adotando as normas propostas. O Ministério de Minas e Energia justificou que não havia informação suficiente sobre a substituição dos aparelhos antigos por novos equipamentos (MME, 2006). A falta deste tipo de análise torna impraticável uma avaliação precisa do potencial de eficiência energética no planejamento energético nacional. As estimativas de uma economia de energia através do Programa de Eficiência Energética poderiam auxiliar na identificação de oportunidades de baixo custo para reduzir as exigências para a expansão do setor de energia. O Plano Nacional de Energia 2030¹⁰ não considera especificamente os potenciais impactos dos mecanismos de eficiência energética no comportamento da demanda de energia projetada.

2.3.2 A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ENCE, apresentada na figura 9, tem por objetivo informar o consumo de energia e a eficiência energética de refrigeradores e assemelhados (congeladores, combinados e conservadores), segundo normas internacionais, e que a medição desse consumo e eficiência está sendo feita pelo fabricante de forma contínua e segundo parâmetros e valores de ensaios de aferição e controle, conforme as disposições do Regulamento Específico: RESP/001-REF (regulamento específico para o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE, linha de refrigeradores e assemelhados), ver Anexo A.

¹⁰ O Plano Nacional de Energia – PNE 2030 é o primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos realizado no âmbito do Governo brasileiro.

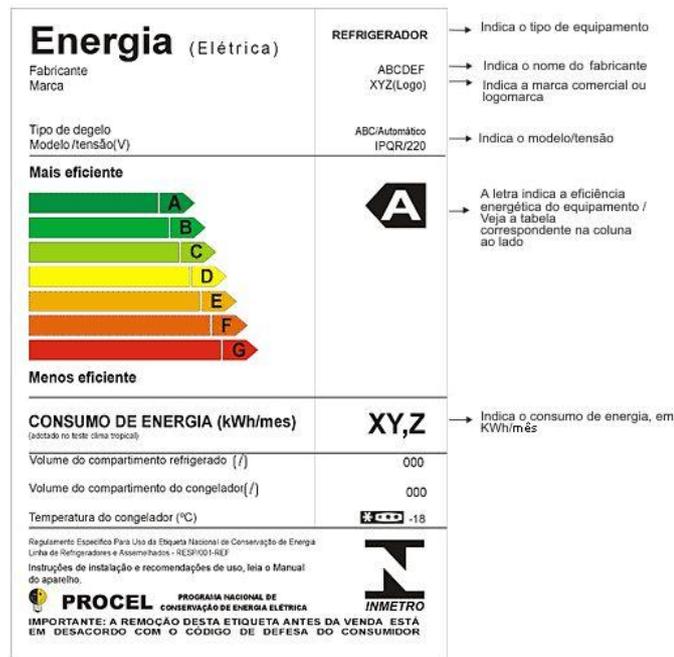


Figura 9 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

Fonte: INMETRO.

2.4 NORMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A Organização Internacional para Padronização (ISO) é uma federação mundial de organismos nacionais de normalização. A ISO 8187 (norma para equipamentos combinados com compartimentos de resfriamento e congelamento), a ISO 8561 (norma para equipamentos com degelo automático, *Frost-Free*) e a ISO 7371 (norma para equipamentos de uma porta, com ou sem compartimento de congelamento), são os padrões relevantes para testar o consumo de energia dos aparelhos domésticos de refrigeradores e congeladores com dois ou mais compartimentos. Pelo menos um compartimento (o compartimento de armazenagem de alimentos frescos) é adequado para armazenar alimentos descongelados, e pelo menos um compartimento (compartimento congelador de alimentos) é adequado para congelar alimentos frescos ou para armazenamento de alimentos congelados em -18°C ou inferior. As ISO especificam as quatro zonas climáticas com suas respectivas temperaturas ambiente como:

- a) zona Temperada do Norte: $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- b) zona Temperada: $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- c) zona Subtropical: $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- d) zona Tropical: $32 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

De acordo com as normas ISO, o período de ensaio deve ser pelo menos 24 horas sem abertura da porta e a umidade relativa deve ser mantida na faixa compreendida entre 45% a 75% dentro da câmara. O ensaio completo a ser realizado estará detalhado no capítulo 4 deste trabalho.

2.4.1 O Regulamento Brasileiro

O regulamento para ensaios de eficiência em equipamentos de refrigeração doméstica brasileiro é estabelecido com base nos procedimentos contidos nas normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561, sendo que os parâmetros de eficiência energética e consumo de energia mensal a seres atingidos são elaborados anualmente a partir de um conselho formado pelo INMETRO e representantes dos fabricantes de eletrodomésticos nacionais e importados. De acordo com Conrado Augusto de Melo (2010), em sua pesquisa pelo CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, os parâmetros estabelecidos são com base na capacidade energética do país, poder aquisitivo da população e desenvolvimento tecnológico da atualidade.

O regulamento vigente é estabelecido pela Portaria nº20, de 1 de fevereiro de 2006, de título “Regulamento Específico para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, linha de refrigeradores e assemelhados (congeladores, combinados e conservadores)”, está presente no Anexo A (INMETRO, 2011).

2.4.2 O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

O INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - é um órgão vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, criado com o objetivo de fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços, assim como disponibilizar regulamentações que auxiliem o consumidor a fazer uma compra consciente.

Tendo essa finalidade, de forma pioneira em 1984, o INMETRO iniciou uma discussão com a sociedade com relação à eficiência energética, com o intuito de racionalizar os diversos tipos de energia do país, informando aos consumidores sobre a eficiência energética de cada produto. Esse programa teve seu início na área automotiva, mas com o crescimento, ganhou status de Programa Brasileiro de Etiquetagem, atuando principalmente na área de produtos consumidores de energia elétrica (INMETRO, 2011).

O projeto foi desenvolvido com a adesão voluntária de fabricantes, e com isso ganhou dois importantes parceiros: a Eletrobrás¹¹, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e a Petrobrás, através do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) (ELETROBRAS, 2011).

Após as constantes faltas de energia elétrica no país no final da década de 90, baseando-se no programa de eficiência energética existente, a Lei 10.295 foi decretada pelo presidente da República 2001, determinando que o poder executivo estabelecesse os níveis máximos de consumo e mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia comercializados no País. Estabelece ainda que, num prazo de até um ano a partir da regulamentação específica de cada produto, será elaborado um programa de metas, para uma progressiva evolução dos índices.

Após a publicação da Lei, surgiu o Decreto 4059 de 19 de dezembro de 2001, que regulamenta a Lei e estabelece os pontos a serem abordados na regulamentação específica de cada produto (norma técnica de referência, mecanismos de avaliação da conformidade, níveis a serem atingidos, fiscalização, etc.). Fica ainda estabelecido que o Inmetro seja o órgão

¹¹ Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras S.A., criada em 1962 para fiscalizar as empresas elétricas brasileiras.

responsável pelos Programas de Fiscalização e Avaliação da Conformidade (DECRETO N° 4059, 2011).

A partir deste Decreto, o Inmetro, de forma voluntária, estabelece programas de etiquetagem, e passa a ter a responsabilidade de criar programas de avaliação da conformidade, compulsórios na área de desempenho energético. Tendo, portanto, papel fundamental na implementação da Lei da Eficiência Energética (INMETRO, 2011).

3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE REFRIGERADORES

3.1 CONSUMO MÉDIO DE ENERGIA

A fórmula proposta por Cardoso (2008) para calcular o consumo médio de energia elétrica de freezers e refrigeradores levam em consideração as médias ponderadas de cada marca de freezers e refrigeradores (*market share*) e os equipamentos por categoria e faixa de capacidade.

$$C_{m_i} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_m} \right) \cdot F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$$

(1)

onde:

C_{m_i} é o consumo médio do modelo equivalente i ;

C_i é o consumo do equipamento i ;

i é referente a faixa de capacidade dos equipamentos;

n é o número de equipamentos;

F_{m_i} é a fatia do mercado (*market share*) das marcas dos equipamentos;

m é referente à marca do equipamento;

k é o número de marcas;

Os dados sobre refrigeradores, tanto do final da década de 1990 quanto dos refrigeradores atuais que aparecem na tabela 1 da página 95, foram fornecidos pela ELETROBRÁS, e pelo site do INMETRO, respectivamente.

“O efeito *free rider*, é caracterizado como a adoção de equipamentos eficientes independentemente do programa de informação aos consumidores. Este efeito é levado em

consideração nos cálculos da economia de energia do modelo proposto, uma vez que os fabricantes de equipamentos vêm colocando no mercado produtos mais eficientes com o passar dos anos, independentes das ações do Programa Selo PROCEL” (CARDOSO, 2008).

3.1.1 Degradação da Eficiência

Os refrigeradores sofrem desgaste ao longo da vida útil, reduzindo, assim, o desempenho e eficiência energética. São quatro os fatores que afetam na degradação da eficiência em freezers e refrigeradores: compressor, isolamento, vedação e termostato (CARDOSO, 2008).

Cardoso (2008) levantou dados junto aos fabricantes MABE e WHIRLPOOL e segundo estes, nos cinco primeiros anos de idade, os equipamentos não diminuem seu desempenho, como pode ser visto na figura 10, porém, a partir desta idade começam a sofrer uma redução na eficiência energética devido à degradação dos quatro fatores citados no parágrafo anterior.

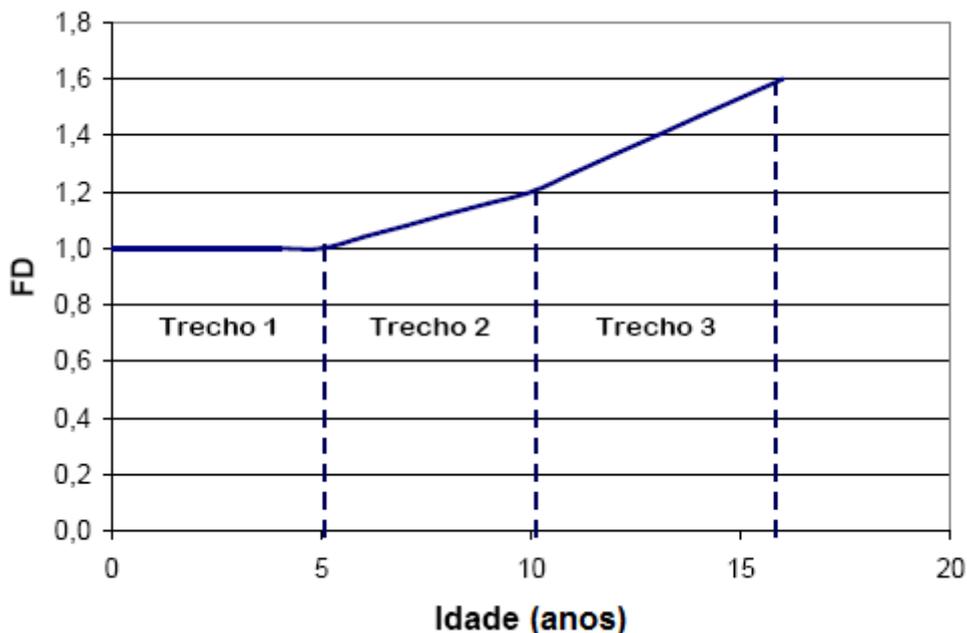


Figura 10 – Fator de degradação de eficiência (FD)

Fonte: Cardoso, 2008.

3.2 SEGMENTAÇÃO DO MERCADO DE REFRIGERADORES

No ano de 2000, segundo Silva Junior (2005), o mercado era segmentado da seguinte forma: Multibrás (Consul e Brastemp) correspondia por 53% do mercado, Electrolux 29%, MABE (Dako e General Electric) 11% e BSH Continental (Bosh e Continental) 7%, conforme quadro 4.

Marca	%
Multibrás (Consul + Brastemp)	53,0
Electrolux	29,0
MABE	11,0
BSH Continental	7,0

Quadro 4: Estrutura do Mercado Nacional de Refrigeradores - 2000

Fonte: SILVA JUNIOR, 2005.

A segmentação do mercado de refrigeradores no ano de 2008 era: Whirlpool (Consul + Brastemp) com 47,6 % das unidades, Electrolux com 29,6%, MABE e BSH com 9,7% e 8,9% respectivamente, Esmaltec com 3,3%, outras marcas representam 0,9% (CADE, 2008), conforme demonstrado no quadro 5.

Marca	%
Whirlpool (Consul + Brastemp)	47,6
Electrolux	29,6
MABE	9,7
BSH Continental	8,9
Esmaltec	3,3
Outros	0,9

Quadro 5: Estrutura do Mercado Nacional de Refrigeradores - 2008

Fonte: CADE, 2009.

4 PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS DE EFICIÊNCIA

Os procedimentos descritos a seguir, foram retirados das normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561, as quais foram traduzidas pela equipe, esta tradução será livre, portanto não oficial. Por motivo de direitos autorais e entendimento das mesmas, será mantida a mesma numeração de itens contidos nas normas. Apenas serão considerados os itens pertinentes a definições, condições gerais de ensaio, ensaios de eficiência energética e consumo de energia elétrica.

No Brasil são adotados os mesmo procedimentos para a realização dos ensaios de eficiência energética contidos nas normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561. Todavia conforme foi discutido no capítulo referente a etiquetas de energia, os parâmetros de classificação de equipamentos (como por exemplo, escala de letras), são realizados através de um regulamento promovido pelo INMETRO, através de uma reunião com os principais fabricantes dos equipamentos consumidores de energia, em nosso caso, com os fabricantes de refrigeradores. O regulamento vigente está apresentado no anexo A.

Exemplos dos refrigeradores descritos nas normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561, estão presentes no anexo B.

Item 3 - Definições (Capítulo Contido nas Normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561)

Para os fins desta Norma Internacional aplica-se as seguintes definições.

Item 3.1 - Refrigerador Doméstico (em referências posteriormente denominadas apenas “refrigerador”): é um invólucro isolado, de volume adequado e equipamento de uso doméstico, (...), e que possui um ou mais compartimentos destinados a preservação de mantimentos, um, dos quais, pelo menos é apropriado para acondicionar alimentos frescos.

NOTA 1 Do ponto de vista da instalação, há inúmeros tipos de refrigeradores, por exemplo (autônomo, montado na parede, embutido, etc.)

Item 3.2 - Compartimentos e seções

Item 3.2.1 - Compartimento de armazenagem de alimentos frescos: compartimento destinado para armazenar alimentos descongelados que pode ser dividido em subcompartimentos, e nos quais as temperaturas podem ser mantidas de acordo com a seção 6.2.1

Item 3.2.2 - Compartimento de adega: compartimento destinado para armazenar alguns alimentos ou bebidas específicas a uma temperatura superior aquela do compartimento de armazenagem de alimentos frescos, e no qual a temperatura pode ser mantida de acordo com o item 6.2.1.

Item 3.2.3 - Compartimento de baixa temperatura: compartimento que pode ser:

- um compartimento para forma de gelo, ou
- um compartimento de armazenagem de alimentos congelados.

NOTA 2 Um refrigerador pode ter um ou mais compartimentos de baixa temperatura. Em alguns casos, pode não haver compartimento de baixa temperatura.

Item 3.2.4 - Compartimento para forma de gelo: Compartimento concebido especificamente para congelar e armazenar pedras de gelo.

Item 3.2.5 - Compartimentos de armazenagem de alimentos congelados: compartimentos destinados especificamente para armazenar alimentos congelados. Eles são classificados de acordo com suas temperaturas, como mostrados a seguir.

Item 3.2.5.1 - Compartimento “uma estrela”: compartimento no qual a temperatura de armazenamento (ver item 3.4.2.3), medida como descrito na norma, é não superior a – 6 °C.

Item 3.2.5.2 - Compartimento “duas estrelas”: compartimento no qual a temperatura de armazenamento (ver item 3.4.2.3), medida como descrito na cláusula 13, é não superior a – 12 °C.

Item 3.2.5.3 - Seção “duas estrelas”: parte de um compartimento “três estrelas” não autônomo {ou seja, que não tem tampa ou porta de acesso individual} no qual a temperatura de armazenamento (ver item 3.4.2.3), medida como descrito na cláusula 13, é não superior a -12 °C.

Item 3.2.5.4 - Compartimento “três estrelas”: compartimento no qual a temperatura de armazenamento (ver item 3.4.2.3), medida como descrito na cláusula 13, é não superior a – 18 °C.

Item 3.3 - Definições Gerais

Item 3.3.1 - Tipo abertura superior: refrigerador em que o(s) compartimento(s) é (são) acessível(is) pela parte superior.

Item 3.3.2 - Tipo vertical: refrigerador em que o(s) compartimento(s) é(são) acessível(is) pela parte frontal.

Item 3.3.3 - Dimensões totais (portas e tampas fechadas): medidas do paralelepípedo retangular cuja base é horizontal, dentro do qual o refrigerador é inscrito para incluir todo o aparelho excetuando o puxador, a protrusão dos quais, se houver, deve ser especificada separadamente.

Item 3.3.4 - Espaço total requerido para uso (portas e tampas abertas): dimensões totais incluindo o puxador, acrescido do espaço necessário para a circulação livre de ar refrigerado quando o equipamento está em serviço, mais o espaço necessário para permitir a abertura de acesso com ângulo mínimo para remover todas as partes removíveis como recipientes e prateleiras, incluindo a pingadeira se esta tiver que ser removida e esvaziada manualmente.

Item 3.3.5 - Volumes

Item 3.3.5.1 - Volume bruto: o volume entre das paredes do equipamento, ou de um compartimento com porta externa, sem portas, tampas e acessórios internos sendo fechados.

Item 3.3.5.2 - Volume nominal bruto: volume total especificado pelo fabricante.

Item 3.3.5.3 - Volume bruto total: soma dos volumes brutos do(s) compartimento(s) acondicionamento de alimentos frescos, compartimento(s) de baixa-temperatura [incluindo qualquer seção “duas estrelas” e/ou parte contendo um compartimento “três estrelas”], e compartimento de vinhos, mesmo se as portas ou tampas deles forem independentes.

Item 3.3.5.4 - Volume bruto total nominal: volume bruto total nominal especificado pelo fabricante.

Item 3.3.5.5 - Volume de armazenamento: é a parte do volume bruto de qualquer compartimento após decréscimo do volume de componentes e espaços não usados para armazenagem de alimentos, determinado pelo método exposto em 7.2.

Item 3.3.5.6 - Volume de armazenamento nominal: é o volume de armazenamento especificado pelo fabricante.

Item 3.3.5.7 - Volume de armazenamento total: soma de todos os volumes de armazenamento do equipamento, compreendendo os volumes de armazenamento de compartimento(s) de acondicionamento de alimentos frescos, compartimento(s) de baixa-temperatura [incluindo qualquer seção “duas estrelas” e/ou parte contendo um compartimento “três estrelas”] e compartimento de vinhos.

Item 3.3.5.8 - Volume de armazenamento total nominal: é o volume de armazenamento total especificado pelo fabricante.

Item 3.3.6 - Superfícies de armazenamento

Item 3.3.6.1 - Prateleiras: para os propósitos desta Norma Internacional, uma prateleira é qualquer superfície horizontal (prateleiras, partições, etc.) na quais alimentos podem ser colocados.

Pode ser composto por um componente ou dispostos lado a lado, podem ser fixo(s) ou removível (is).

Item 3.3.6.2 - Área de armazenamento da prateleira: soma das projeções horizontais das superfícies de armazenamento dentro do volume de armazenamento, incluindo prateleiras de porta e o interior de cada compartimento, determinada de acordo com 7.3.

Item 3.3.6.3 - Área de armazenamento nominal da prateleira: é a área de armazenamento da prateleira especificado pelo fabricante.

Item 3.3.7 - Limite(s) de carga: superfície envolvente do volume de armazenamento de alimentos congelados.

Item 3.3.8 - Linha(s) de limite de carga: marca(s) permanente(s) indicativas do limite do(s) volume(s) de armazenamento(s) de alimentos congelados do tipo “três estrelas”.

Item 3.4 - Definições relacionadas a algumas características de desempenho

Item 3.4.1 - Consumo de energia: o consumo de um refrigerador durante um período de 24 h, operando sob condições estáveis e com temperatura ambiente de 25°C (no caso de refrigeradores classe SN, classe N e classe ST) ou 32°C (no caso de refrigeradores da classe T) (ver cláusula 4) e medida de sob condições especificadas na cláusula 15.

Item 3.4.2 - Consumo de energia nominal: consumo de energia especificada pelo fabricante.

Item 3.4.3 - Temperaturas de armazenamento

Item 3.4.3.1 - Temperatura de armazenamento de alimentos frescos

Média aritmética entre as temperaturas t_1 , t_2 e t_3 que é a média entre interna medida em cilindros de cobre ou latão (ver item 8.4) colocado em pontos de armazenamento de comida fresca especificados no item 8.5. A média aritmética dos valores extremos nesses pontos durante um ciclo de controle completo (ver item 3.4.6)

Item 3.4.3.2 - Temperatura de armazenamento de comida congelada

t^{***} , t^{**} , t^* (conforme o caso): temperatura do pacote “M” mais quente de uma carga colocada em um compartimento específico 8.6.

Item 3.4.3.3 - Temperatura do compartimento de adega

t_{cm} ; média aritmética das temperaturas t_{c1} , t_{c2} , t_{c3} (conforme o caso), que são a média das temperaturas internas de cilindros de cobre (ver 8.4) colocados nos pontos do compartimento de adega especificados em 8.5, ou seja, a média aritmética dos valores extremos nesses pontos durante um ciclo de controle completo (ver 3.4.6).

Item 3.4.4 - Descongelamento

Item 3.4.4.1 - Descongelamento automático

Um compartimento é de descongelamento automático quando não é necessário que o usuário faça uma ação para que inicie a remoção de gelo acumulado, nem faça uma ação para restaurar a operação normal, e também, quando a eliminação da água do degelo é automática.

Item 3.4.4.2 - Descongelamento semi-automático

Um compartimento é de descongelamento semi-automático quando é necessário que o usuário faça uma ação para iniciar a remoção do acúmulo de gelo e a operação é restaurada

automaticamente, a água proveniente do degelo pode ser removida manualmente ou automaticamente.

Um compartimento de descongelamento semi-automático, também, é aquele em que não é necessário que o usuário faça nenhuma ação para iniciar a remoção do gelo acumulado, nem faça uma ação para restaurar a operação normal, mas o resíduo, água do degelo, é eliminado manualmente.

Item 3.4.4.3 - Descongelamento manual

Um compartimento é considerado de descongelamento manual quando é necessária uma ação por parte do usuário para iniciar o processo de descongelamento e, outra ação, para restaurar a operação normal, a eliminação da água do degelo pode ser tanto manual quanto automática.

O método de degelo deve ser especificado separadamente para compartimento(s) de armazenagem de alimento(s) fresco(s) e compartimento(s) de baixa temperatura.

As formas de eliminação da água do degelo podem ser qualquer uma dos seguintes tipos.

Item 3.4.4.4 - Eliminação automática da água do degelo

A eliminação da água do degelo é automática, a remoção e a evaporação da água do degelo não requerem qualquer ação por parte do usuário.

Item 3.4.4.5 Remoção manual da água do degelo

A remoção da água do degelo é manual quando é necessária uma ação por parte do usuário para remover a água do degelo.

Item 3.4.5 - Embalagens “M”

Uma embalagem de teste, de acordo com 8.2, tem dimensões 50 mm x 100 mm x 100 mm, com um sensor de temperatura colocado no seu centro geométrico. (Ver anexo C)

Item 3.4.6 - Ciclo de controle

Período entre duas partidas sucessivas, ou duas paradas sucessivas, de um sistema de refrigeração, ou de uma parte de um sistema, sob condições de operação estáveis.

Item 3.4.7 - Condições de operação estáveis

No caso de uma operação cíclica de um sistema de refrigeração, ou de uma parte de um sistema, incluindo qualquer período de descongelamento automático, as condições de operação estáveis são consideradas alcançadas quando, para cada embalagem de teste “M” e cilindros de cobre ou latão, as temperaturas de todos os pontos correspondentes durante sucessivos ciclos de operação possuir variação entre $\pm 0,5$ K e não houver diferença marcante de temperatura média durante um período de 24 horas.

No caso de operação contínua de sistemas de refrigeração, ou de uma parte de um sistema, as condições de operação estáveis são consideradas alcançadas quando, embora exista certa variação na temperatura, o incremento ou decréscimo na temperatura de todas as embalagens de teste “M” e cilindros de cobre ou latão não exceder 0,5 K durante um período de 18h.

Item 3.4.8 - Porcentagem de tempo de execução, R (aparelhos com controle de liga/desliga na fonte de refrigeração)

Sob certas condições de temperatura ambiente e de temperatura interna de armazenagem, a taxa:

$$R = \frac{d}{D} \times 100$$

onde: d é a duração da operação do sistema de refrigeração durante um número inteiro de ciclos;

D é a duração total dos ciclos.

No caso de refrigeradores contendo dois sistemas de refrigeração independentes, haverá dois valores de porcentagem de tempo de execução, um para compartimento de armazenamento de alimento fresco e outro para compartimento de baixa temperatura.

Item 3.4.9 - Capacidade de fazer gelo

Quantidade de gelo que o refrigerador é capaz de produzir durante 24 horas, ou tempo necessário para congelar a água em uma bandeja de gelo fornecido com o aparelho.

Item 3.4.10 - Temperatura ambiente

É a temperatura no espaço ao redor do aparelho que estiver sendo testado. É a média aritmética da média dos valores t_{a1} e t_{a2} , medidas (ver 8.1.1) em dois pontos localizados 350 mm em frente à linha de centro vertical das paredes laterais do aparelho e a 1 m da linha do chão.

Item 3.4.11 - Tempo de subida de temperatura

Período entre o momento quando, sob condições específicas de teste, a temperatura da embalagem de teste “M” mais quente em um compartimento “três estrelas” atinge $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o momento em que a primeira embalagem de teste “M” (excluído qualquer seção “duas estrelas”) atinge $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ quando a operação do sistema de refrigeração é interrompida.

Item 3.5 - Definições relativas aos sistemas de refrigeração**Item 3.5.1 - Refrigerante**

Fluído usado para transferência de calor no sistema de refrigeração, ele absorve calor a uma baixa temperatura e baixa pressão de um fluído e retira o calor de um fluído de alta temperatura e alta pressão, usualmente muda o estado do fluído.

Item 3.5.2 - Dispositivo de refrigeração

Dispositivo contendo o evaporador ou em contato térmico com o evaporador; pode ser um dispositivo com barbatanas ou pode ser de forma ajustável para armazenagem de alimentos congelados ou cubos de gelo.

Item 3.6 - Definições relativas ao tipo de compressor dos refrigeradores

Item 3.6.1 - Tipo de compressor do refrigerador

Refrigerador no qual a refrigeração é afetada pela vaporização a baixa pressão no trocador de calor (evaporador) de refrigerante líquido, o vapor formado é restaurado para o estado líquido por compressão mecânica a uma alta pressão e subseqüentemente resfriado em outro trocador de calor (condensador).

Item 3.6.2 - Compressor de refrigeração motorizado hermeticamente fechado

Motor-compressor no qual o compressor e o motor elétrico (ou, ao menos, suas partes móveis) estão encapsulados na armadura com brasagem, solda, ou outro meio que impossibilite o acesso normalmente depois que tenha sido lacrado. Não incluem partes móveis fora da armadura.

Item 3.6.3 - Compressor de sistema refrigerante hermeticamente fechado

Sistema completo, compreendendo essencialmente um compressor motorizado hermeticamente fechado, um condensador, um dispositivo redutor de pressão, um evaporador e todas as outras partes, contendo líquido refrigerante, permanentemente interligadas pelo fabricante por brasagem, solda ou outros meios.

Item 3.6.4 - Compressor refrigerante

Componente operado mecanicamente que retira o vapor refrigerante do evaporador e descarrega ele em uma pressão mais alta no condensador.

Item 3.6.5 - Dispositivo de expansão

Dispositivo no qual a pressão do refrigerante é reduzida daquela do líquido condensado no evaporador.

Item 3.6.6 - Condensador

Trocador de calor no qual, depois da compressão, o refrigerante vaporizado é liquefeito pela retirada de calor para um meio de resfriamento externo.

Item 3.6.7 - Evaporador

Trocador de calor no qual, depois da expansão, o refrigerante líquido é vaporizado absorvendo calor do meio a ser refrigerado.

Item 3.6.8 - Termostato

Dispositivo que regula automaticamente a operação de um sistema de refrigeração de acordo com a temperatura do evaporador e ou do compartimento.

Item 3.7 - Definições relativas aos refrigeradores do tipo absorção**Item 3.7.1 - Refrigerador do tipo absorção**

Refrigerador no qual a refrigeração é afetada pela evaporação de um líquido refrigerante no evaporador, o vapor formado então é absorvido por um meio absorvente que posteriormente é expelido em uma pressão de vapor parcialmente maior por aquecimento e então liquefeito por resfriamento no condensador.

Item 3.7.2 - Sistema de refrigeração absorvente

Sistema completo essencialmente compreendendo um boiler, um condensador, um evaporador, um absorvedor, e outras partes contendo o refrigerante permanentemente interconectado pelo fabricante por brasagem, solda ou outros meios.

Item 3.7.3 - Boiler

Trocador de calor que o refrigerante absorvido é expelido ao meio absorvente pela aplicação de calor.

Item 3.7.4 - Absorvedor

Componente em que a absorção do refrigerante de um meio absorvente, o calor emitido no processo é devolvido ao meio ambiente.

Item 3.7.5 - Condensador

Trocador de calor em que o refrigerante vaporizado, depois de deixar o boiler, é liquefeito retirando o calor para um meio refrigerante externo.

Item 3.7.6 - Evaporador

Trocador de calor em que o líquido refrigerante, depois da queda de uma parcela da sua pressão, é vaporizado pela absorção de calor de um meio a ser refrigerado.

Item 4 - Classificação (Normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561)

Com relação a capacidade do equipamento de operar na temperatura extrema, esta norma internacional faz referência a quatro classes climáticas determinado no Quadro 6.

Classes Climáticas

Classe	Símbolo	Faixa de temperatura ambiente na qual os equipamentos são pretendidos de serem utilizados e para qual requisito de temperatura de armazenamento deverá ser satisfeito. (ver 6.2.1)[°C]
Temperado extensivo	SN	+10 a +32
Temperado	N	+16 a +32
Subtropical	ST	+18 a +38
Tropical	T	+18 a +43

Quadro 6 – Classes Climáticas (referida nas normas ISO 07371, ISO 08187 e ISO 8561)

Fonte: ISO 07371 (1995), ISO 08187 (1991) e ISO 8561 (1995)

Item 6 - Características requisitadas (Capítulo Contido nas Normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561)

Item 6.2 - Características de desempenho

Item 6.2.1 - Temperatura de armazenagem

Sobre as condições especificadas no item 13, o equipamento deverá ser capaz de manter, simultaneamente, o requisito de temperatura de armazenamento nos diversos compartimentos como apresentado no Quadro 7 para a classe apropriada de clima.

Equipamentos tendo um compartimento adicional para congelamento de alimentos deverá satisfazer simultaneamente as condições especificadas na Quadro 7 para a classe de clima apropriado e com a relevante temperatura de classificação especificado no item 3.2.5

Temperatura de armazenamento para todas as classes climáticas

		Compartimento de armazenamento de comida fresca (ver 3.4.3.1)		Armazenamento de comida congelada ou compartimento de comida resfriada, cabine ou divisória, como aplicável. (ver 3.4.3.2 e 7.2.6)			Compartimento adega (ver 3.4.3.3)	Compartimento refrigerado (ver 3.4.3.4)
		t_1, t_2, t_3	$t_{m, \max}$	t^{***}	t^{**}	*	$t_{cm, \max}$	$t_{cc \max, \min}$
I	Temperatura de armazenamento	$0 \leq t_1, t_2, t_3 \leq +10$	$\leq +5$	≤ -18	≤ -12	≤ -6	$+8 \leq t_{cm, \max} \leq +14$	$-2 \leq t_{cc \min},$ $t_{cc \max} \leq +3$
II	Desvio de temperatura permitida (Ciclo de degelo)	$0 \leq t_1, t_2, t_3 \leq +10$	$\leq +7$	≤ -15	≤ -12	≤ -6	$+8 \leq t_{cm, \max} \leq +14$	$-2 \leq t_{cc \min},$ $t_{cc \max} \leq +3$

1 A duração do desvio de temperatura sobre a temperatura de armazenamento (linha I), como resultado do ciclo de degelo não deverá ser maior do que 4 h ou 20% da duração do ciclo de operação, o que for menor.

2 No caso de t^{***} , a duração do desvio deverá ser medido a partir do momento quando a temperatura da primeira embalagem “M” exceder -18°C até o momento quando a última embalagem “M” retornar permanentemente a -18°C ou mais frio.

3. No caso de t_m , a duração do desvio deverá ser medido a partir do momento quando t_m exceder $+5^\circ\text{C}$ até o momento quando t_m retorna permanentemente para $+5^\circ\text{C}$ ou mais frio.

4. Estes dois desvios necessariamente não podem ocorrer simultaneamente (ver exemplo na figura 10).

Quadro 7 – Temperatura de Armazenamento para Todas as Classes Climáticas (referida na norma ISO 8561)

Fonte: ISO 8561, 1995.

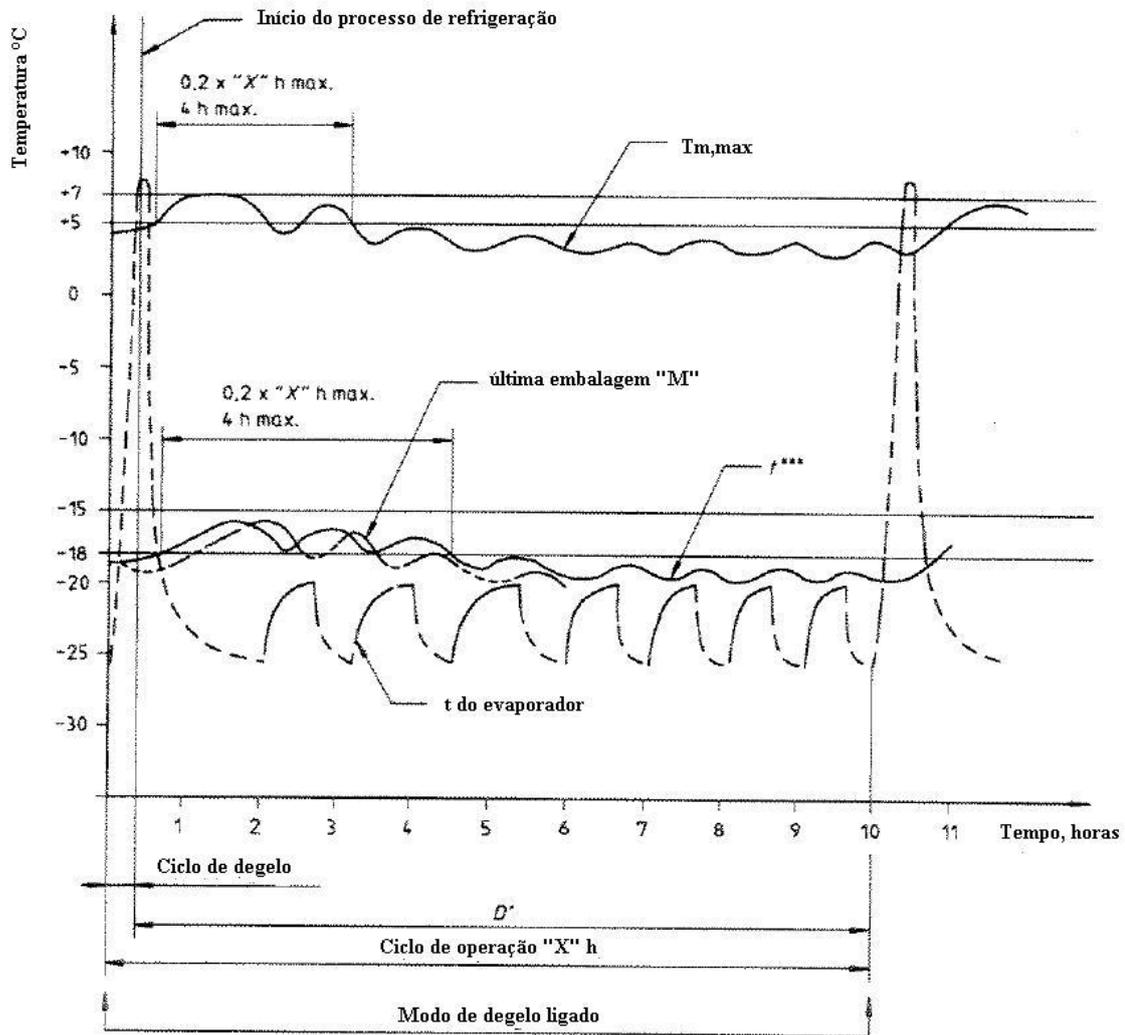


Figura 11 – Exemplo de operação de um refrigerador-congelador livre de gelo
Fonte: ISO 8561, 1995.

Item 6.2.3 - Consumo de Energia

Se a energia consumida foi declarada pelo fabricante, o valor medido no ensaio de consumo de energia no primeiro equipamento testado não deverá ser maior do que o consumo de energia calculado por mais do que 15% do mencionado.

Se o resultado do teste realizado no primeiro equipamento for maior do que o valor declarado somado 15%, o teste deverá ser realizado em mais três equipamentos.

A média aritmética do consumo de energia dos três equipamentos deverá ser menor ou igual ao valor declarado, somado 10%.

Item 7 Determinação das dimensões lineares, volumes e áreas (Capítulo Contido nas Normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561)

Item 7.2 Determinação dos volumes

Item 7.2.6 Seções “duas estrelas” e/ou compartimentos de congeladores de alimentos e em compartimentos “três seções”

Uma seção de “duas estrelas” ou compartimento é permitida tanto na porta quanto no volume de armazenamento restante quando todas as seguintes condições são preenchidas:

- a) a(s) seção(ões) de “duas estrelas” ou compartimento(s) é/são marcados com o símbolo de identificação adequado;
- b) a(s) seção(ões) de “duas estrelas” ou compartimento(s) é/são separados a partir do volume de “três estrelas” por uma divisória, recipiente ou construção similar;
- c) o total avaliado de volume armazenado de “duas estrelas” não deve exceder 20% do volume de armazenamento do compartimento “três estrelas” ou 30l, prevalecendo o de menor valor.
- d) as instruções de utilização dão orientação livre sobre a seção “duas estrelas” e/ou compartimento(s);
- e) o volume de armazenamento da seção “duas estrelas” e/ou compartimento(s) esta indicado separadamente e não esta incluído no volume de “três estrelas”

Item 8 - Condições gerais para teste

A ordem de realização dos testes não precisa, necessariamente, seguir a sequência das cláusulas que constam nesta norma internacional.

Os resultados dos testes devem constar em um relatório. Quando necessário, informações particulares observadas nesse relatório serão mencionadas como itens especiais de uma subseção em relação ao teste.

Os planos de armazenamento do fabricante devem ser utilizados, desde que estejam em conformidade com esta norma internacional (ver item 13.1.2).

Item 8.1 - Sala de teste

O aparelho deve ser colocado em uma sala de ensaio conforme especificado em 8.1.3.

Item 8.1.1 - Temperatura do ambiente

SN – TEMPERADO EXTENDIDO

N – TEMPERADO

ST – SUBTROPICAL

T – TROPICAL

O ensaio deve ser realizado sob as seguintes condições de temperatura ambiente:

a) para verificar a temperatura de armazenamento:

+10°C e +43°C para aparelhos classe SN

+16°C e +32°C para aparelhos classe N

+18°C e +38°C para aparelhos classe ST

+18°C e +43°C para aparelhos classe T

b) para verificar o consumo de energia, tempo de aumento da temperatura e capacidade de congelamento dos alimentos:

+25°C para aparelhos classe SN, classe N e classe ST

+32°C para aparelhos classe T

c) para todos os outros testes, usar temperatura indicada nas especificações dos próprios testes.

A temperatura em cada ponto de medição (ver item 3.4.11) deve ser mantida constante de -0,5 K a +0,5 K da temperatura nominal ambiente, tanto durante os períodos exigidos para a obtenção de condições estáveis quanto durante os testes.

O gradiente vertical de temperatura a partir da plataforma especificada no item 8.1.3 até uma altura de dois metros não deve exceder 2 K/m.

Item 8.1.2 - Umidade

Salvo especificações contrárias, a umidade relativa deve ser mantida entre 45% e 75%.

Item 8.1.3 - Instalação de aparelhos

Cada aparelho deve ser colocado sobre uma plataforma de madeira sólida superior, pintada de preto fosca, aberta para a circulação de ar livre sob a plataforma. A parte superior da plataforma deve ser de 0,3m acima do piso da sala de testes e deve ser estendida pelo menos 0,3m, mas não superior a 0,6m, por todos os lados do aparelho, exceto na parte traseira onde deve ser estendido para a partição vertical.

Circulação de ar sobre o aparelho deve ser limitada envolta do aparelho por três partições verticais, pintadas de preto foscas, dispostas da seguinte forma:

a) uma das partições deve ser colocada paralelamente a parte traseira do aparelho, contra os batentes ou a uma distancia especificada pelo fabricante em relação ao espaço total necessário;

b) as duas outras partições devem ser paralelas às laterais do gabinete, e deve ser fixada sobre a plataforma a 0,3m das laterais do gabinete; eles devem possuir 0,3m de largura.

Toda a estrutura de partição deve ter a forma e dimensões indicadas na figura 11.

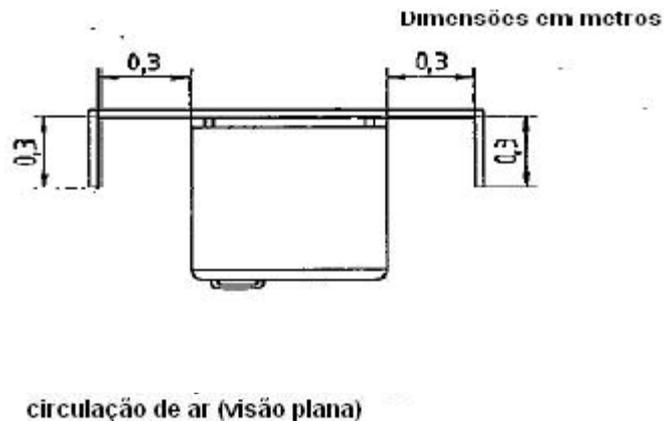


Figura 12 – Partições para Restringir a Circulação de Ar (visão plana)

Fonte: ISO 07371 (1995), ISO 08187 (1991) e ISO 8561 (1995)

As partições verticais não devem apresentar nenhuma descontinuidade. Elas devem ser de uma altura que se estendam pelo menos 0,3m acima da parte superior do aparelho.

O aparelho deve ser protegido para evitar a radiação direta ou a partir do espaço de arrefecimento ou aquecimento de equipamentos na sala de testes, e deve ser colocado longe o bastante de todos os outros objetos na sala de testes para eliminar qualquer possibilidade de qualquer ponto em que a temperatura seja diferente da ambiente.

Circulação de ar na sala de testes deve ser tal que as temperaturas ambientes especificadas são obtidas dentro dos limites de tolerância especificados. O aparelho em teste deve ser protegido de quaisquer correntes de ar de velocidade acima de 0,25m/s.

A circulação de ar na sala de testes não deve interferir com a circulação de ar normal criada pelo aparelho.

Aparelhos destinados a serem construídos embutidos devem ser construídos de acordo com as instruções do fabricante.

Aparelhos embutidos que destinados a serem combinados com outros aparelhos que não sejam aparelhos de refrigeração devem ser submetidos a testes quando combinados, porém com o outro aparelho não estando em funcionamento.

Item 8.2 - Embalagens de testes (ver anexo C)

Quando os testes são realizados com um aparelho carregado, embalagens de teste na forma de paralelepípedos devem ser usadas.

Item 8.2.1 - Dimensões e tolerâncias

Sua dimensão, antes do congelamento, e sua massa, incluindo a embalagem, devem ser especificados no Quadro 8.

Dimensões mm	Massa g
25 × 50 × 100	125
50 × 100 × 100	500
50 × 100 × 200	1 000

Quadro 8 – Dimensões e Massa dos Pacotes de Teste

Fonte: ISO 07371 (1995), ISO 08187 (1991) e ISO 8561 (1995)

As tolerâncias devem ser as seguintes:

a) sobre as dimensões lineares:

em torno de 1,5 mm para dimensões de 25 mm e 50 mm

em torno de 3,0mm para dimensões de 100 mm e 200 mm

b) sobre a massa: em torno de 2%

Item 8.2.2 - Composição

As embalagens devem consistir de:

- a) um material de enchimento adequado contendo, por 1000g:

230g de oxido etil-metil celulose

764,2g de água

5g de cloreto de sódio

0,8g de 6-cloro-*m*-cresol

O ponto de congelamento deste material é -1°C (suas características térmicas correspondem as de carne magra);

- b) para a medição dos compartimentos de frio, é necessário ter as embalagens de teste com um ponto de congelamento de -5°C e um enchimento adequado contendo por 1000g:

232g de oxido etil-metil celulose

725g de água

43g de cloreto de sódio

0,8g de 6-cloro-*m*-cresol

O ponto de congelamento deste material é -5°C (suas características térmicas correspondem as de carne magra);

- c) um invólucro, constituído por uma folha de plástico ou qualquer outro material adequado de uma natureza que a troca de umidade com o meio ambiente seja insignificante. Após o preenchimento, a folha de acondicionamento deve ser selada.

Item 8.2.3 - Embalagens “M” (ver anexo C)

Algumas embalagens de 500g (50mm x 100mm x 100mm) estão equipadas para medição de temperatura, sendo equipado com termopares que são inseridos no centro

geométrico das embalagens em contato direto com o material de enchimento. Todas as precauções devem ser tomadas para minimizar a condução de calor. Estas embalagens são chamadas de embalagens “M”.

Item 8.3 - Requisitos de funcionamento do aparelho

Item 8.3.1 - Configurações do termostato

As configurações do termostato são específicas para cada teste.

Quando o aparelho está equipado com um termostato que não foi projetado para ajuste através do usuário, o aparelho deve ser testado nas condições em que foi entregue.

Item 8.3.2 - Aquecedores anti-condensação

Se um aparelho é equipado com um aquecedor anti-condensação que possa ser ligado e desligado pelo usuário, este deve ser ligado, exceto para o teste de consumo de energia, quando ele deve ser ligado apenas se for necessário para suportar o vapor de água do teste de condensação. Se for regulável, deve ser ajustado para aquecimento máximo.

Item 8.3.3 - Fonte de alimentação

Item 8.3.3.1 - Fonte de alimentação elétrica

O aparelho deve ser testado na tensão e frequências nominais, ou na média da faixa de tensão nominal, em torno de 1%.

Item 8.3.3.2 - Fonte de alimentação não elétrica

Aparelhos que não sejam alimentados por energia elétrica devem ser testados sob condições correspondentes a informação na placa de classificação.

Item 8.3.3.3 - Múltiplas fontes de alimentação

Aparelhos que são equipados para operar com diferentes fontes de alimentação devem ser testados para cada uma das condições de alimentação indicadas na placa de classificação (ver itens 8.3.3.1 e 8.3.3.2).

Item 8.3.4 - Condições gerais para utilização de cestos, recipientes, prateleiras e bandejas

Todas as prateleiras, e apenas aquelas cestas, recipientes e bandejas que foram levadas em consideração quando foi determinado o volume de armazenamento, devem estar em posição.

Item 8.4 - Instrumentos de medição

As temperaturas devem ser medidas com sondas de temperatura, os sensores os quais estão inseridos tanto nas embalagens “M” ou, para medir a temperatura ambiente e para medir as temperaturas t_1 , t_2 , t_3 , t_{c1} , t_{c2} e t_{c3} durante todos os ensaios exceto o teste de congelamento no centro do sólido de cobre estanhado ou cilindros de latão com uma massa de 25g e de área externa mínima (diâmetro = altura = cerca de 15,2 mm). As temperaturas devem ser registradas. Instrumentos de medição de temperatura devem ter uma precisão de mais ou menos 0,3K.

A umidade relativa do ar deve ser medida e gravada em um ponto representativo. A precisão dos instrumentos de medição devem ser tais que o resultado, expresso como ponto de orvalho, seja preciso dentro de mais ou menos 0,3K.

Medidores de watt-hora devem ser lidos de 0,01kWh e ter uma precisão de mais ou menos 1%. A precisão de medição deve ser indicada no relatório do ensaio.

Item 8.5 - Medição da temperatura do compartimento de armazenagem de alimentos frescos e compartimento de adega

As temperaturas t_1 , t_2 , t_3 (ver 3.4.3.1) e t_{c1} , t_{c2} , t_{c3} (ver 3.4.3.3) devem ser medidas em cilindros de cobre ou latão, exceto para os testes de congelamento quando eles devem ser medidos em embalagens “M”, suspensas e localizadas nos pontos de medição de temperatura T_1 , T_2 , T_3 e T_{c1} , T_{c2} , T_{c3} como mostrado na figura 11 e figura 12 a meio caminho entre a parede posterior interna do aparelho e a parede interna da porta fechada. Quando as embalagens “M” são usadas, estas devem ser suspensas com a maior superfície horizontal. A temperatura interna média, t_m e t_{cm} , serão então calculadas como especificado em 3.4.3.1 e 3.4.3.3.

Os dispositivos de suspensão devem ter a menor secção transversal e a menor condutividade térmica possível, arranjados de tal forma que eles não interfiram significativamente com a circulação de ar normal.

Se os componentes internos não permitem que as temperaturas t_1 , t_2 , t_3 e t_{c1} , t_{c2} , t_{c3} sejam lidas nos pontos especificados, as leituras podem ser tomadas em posições em que o cilindro de cobre ou de bronze ou uma das superfícies da embalagem “M” não estejam mais distante do que 25mm do ponto especificado. Se o arranjo interior do compartimento de alimentos frescos e compartimento de adega não estão conforme mostrado nas figuras 11 e 12, as temperaturas t_1 , t_2 , t_3 e t_{c1} , t_{c2} , t_{c3} devem ser lidas em posições determinadas por analogia com as posições indicadas.

As temperaturas devem ser registradas. Os cilindros de cobre ou latão ou embalagens “M” devem ser separados de qualquer superfície condutora de calor por pelo menos 25mm de espaço. Conexões a partir de instrumentos de medição devem ser dispostas de tal maneira que não interfira com o selo de ar do compartimento de armazenamento de alimentos.

Item 8.6 - Medição da temperatura dos compartimentos de alimentos do congelador e compartimento de armazenamento de alimentos congelados ou seções (veja também item 7.2.6)

A temperatura deve ser medida em embalagens “M” que são distribuídas por toda a carga de embalagens de teste especificado no plano de armazenagem (ver item 13.1.2).

A temperatura de cada compartimento ou seção é no máximo a da temperatura da embalagem “M” mais quente no compartimento ou seção (ver item 3.4.3.2).

Item 8.7 - Medição da porcentagem do tempo de funcionamento

Quando um aparelho tem ciclo de “ligado/desligado” quando operando sob condições de armazenagem a uma temperatura ambiente de 32°C, 38°C ou 43°C, conforme apropriado para a classe climática dos aparelhos, o tempo de funcionamento deve ser medido durante um período de teste de pelo menos vinte e quatro horas, conforme especificado no item 8.8.

Item 8.7.1 - Refrigeradores-congeladores acionados eletricamente

Deve ser feita a utilização de um relógio síncrono que opera quando o sistema de refrigeração esta funcionando. Quando a corrente do relé, inserido em série no circuito de alimentação de força, ele é alimentado pela corrente que flui através dele, isso aplica a tensão do relógio síncrono cuja leitura é gravada no início e no fim do teste. O tempo de funcionamento é a diferença entre as duas leituras.

Alternativamente, tanto a corrente ou tensão podem ser plotados em função do tempo para uma gravação de amperímetro ou wattímetro, e os períodos ociosos e de funcionamento são computados do gráfico.

Item 8.7.2 - Refrigeradores-congeladores não acionados eletricamente

Qualquer dispositivo adequado pode ser usado para registrar o tempo de funcionamento do sistema de refrigeração.

Item 8.8 - Período de teste

O período de testes deve ser de pelo menos 24 horas depois das condições de operação estáveis forem atingidas.

Para aparelhos com funcionamento cíclico e sem degelo automático, o período de testes deve incluir um número inteiro de ciclos de controle.

Para aparelhos com degelo automático os períodos de testes são os seguintes:

- a) pelo menos 24 horas e incluindo um número inteiro de ciclos de degelo;
- b) se o primeiro ciclo de degelo iniciar mas não for completado durante um período de 24 horas, o teste deve ser encerrado no final deste ciclo de degelo;
- c) se nenhum ciclo de degelo iniciar durante o período de 24 horas o período de teste deve ser estendido para 48 horas, e as disposições de a) e b) acima devem ser aplicadas para o período prorrogado;
- d) se nenhum ciclo de degelo iniciar durante um período de 48 horas, o descongelamento não deve ser levado em consideração.

Item 13 - Testando a temperatura de armazenamento

A proposta deste ensaio é verificar a conformidade com os requisitos do item 6.2.1 de cada temperatura ambiente (ver item 8.1.1) para uma classe apropriada de clima.

Item 13.1 - Procedimento

Item 13.1.1 - Preparação do Equipamento

O equipamento deve ser instalado na sala de ensaio em acordo com item 8.1.3. O evaporador(es) deve ser descongelado, se necessário, e as paredes internas e componentes do equipamento seco. O meio de acesso (portas ou tampas) deve estar fechado durante os testes.

O equipamento deve ser ajustado para o serviço de acordo com as instruções do fabricante. Todos os ajustes internos fornecidos com o equipamento, incluindo a forma de gelo, devem estar colocados em posição, exceto que a forma de gelo deva ser removida em caso do compartimento de comida resfriada ou congelada, não ter uma subdivisão específica para acomodar tais bandejas. Se o equipamento possua termostato(s) e/ou outro dispositivo de controle de temperatura o qual é projetado para o ajuste pelo usuário, o termostato e/ou seu dispositivo deve ser ajustado de acordo com a posição recomendada pelo fabricante para operação normal na temperatura ambiente apropriada. Quando o termostato e/ou o dispositivo não é (são) projetado para ajuste pelo usuário, a medição deve ser realizada no equipamento conforme entregue. O equipamento estando vazio deve ser operado pelo menos por 24 h para alcançar o equilíbrio.

O compartimento de comida fresca e compartimentos de armazenagem devem ser equipados com embalagens “M” de acordo com os itens 8.4 e 8.5.

O compartimento (ou cabine) de comida resfriada e qualquer compartimento (ou cabine) de comida congelada devem ser equipados com as embalagens de ensaio e embalagens “M” de acordo com o seguinte esquema de armazenagem.

(Somente ISO 8561) Se o compartimento frio tem termostato(s) e/ou outro dispositivo de controle de temperatura o qual é (são) projetado para ajuste pelo usuário, o termostato(s) e/ou dispositivos devem ser ajustados para as posições de acordo com as recomendações do fabricante para operação normal na temperatura ambiente apropriada. Reajustes diferentes pode ser avaliável quando necessita compensar para uma temperatura ambiente diferente e/ou condição de operação diferente de outro compartimento durante o ensaio especificado no capítulo 13, 17 e 18.

Item 13.1.2 - Esquema de armazenamento

O compartimento (ou cabine) de comida resfriada e qualquer compartimento (ou cabine) de comida congelada devem ser preenchidos com algumas embalagens tanto quando suportarem, as embalagens de teste antecipadamente devem estar aproximadamente à temperatura equivalente com a classificação de temperatura do compartimento.

(Somente ISO 8561) O compartimento frio deve ser carregado como segue:

- a) Para compartimentos refrigerados com volume até 10 litros: duas embalagens “M”;
- b) Para compartimentos refrigerados com volume de armazenamento acima de 10 litros: duas embalagens “M” e um adicional de 500g de embalagens teste para cada volume adicional de 10 litros, até um máximo de 10 embalagens conforme segue:

Volume de armazenamento V para compartimento resfriado (litros)	Número de embalagens
$V < 10$	2
$10 \leq V < 20$	3
$20 \leq V < 30$	4
$70 \leq V < 80$	9
$V \geq 80$	10

Quadro 9 – Quantidade de Embalagens “M” para Determinado Volume

Fonte: ISO 8561.

Devem existir sempre, no mínimo, duas embalagens “M”, apesar de ser permitido trocar as embalagens de teste por embalagens “M”.

As seguintes condições devem ser satisfeitas.

Item 13.1.2.1 - Em cada superfície horizontal pretendida para armazenagem, o maior número possível de pilhas de embalagens de teste tendo uma base de 100 mm x 200 mm deve ser feito usando 1 kg de embalagens (50 mm x 100 mm x 200 mm) deitado (com o lado tendo a maior dimensão horizontal).

Quando uma embalagem “M” (500g e 50 mm x 100 mm x 100 mm) tem de estar colocado na pilha, deverá também ser colocado deitado, lado a lado com outra embalagem 500gm com exceção das prateleiras (ver 13.1.2.7).

O carregamento pode se necessário, ser completo por pilhas tendo uma base de 100 mm x 100 mm feito com 500g de embalagens deitados, e então finalmente por pilhas tendo uma base de 50 mm x 100 mm com 125g de embalagens também deitados.

Quatro embalagens 125g podem ser trocados por uma embalagem de 500g colocado na vertical.

Item 13.1.2.2 - A altura da pilha deverá ser de modo que a folga vertical entre o canto superior da embalagem mais alto e o limite da carga, a prateleira ou a superfície horizontal situada imediatamente abaixo não seja maior do que 25 mm, e não tenha contato físico entre a embalagem mais alto e a prateleira ou superfície horizontal.

Em caso da abertura do gabinete superior sem atingir a limite de carga, uma folga vertical maior do que 10 mm, mas menor do que 35 mm deverão ser fornecidos entre o canto superior da embalagem mais alto e a superfície interna da tampa.

Na condição de satisfazer estes requisitos, embalagens de 125 g (25 mm x 50 mm x 100 mm), deitados, podem ser usados ou logo abaixo, conforme apropriado, o meio de qualquer pilha.

O número de embalagens para cada pilha deverá primeiramente ser determinado em acordo com sua espessura nominal, 50 mm e 25 mm. Para a carga atual, as embalagens devem ser escolhidas de tal forma que, levando em conta sua espessura individual, a folga vertical acima de cada pilha está dentro dos limites mencionados acima.

Item 13.1.2.3 - Pilhas de embalagens devem ser colocadas em contato direto com superfícies de cargas horizontais e superfícies verticais exceto nos seguintes casos.

a) Quando a superfície vertical está no interior da superfície da porta, as pilhas podem ser carregadas conforme o seguinte:

a.1) Se estiver marcada uma linha limite de carga, as embalagens devem ser carregadas acima dessa linha [ver figura 12a];

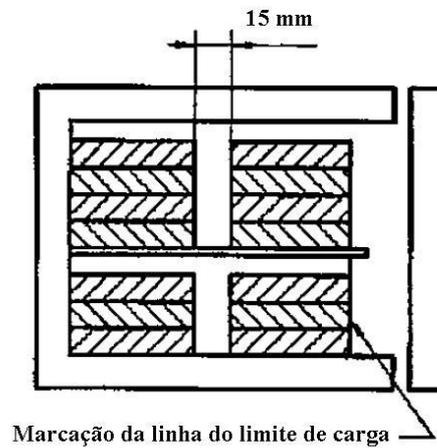


Figura 13 – Visão lateral

Fonte: Norma ISO 7371.

a.2) Se não está carregado na linha limite, mas em uma linha natural de carga, as embalagens devem ser carregadas acima do limite [ver figura 13 e 14];

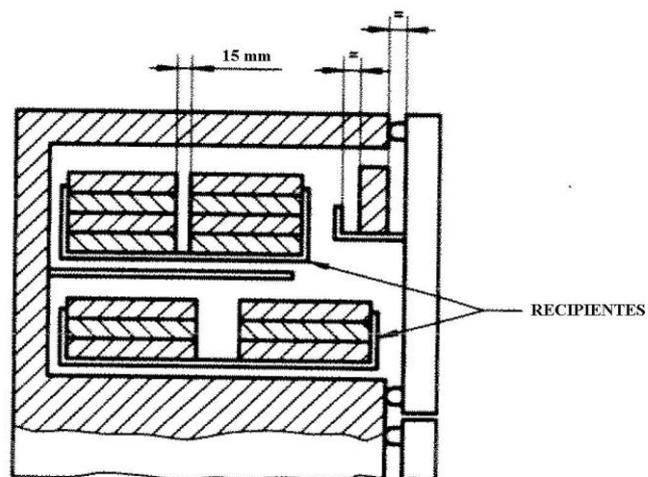


Figura 14 – Visão Lateral

Fonte: Norma ISO 7371.

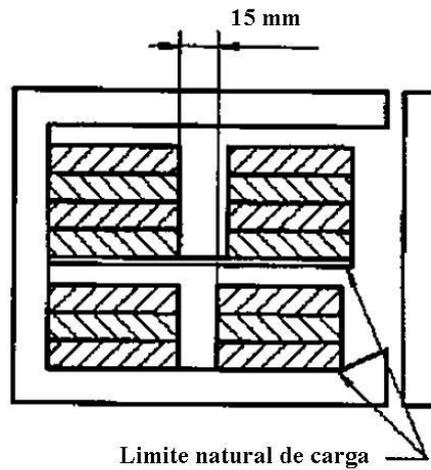


Figura 15 – Visão Lateral com Recipientes

Fonte: Norma ISO 7371.

a.3) Se o fabricante alega que todo o

a.4) armazenamento, como sendo o limite de carga natural, as embalagens devem ser carregados dentro de 15 mm da superfície vertical do interior da porta ou qualquer projeção da porta; neste caso, embalagens podem estar suspensas sobre a extremidade anterior de qualquer prateleira [ver figuras 15 e 16].

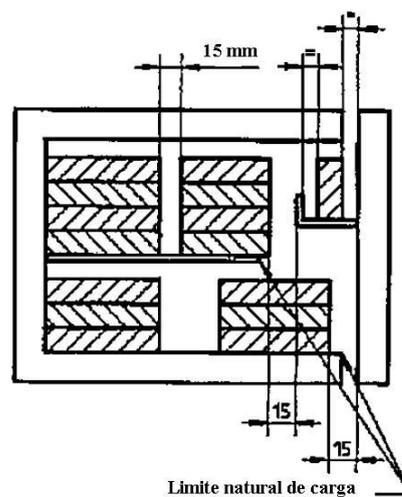


Figura 16 – Visão Lateral

Fonte: Norma ISO 7371.

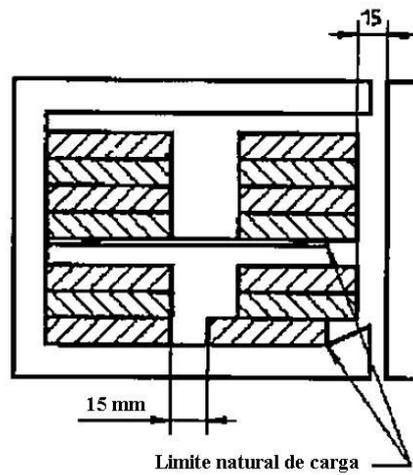


Figura 17 – Visão Lateral

Fonte: Norma ISO 7371.

b) Quando o cruzamento de uma superfície de carga horizontal e vertical é uma superfície arredondada, a embalagem final de cada pilha deve ser colocada em contato direto com a superfície de carga horizontal, e no restante das pilhas deve-se sobressair a embalagem de baixo de modo a estar em contato com a superfície vertical [ver figuras 17, 18 e 19].

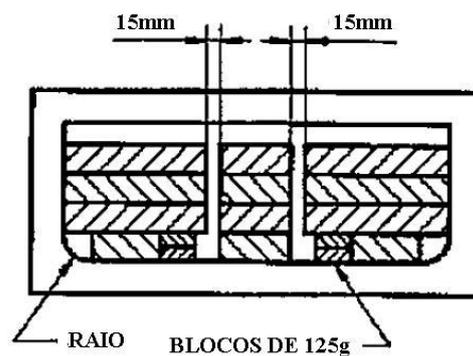


Figura 18 – Visão Frontal

Fonte: Norma ISO 7371.

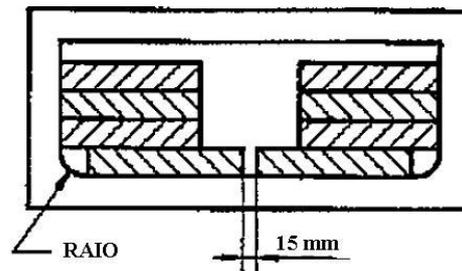


Figura 19 – Visão Frontal

Fonte: Norma ISO 7371.

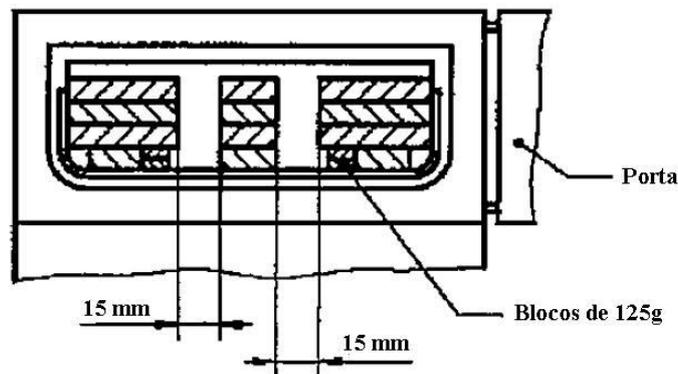


Figura 20 – Visão Frontal: Recipientes com Cantos Arredondados

Fonte: Norma ISO 7371.

Item 13.1.2.4 - Se uma subdivisão é fornecida especificamente para fazer e armazenar gelo e não é removível sem o uso de uma ferramenta, a bandeja de gelo deve ser preenchida com água, o conteúdo congelado e colocado na posição, antes que o compartimento seja carregado com embalagens de teste, caso contrário, a bandeja de gelo e as subdivisões devem ser retiradas e todo o compartimento carregado com embalagens.

No caso de aparelhos equipados com máquinas de gelo automáticos, o balde de armazenamento de gelo deve ser removido e o volume resultante considerado como o volume de armazenamento de alimentos congelados, a menos que seja especificado nas instruções de uso que este volume é apropriado para o armazenamento apenas de gelo. A máquina de gelo automática não deve estar em funcionamento durante o ensaio.

Item 13.1.2.5 - Espaços de ar livre de 15mm no mínimo (calculado a partir das dimensões nominais das embalagens de teste), tanto quanto possível iguais, deve ser deixado entre pilhas adjacentes de embalagens de teste.

O uso de espaçadores para manter os espaços de ar livre entre as pilhas de embalagens de teste é permitido, desde que os espaçadores sejam menores de idade seção transversais possíveis e menor condutividade térmica possível e são colocadas de tal maneira que não interfira de forma significativa na circulação normal de ar.

Item 13.1.2.6 - Embalagens “M” devem ser colocadas em locais onde as temperaturas mais elevadas são esperadas. Estes lugares podem ser diferentes para as temperaturas de armazenamento, para o consumo de energia e de ensaios de elevação de temperatura.

Exemplos de posicionamento dos pacotes “M”

Compartimento de comida resfriada ou compartimento de comida congelada.

- a) Com prateleiras na porta;
- b) Com n prateleiras;
- c) Com marca da linha limite para carga.

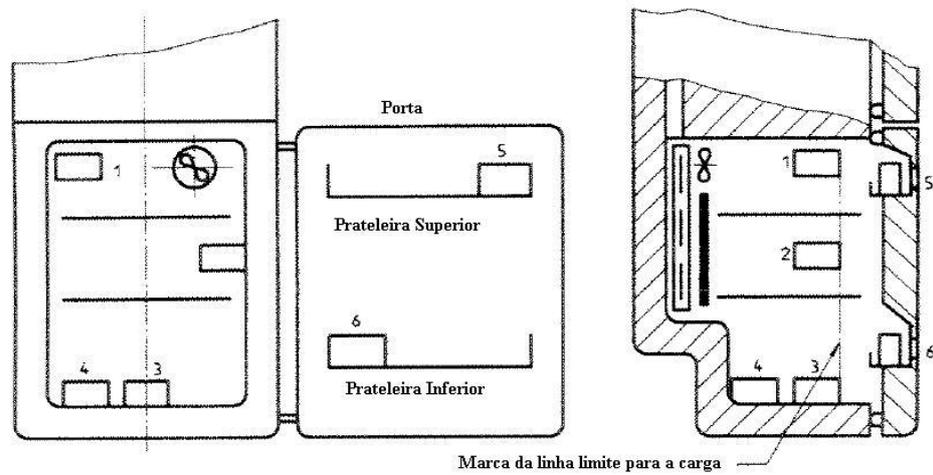


Figura 21 – Compartimento de Comida Resfriada ou Compartimento de Comida Congelada (à esquerda visão frontal – porta aberta; à direita corte de vista lateral)

Fonte: Norma ISO 8561.

Compartimento de comida resfriada ou compartimento de comida congelada.

- a) Sem prateleiras na porta;
- b) Com n prateleiras;
- c) Com marca da linha limite para carga.

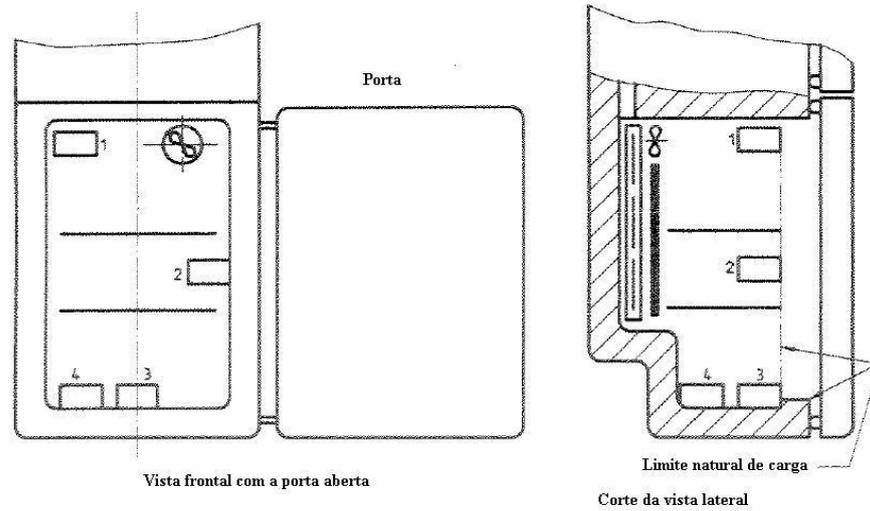


Figura 22 – Compartimento de Comida Resfriada ou Compartimento de Comida Congelada

Fonte: Norma ISO 8561.

Compartimento de comida resfriada ou compartimento de comida congelada.

- a) Sem prateleiras na porta;
- b) Com n prateleiras;
- c) Sem qualquer marca limite da carga ou limite natural de carga.

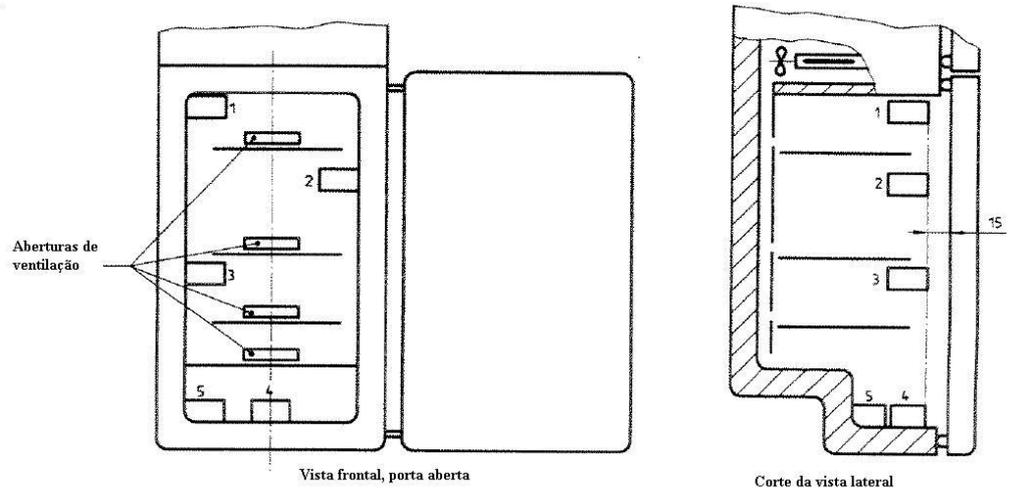


Figura 23 – Compartimento de Comida Resfriada ou Compartimento de Comida Congelada

Fonte: ISO 8561.

Compartimento de comida resfriada ou compartimento de comida congelada.

- a) Com prateleiras na porta;
- b) Com n prateleiras;

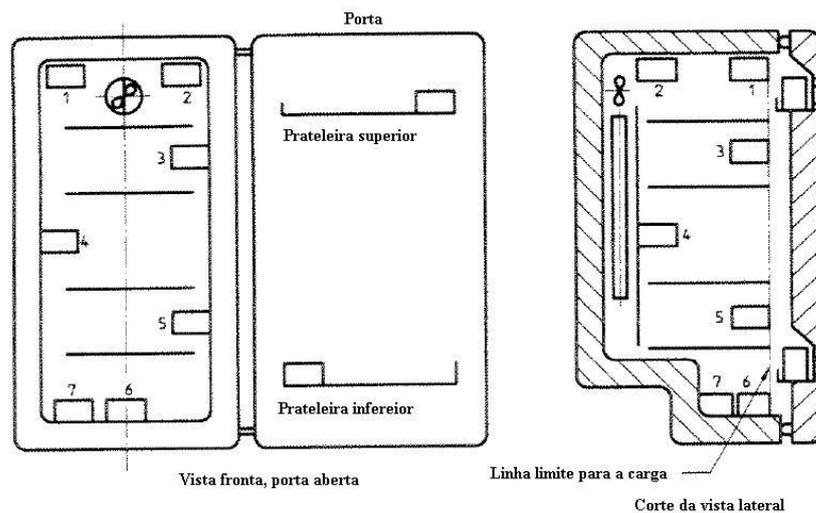


Figura 24 – Compartimento de Comida Resfriada ou Compartimento de Comida Congelada

Fonte: ISO 8561.

Compartimento de comida resfriada ou compartimento de comida congelada.

- a) sem prateleiras na porta;
- b) com n prateleiras;
- c) com limite natural de carga.

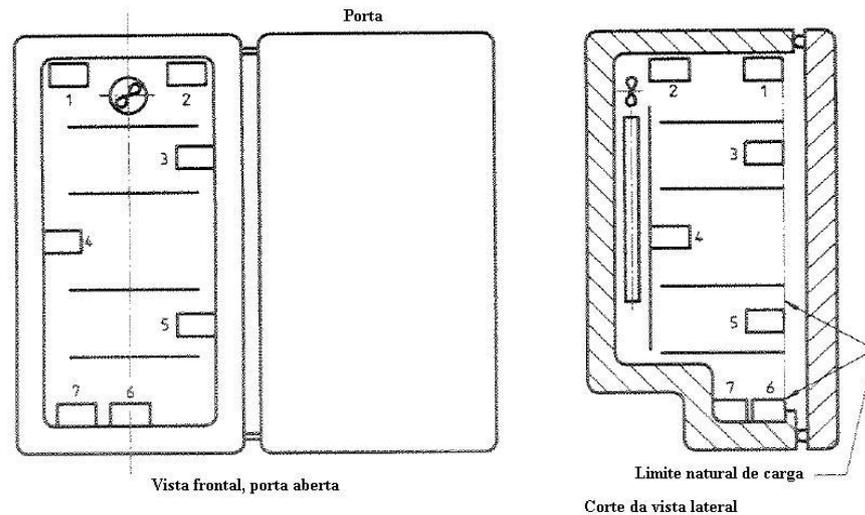


Figura 25 – Comida Resfriada ou Compartimento para Armazenamento de Comida Congelada

Fonte: ISO 8561.

Item 13.1.2.7 - Prateleiras da porta e compartimentos, devem também ser carregadas com embalagens conforme o possível. Os volumes devem ser colocados em posição tal que os espaços de ar livre entre as embalagens e a superfície interna da porta e entre as embalagens fixadoras, sejam iguais. No caso das prateleiras da porta e compartimentos, a embalagem pode se necessária, ser colocada no final. No entanto, embalagens de 125g, só serão colocadas planas e não devem ser usadas como cunhas verticais.

Item 13.1.3 - Equipamentos com compartimento de adega ajustável

Se o equipamento inclui um compartimento de adega e o volume deste compartimento e do compartimento de armazenamento de alimentos frescos podem ser

alterado um em relação ao outro pelo usuário, o compartimento da adega deve ser ajustável ao seu volume mínimo para o teste em temperatura ambiente alta e até o volume máximo para o ensaio em baixa temperatura (ver item 8.1.1).

Item 13.1.4 - Medidas

Para a temperatura adequada para o ambiente, o termostato e outros controles, se houverem, devem ser ajustados, se necessário, para uma posição que é susceptível de atenderem as temperaturas de armazenamento (ver itens 8.5 e 8.6) e que cumpram item 6.2.1, após as condições de funcionamento estável (ver item 3.4.8) serem atingidas.

Item 13.2 - Relatório de ensaio

O relatório deverá conter, no mínimo, as seguintes informações para cada teste a temperatura ambiente (se necessário):

- a) a temperatura ambiente;
- b) a posição do termostato e de outros controles, se for o caso (se forem ajustáveis pelo usuário);
- c) o valor da temperatura de armazenamento de alimentos frescos ($t_{m,max}$) e valores máximo e mínimos de t_1 , t_2 e t_3 ;
- d) o valor de $t_{m,Max}$ e os valores máximos de t_1 , t_2 e t_3 , durante o desvio de temperatura, como resultado do ciclo de degelo, e a duração do desvio de temperatura acima de $+5^{\circ}C$ e a duração do ciclo de operação;
- e) o valor de $t_{cm,Max}$ do compartimento de adega e os valores máximos de t_{c1} , t_{c2} e t_{c3} , conforme a situação, durante um ciclo operacional completo;
- f) um esboço do arranjo do carregamento no congelador de alimentos (ou gabinete) e em qualquer compartimento para alimentos congelados (ou gabinete), mostrando a localização das embalagens “M” e das embalagens “M” com a maior temperatura em cada um desses compartimentos (ou gabinetes), e em qualquer seção “duas estrelas”, a localização da

embalagem “M” com a maior temperatura durante o desvio de temperatura, como resultado do ciclo de degelo;

g) os valores da temperatura máxima mais elevada (ver f) e da duração da variação de temperatura acima de -18°C e a duração do ciclo de funcionamento (ver Quadro 5);

h) o valor da temperatura registrada no compartimento refrigerado $t_{cc \text{ Max}}$ e $t_{cc \text{ Min}}$;

i) um esboço do arranjo do carregamento do compartimento de refrigeração, mostrando a localização dos pacotes “M” com a maior e menor temperatura (ver item 3.4.3.4).

Item 15 - Teste de consumo de energia

A proposta deste teste é verificar o consumo de energia do equipamento sobre as condições de teste especificadas.

NOTA 4: em alguns países, um método diferenciado de consumo de energia é requisitado pela lei (ver anexo A).

Item 15.1 - Procedimentos

Item 15.1.1 - Temperatura ambiente

A temperatura ambiente deverá ser:

+25°C para equipamentos classe SN, N e ST;

+32°C para equipamentos classe T;

e deverá ser controlada dentro das tolerâncias especificadas no item 8.1.1.

Item 15.1.2 - Preparação do equipamento

O equipamento deverá ser instalado e carregado conforme o teste de temperatura de armazenamento (ver item 13.1). Se, entretanto, resistências anti-condensação são equipadas as quais podem ser ligadas e desligadas pelo usuário mas não necessariamente resistem ao teste de vaporização da água, eles não devem ser ligados.

Se o equipamento inclui um compartimento adega e o volume deste compartimento e do compartimento de comida fresca são ajustáveis um em relação a outro pelo usuário, o compartimento adega deverá ser ajustado para o volume mínimo.

Item 15.2 - Medidas

O consumo de energia deverá ser medido durante o período de teste (ver item 8.7).

A medida do consumo de energia deverá ser realizada sobre condições de armazenamento com todos os compartimentos estando em operação simultaneamente.

Item 15.2.1 - Condição geral de temperatura

A energia consumida é obtida quando todas as condições de temperatura de armazenamento (se aplicável) de acordo com o Quadro 5 são satisfeitas simultaneamente, e qual entrega a menor energia consumida.

Item 15.2.2 - Orientação para determinação da energia consumida

Equipamentos podem ter diferentes características operacionais. O Quadro 10 descreve as características para alguns equipamentos típicos.

Item 15.3 - Relatório de ensaio

O valor da energia consumida deverá ser contado a partir do valor medido através do período exato de 24 horas.

A energia consumida de equipamentos elétricos deverá ser expressa em kilowatt hora em 24 horas (kWh/24 h), com duas casas decimais.

O relatório deverá mencionar qual a energia consumida declarada, para que, satisfaça os requisitos de 6.2.3.

Temperaturas de armazenamento.	Refrigeradores e combinados tipo I (ver 15.2.2).				Combinados tipo II (ver 15.2.2), com termostato do compartimento de comida resfriada.						Compartimento de armazenamento de comida resfriada e congelada	
					ajustável			Não ajustável				
t^{***}	-18	≤ -18	≤ -18	≤ -18	-18	≤ -18	-18	≤ -18	≤ -18	≤ -18	-18	≤ -18
t^{**}	≤ -12	-12	≤ -12	≤ -12	≤ -12	-12	≤ -12	-12	≤ -12	≤ -12	≤ -12	-12
$t_{m,Max}$	$\leq +5$	$\leq +5$	+5	$\leq +5$	+5		$\leq +5$	+5	$\leq +5$	-	-	
$t_{cm,Max}$	$\leq +12$	$\leq +12$	$\leq +12$	+12	$\leq +12$		$\leq +12$	$\leq +12$	+12	-	-	

Nota 1: Se estes são algum compartimento “duas estrelas” ou “uma estrela”, as condições de temperatura para estes compartimentos devem ser -12°C ou abaixo, ou -6°C ou abaixo, conforme apropriado.

Nota 2: Se estes são algum compartimento resfriado, a temperatura $t_{cc,Max}$ deverá ser o mais próximo possível de, mas não deverá exceder $+3^{\circ}\text{C}$.

Valores em $^{\circ}\text{C}$

Quadro 10 – Diferentes Condições Possíveis de Temperatura de Armazenamento para Determinação da Energia de Consumo

Fonte: ISO 8561.

5 DEMONSTRAÇÃO DO ENSAIO DE EFICIÊNCIA

Para melhor demonstrar os procedimentos de ensaios de eficiência em refrigeradores mencionados neste trabalho, foi realizado o ensaio em uma amostra do ano de 1995, do tipo combinado, ver figura 29, segundo a norma ISO 8187 (equipamentos de refrigeração doméstica – características e métodos de ensaio).

5.1 LABORATÓRIO DE ENSAIO

O local escolhido para a realização do ensaio foi o laboratório de segurança de aparelhos eletrodomésticos da Electrolux, LABESE.

O LABESE tem por propósito a conformidade de seu Sistema de Gestão Laboratorial com a NBR ISO/IEC 17025 e requisitos específicos estabelecidos pelos organismos de acreditação para a manutenção de seu escopo¹².

Apesar do ensaio de eficiência energética não estar no escopo do laboratório, pois não é a finalidade do LABESE, ele dispõe de toda a infra-estrutura necessária para a realização dos procedimentos de ensaio segundo a ISO 8187.

5.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O sistema para a realização do ensaio compreende de uma câmara climática, conforme a figura 27, para estabelecer temperaturas ambientes de acordo com o capítulo 13 (Testando a temperatura de armazenamento) e o capítulo 15 (Teste do consumo de energia), das normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561, necessários para verificar o índice de eficiência do refrigerador, tomada controlada por CLP, conforme figura 26, transdutor de temperatura,

¹² Escopo é descrição de todos os ensaios que o laboratório está apto a realizar, o do LABESE pode ser encontrado no link:
(http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/detalhe_laboratorio.asp?nom_apelido=ELECTROLUX)

termopares calibrados, apresentados na figura 28, embalagens padrão e Software SCADA, conforme figura 29, de controle e gerenciamento do CLP.



Figura 26 – Tomada controlada pelo CLP

Fonte: EQUIPE, 2011.

Figura 27 – Câmara Climática

Fonte: EQUIPE, 2011.

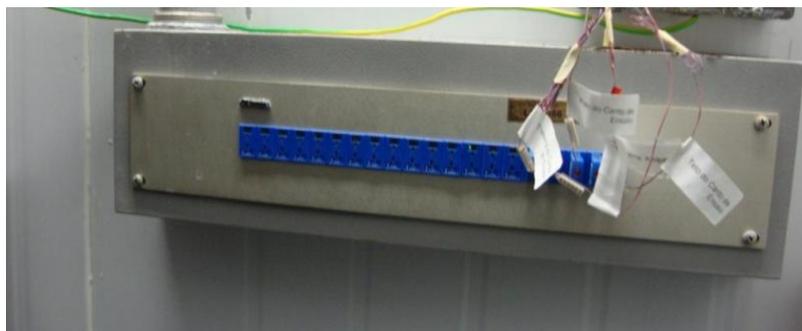


Figura 28 – Conexão entre os Termopares e o Transdutor de Temperatura

Fonte: EQUIPE, 2011.

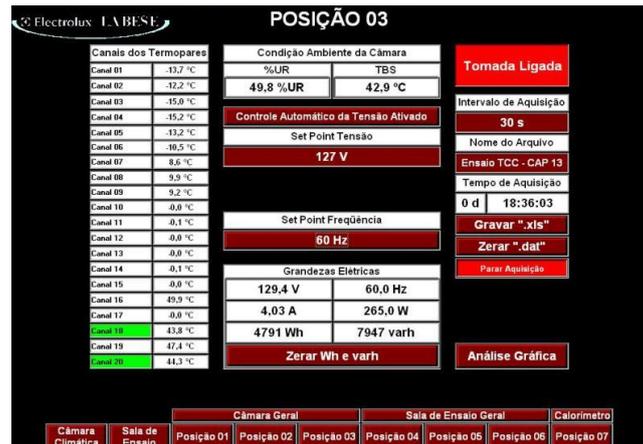


Figura 29 – Interface SCADA para Controle do CLP
Fonte: EQUIPE, 2011.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra utilizada nos ensaios, ver figura 29, 30 e 31, cumpria o requisito necessários para o teste sendo que sua fabricação no ano de 1995, conforme figura 32, estava dentro da faixa requerida, 1991 a 2001, que é o intervalo que compreende os refrigeradores analisados neste estudo.



Figura 30 – Vista Frontal do Refrigerador

Fonte: EQUIPE, 2011

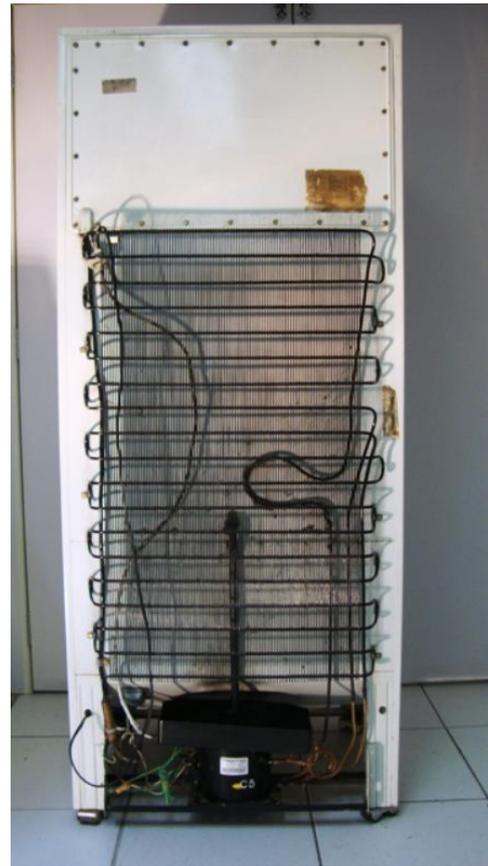


Figura 31 – Vista Traseira

Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 32 – Vista Interior

Fonte: EQUIPE, 2011.

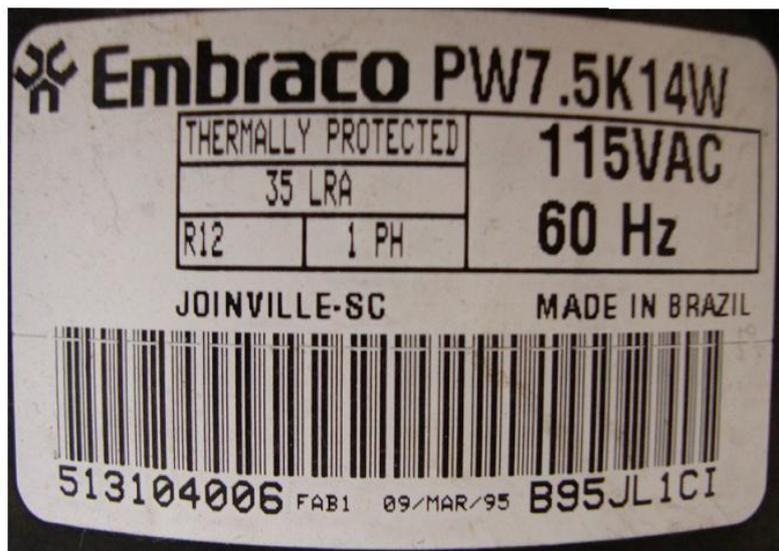
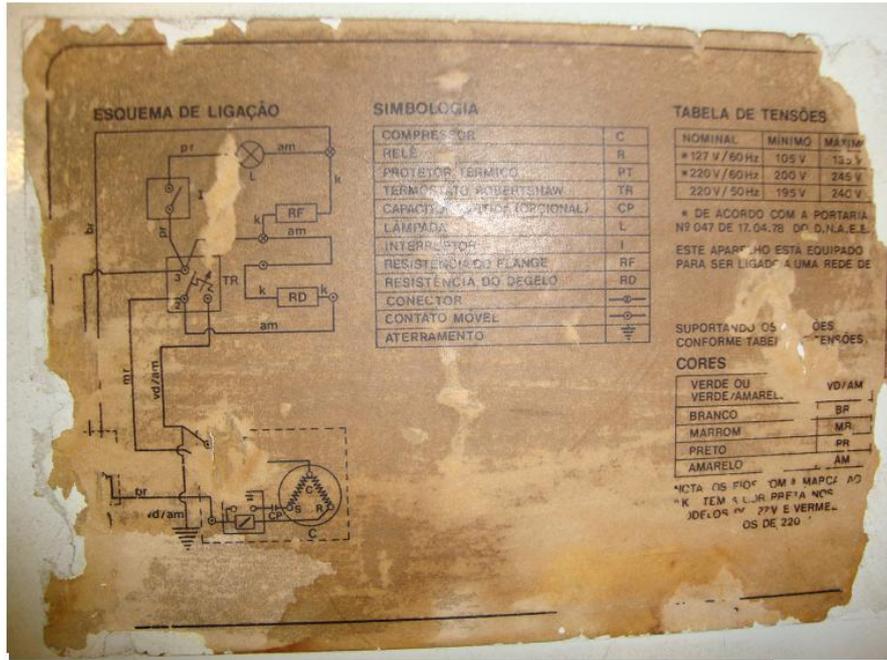


Figura 33 – Esquema Elétrico, Etiqueta do Refrigerador e Etiqueta do Compressor
 Fonte: EQUIPE, 2011.

5.4 APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DE ENSAIO SEGUNDO A NORMA ISO 8187

A primeira etapa do ensaio refere-se ao capítulo 8 da norma ISO 8187, condições gerais de ensaio.

De acordo com a etiqueta, a classe de temperatura do produto é T (tropical), com isso devemos utilizar uma temperatura de ensaio entre $+18^{\circ}\text{C}$ e $+43^{\circ}\text{C}$ para o ensaio de verificação da temperatura de armazenamento e $+32^{\circ}\text{C}$ para o ensaio de consumo de energia. Apesar de a norma estabelecer esses parâmetros, no Brasil, o regulamento do INMETRO, recomenda que o ensaio de temperatura de armazenamento seja $+43^{\circ}\text{C}$, para simular a pior condição climática existente em nosso país. Para, também, ter uma umidade relativa entre 45% e 75% deve-se posicionar o produto entre três tapumes pretos de madeira, conforme figura 34, sendo dois nas laterais com uma distância de 30 cm do produto e um atrás com a distância recomendada por cada fabricante, que pode variar de acordo com a marca e modelo.



Figura 34 – Refrigerador Inserido na Câmara Climática (conforme ISO 8187)

Fonte: EQUIPE, 2011.

5.4.1 Ensaio do Capítulo 13 da Norma ISO 8187, Verificação da Temperatura de Armazenamento

Neste ensaio foi simulado o compartimento congelador carregado com embalagens padrão de acordo com o item 13.1.2 (plano de carga) e no compartimento refrigerador foram colocados três termopares situados a 1/3 do teto, 2/3 do teto e a 25 mm da parte inferior, conforme figura 38.

A intenção é regular o termostato do refrigerador para que a temperatura do congelador atinja 3 estrelas e a média dos termopares do refrigerador seja +5°C, atingindo a conformidade com a norma com a máxima eficiência.

5.4.1.1 Resultado do ensaio do capítulo 13 da norma ISO 8187

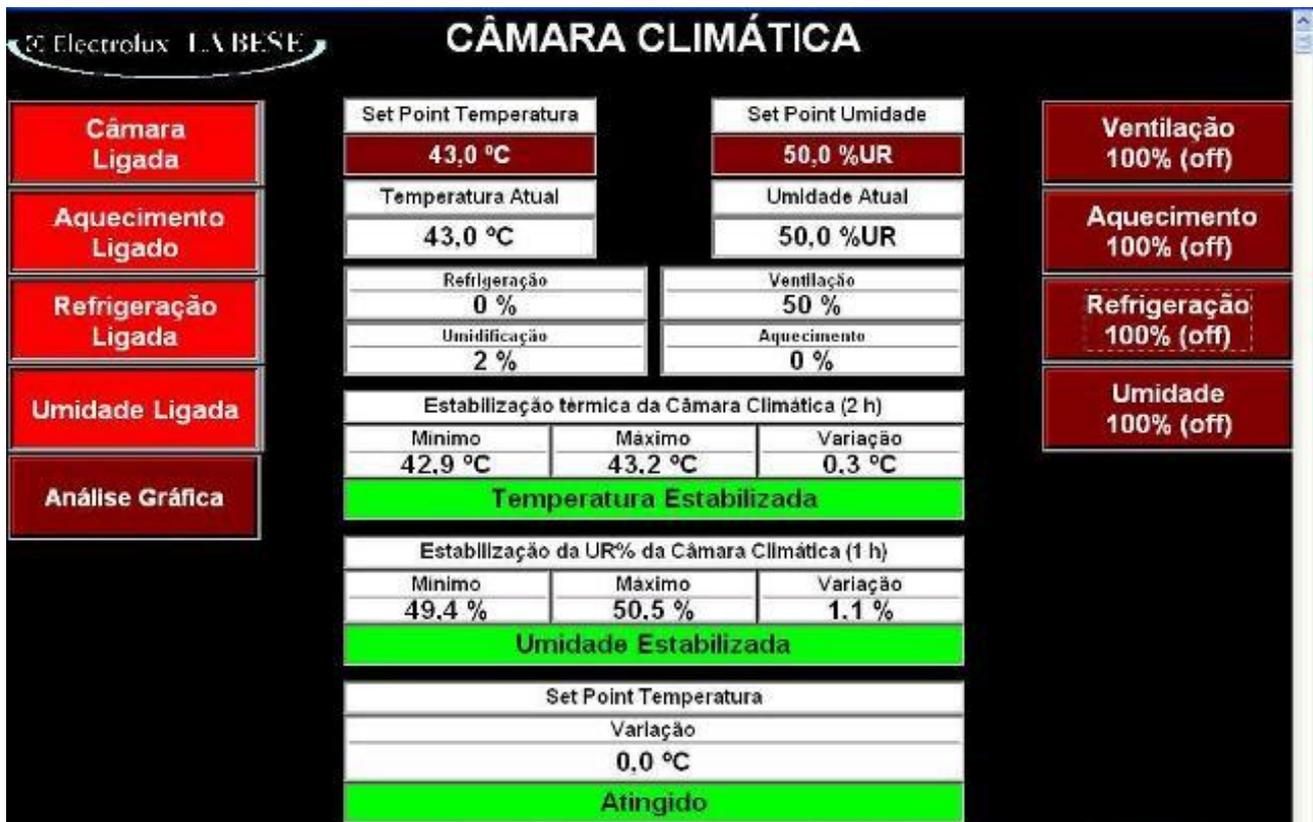


Figura 35 – Interface Mostrando a Estabilização da Câmara

Fonte: EQUIPE, 2011.

O esquema de montagem do plano de carga, com as dimensões conforme o item 13.1.2, é representado pelas figuras 36 e 37:



Figura 36 – Plano de Carga com Embalagens Padrão no Compartimento Congelador
Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 37 – Duas embalagens padrão de 1kg na porta do compartimento congelador
Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 38 – Três Termopares Localizados a 1/3, 2/3 do Limite Superior e 25 mm do Limite Inferior do compartimento refrigerador.

Fonte: EQUIPE, 2011.

Atingida a estabilização climática da câmara, o refrigerador permaneceu por 48 horas na atmosfera e o Software SCADA realizou as aquisições dos dados de temperatura em cada ponto estratégico, gerando uma planilha de dados eletrônicos como mostra a figura 38.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Ensaio TCC - Consul 1995 - CAP13										
2		Termopar 01 - Congelador	Termopar 02 - Congelador	Termopar 03 - Congelador	Termopar 04 - Congelador	Termopar 05 - Congelador	Termopar Porta - Congelador	Termopar - Refrigerador 1/3	Termopar - Refrigerador 2/3	Termopar Refrigerador 25 mm	Temp. Ambiente (°T)
3	DateTime	Canal01_c	Canal02_c	Canal03_c	Canal04_c	Canal05_c	Canal06_corri	Canal07_c	Canal08_c	Canal09_c	Canal20_c
657	15:40:51	-11,0	-9,3	-14,4	-14,7	-11,7	-8,9	7,9	9,3	8,4	44,0
658	15:41:21	-11,0	-9,2	-14,3	-14,6	-11,7	-8,9	8,0	9,3	8,5	44,1
659	15:41:51	-11,0	-9,3	-14,3	-14,6	-11,7	-8,9	7,9	9,3	8,5	44,0
660											
661	Máximo	-10,9	-9,2	-14,3	-14,6	-11,7	-8,8	8,1	9,5	8,6	
662	Mínimo	-11,2	-9,6	-14,6	-14,9	-12,2	-9,2	7,8	9,1	8,3	
663	Médio	-11,1	-9,4	-14,4	-14,7	-11,9	-9,0	7,9	9,3	8,5	44,2
664											
665	Temperatura mais elevada obtida no compartimento congelador ou em sua seção (Tc)				Temperatura nominal de classificação (°C)		Número de estrelas				
666											
667											
668	Tc > -6°C				0		0				
669	-12°C < Tc ≤ -6°C				-6		1 (*)				
670	-18°C < Tc ≤ -12°C				-12		2 (**)				
671	Tc ≤ -18°C				-18		3 (***)				
672											

Figura 39 – Resultado do Ensaio do Capítulo 13 da Norma ISO 8187

Fonte: EQUIPE, 2011.

Conforme é avaliado na figura 38, a maior temperatura no compartimento congelador é -8,8°C, caracterizando-o como 1 estrela.

A seguir são apresentados os gráficos 1 e 2 das temperaturas dos compartimentos congelador e refrigerador ao decorrer do tempo de ensaio, que tem a duração de 24 horas, após estar estabilizado.

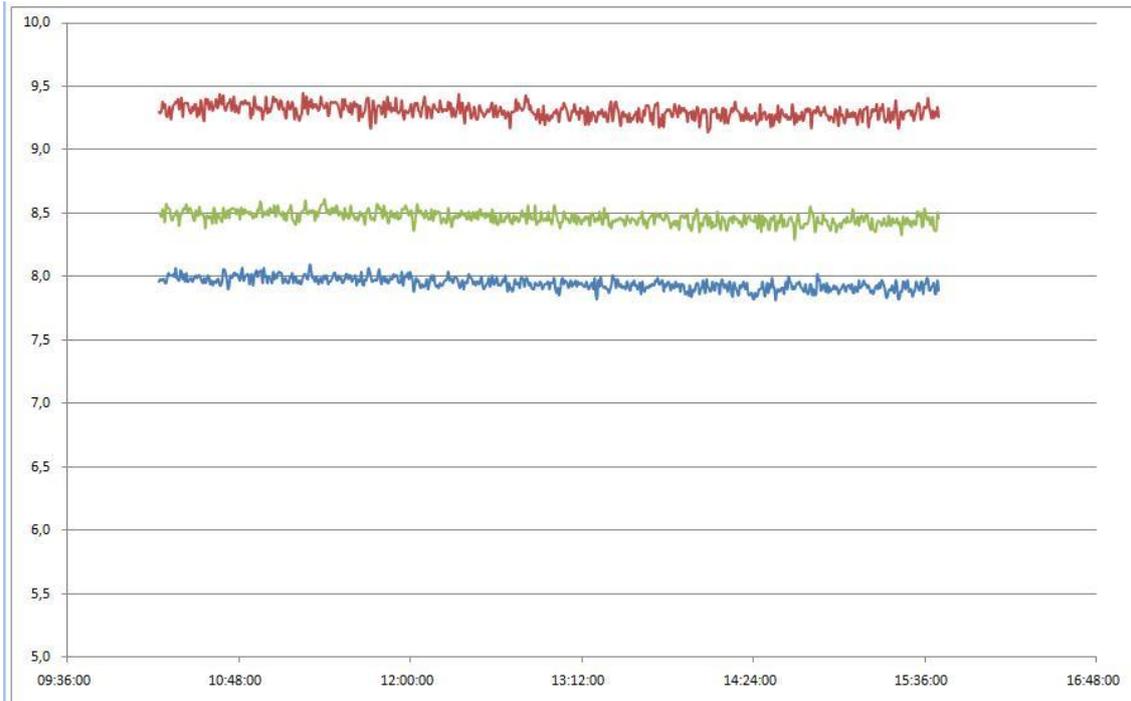


Gráfico 1 – Temperaturas no Compartimento Refrigerador

Fonte: EQUIPE, 2011.

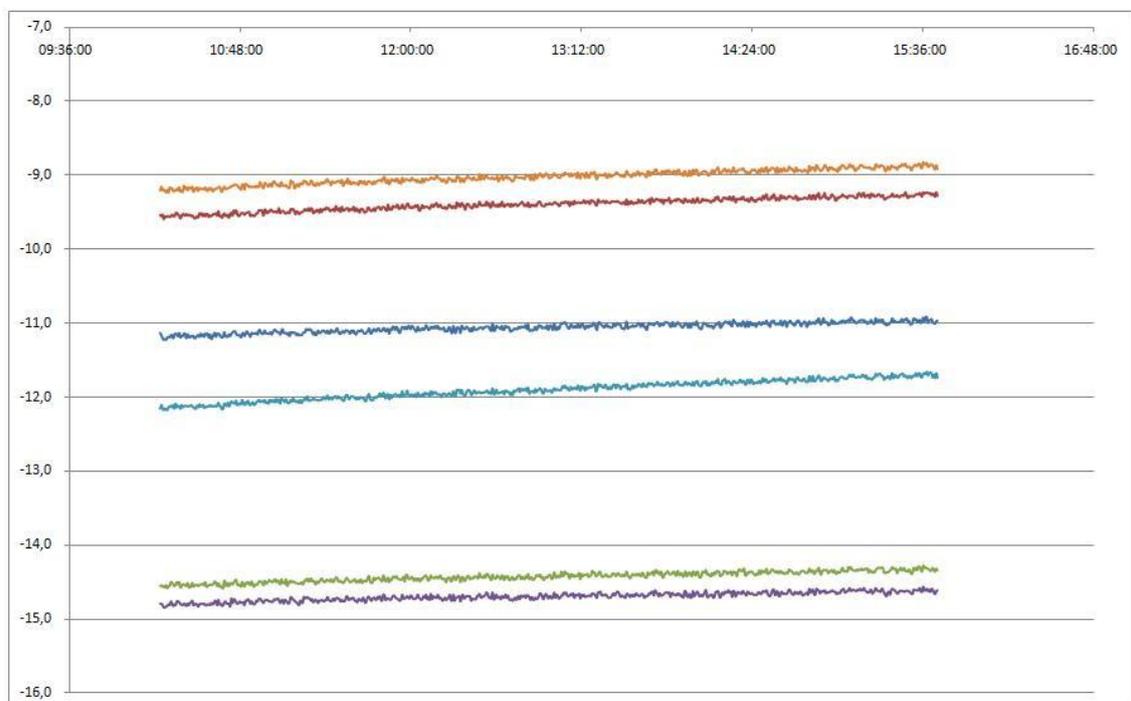


Gráfico 2 – Temperaturas no Compartimento Congelador

Fonte: EQUIPE, 2011.

Apesar da temperatura do refrigerador não ter ultrapassado +10°C, a média das temperaturas registradas pelos termopares ultrapassaram +5° C. Caso o produto fosse novo, este estaria inapto para a comercialização no mercado nacional, entretanto, como se refere a um produto com 15 anos de uso, será aplicado adiante o fator de degradação de eficiência, conforme visto na seção 3.1.1.

5.4.2 Ensaio do Capítulo 15 da Norma ISO 8187, Ensaio do Consumo de Energia

Logo após a realização do ensaio do capítulo 13 da norma ISO 8187, a temperatura da câmara climática é reduzida para +32°C, e o produto permanece por mais 48 horas para completa estabilização, antes de efetuar as aquisições de consumo de energia.

Para estabelecer qual é o consumo mensal do refrigerador, utiliza-se a média da potência obtida durante a aquisição por um período de 24 horas e aplica-se a equação abaixo:

$$\text{Consumo} = P_{\text{média}} \times 24 \times 30 \therefore \text{Consumo} = P_{\text{média}} \times 720 \text{ (kWh/mês)}$$

5.4.2.1 Resultado do ensaio do capítulo 15 da Norma ISO 8187

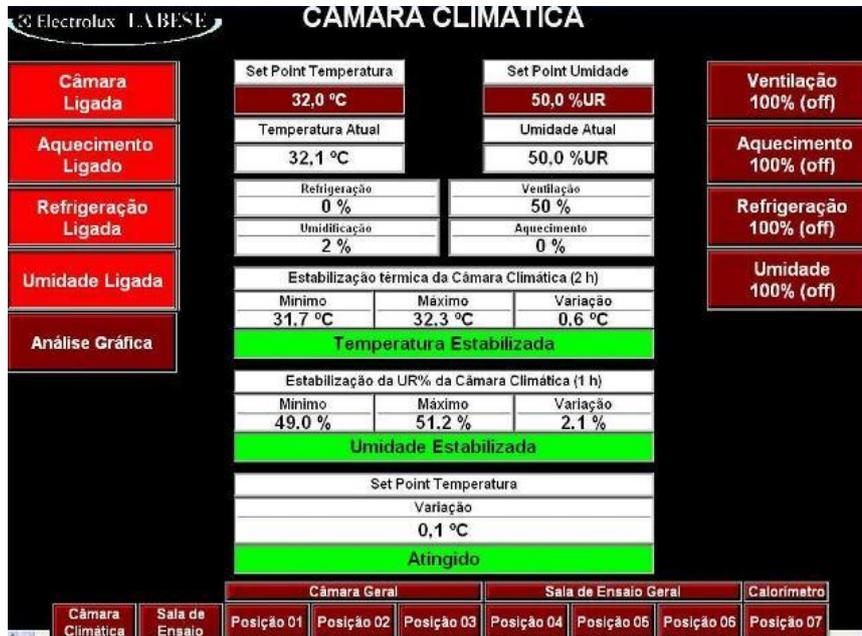


Figura 40 – Interface Mostrando a Estabilização da Câmara para a Realização do Capítulo 15

Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 41 – Interface Apresentando a Situação do Ensaio

Fonte: EQUIPE, 2011.

Concluído o ensaio, foi gerada a planilha eletrônica a seguir:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1				Ensaio TCC - Consul 1995 - CAP15					
2		Temp. Ambiente (°T)		Corrente (i)	Potência (W)	FP			
3	DateTime	Canal20_cor	TENSAO_3	Corrente_03	Potência_03	Fator_de	Frequênci	Energia_A	Energia_Reativa_03
3015	16:23:37	32,9	127	3,86	231	0,47	60	5841	10596
3016									
3017									
3018	Corrente Média			3,87	FÓRMULA COMPLETA GENÉRICA (Ie) $\frac{C}{a[V_{refrigerador} + \sum(V_{freezer} \times F)] + b}$				
3019	Potência Média			235					
3020	Consumo (kWh.mes)			169					
3021									
3022	Volume Refrigerador			318,2	Índice de Eficiência Energética (Ie = C/Cp) 3,033				
3023	Volume Freezer			73,8					
3024	Compartimento			F					
3025	1 estrela			1,41					
3026	2 estrelas			1,63					
3027	3 estrelas			1,85					
3028									
3029									
3030									
3031									

Figura 42 – Planilha de Resultados do Capítulo 15

Fonte: EQUIPE, 2011.

Para analisar o resultado, levaram-se em consideração os seguintes dados:

Potência média = 235 W

Volume do refrigerador = 318,2 litros

Volume do congelador = 73,8 litros

Consumo = $P_{\text{média}} \times 720$ (kWh/mês) = $235 \times 720 = 169$ kWh/mês

Para encontrar o consumo padrão:

$C_p = a \times [V_{\text{refrigerador}} + \sum(V_{\text{congelador}} \times F)] + b$, onde a e b são coeficientes da reta

de consumo de acordo com o quadro a seguir:

Reta de Consumo Padrão		
Categoria	A	B
Refrigerador	0,0346	19,117
Combinado	0,0916	17,083
Frost-Free	0,1059	7,4862

Quadro 11 – Reta de Consumo Padrão

Fonte: Regulamento Especifico para uso da ENCE (Refrigeradores e Assemelhados, revisão 2005)

E o F é o fator de resfriamento, de acordo com a tabela abaixo:

Compartimento	F
1 estrela	1,41
2 estrelas	1,63
3 estrelas	1,85

Quadro 12 – Fator de Resfriamento

Fonte: Regulamento Especifico para uso da ENCE (Refrigeradores e Assemelhados, revisão 2005)

Com isso obtemos o $C_p = 55,76$ kWh/mês.

Para obter o índice de eficiência, fazemos $C/C_p \rightarrow I_e = 3,033$.

Esse índice apresenta um valor muito elevado, sendo facilmente classificado nos tempos atuais na faixa E da ENCE.

Todavia, conforme havíamos comentado anteriormente, devido ao desgaste do refrigerador, podemos aplicar o fator de degradação de eficiência, o qual é 1,6 para 15 anos de uso, ou seja, aumentou em 60% o seu consumo.

Diminuindo o consumo de 169 kWh/mês em 60%, resulta em 106 kWh/mês, obtendo um $I_e = 1,847$.

6 APRESENTAÇÃO DE DADOS REFERENTES A EFICIÊNCIA

Devido às amostras de refrigeradores da década de 90 e 2000 serem escassas, e principalmente por estarem em condições muito diferentes das que foram construídas, tendo principalmente uma perda na eficiência devido ao desgaste dos anos.

A solução adotada para a devida comparação foi obter os dados através de contatos com alguns órgãos governamentais como a Eletrobrás e o Inmetro, com os quais se obteve diversos dados acerca de refrigeradores dos anos de 1999 e 2000, que juntamente com tabelas fornecidas de 2011, também, pelo Inmetro através de seu site oficial, já que hoje estes dados são disponibilizados para todos os consumidores, foram elaborados quadros separados em 1999, 2000 e ATUAL, e dentro deles algumas subseções separados em refrigeradores de uma porta com compartimento congelador, refrigeradores combinados e refrigeradores combinados *frost free*. Nestes quadros foram utilizados os seguintes parâmetros:

- a) volume interno do refrigerador em litros;
- b) volume interno do congelador em litros¹³;
- c) consumo de energia (kWh/mês) nas tensões 127 V e 220 V;
- d) índice de eficiência;
- e) classificação¹⁴.

O índice de eficiência anterior a compulsoriedade da ENCE no Brasil, era encontrado através da seguinte fórmula $I_e = \frac{C_e}{\Sigma(FxV_c) + V_r}$, onde:

C_e = consumo energia mensal (kWh/mês);

F = fator de resfriamento;

V_c = volume do congelador (litros)

V_r = volume do refrigerador (litros)

Com isso, foi notado que não era levado em conta o consumo padrão, juntamente com a reta padrão de consumo, como é feito atualmente. Por esse motivo, para efeitos de

¹³ O volume interno do congelador em litros é classificado entre 1 a 3 estrelas.

¹⁴ A classificação é definida entre classes de A a E que variam de acordo com valores obtidos nos cálculos. A classificação utilizada foi baseada na sua totalidade em modelos que possuem como agente de expansão o ciclo-pentano.

comparação, nos quadros 13, 14 e 15, foi modificada a classificação dos refrigeradores para o método atual de classificação.

Refrigeradores de 1 porta com compartimento congelador											
Marca	Modelo	Volume interno (l)			Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação		
		Refrigerador	Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Brastemp	BRA30C	261	32			32,5	32,5	1,09	1,09	D	D
Brastemp	BRA34C	312	32			35,5	35,5	1,13	1,13	E	E
BS Continental	RC29XD	262	30			29,0	29,0	0,98	0,98	C	C
BS Continental	RC36XM	325	32			33,0	33,0	1,03	1,03	D	D
Electrolux	R310	281			31	49,1	49,1	1,61	1,61	E	E
Electrolux	R360	332			31	48,3	48,3	1,49	1,49	E	E
Consul	CRA30C	261	32			31,7	31,7	1,07	1,07	D	D
Consul	CRA34C	312	32			34,5	34,5	1,10	1,10	D	D
Esmaltec	RG3001	270			30	39,6	35,5	1,31	1,18	E	E
Refrigeradores Combinados											
Marca	Modelo	Volume interno (l)			Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação		
		Refrigerador	Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Brastemp	BRZ41A	302			100	99,6	99,6	1,61	1,61	E	E
Continental	RC43DA	286			145	64,0	64,0	0,94	0,94	C	C
Bosch	RB43	286			145	64,0	64,0	0,94	0,94	C	C
Consul	CRD34A	272		11	55	49,0	49,0	0,93	0,93	B	B
Consul	CRD38A	294		13,6	67,4	49,0	49,0	0,85	0,85	A	A
Electrolux	DC360	279,6			82,1	55,0	55,0	0,97	0,97	C	C
Electrolux	D440	335			105	85,0	85,0	1,30	1,30	E	E
Refrigeradores Combinados Frost Free											
Marca	Modelo	Volume interno (l)			Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação		
		Refrigerador	Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Brastemp	BRM33A	267			63	60,0	60,0	1,07	1,07	D	D
Brastemp	BRM37A	293			74	63,5	61,0	1,02	0,98	D	C
Brastemp	BRM43A	342			86	66,5	66,5	0,93	0,93	C	C
Brastemp	BRG43A	342			86	66,5	66,5	0,93	0,93	C	C
Brastemp	BRN43A	342			81	66,5	66,5	0,95	0,95	C	C
Brastemp	BRE43A	342			81	66,5	66,5	0,95	0,95	C	C
Brastemp	BRS71A	433			277	89,8		0,70		A	
Consul	CRM42A	334			86	66,5	66,5	0,95	0,95	C	C

Quadro 13 – Dados de Refrigeradores do ano de 1999

Fonte: EQUIPE, 2011

No quadro 13, referente ao ano de 1999, percebe-se uma melhora no índice de eficiência em relação a amostra de 1995, onde o índice corrigido foi de 1,847, para a classe de refrigeradores combinados.

Contudo, pode-se notar um efeito da fase de transição, onde aparece o modelo BRZ41A com um $I_e = 1,61$ com classificação E, mas também o modelo CRD38A com $I_e = 0,85$, com classificação A.

Refrigeradores de 1 porta com compartimento congelador											
Marca	Modelo	Refrigerador	Volume interno (l)			Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação	
			Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Brastemp	BRA31B	253	33			29,1	29,1	0,99	0,99	C	C
Brastemp	BRA30C	228	46			29,1	29,1	0,99	0,99	C	C
Brastemp	BRA34C	270	46			32,8	32,8	1,07	1,07	D	D
Continental	RC29	257	29			27,0	27,0	0,92	0,92	B	B
Continental	RC36	324	33			33,0	33,0	1,03	1,03	D	D
Consul	CRA31B	253		33		29,1	29,1	0,98	0,98	C	C
Consul	CRA35B	296		33		32,8	32,8	1,05	1,05	D	D
Consul	CRA34C	270		46		32,8	32,8	1,06	1,06	D	D
Electrolux	R310	263		31		28,1	28,1	0,94	0,94	C	C
Electrolux	R280	241		24		49,0	49,0	1,70	1,70	E	E
Electrolux	R360	316		31		31,3	31,3	0,98	0,98	C	C
Refrigeradores Combinados											
Marca	Modelo	Refrigerador	Volume interno (l)			Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação	
			Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Brastemp	BRD46A	335		16	81	57,7	56,8	0,90	0,89	B	B
Bosch	RB40	255,6			144,3	67,0	67,0	1,03	1,03	D	D
Bosch	RB43	301,5			144,3	62,0	62,0	0,90	0,90	B	B
CCE	C43SL	327			90,5	64,0	64,0	1,03	1,03	D	D
Consul	CRD36A	267		10	54	50,8	48,7	0,97	0,93	C	C
Consul	CRD39A	282		13	67	51,3	51,3	0,91	0,91	B	B
Continental	RC43	301,5			144,3	62,0	62,0	0,90	0,90	B	B
Continental	RC34	253,4			84,7	62,0	62,0	1,13	1,13	E	E
Electrolux	DC360	268			83	55,0	55,0	0,99	0,99	C	C
Electrolux	DC440	323			104	67,4	67,4	1,05	1,05	D	D
Refrigeradores Combinados Frost Free											
Marca	Modelo	Refrigerador	Volume interno (l)			Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação	
			Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Brastemp	BRM33A	263			52	60,0	60,0	1,13	1,13	E	E
Brastemp	BRM37A	289			60	63,5	61,0	1,09	1,05	D	D
Brastemp	BRM43A	337			80	68,3	68,3	0,99	0,99	C	C
Brastemp	BRG43A	337			80	68,3	68,3	0,99	0,99	C	C
Brastemp	BRS71A	429		30	196	89,8	89,8	0,79	0,79	A	A
Electrolux	DS420	257			87	61,2	61,2	1,01	1,01	D	D
Electrolux	DS600	362			137	84,6	86,8	0,99	1,01	C	D
Electrolux	DB580	365			117	79,4	82,7	0,98	1,02	C	D
Electrolux	SS650	413			188	93,0	97,8	0,89	0,94	B	C
Electrolux	SS680	414			245	89,2	92,5	0,76	0,79	A	A

Quadro 14 - Dados de Refrigeradores do ano de 2000

Fonte: EQUIPE, 2011

O quadro 14 apresenta um baixo número de equipamentos de refrigeração doméstica com classificação E, porém apresenta uma média de eficiência superior a do ano anterior, sendo igual a 1,00, contra a média de 1,07 do ano anterior.

Convém ressaltar que a média foi realizada de forma aritmética, apenas para efeitos de comparação, sem nenhum vínculo com o impacto da rede elétrica brasileira, o qual será estudado posteriormente.

Por último foi apresentado o quadro 15 com os refrigeradores atuais, retiradas do site do INMETRO.

Refrigeradores de 1 porta com compartimento congelador											
Marca	Modelo	Volume interno (l)				Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação	
		Refrigerador	Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Electrolux	R26	214	26			23,7	23,7	0,853	0,853	A	A
Electrolux	RDE38	312	31			26,8	26,8	0,853	0,853	A	A
Electrolux	RW34	236	26			24,4	24,4	0,855	0,855	A	A
Dako	REDK34	268	30			25,4	25,4	0,851	0,851	A	A
Consul	CRC28F	219	20			23,4	23,4	0,846	0,846	A	A
Consul	CRC30G	236	25			24,3	24,3	0,853	0,853	A	A
Consul	CRC28F	219	20			23,4	23,4	0,846	0,846	A	A
Esmaltec	ER 34	241		60		25,8	25,8	0,837	0,837	A	A
Continental	RSG27	223	29			23,7	23,7	0,839	0,839	A	A
Continental	RC28A	223	29			15,8	15,8	0,559	0,559	A	A
Refrigeradores Combinados											
Marca	Modelo	Volume interno (l)				Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação	
		Refrigerador	Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Continental	RCCT495	318		21	128	59,0	59,0	0,83	0,83	A	A
Continental	RDV37	263			78	46,5	46,5	0,85	0,85	A	A
Continental	RSV47	310			147	57,6	57,6	0,82	0,82	A	A
Brastemp	BRD47D	307		17	90	50,0	48,0	0,79	0,76	A	A
Brastemp	BRD50A	319		24	107	51,0	51,0	0,75	0,75	A	A
Electrolux	DCW49	437		17	98	58,1	58,1	0,76	0,76	A	A
Electrolux	DCW42	276			86	48,4	48,4	0,85	0,85	A	A
Electrolux	DC45	315		17	98	55,6	55,6	0,85	0,85	A	A
GE	RCGE600	318		21	128	59,0	59,0	0,83	0,83	A	A
Mabe	REMB480	328		14	104	55,0	55,0	0,82	0,82	A	A
Refrigeradores Combinados Frost Free											
Marca	Modelo	Volume interno (l)				Consumo de energia (Kwh/mês)		Índice de Eficiência		Classificação	
		Refrigerador	Congelador			127 V	220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
			(*)	(**)	(***)						
Electrolux	DFW51	328			113	59,0	59,0	0,779	0,779	A	A
Electrolux	DT80X	413		10	119	70,0	70,0	0,778	0,778	A	A
Electrolux	SH70X	334		10	160	65,0	65,0	0,725	0,725	A	A
Bosch	KDN50	337		3	105	57,0	57,0	0,754	0,754	A	A
Brastemp	BRE51N	302			120	42,0	42,0	0,567	0,567	A	A
Brastemp	BRX50B	325			107	58,0	58,0	0,784	0,784	A	A
LG	LR-21STD1	356			214	85,3	85,3	0,828	0,828	A	A
GE	RGV91	356		21	98	55,6	54,4	0,694	0,679	A	A
Mabe	RMT91	362			116	65,5	55,0	0,811	0,681	A	A
Continental	RFCT800	337		16	92	59,5	59,5	0,791	0,791	A	A

Quadro 15 – Dados de Refrigeradores atuais.

Fonte: EQUIPE, 2011

Como era esperado os refrigeradores do quadro 15 mostra todos os refrigeradores pesquisados com índice de eficiência A, com uma média de 0,80, atingindo uma redução de 25,27% comparada com os refrigeradores comercializados no país no final da década de 90.

Essa redução, conforme mencionado anteriormente foi feito apenas para comparação. No próximo capítulo será aplicado uma modelagem matemática que leva em consideração o *market share* de cada fabricante, para ser calculado um refrigerador equivalente por tipo e por ano, para ser possível averiguar se houve aumento da eficiência energética em refrigeradores.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

7.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Por meio da equação 1 proposta por Cardoso (2008), e das tabelas de eficiência energética de refrigeradores discriminados por modelo, marca e ano e com os dados de segmentação de mercado dos quadros 4 e 5, foi calculado o consumo de um refrigerador padrão, que aproveitando como foi denominado por Cardoso (2008) Modelo Equivalente, para os anos de 1999, 2000 e 2011, de refrigeradores com uma porta, combinado e *frost free*.

Os dados de eficiência energética presentes nos quadros 13, 14 e 15 foram obtidos em testes realizados pelo Inmetro, considerando a metodologia proposta pelas normas ISO 7371 (1995), ISO 8187 (1991) e ISO 8561 (1995) que foram parcialmente traduzidas de forma livre no capítulo 4 deste trabalho. A rotina de ensaio foi descrita e exemplificada no capítulo 5.

Portanto, para quantificar e comparar a eficiência energética em tempos distintos, e verificar se, desde a compulsoriedade da ENCE, houve melhora efetiva na eficiência energética, foi proposto o cálculo de um refrigerador padrão médio, levando em conta os modelos existentes nas épocas e a segmentação de mercado no período, com esses dados e premissas, pretende-se ter uma boa base de comparação e quantificação percentual da evolução da eficiência.

Os resultados obtidos mostram que houve melhora significativa em todos os modelos. O consumo do modelo equivalente em kWh/mês foi de 38,29 para o ano de 1999, 32,56 para o ano de 2000 e 23,57 para o ano de 2011. Portanto, comparando o modelo equivalente do ano de 1999 com o do ano de 2011, observa-se uma redução de 38,44% no consumo.

Para os refrigeradores combinados, os consumos dos modelos equivalentes nos anos 1999, 2000 e 2011, foram 71,84, 56,64 e 52,61 kWh/mês, respectivamente. Representando uma melhora de 26,76%, se compararmos os modelos equivalentes dos anos de 1999 e 2011.

A melhora menos sensível, porém, também, significativa, foi a dos refrigeradores combinados *frost free*. Os modelos equivalentes nos anos de 1999, 2000 e 2011 apresentaram os respectivos consumos, 68,23, 74,05 e 56,37 kWh/mês. Ou seja, houve uma melhora, entre 1999 e 2011, de 17,38%.

A seguir são apresentados os quadros 16, 17 e 18 que são resumos, dos consumos vistos até agora, sendo que a planilha de cálculo pode ser encontrada no anexo D.

Ano	Consumo do Modelo Equivalente (kWh/mês)
1999	38,29
2000	32,56
2011	23,57

Quadro 16: Consumo do Modelo Equivalente de Refrigeradores de uma Porta com Compartimento Congelador

Fonte: EQUIPE, 2011.

Ano	Consumo do Modelo Equivalente (kWh/mês)
1999	71,84
2000	56,64
2011	52,61

Quadro 17: Consumo do Modelo Equivalente de Refrigeradores Combinados

Fonte: EQUIPE, 2011.

Ano	Consumo do Modelo Equivalente (kWh/mês)
1999	68,23
2000	74,05
2011	56,37

Quadro 18: Consumo do Modelo Equivalente de Refrigeradores Combinados *Frost Free*

Fonte: EQUIPE, 2011.

7.2 REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

De posse das médias de consumo de cada modelo de refrigerador, com datas de fabricação anteriores a obrigatoriedade da ENCE e posteriores, pode-se realizar a estimativa da redução de consumo de energia com base nos valores aproximados das vendas de 2010, divididos pelo *market share* de cada fabricante e de cada tipo de produto. Podendo, assim, verificar qual foi o impacto atual da etiqueta nacional de conservação de energia em vigor há 10 anos no país.

Tomando como base as estimativas de vendas da empresa Electrolux em 2010, 2,5 milhões de unidades, pode-se projetar o total de unidades comercializadas no país de acordo com o *market share* do quadro 4 e quadro 5, do capítulo 3, como mostrado nos quadros 19 e 20:

Estimativa anterior a ENCE	Market Share	Unidades
Multibras	53%	4.568.966
Electrolux	29%	2.500.000
MABE	11%	948.276
BSH Continental	7%	604.448

Quadro 19: Unidades de refrigeradores comercializadas antes da compulsoriedade da ENCE

Fonte: EQUIPE, 2011.

Estimativa atual	Market Share	Unidades
Whirlpool	47,6%	4.020.270
Electrolux	29,6%	2.500.000
MABE	9,7%	819.257
BSH Continental	8,9%	751.689
Esmaltec	3,3%	278.716

Quadro 20: Unidades de refrigeradores comercializadas atualmente.

Fonte: EQUIPE, 2011.

As vendas de tipos de refrigeradores no país são atualmente divididas da seguinte forma, conforme o quadro 21:

Tipo de Refrigerador	Participação nas vendas
Uma Porta (norma ISO 7173)	41%
Combinado (norma ISO 8187)	24%
Frost Free (norma ISO 8561)	35%

Quadro 21: Divisão da venda de refrigeradores por tipo.

Fonte: Electrolux do Brasil SA

Com isso concluí-se que a participação de cada empresa com cada tipo de refrigerador, anterior a ENCE e atualmente pode ser mostrado de acordo com os quadros 22 e 23:

Estimativa anterior a ENCE	Unidades Uma Porta	Unidades Combinado	Unidades Frost Free
Multibras	1.873.276	1.096.552	1.599.138
Electrolux	1.025.000	600.000	875.000
MABE	388.793	227.586	331.897
BSH Continental	247.414	144.828	211.207

Quadro 22: Quantidade de refrigeradores comercializados por marca, ano 2000.

Fonte: EQUIPE, 2011.

Estimativa atual	Unidades Uma Porta	Unidades Combinado	Unidades Frost Free
Whirlpool	1.648.311	964.865	1.407.095
Electrolux	1.025.000	600.000	875.000
MABE	335.895	196.622	286.740
BSH Continental	308.193	180.405	263.091
Esmaltec	114.274	66.892	97.551

Quadro 23: Quantidade de refrigeradores comercializados por marca, ano 2010.

Fonte: EQUIPE, 2011.

Como foi calculado o consumo de energia médio ponderado no capítulo anterior, podemos somar todas as unidades de cada tipo de refrigerador, como segue nos quadros 24 e 25:

Tipo de Refrigerador	Estimativa total anterior a ENCE
Uma Porta	3.534.483
Combinado	2.068.966
Frost Free	3.017.241

Quadro 24: Quantidade total de refrigeradores novos anterior a ENCE, ano base 2000.

Fonte: EQUIPE, 2011.

Tipo de Refrigerador	Estimativa total atual
Uma Porta	3.341.672
Combinado	2.008.784
Frost Free	2.929.476

Quadro 25: Quantidade total de refrigeradores novos atuais, ano base 2010.

Fonte: EQUIPE, 2011.

Agora é possível realizar o cálculo do impacto da eficiência energética dos refrigeradores na rede elétrica brasileira, pois foi tomado como base o mercado atual, foi projetada esta quantidade no *market share* da época, no quadro 21 observa-se a divisão das vendas por tipo de produto, nos quadros 13, 14 e 15 é possível observar o consumo dos produtos anteriores a ENCE e atuais, então foi elaborado o quadro 26 a seguir com base nos quadros do item 7.1.

2000	Unidades	Consumo (kWh/mês)	Consumo Total (kWh/mês)
Uma porta	3.534.483	32,56	
Combinado	2.068.966	56,64	
Frost Free	3.017.241	74,05	
Total	8.620.690	-x-	455.695.690
2010	Unidades	Consumo (kWh/mês)	Consumo Total (kWh/mês)
Uma porta	3.431.672	23,57	
Combinado	2.008.784	52,61	
Frost Free	2.929.476	56,37	
Total	8.620.690	-x-	351.701.213

Quadro 26: Consumo total dos refrigeradores, ano base 2010.

Fonte: EQUIPE, 2011.

Com isso, fez-se $\Delta E = |E_{2000}| - |E_{2010}|$, sendo E a o consumo total de energia em kWh/mês;

$$\Delta E = 103.994.477 \text{ kWh/mês};$$

Transformando para hora:

$$\Delta E = 144.437 \text{ kWh};$$

Ajustando as grandezas, chega-se ao consumo de:

$$\Delta E = 144,44 \text{ MWh}.$$

Para efeito de comparação, essa quantidade de energia representa segundo dados de ITAIPU (2011), aproximadamente 1/5 de uma de suas 20 turbinas, cada uma com 700 MW, que juntas somam um valor de 14.000 MW de potência instalada, ou ainda segundo COPEL (2011), esse valor é equivalente a aproximadamente 1/3 de uma das quatro unidades geradoras da Usina Gov. Bento Munhoz da Rocha Netto, a maior usina da Copel, com capacidade total de 1676 MW de potência.

A tabela resumida do cálculo apresentado nesta seção esta apresentada no Anexo E.

8 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi elaborado um material técnico sobre o impacto da eficiência energética em refrigeradores domésticos no sistema elétrico brasileiro.

Partindo de referências do início da preocupação com eficiência energética no país desde as primeiras crises mundiais do petróleo, foi feito um estudo sobre as medidas tomadas por outros países, inclusive quanto à criação de programas de incentivo à eficiência energética e sistemas de etiquetagem de energia, demonstrando e ilustrando os tipos e diferenças entre as etiquetas de energia utilizadas em alguns países, apontando diferenças e semelhanças com a utilizada no Brasil pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Para este estudo utilizamos capítulos aplicáveis das normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561 (os quais foram traduzidos de forma livre pela própria equipe e inseridos no trabalho) e o regulamento em vigência no Brasil, para realizar um ensaio em uma amostra de um refrigerador de 1995 em um laboratório em Curitiba, cedido empresa pela Electrolux onde foi possível, mostrar passo a passo cada item das normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561 e pode ser calculado o consumo desse refrigerador. De posse do fator de degradação, foi possível calcular um valor aproximado da quantidade consumida por este refrigerador no ano de seu lançamento, evidenciando assim a diminuição da eficiência energética com o decorrer dos anos de utilização.

Através de contatos com órgãos do governo federal, Inmetro e Eletrobras, e com o apoio do Cepel, que é um dos laboratórios do governo voltado a área de eficiência energética e segurança, foram obtidos dados que possibilitaram a elaboração de tabelas contendo equipamentos de 1999, 2000 e atuais.

Para uma melhora nos resultados foi necessário mudar a base de cálculo utilizada nos anos de 1999 e 2000 para a metodologia atual do cálculo de eficiência energética.

Foi calculado, então, um modelo equivalente para cada tipo de refrigerador de cada um dos anos propostos através de uma fórmula proposta por Cardoso (2008). De posse dos valores dos modelos equivalentes foi calculado a melhora percentual da eficiência energética por modelo, comparando os anos antes da compulsoriedade da ENCE com 2011.

De posse do *market share* foi calculado e comprovado a melhora efetiva da eficiência energética, atingindo aproximadamente 455.695.690 kWh/mês no ano 2000 frente à 351.701.213 kWh/mês em 2011, resultando numa economia de aproximadamente

103.994.477 kWh/mês o que equivale a 144,44 MWh. Esse valor corresponde somente à economia verificada nos refrigeradores vendidos no ano de 2011. Justificando assim as iniciativas que visam à melhora da eficiência energética relacionada a refrigeradores, principalmente em um momento atual onde a expansão do setor energético brasileiro se encontra mais inviável, enquanto o aumento da demanda é crescente com o passar dos anos.

8.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para futuros trabalhos, pode ser indicado um estudo similar para avaliar o impacto da eficiência energética de aparelhos de ar-condicionado no sistema elétrico brasileiro, devido a seu consumo maior em relação a outros equipamentos domésticos.

Outra sugestão é realizar um estudo relacionado ao impacto dos chuveiros elétricos no sistema elétrico brasileiro, devido a sua influência no horário de ponta do sistema, carga elevada se comparada com os outros equipamentos domésticos, além de possui baixo fator de carga.

Pode ser citado, também, como sugestão, um estudo mais aprofundado a respeito do desgaste do compressor e de outros fatores que diminuem a eficiência energética ao longo da vida útil do refrigerador.

REFERÊNCIAS

ADEME, disponível em <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3&cid=96>. Acesso em: 10 de junho de 2011;

ADNOT J. **Eficiência Energética de condicionadores de ar. Estudo para um direcionamento geral da energia da comissão das comunidades européias**, França; 1999.

AGO, disponível em <http://www.energyrating.gov.au/>. 2002;

AUGUSTOS DE MELO, Conrado. **Normas de eficiência energética para refrigeradores no Brasil: Uma metodologia para avaliação do impacto (Energy efficiency standards for refrigerators in Brazil: A methodology for impact evaluation)**, Brasil; 2010.

CADE; Ato de Concentração nº 08012.005517/2009-12; 2009

CARDOSO, Rafael Albino. **Avaliação da Economia de Energia atribuída ao Programa Selo PROCEL em Freezers e Refrigeradores**, Universidade Federal de Itajubá (Programa de Pós Graduação em engenharia de energia). 2008;

CLASPONLINE, disponível em <http://www.clasponline.org/>. Acesso em 11 de junho de 2011;

COPEL, disponível em <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2Fe307f2c9b2edc56303257412004fdb91> Acesso em 20 de outubro de 2011;

DECRETO Nº 4059. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de Outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e uso racional de energia, 19 de Dezembro de 2001;

DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES (DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS DO ESTADO DA LOUISIANA (EUA)), disponível em <http://dnr.louisiana.gov>. Acesso em 19 de Junho de 2011;

DIAS, R. A., MATTOS, C. R., PERELLA BALESTIERI, J. **Conservação de energia: conceitos e sociedade**. 2007. Disponível em : www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/Cons_en.htm Acesso em: 29 de março de 2011;

DUPONT, P. **Fiscalização e realidade dos consumidores**: Washington: GEEI/Publicações; 1998;

EGAN, K. **Construções de normas nacionais**: Programas obrigatórios e voluntários nas Filipinas e Tailândia. Seminário de leis de conservação de energia na região da Ásia pacífica; 1998

ELETROBRAS, disponível em <http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp>. Acesso em: 15 de março de 2011;

ELETROS, disponível em <http://www.eletros.org.br/site/estat.php>. Acesso em: 20 de Março de 2011;

ENERGYSTAR, disponível em <http://www.energystar.gov/index.cfm?c=home.index>. Acesso em: 10 de junho de 2011;

ENERGYRATING, disponível em <http://www.energyrating.gov.au/>. Acesso em: 20 junho de 2011;

HARRINGTON, L. DAMNICS, M. **Etiquetas de energia e programas de padronização através do mundo**. Austrália: Comitê de eficiência de dispositivos e equipamentos nacionais. 2001

IDAE, disponível em <http://www.idae.es/>. Acesso em 10 de junho de 2011.

ISO 7371:1995 Household refrigerating appliances – Refrigerators with or without low-temperature compartment – Characteristics and test methods.

ISO 8187:1991 Household refrigerating appliances – Refrigerator-freezers – Characteristics and test methods

ISO 8561:1995 Household refrigerating appliances – Refrigerators, refrigerator-freezers, frozen food storage cabinets and food freezers cooled by internal forced air circulation – Characteristics and test methods

INMETRO, disponível em <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>. Acesso em: 25 de março de 2011;

ITAIPU, disponível em <http://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>. Acesso em: 15/10/2011;

SILVA JUNIOR, Herculano Xavier da; **Aplicação das metodologias de análise estatística e de análise do custo de vida (ACVV) para o estabelecimento de padrões de eficiência energética: refrigeradores brasileiros; 2005**

MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H. CHOUDHURRY, I. A.; **Desenvolvimento de etiqueta de eficiência para condicionadores de ar na Ásia. 2002;**

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação Tecnológica e Eficiência Energética. 1999;**

MME. Ministério de Minas e Energia. 2007;

NATURAL RESOURCES CANADA (RECURSOS NATURAIS DO CANADÁ), disponível em <http://oee.nrcan.gc.ca>. Acesso em 19 de Junho de 2011;

NADEL S.; **Eficiência Energética de Equipamentos: oportunidades, barreiras e soluções de fiscalização**; 1997;

PROCEL AVALIAÇÃO – RESULTADOS DO PROCEL 2007, disponível em <http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp?ViewID=%7b974CF275-82FE-4483-8551-855F9A98A370%7d> Acesso em 15 de maio de 2011;

THORNE, J. **Uma avaliação da compreensão e uso da etiqueta guia norte americana**. 2000;

RESP/001-REF, **Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia – ENCE linha refrigeradores e assemelhados (congeladores, combinados e conservadores)**. Brasil, 2005;

TOLMASQUIM, Mauricio. As origens da crise energética brasileira. 2000, n. 6-7, pp. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/n6-7/20435.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2011;

UNITED NATIONS TECHNICAL COOPERATION; disponível em: <http://esa.un.org>. Acesso em 12 de junho de 2011;

WIEL, S. MCHON, J. E. **Normas e etiquetas de eficiência energética: um livro guia para equipamentos**. 2001

ANEXO A – Documento que faz parte do regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia – ENCE – Linha de refrigeradores e assemelhados. Explica a metodologia de cálculo da eficiência energética de refrigeradores e congeladores de uso doméstico e definição de classes

Metodologia de cálculo da eficiência energética de refrigeradores e congeladores de uso doméstico e definição de classes.¹⁵

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE REFRIGERADORES E CONGELADORES DE USO DOMÉSTICO

Comissão Técnica de Refrigeradores Programa Brasileiro de Etiquetagem

1. INTRODUÇÃO

Encontra-se descrita a seguir metodologia para determinação do índice de eficiência energética, e as definições das classes de eficiência energética de refrigeradores e congeladores de uso doméstico.

2. CATEGORIAS

As categorias representam o agrupamento de produtos *comparáveis* e estão descritas na Tabela I. O critério adotado para o estabelecimento destas categorias baseou-se na abrangência da norma aplicável, e na constituição física dos modelos.

Tabela I - Categorias para análise da eficiência energética refrigeradores e congeladores

Categoria	Nomenclatura	Abrangência
1	Refrigerador	All refrigerator, refrigerador de uma e duas estrelas (Produtos abrangidos pela norma ISO 7371)
2	Combinado	Produtos abrangidos pelas normas ISO 8187
3	Combinado Frost-free	Produtos abrangidos pelas normas ISO 8561
4	Congelador vertical	Produtos abrangidos pelas normas ISO 5155
5	Congelador vertical Frost-free	Produtos abrangidos pelas normas ISO 8561

¹⁵ Elaborado no âmbito da CT-REF - Comissão Técnica de Refrigeradores, do Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE, sob coordenação do Cepel/RJ

CÁLCULO DO VOLUME AJUSTADO

O volume ajustado de refrigeradores e congeladores é determinado considerando-se o volume interno do produto em relação as temperaturas nominais de classificação de cada compartimento e seção, conforme descritas na Tabela II.

Os produtos que contêm no compartimento congelador, uma ou mais seções de diferentes temperaturas nominais, tem seus volumes internos totalizados por temperatura nominal.

Tabela II - Temperatura nominal de classificação

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 (***)

O volume ajustado pode ser representado pela equação abaixo:

$$AV = Vr + \sum(f.Vc)$$

Onde:

Vr = volume do compartimento refrigerador (em litros)

Vc = 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 III
Para modelos *frost-free*, Vr e Vc são multiplicados por 1,2.

Tabela III – Fator correspondente a classificação em estrelas do compartimento congelador

Compartimento	F
1 estrela	1,41
2 estrelas	1,63
3 estrelas	1,85

3. ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os índices de eficiência energética (I_e) são definidos como a razão entre o consumo declarado (C) e o consumo padrão (C_p), conforme representado pela equação a seguir:

$$I_e = C / C_p$$

O consumo padrão é definido como o consumo de energia equivalente ao volume ajustado e pode ser representado pela equação a seguir:

$$C_p = a.AV + b$$

Onde:

C_p = Consumo padrão

AV = Volume ajustado

Os valores de a e b determinam a equação da reta de consumo padrão de cada categoria e encontram-se representados na Tabela IV.

Tabela IV – Retas de consumo padrão das categorias

Categoria	a	b
Refrigerador	0,0346	19,117
Combinado	0,0916	17,083
Combinado frost free	0,1059	7,4862
Congelador vertical	0,0211	39,228
Congelador vertical frost free	0,0178	58,712
Congelador horizontal	0,0758	13,095

4. DEFINIÇÃO DAS CLASSES

Encontram-se descritas na Tabela V, os índices mínimos de eficiência energética das classes resultantes da metodologia empregada.

Tabela V – Índices mínimos de eficiência das classes de eficiência energética

Equipamentos que utilizam R141b como agente de expansão das espumas

Classes	Refrigerador	Combinado	Combinado frost-free	Congelador vertical	Congelador vertical frost- free	Congelador horizontal
A	0,820	0,820	0,812	0,820	0,820	0,820
B	0,893	0,893	0,884	0,893	0,893	0,893
C	0,972	0,972	0,963	0,972	0,972	0,972
D	1,059	1,059	1,049	1,059	1,059	1,059
E	> 1,059	> 1,059	> 1,049	> 1,059	> 1,059	> 1,059

Equipamentos que utilizam Ciclopentano como agente de expansão das espumas

Classe	Refrigerador	Combinado	Combinado frost-free	Congelador vertical	Congelador vertical frost- free	Congelador horizontal
A	0,855	0,855	0,846	0,855	0,855	0,855
B	0,931	0,931	0,921	0,931	0,931	0,931
C	1,014	1,014	1,003	1,014	1,014	1,014
D	1,104	1,104	1,092	1,104	1,104	1,104
E	> 1,104	> 1,104	> 1,092	> 1,104	> 1,104	> 1,104

5. METAS FUTURAS

Os valores estabelecidos como Consumo Padrão neste trabalho foram obtidos adotando-se a Tabela de Consumo/Eficiência Energética publicada pelo INMETRO em 30/01/2001, a qual servirá de referência para estabelecimento de novos índices.

Novas categorias poderão ser criadas a medida que os produtos abordados não estejam adequadamente representados pelas atuais. Tal medida poderá ser implementada pela CT-REF do PBE, e será vinculada a um número mínimo de produtos que venham a possibilitar a definição de consumo padrão para a categoria, e que venham a traduzir em uma tendência real destes produtos. A revisão dos índices de eficiência energética serão realizados periodicamente, a critério da CT-REF, sendo que a eficiência energética mínima de cada classe não será inferior a anteriormente implementada.

ANEXO B – Imagens de exemplos de refrigeradores que foram descritos nas normas ISO 7371, ISO 8187 e ISO 8561



Figura 43 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 7371, Porta Aberta
Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 44 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 7371, Porta Fechada
Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 45 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 8187, Porta Aberta
Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 46 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 8187, Porta Fechada
Fonte: Electrolux do Brasil SA.



Figura 47 – Exemplo de Refrigerador Descrito na Norma ISO 8561, Porta Aberta
Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 48 – Exemplo de refrigerador descrito na norma ISO 8561, porta fechada

Fonte: Electrolux do Brasil SA.

ANEXO C – Imagens de embalagens padrão e padrão tipo “M” utilizadas nos ensaios do refrigerador



Figura 49 – Exemplo de uma Embalagem Padrão

Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 50 – Exemplo de uma Embalagem Padrão Pequena.

Fonte: EQUIPE, 2011.



Figura 51 – Exemplo de uma Embalagem Padrão Tipo “M”

Fonte: EQUIPE, 2011.

ANEXO D - Planilha de cálculos com o método desenvolvido por Cardoso (2008) para o consumo médio de refrigeradores, aplicado à nossa situação

Refrigeradores de 1 porta com compartimento congelador																							
Fabricante	Marca	Modelo	Consumo de energia (Kwh/mês)		n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$													
			127 V	220 V																			
1999	Refrigeradores Combinados	Esmaltac	BS Continental	RC29XD	29,0	29,0	2	0,07	31	2,17	-	-											
			BS Continental	RC38XM	33,0	33,0	2	0,07	31	2,17	-	-											
			Esmaltac	RG3001	39,6	35,5	1	-	-	-	-	-											
			Refrigeradores Combinados	Esmaltac	Consumo de energia (Kwh/mês)	127 V	220 V	n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$										
														Multibras	BR241A	99,6	99,6	3	0,53	75,87	40,21	63,94	71,84
														Consul	CRD34A	64,0	64,0	3	0,53	75,87	40,21	63,94	71,84
														Consul	CRD38A	64,0	64,0	3	0,53	75,87	40,21	63,94	71,84
														BS Continental	RC43DA	49,0	49,0	2	0,07	49,00	3,43	20,3	-
														Bosch	RB43	49,0	49,0	2	0,07	49,00	3,43	20,3	-
														Electrolux	DC360	55,0	55,0	2	0,29	70,00	20,3	20,3	-
Electrolux	D440	85,0												85,0	2	0,29	70,00	20,3	20,3	-			
Refrigeradores Combinados Frost Free	Whirlpool	Consumo de energia (Kwh/mês)												127 V	220 V	n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{T_{im}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$		
																						Brastemp	BRM33A
			Brastemp	BRM37A	63,5	61,0	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											
			Brastemp	BRM43A	66,5	66,5	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											
			Brastemp	BRG43A	66,5	66,5	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											
			Brastemp	BRN43A	66,5	66,5	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											
			Brastemp	BRM43A	66,5	66,5	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											
			Brastemp	BRE43A	66,5	66,5	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											
			Brastemp	BRS71A	89,8	89,8	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											
			Consul	CRM42A	66,5	66,5	8	0,53	68,23	36,16	36,16	68,23											

2000										
Refrigeradores de 1 porta com compartimento congelador										
Fabricante	Marca	Modelo	Consumo de energia (Kwh/mês)		n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$
			127 V	220 V						
Multibras	Brastemp	BRA31B	29,1	29,1	6	0,53	30,95	16,40	28,98	32,56
	Brastemp	BRA30C	29,1	29,1						
	Brastemp	BRA34C	32,8	32,8						
	Consul	CRA31B	29,1	29,1						
	Consul	CRA33B	32,8	32,8						
	Consul	CRA34C	32,8	32,8						
BS Continental	Continental	RC29	27,0	27,0	2	0,07	30,00	2,10		
	Continental	RC36	33,0	33,0						
	Electrolux	R310	28,1	28,1						
Electrolux	Electrolux	R280	49,0	49,0	3	0,29	36,12	10,47		
	Electrolux	R360	31,3	31,3						
	Electrolux	R360	31,3	31,3						
Refrigeradores Combinados										
Fabricante	Marca	Modelo	Consumo de energia (Kwh/mês)		n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$
			127 V	220 V						
Multibras	Brastemp	BRD46A	57,7	56,8	3	0,53	53,27	28,23	50,41	56,64
	Consul	CRD36A	50,8	48,7						
	Consul	CRD39A	51,3	51,3						
BS Continental	Bosch	RB40	67,0	67,0	4	0,07	63,25	4,43		
	Bosch	RB43	62,0	62,0						
	Continental	RC43	62,0	62,0						
Electrolux	Continental	RC34	62,0	62,0	2	0,29	61,20	17,75		
	Electrolux	DC360	55,0	55,0						
Electrolux	Electrolux	DC440	67,4	67,4						
Refrigeradores Combinados Frost Free										
Fabricante	Marca	Modelo	Consumo de energia (Kwh/mês)		n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{mi}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$
			127 V	220 V						
Multibras	Brastemp	BRM33A	60,0	60,0	5	0,53	69,98	37,09	80,72	74,05
	Brastemp	BRM37A	63,5	61,0						
	Brastemp	BRM43A	68,3	68,3						
	Brastemp	BRG43A	68,3	68,3						
	Brastemp	BR571A	89,8	89,8						
	Brastemp	DS420	61,2	61,2						
Electrolux	Electrolux	DS600	84,6	86,8	5	0,29	81,48	23,63		
	Electrolux	DS380	79,4	82,7						
	Electrolux	SS650	93,0	97,8						
Electrolux	Electrolux	SS680	89,2	92,5						

Refrigeradores de 1 porta com compartimento congelador											
Fabricante	Marca	Modelo	Consumo de energia (Kwh/mês)		n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$	
			127 V	220 V							
Refrigeradores Combinados											
Fabricante	Marca	Modelo	Consumo de energia (Kwh/mês)		n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$	
			127 V	220 V							
Whirlpool	Brastemp	BRD47D	50,0	48,0	2	0,476	50,50	24,04	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$	
		BRD50A	51,0	51,0							
	Continental	RCCT495	59,0	59,0	3	0,089	54,37	4,84	50,40	52,61	
		RDV37	46,5	46,5							
		RSV47	57,6	57,6							
	Mabe	GE	RCGE600	59,0	59,0	2	0,097	57,00	5,33	50,40	52,61
		GE	REMB480	55,0	55,0						
	Electrolux	Electrolux	DCW49	58,1	58,1	3	0,296	54,03	15,99	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$
			DCW42	48,4	48,4						
		Electrolux	DC45	55,6	55,6						
Refrigeradores Combinados Frost Free											
Fabricante	Marca	Modelo	Consumo de energia (Kwh/mês)		n	Market Share (F)	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right)$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$	
			127 V	220 V							
Whirlpool	Brastemp	BRE51N	42,0	42,0	2	0,476	50,00	23,80	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$	
		BRX508	58,0	57,0							
	BS Continental	Bosch	KDN50	57,0	57,0	2	0,089	58,25	5,18	54,00	56,37
Continental		RFCT800	59,5	59,5							
Mabe	GE	RGV91	55,6	54,4	2	0,097	60,55	5,87	54,00	56,37	
		GE	RMT91	65,5							55,0
	Electrolux	Electrolux	DPW51	59,0	59,0	3	0,296	64,67	19,14	$\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}$	$C_{mi} = \frac{\sum_{m=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n_{i_m}}\right) \times F_{mi}}{\sum_{m=1}^k F_{mi}}$
Electrolux		DT80X	70,0	70,0							
Electrolux	Electrolux	SH70X	65,0	65,0							

ATUAL

ANEXO E - Planilha do cálculo de economia de energia apresentada no capítulo 7

2000	market Share	unidades	unidades (1 porta)	unidades combinado	unidades Frost Free	
Multibras	0,53	4.568.966	1.873.276	1.096.552	1.599.138	
Electrolux	0,29	2.500.000	1.025.000	600.000	875.000	TOTAL (kwh/mês)
MABE	0,11	948.276	388.793	227.586	331.897	
BSH Continental	0,07	603.448	247.414	144.828	211.207	
total	1	8.620.690	3.534.483	2.068.966	3.017.241	
Consumo (kwh/mês)			115.082.759	117.186.207	223.426.724	455.695.690

2010	market share	unidades	unidades (1 porta)	unidades combinado	unidades Frost Free	
Whirlpool	0,476	4.020.270	1.648.311	964.865	1.407.095	
Electrolux	0,296	2.500.000	1.025.000	600.000	875.000	
MABE	0,097	819.257	335.895	196.622	286.740	TOTAL (kwh/mês)
BSH Continental	0,089	751.689	308.193	180.405	263.091	
Esmaltec	0,033	278.716	114.274	66.892	97.551	
total	0,991	8.369.932	3.431.672	2.008.784	2.929.476	
Consumo (kwh/mês)			80.884.516	105.682.115	165.134.582	351.701.213

Diferença (kw/mês) 103.994,477

Diferença (Gw/h) 144,44