

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Economia (IE)
Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas, Estratégias e
Desenvolvimento do Instituto de Economia

Raimisson Rodrigues Ferreira Costa

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM E
NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Uma Avaliação Baseada em
Teoria

Rio de Janeiro

2017

Raimisson Rodrigues Ferreira Costa

**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM E
NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Uma Avaliação Baseada em
Teoria**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de doutor em ciências, em políticas públicas, estratégias e desenvolvimento. Orientador: Prof. Dr. Nivalde de Castro

Rio de Janeiro

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

- C837 Costa, Raimisson Rodrigues Ferreira.
Avaliação do programa brasileiro de etiquetagem e níveis mínimos de eficiência energética: uma avaliação baseada em teoria / Raimisson Rodrigues Ferreira Costa. – 2017.
161 p. ; 31 cm.
- Orientador: Nivalde de Castro.
Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, 2017.
Bibliografia: f. 137 – 148.
1. Níveis Mínimos de Eficiência Energética. 2. Programa Brasileiro de Etiquetagem. 3. Avaliação Baseada em Teoria. I. Castro, Nivalde de, orient. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. III. Título.

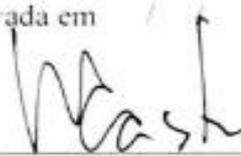
CDD 333.7

Raimisson Rodrigues Ferreira Costa

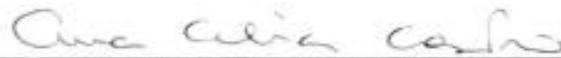
**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM E
NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Uma Avaliação Baseada em
Teoria**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de doutor em ciências, em políticas públicas, estratégias e desenvolvimento.

Aprovada em



Prof. Dr. Nivalde de Castro



Prof.ª Dra. Ana Célia Castro



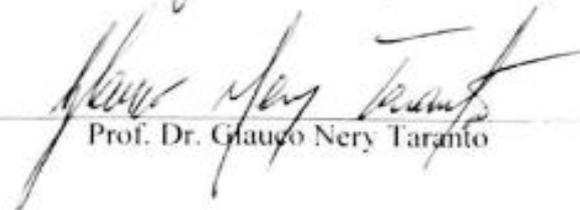
Prof. Dr. Joao Felipe Cury Marinho Mathias



Prof. Dr. Mauricio Tolmasquim



Prof.ª Dra. Thereza Cristina Nogueira de Aquino



Prof. Dr. Glaucio Nery Taramo

Rio de Janeiro

2017

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é fruto de colaboração de diversas pessoas e instituições, com quais tive o prazer de conviver e contar ao longo da minha vida.

A primeira delas e a principal é a minha família, meu pai Emílio, minha mãe Geni, meu irmão Halisson, minha esposa Kelly e a minha sobrinha Júlia com os quais pude contar com suporte, incentivo, amor e carinho ao longo da minha vida.

Agradeço ao Instituto Nacional em Metrologia, Qualidade e Industrial (INMETRO) por ter me liberado e apoiado a realização desse doutorado. Em especial agradeço aos meus chefes Gustavo Kuster e Alfredo Lobo, meus gerente e diretor, respectivamente, por terem apoiado esse trabalho.

Aos demais colegas do Inmetro, com os quais tive e ainda tenho a honra de trabalhar, fica também o agradecimento pelas discussões e aprendizado que serviram de insumo e ideias para realização desse trabalho

Ao professor Nivalde de Castro agradeço por ter aceitado me orientar e as críticas e recomendações ao longo do trabalho.

Aos membros da banca: professores Mauricio Tolmasquim, Thereza Cristina Nogueira de Aquino, Glauco Nery Taranto, Ana Célia Castro Joao Felipe Cury Marinho Mathias agradeço por terem aceitado o convite de participação da banca e pelas críticas valiosas para o aprimoramento do trabalho e para meu crescimento profissional.

Ao PPED fica o sentimento de gratidão por ter me concedido a oportunidade de estudar num centro de excelência. O aprendizado que obtive durante esses quatro anos e meio constitui um divisor de águas na minha vida profissional e pessoal.

COSTA, Raimisson Rodrigues Ferreira. **Avaliação do Programa Brasileiro de Etiquetagem e Níveis Mínimos de Eficiência Energética: Uma Avaliação Baseada em Teoria**. 2017, 161 f. Tese (Doutorado em Políticas Públicas, Estratégia e Desenvolvimento) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

RESUMO

A presente tese realiza uma avaliação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e dos Níveis Mínimos de Eficiência Energética (NMEE) utilizando a abordagem avaliativa denominada Avaliação Baseada em Teoria (ABT). O PBE e os NMEE têm como propósito promover a conservação de energia por meio do aumento da eficiência energética de aparelhos consumidores de energia. A ABT compreende a elaboração de uma teoria ou modelo que explica como um programa (ou política pública) “causa” os resultados pretendidos, e uma avaliação guiada, pelo menos em parte, por essa teoria. O uso da ABT tem ganhado força como alternativa à abordagem tradicional por dois motivos principais: o primeiro por prescindir da análise contrafactual na análise de impacto e, segundo, por fornecer uma explicação sobre *como e por que* as medidas promovem os seus resultados. A teoria do programa proposta na tese para o PBE e NMEE enfatiza tanto o mecanismo principal pelo qual o programa opera, via influência sobre a decisão de compra dos consumidores, como o conjunto de fatores (comportamentais, econômicos, demográficos, econômicos, climáticos, etc.) que moderam a relação entre os programas e seus efeitos. Entre os principais resultados da tese destaca-se que (i) os dois aparelhos analisados (refrigeradores e condicionadores de ar) apresentaram comportamento esperado pelo programa em relação à eficiência energética (tendência de elevação ao longo do tempo), mas não em relação consumo de energia; (ii) os níveis de reconhecimento, conhecimento e influência do PBE para os consumidores são bastante elevados, demonstrando a eficácia do programa em relação a esse aspecto; e (iii) as revisões de índices de eficiência energética, tanto no âmbito do PBE quanto do NMEE, apresentam falhas de implementação, mas nos casos em que foram efetivas houve aumento considerável na eficiência energética e redução do consumo de energia. Conclui-se que a ABT constitui uma abordagem avaliativa promissora para a avaliação dessas iniciativas na medida em que informa as relações de causa e efeito relevantes de serem analisadas. Entretanto o seu uso como alternativa à análise contrafactual é questionável, uma vez que é condicionada pela disponibilidade de dados, tal como a análise contrafactual. Por fim, sugere-se a investigação futura das demais relações de causa e efeito preconizadas na teoria do programa, bem como o seu aprimoramento incorporando outros aspectos não relacionados na teoria.

Palavras-chaves: Etiquetagem. Níveis Mínimos de Eficiência Energética. Eficiência Energética. Avaliação Baseada em Teoria. Conservação de Energia

COSTA, Raimisson Rodrigues Ferreira. **Evaluation of Brazilian Labeling Program and the Minimum Energy Performance Standards: An Theory-Based Evaluation**. 2017, 161 f. Thesis ((Doctorate in public policy and Development Strategies) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ABSTRACT

The present work evaluates the Brazilian Labeling Program (PBE) and the Minimum Energy Performance Standards (MEPS) with an evaluation approach called Theory-Based Evaluation (TBE). PBE and MEPS aim at energy conservation by increasing the energy efficiency of household appliances. TBE explicit, by theory or model, how a program or a policy deliver their results and allows, at least in part, an oriented evaluation. The use of TBE has been gaining strength as an alternative to the traditional evaluative approach for two main reasons: first for not depending on counterfactual analysis for the impact assessment and, second, for providing an explanation of how and why measures promote their results. The PBE program theory presently proposed emphasizes the main mechanisms by which the program works and the influence on consumer buying decisions, as much as a set of factors (behavioral, economic, demographic, climatic, etc.) that can moderate this influence or results. Among the main results, we can highlight: (i) The household appliances studied (refrigerators and air conditioners) had an upward trend over time for energy efficiency, which was expected, but regarding energy consumption, results went otherwise. (ii) PBE recognition, acknowledgement and influence levels for consumers are quite high, proving the program effectiveness in this regard, and (iii) Energy efficiency standards revisions have had implementation failures, whether adopted within PBE or MEPs strategies. Nevertheless, in the cases they were effective there have been a considerable increase in energy efficiency and reduction of the energy consumption. It is concluded that ABT is a promising evaluation approach as it informs the cause and effect relations that need to be analyzed. However, its use as an alternative to counterfactual analysis is questionable, since it is conditioned by data availability as much as the counterfactual analysis is, and yet by the complexity of the formulated theory. Additionally, future investigations on the other cause and effect relations mentioned in the theory of the program are suggested, as well as its improvement incorporating other aspects related in theory.

Keywords: Labelling. Minimum Energy Performance Standards. Energy Efficiency. Based-Theory Evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplos de etiquetas em eficiência energética classificatórias e de endosso.....	22
Figura 2: Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia: ENCE e Selo PROCEL	24
Figura 3: Curvas de consumo real e da linha de programas de eficiência energética	28
Figura 4 : Análise de Cross-section na avaliação de programas de etiquetagem	29
Figura 5 - Análise de Série Histórica na avaliação de programas de etiquetagem.....	30
Figura 6 - Representação do impacto dos NMEE e etiquetagem/rotulagem de eficiência energética.....	48
Figura 7 - Teoria da Ação Racional Modificado	56
Figura 8 - Cadeia de ativação do consumo de energia	61
Figura 9: Ciclo das eco-inovações da rotulagem ambiental	64
Figura 10 Modelo Linear do efeito do PBE sobre a conservação de energia.....	65
Figura 11 Modelo conceitual da cadeia de ativação do consumo energético e influência dos programas de etiquetagem eficiência energética	67
Figura 12 Modelo dinâmico da influência dos programas de etiquetagem eficiência energética sobre o consumo de energia.....	69
Figura 13: representação gráfica da economia de energia dos NMEE.....	106

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Lista de periódicos selecionados para a revisão da literatura.....	27
Quadro 2 Clássico desenho experimentalista	34
Quadro 3: Princípios que regem a ABT	42
Quadro 4 - estudos sobre o efeito dos programas etiquetagem em eficiência energética sobre a decisão de compra de consumidores	58
Quadro 5- Resumo dos fatores que influenciam o comportamento energético.....	62
Quadro 6: Resumo das questões avaliativas da tese.....	75
Quadro 7: Descrição dos tipos de aparelho	82
Quadro 8: Questões relativas ao PBE nas pesquisas populacionais do Inmetro	93
Quadro 9: Categorização das respostas em relação ao significado da ENCE.....	94
Quadro 10: Outras variáveis na pesquisa populacional do Inmetro	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de programas do PBE por ano de 1986 a 2015	25
Gráfico 2 Eficiência energética de refrigeradores por ano e categoria de 1998 a 2015	83
Gráfico 3 Eficiência energética de Condicionadores de ar por ano e categoria de 1998 a 2015	83
Gráfico 4: Consumo de energia em kWh/mês de refrigeradores por ano e categoria de 1998 a 2015	84
Gráfico 5 Potência Elétrica dos condicionadores de ar por ano e categoria de 1998 a 2015 em W/h	85
Gráfico 6: Diferença da eficiência energética com e sem os NMEE por tipo de aparelho e ano	110
Gráfico 7: Distribuição dos modelos de refrigeradores por tipo, ano e classe de eficiência..	121
Gráfico 8: Distribuição dos modelos de Condicionadores de ar por tipo, ano e classe de eficiência.....	122
Gráfico 9: Evolução do índice de eficiência energética por classe de eficiência, tipo de aparelho e ano	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficiente da tendência linear da eficiência energética dos refrigeradores e condicionadores de ar no PBE de 1998 a 2015	86
Tabela 2: Coeficiente da tendência linear do consumo de energia dos refrigeradores e condicionadores de ar no PBE entre 1998 e 2015	86
Tabela 3: Coeficiente da tendência linear do volume ajustado dos refrigeradores e condicionadores de ar no PBE entre 1998 e 2015	87
Tabela 4: Número de entrevistados nas Pesquisas Populacionais do Inmetro por ano de 2010 a 2015	92
Tabela 5: Percentual de pessoas que se lembram da ENCE no Brasil por ano de 2010 a 2015	95
Tabela 6: Percentual de pessoas que sabem o significado da ENCE no Brasil por ano de 2010 a 2015	96
Tabela 7: Percentual de pessoas que levaram em conta a etiqueta nas suas decisões de compra no Brasil por ano de 2010 a 2015	96
Tabela 8: Reconhecimento, conhecimento e influência de programas de etiquetagem	97
Tabela 9: Estimativas do Modelo 1 das probabilidades de reconhecimento, conhecimento e influência da etiqueta dos consumidores entre 2010 e 2015	100
Tabela 10: Estimativas dos Modelos 2 e 3 das probabilidades de reconhecimento, conhecimento e influência da etiqueta dos consumidores entre 2012 e 2014	101
Tabela 11: Probabilidade da influência da etiqueta na decisão de compra por renda e escolaridade em percentual.....	102
Tabela 12 NMEE de refrigeradores.....	107
Tabela 13 NMEE de condicionadores de ar	107
Tabela 14: Percentual de modelos com índice de eficiência inferior ao NMEE de 2007 por tipo de aparelho e ano	108
Tabela 15 Percentual de modelos que com índice de eficiência inferior ao NMEE ou consumo de energia superior ao NMC de 2011 por tipo de aparelho e ano	109
Tabela 16 Consumo médio anual de energia em kWh/ano dos aparelhos com e sem os NMEE: 2007 e 2011	112
Tabela 17 Coeficiente estimado das diferenças entre curvas de eficiência energética e consumo de energia com e sem o NMEE.....	112
Tabela 18 Vendas por tipo de aparelho e ano em mil unidades de 2006 a 2015.....	113

Tabela 19 Economia de energia em GWh/ano dos NMEE dos condicionadores de Janela e Refrigeradores de uma Porta de 2009 a 2015	113
Tabela 20 Índices de eficiência energética por Classes de Eficiência Energética de refrigeradores de 2003 a 2015	118
Tabela 21: Índices de eficiência energética por Classes de Eficiência Energética de condicionadores de ar de Janela	118
Tabela 22: Índices de eficiência energética por Classes de Eficiência Energética de condicionadores de ar Split.....	119
Tabela 23: Prazos de adequação das revisões de classes de eficiência energética de refrigeradores e condicionadores de ar.....	120
Tabela 24 Percentual de modelos de condicionadores de ar por classe de eficiência, Janela e ano	123
Tabela 25 Variação do consumo médio de energia (kWh/ano) por ano e tipo de condicionador de ar de 2007 a 2015.....	125
Tabela 26 - Índice de Eficiência Energética Médio por Tipo de Refrigerador e ano entre 2003 e 2015	149
Tabela 27 - Índice de Eficiência Energética Médio por Tipo de Condicionador de ar e ano entre 1998 e 2015	150
Tabela 28 - Consumo Médio de Energia por Tipo de Refrigerador e ano entre 2003 e 2015	151
Tabela 29 - Consumo Médio de Energia por Tipo de Refrigerador e ano entre 2003 e 2015	152
Tabela 30 - Eficiência Energética média por classe de eficiência e ano dos condicionadores de ar de janela de 2006 a 2015	153
Tabela 31 - Eficiência Energética média por classe de eficiência e ano dos condicionadores de ar de janela de 2006 a 2015	153
Tabela 32 - Estimativas do Modelo 1, 2 e 3 das probabilidades de reconhecimento da etiqueta pelos consumidores entre 2010 e 2015.....	154
Tabela 33 - Estimativas do Modelo 1, 2 e 3 das probabilidades do conhecimento da etiqueta pelos consumidores entre 2010 e 2015.....	155
Tabela 34 - Estimativas do Modelo 1, 2 e 3 das probabilidades do conhecimento da etiqueta pelos consumidores entre 2010 e 2015.....	156

LISTA DE ABREVIATURAS

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABT – Avaliação Baseada em Teoria

IEA – Agência Internacional de Energia

CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética

CLASP - *Collaborative Labeling and Appliance Standards Program*

CONSERVE - Programa de Promoção da Conservação de Energia

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A

ELETROS - Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos

EMV - Estimador de Máxima Verossimilhança

ENCE – Etiqueta Nacional de Eficiência Energética

ENERGY STAR - *International standard for energy efficient consumer products*

EPA - *US Environmental Protection Agency*

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEC - *International Electrotechnical Commission*

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO - *International Organization for Standardization*

LFC - lâmpadas fluorescentes compactas

MIC – Ministério da Indústria e Comércio

MME – Ministério de Minas e Energia

MQO - Mínimos Quadrados Ordinários

NBR – Norma Brasileira

NMEE - Níveis Mínimos de Eficiência Energética

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PIA - Pesquisa Industrial Anual

PNE - Plano Nacional de Energia

PNEF - Plano Nacional de Eficiência Energética

POF - Pesquisa de Orçamento Familiar

PPT - Probabilidade Proporcional ao Tamanho

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia

TCR - Teoria do Comportamento Racional

UHE - Usina Hidrelétrica

VA - Volume Ajustado do refrigerador

VAR – Variância

VR - Volume do Refrigerador

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2 PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E NMEE	21
3 AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS EM ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UMA REVISÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA DA LITERATURA ...	27
3.1 Metodologia de Avaliação de Impacto de programas de etiquetagem em eficiência energética.....	28
3.2 Estudos empíricos do impacto de programas de etiquetagem e NMEE sobre o consumo de energia	31
3.3 Avaliação de impacto dos programas de etiquetagem e a abordagem experimentalista....	33
4. AVALIAÇÃO BASEADA EM TEORIA E PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: EM BUSCA DE UMA NOVA ABORDAGEM AVALIATIVA DE REFERÊNCIA	38
4.1 ABT e problemas conceituais: o que é uma teoria do programa?	39
4.2 Princípios que regem à ABT: em busca de uma base unificadora	41
4.3 A ABT e o desafio empírico: como testar as teorias de programa	43
4.4 Aplicação da ABT em avaliação de Programas de eficiência energética.....	46
5. ELEMENTO CONCEITUAL DA ABT: PROPOSIÇÃO DE UMA TEORIA DO PROGRAMA PARA PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	49
5.1 Teorias científicas sobre a relação entre programas de etiquetagem, eficiência energética e conservação de energia.	49
5.1.1 Literatura econômica sobre <i>gap</i> de eficiência energética e a <i>rationale</i> por trás das políticas de eficiência energética.....	49
5.1.2 Efeito rebote – efeito da eficiência energética sobre a utilização do serviço energético	53
5.1.3 A influência da etiquetagem sobre a decisão de compra dos consumidores	55
5.1.4 Influência de outros fatores sobre comportamento energético	60
5.1.5 O modelo Prieto-Sandoval et al. (2016) da relação entre Estado/instituições, rotulagem ambiental e eco inovações.	62
5.2 Formulação da Teoria do programa	64
5.2.1 Proposição da teoria do programa	65
5.2.2 Falha do programa e falha da teoria no contexto dos programas de etiquetagem.....	70
5.2.3 Diferenças do efeito esperado entre ENCE, Selo PROCEL e NMEE.....	71

6. ELEMENTO EMPÍRICO DA ABT: DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES AVALIATIVAS A PARTIR DA TEORIA E AVALIAÇÃO DO PROGRAMA.....	74
6.1 Definição e priorização das questões avaliativas a partir da teoria do programa.....	74
6.2 Questão 1: Os aparelhos etiquetados apresentam evolução esperada na eficiência energética e no consumo de energia ao longo do tempo?	76
6.2.1 Histórico dos Programas de etiquetagem de refrigeradores e condicionadores de ar.	77
6.2.2 Modelo de Análise.....	80
6.2.3 Análise descritiva dos dados.....	81
6.2.4 Resultado	85
6.2.5 Conclusão	88
6.3 Questão 2: O nível de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE permite inferir algum resultado ao PBE sobre a eficiência energética dos aparelhos etiquetados?	89
6.3.1 Modelo de Análise.....	89
6.3.2 Descrição da Base de dados	91
6.3.3 Nível de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE.....	95
6.3.4 Influência de fatores pessoas sobre o reconhecimento, conhecimento e utilização da ENCE.....	98
6.3.5 Conclusão	102
6.4 Questão 3: Os NMEE promovem o aumento da eficiência energética e a redução do consumo de energia dos aparelhos no mercado?.....	104
6.4.1 Modelo de Análise.....	104
6.4.2 Histórico e avaliação da eficácia dos NMEE de refrigeradores e condicionadores de ar	106
6.4.3 “Corte” dos NMEE e persistência no mercado dos aparelhos menos eficientes.....	108
6.4.5 Resultado	111
6.4.6 Conclusão	114
6.5 Questão 4: A revisão das classes de eficiência energética promove o aumento da eficiência energética e a redução do consumo de energia dos aparelhos no mercado?	115
6.5.1 Modelo de Análise.....	116
6.5.2 Revisão das classes de eficiência energética de refrigeradores e condicionadores de ar	117
6.5.3 Revisão de classes e redistribuição de modelos entre as classes de eficiência energética	120
6.5.4 Efeito da reclassificação sobre a eficiência energética dos aparelhos.....	122

6.5.5 Conclusão	125
6.6 Considerações sobre os resultados e implicações para os programas	126
6.7 Considerações sobre os resultados da avaliação e implicações para a teoria do programa	130
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
REFERÊNCIAS	137
APÊNDICE A - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIO POR TIPO APARELHO.....	149
APÊNDICE B – CONSUMO DE ENERGIA E POTÊNCIA MÉDIOS POR TIPO APARELHO.....	151
APÊNDICE C – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR CLASSE DE EFICIÊNCIA	153
APÊNDICE D – ESTIMATIVAS DOS MODELOS PROBIT DO RECONHECIMENTO, CONHECIMENTO E INFLUÊNCIA DA ENCE	154

1 INTRODUÇÃO

A conservação de energia e eficiência energética passaram a ser temas centrais da política energética em diversos países e blocos nas últimas décadas tendo como impulsionadores dois fatores principais: as crises do petróleo das décadas de 1970 e 1980 e as mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global. O primeiro revelou a necessidade de reduzir a dependência energética de derivados de petróleo e de otimizar o uso de recursos energéticos e o segundo culminou em compromissos globais de redução da emissão de gases de efeito estufa e do consumo de energia.

Nesse contexto, surgiram os programas de etiquetagem e Níveis Mínimos de Eficiência Energética (NMEE), como políticas públicas ligadas aos esforços nacionais e regionais de redução do consumo de energia e dos impactos ambientais decorrentes. As primeiras iniciativas tiveram início ainda na década de 70, mas se difundiram de forma mais abrangente ao longo das décadas de 80 e 90.

As iniciativas nacionais brasileiras no campo da eficiência energética tiveram origem na década de 80. Em 1984 foi criado no Brasil o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), primeiro programa de etiquetagem em eficiência energética no país. O programa tinha como objetivo prover os consumidores de informações que lhes permitam avaliar e otimizar o consumo de energia dos equipamentos eletrodomésticos, selecionar produtos de maior eficiência em relação ao consumo e melhor utilizar eletrodomésticos, possibilitando economia de energia (MME, 2010). Constituiu à época uma das iniciativas pioneiras em eficiência energética no Brasil, juntamente com o Programa CONSERVE, criado em 1981, e Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL, criado em dezembro de 1985 sob a coordenação da ELETROBRÁS (CARDOSO, 2008).

Posteriormente, duas iniciativas deram impulso importante ao programa, a criação do Selo PROCEL pela ELETROBRÁS em 1993 e a publicação da Lei nº 10.295, a chamada “Lei de Eficiência Energética”, que instituiu os Níveis Mínimos de Eficiência Energética (NMEE) no Brasil. Essas três iniciativas são integradas de tal forma que na prática podem ser consideradas como pertencentes a um mesmo programa, com o objetivo de promover a conservação de energia por meio da eficiência energética de aparelhos elétricos. O selo PROCEL é uma etiqueta de endosso, atribuída aos produtos classificados com “A” no PBE em relação à eficiência energética, entre outros critérios, e as ações de controle pré e pós mercado dos NMEE são exercidas também no âmbito do PBE pelo Inmetro (MME, 2010).

Esses três programas integram o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF). Lançado em 2010, o PNEF tinha como propósito a consecução dos objetivos de redução do consumo de energia estabelecidos no Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 e planos decenais posteriores, elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (MME, 2010). O PNE 2030 estabeleceu meta de redução de 10% sobre o consumo de energia ao final do período projetado (2030), sendo 5% alcançados de forma autônoma (ou seja, sem novas medidas de eficiência energética) e 5% de forma induzida. A projeção da economia total acumulada no período (2010 a 2030) pelo PNE 2030 corresponde a 106.623 GWh.

Para contribuir com a consecução dos objetivos do plano é necessário, evidentemente, que esses programas sejam avaliados sobre como e quanto podem contribuir com as metas estabelecidas. Na literatura científica, os estudos avaliativos dos programas nacionais compreendem dois estudos para o Selo PROCEL (CARDOSO, 2008; BORTONI et al., 2013), um para os NMEE (NOGUEIRA et al., 2015) e um para o PBE (CARDOSO, 2012). Somam-se à literatura científica, os relatórios de avaliação do Selo PROCEL publicados pela Eletrobrás a partir de metodologia de avaliação formulada por pesquisadores da Universidade Federal de Itajubá (PROCEL, 2007).

Esses estudos estimaram uma economia de energia considerável para esses programas. Cardoso (2008) estimou uma economia de energia para o Selo PROCEL de refrigeradores em 2005 de 1.012 GWh e redução da demanda de ponta de aproximadamente 150MW, capacidade maior que a potência instalada na UHE (Usina Hidrelétrica) de Funil (Furnas), em Itatiaia, segundo o estudo. Cardoso (2012) estima uma economia de energia em 2009 dos programas de etiquetagem para refrigeradores, condicionadores de ar e motores elétricos de 7.189 GWh e uma redução de demanda de ponta de 3,7 GW, cerca de 4% de toda a potência instalada no Brasil para a geração de energia elétrica naquele ano. Nogueira et al. (2015) estimam uma economia de energia gerada pelos NMEE para refrigeradores, condicionadores de ar e motores elétricos de 182.8 GWh e redução da demanda de ponta de 70 MW em 2010.

Apesar de constituírem grande avanço na avaliação dos programas nacionais, num contexto em que a avaliação era praticamente inexistente, estes estudos apresentam limitações sobre as quais a tese pretende contribuir. A primeira diz respeito às premissas adotadas para estimar o efeito principal esperado do programa, foco principal dessas avaliações, qual seja: a economia de energia. Como regra geral, estudos de avaliação da conservação de energia de programas de etiquetagem em eficiência energética e NMEE utilizam, como metodologia, a comparação entre o consumo de energia dos produtos com uma linha de base que representa o consumo energético desses mesmos produtos na ausência do programa (CLASP, 2005; IEA,

2006). Dentro dessa abordagem avaliativa, a questão crucial é como estimar a linha de base, uma vez que esta não é observada (ZHOU *et al.*, 2012).

A linha de base da avaliação compreende o cenário *contrafactual* do programa, ou seja, a eficiência energética e consumo de energia dos aparelhos etiquetados que seriam verificados caso as medidas não fossem implementadas. Os manuais de avaliação de eficiência energética citam diversos métodos pelos quais se pode estimar a linha base CLASP; 2005; IEA, 2006). Entretanto, de forma geral, o que se observa é que os estudos de economia de energia não têm sido bem-sucedidos nessa tarefa. Esse fato é constatado pela grande utilização de premissas *ad hoc* para estimar a linha de base ao invés dos métodos recomendados pelos manuais de avaliação (CARDOSO, 2010; NOGUEIRA *et al.*, 2015). Nesses casos, os estudos praticamente partem do pressuposto de que os programas promovem a economia de energia ao invés de avaliá-lo, restando como desafio estimar a magnitude do seu efeito.

A segunda limitação diz respeito ao tipo de questão que objetivam responder. A questão principal desses estudos é o quanto de economia de energia que esses programas promoveram, sem maiores explicações sobre *como* e *por que* esse resultado ocorre a partir dessas iniciativas, isso se de fato ocorre (ELSLAND, BRADKE e WIETSCHEL, 2014; SANCHEZ, 2008). Do ponto de vista dos gestores dessas iniciativas, tão relevante quanto saber se de fato os programas foram efetivos é de que forma os objetivos finais foram alcançados (CHEN, 1990; WEISS, 1997a, 1997b; PAWSON e TILLEY, 1997).

Para contribuir na superação dessas limitações, o presente trabalho utiliza uma abordagem avaliativa chamada de Avaliação Baseada em Teoria (ABT). Segundo Rogers *et al.* (2000), a ABT pode ser definida a partir de dois elementos essenciais: conceitual e empírico. Pelo elemento conceitual, a ABT compreende uma teoria ou modelo que explica como um programa (ou política pública) “causa” os resultados pretendidos e o elemento empírico consiste numa avaliação guiada, pelo menos em parte, por essa teoria.

A ABT ganhou força ao longo da década de 1990 com o diagnóstico de que o uso da abordagem experimentalista era a razão do insucesso das avaliações de diversos programas (BLAME e MACKEMZIE, 2007). O cerne da crítica da ABT à abordagem experimentalista era a sua concepção de que a explicação sobre *como* e *por que* o programa promove os seus resultados era dispensável à avaliação. A abordagem experimentalista compreende um conjunto de métodos destinados a avaliar o quanto de um efeito, relacionado aos objetivos do programa, pode ser atribuído a esse, sem maiores explicações sobre *os mecanismos* e *contextos* que possibilitam que o esse efeito ocorra a partir do programa (PAWSON e

TILLEY, 1997). Embora inicialmente tenha sido apresentada como alternativa à abordagem experimentalista, a ABT não exclui o uso de métodos de avaliação dessa abordagem. Apenas modifica a forma como os métodos são inseridos no processo avaliativo.

Atribui-se ainda a crescente repercussão da ABT à promessa de que a partir dela seja possível a validação interna dos estudos avaliativos mesmo quando a formação de grupos de controle e tratamento aleatórios, preconizada pela abordagem experimentalista, não for possível (WEISS, 1997a). Isso porque na ABT a contribuição causal do programa pode ser demonstrada a partir da correlação entre a série de *micro passos* que levam das atividades do programa até os seus resultados.

A escolha da ABT como abordagem avaliativa se justifica por dois motivos principais. Primeiramente, uma das questões da tese é se as limitações encontradas nos estudos avaliativos de programas de etiquetagem estão relacionadas às limitações da abordagem avaliativa que utilizam, ou mais especificamente à necessidade de se estimar o cenário *contrafactual* para inferir impacto do programa sobre o consumo de energia (IEA, 2006; CLASP, 2005). Ou seja, se é possível avaliar por meio da ABT a contribuição causal do programa para a redução do consumo de energia de aparelhos etiquetados. Segundo, a ABT fornece uma explicação sobre como os programas promove os seus resultados. Do ponto de vista dos gestores desses programas, tão ou mais importante do que a atribuição causal do programa é entender por quais mecanismos e em quais contextos esse resultado ocorre.

O uso ABT na avaliação de programas de etiquetagem em eficiência energética é recomendada em diversos manuais de avaliação em eficiência energética, como o “*Evaluating Energy Efficiency Policy Measures and DSM Programs*”, da agência internacional de energia (IEA, 2006) e o *Handbook* elaborado pelo departamento de energia norte-americano intitulado “*Impact Evaluation Framework for Technology Deployment Programs*” (REED *et al.*, 2007). Apesar das recomendações desses manuais, há poucos estudos que a empregam na avaliação desses programas.

Merece ser destacado que ABT modifica não somente os métodos e pressupostos da análise de causa e efeito entre o programa e seus resultados, mas também a forma como as questões avaliativas são definidas. Na abordagem tradicional a explicação sobre como o programa promove os seus efeitos é negligenciada, enquanto que na ABT a teoria do programa é a pedra angular da avaliação. A partir da teoria do programa são formuladas as questões avaliativas, os dados a serem coletados e quais os métodos de avaliação serão utilizados (WEISS, 1997b).

Derivado dessas questões de fundo, esta tese é dividida em 5 partes, além dessa introdução e das considerações finais. O capítulo 2 é dedicado a sistematização do objeto de estudo da tese, qual seja, os programas de etiquetagem em eficiência energética e NMEE e o seu histórico de implementação o Brasil e no cenário internacional. Como destacamos, essas políticas públicas tiveram início durante as décadas de 70 como parte dos esforços de minimizar a crise energética gerada pelas crises do petróleo. No Brasil, o PBE teve início na década de 80, os Selo PROCEL na década de 90 e os NMEE nos anos 2000.

No capítulo 3 será desenvolvida a revisão da literatura de avaliação dos programas de etiquetagem em eficiência energética. A abordagem avaliativa de todos os estudos analisados nesse capítulo consiste na comparação entre o consumo ou eficiência energética do aparelho participantes do programa com alguma inferência sobre a linha base (cenário contrafactual). Nenhum desses estudos utiliza a ABT. Destaca-se entre as limitações encontradas nesses estudos o uso de premissas *ad hoc* para estimar a linha de base, assim como as possíveis razões dessas limitações.

O capítulo 4 está centrado na revisão da literatura sobre a ABT, tanto os seus postulados teóricos quanto os estudos empíricos que a utilizam como base para a avaliação. A ABT teve a sua maior disseminação durante as décadas de 80 e 90 em razão da insatisfação com a abordagem experimentalista. A sua expansão ocorreu sem uma base teórica e metodológica que a unificasse. Ao longo dos anos 2000 buscou-se um consenso em torno de uma base comum a partir da qual fosse possível distinguir entre os estudos qualificados ou não como pertencentes à ABT, em especial sobre o que constitui uma teoria do programa e como a avaliação pode ser conduzida a partir dessa.

O capítulo 5 busca estruturar e sistematizar a teoria do programa para PBE e NMEE. A teoria foi elaborada principalmente a partir da literatura científica que trata da relação entre programas de etiquetagem, eficiência energética e conservação de energia, uma vez que não há proposição de uma teoria do programa no âmbito do PBE e NMEE, assim como em estudos prévios à tese, seja para os programas nacionais seja para os de outros países ou blocos. Nesse campo de pesquisa se destaca a literatura econômica do “gap” de eficiência energética e efeito rebote, assim como os estudos baseados nos modelos de psicologia social que postulam que o comportamento (neste caso, o comportamento energético) é explicado por fatores que o antecedem a decisão de compra. Além desses, enfatiza-se os fatores externos aos programas que podem afetar a consumo de energia e o aspecto dinâmico da relação entre as partes envolvidas no programa (gestores do programa, fornecedores e consumidores).

Por fim, o capítulo 6 irá analisar o elemento empírico da ABT, com a definição e priorização das questões avaliativas e análise dessas questões a partir das bases de dados disponíveis. Na ABT as questões avaliativas derivam das hipóteses subjacentes à teoria do programa (DONALDSON e GOOLER, 2003). Já a priorização das questões a serem estudadas é circunstanciada por diversos fatores e objetivos, tais como a disponibilidade de dados e predefinição dos gestores dos programas. Neste trabalho, a priorização das questões avaliativas foi condicionada pela disponibilidade de dados, uma vez que informações disponíveis não permitem a avaliação da teoria como um todo (através de modelos de equações estruturais, por exemplo).

2 PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E NMEE

Os programas de etiquetagem em eficiência energética e Níveis Mínimos de Eficiência Energética (NMEE) surgiram no cenário internacional como políticas públicas vinculadas à conservação de energia, motivadas por uma série de fatores, como a escassez de fontes de energia por conta das crises do petróleo (1973-1974, 1979-1980) e a crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes das mudanças climáticas (GELLER *et al.*, 2006).

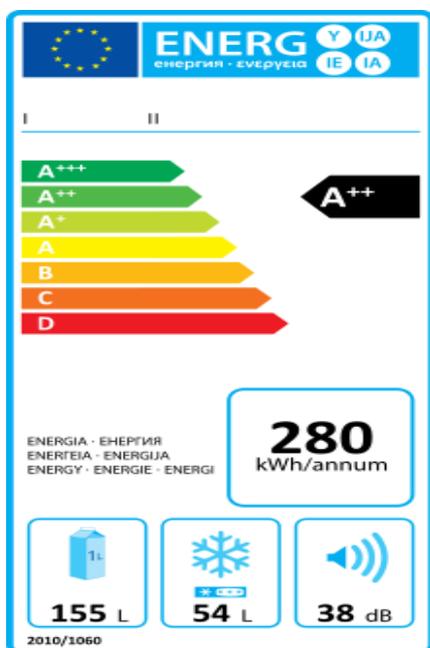
Os NMEE são regulamentações que estabelecem a proibição de que equipamentos com eficiência energética inferior a determinado nível sejam comercializados (WIEL e MCMAHON, 2003; CLASP, 2005). A Etiquetagem em eficiência energética consiste na fixação de etiquetas com informações sobre o desempenho energético de equipamentos de forma que os consumidores possam tomar decisões de compra economicamente e ambientalmente conscientes (WIEL e MCMAHON, 2003). Há no mundo dois tipos principais de etiquetas: as classificatórias, que separam os modelos de produtos em diferentes escalas (discretas ou contínuas) de eficiência energética; e as de endosso, que conferem etiquetas (ou selos) apenas aos equipamentos classificados como mais eficientes a partir de critérios preestabelecidos (Figura 1) (CLASP, 2005).

Segundo CLASP (2005) os primeiros regulamentos fixando NMEE foram introduzidos em 1962, na Polônia, para uma variedade de aplicações industriais. Em 1966, governo francês estabeleceu NMEE para refrigeradores e em 1978 para freezers. Outros governos europeus introduziram regulamentos para a etiquetagem e NMEE ao longo dos anos 1960 e 1970 (CLASP, 2005). De acordo com Waide *et al.* (1997), grande parte dessas legislações eram inconsistentes, tiveram pouco impacto sobre o consumo de energia e foi revogada durante a década de 1970 e início de 1980, sob pressão para harmonizar das regras de comercialização na união europeia (WAIDE *et al.*, 1997).

Os primeiros regulamentos de NMEE que afetaram mais diretamente fornecedores e reduziram significativamente o consumo de energia foram instituídos no estado da Califórnia, em 1976 (CLASP, 2005). Estes regulamentos entraram em vigor em 1977 e foram seguidos por normas nacionais que se tornaram efetivas em 1988. Até o início do ano de 2000, 43 países (incluindo os 15 membros originais da União Europeia) tinham adotado pelo menos uma norma de NMEE obrigatória. Em 2004, o número tinha aumentado para 55 (WAIDE *et al.*, 1997).

Figura 1: Exemplos de etiquetas em eficiência energética classificatórias e de endosso

1.a) Etiqueta Classificatória



1.b) Etiqueta de endosso



Fonte: CLASP (2005)

Os programas de etiquetagem se desenvolveram em paralelo aos NMEE. Em 1976 a França introduziu etiquetagem compulsória para aparelhos de aquecimento, boilers, aquecedores de água, refrigeradores, máquinas de lavar, televisores, fogões e lavadoras de roupa (CLASP, 2005). Japão, Canadá e EUA seguiram o exemplo com programas que abrangiam esses e outros produtos. Etiquetas americanas, promulgadas por lei em 1975, entraram em vigor sob o nome *Energy Guide* em 1980 para os principais eletrodomésticos.

Durante a década de 1990 vários países iniciaram programas de etiquetagem, ainda com adesão voluntária por parte dos fornecedores (fabricantes e importadores). Um dos programas mais extensos e amplamente conhecidos é o ENERGY STAR (Figura 1b), coordenado nos EUA pelo Departamento de Energia em conjunto com a Agência de Proteção Ambiental (*US Environmental Protection Agency* - EPA). Introduzido em 1992 para indicar os computadores energeticamente mais eficientes, o programa de etiquetagem ENERGY STAR ampliou seu escopo para incluir produtos em mais de 40 categorias, incluindo eletrodomésticos (CLASP, 2005).

No Brasil, os programas de etiquetagem em eficiência energética tiveram início na década de 80. O programa brasileiro de etiquetagem (PBE) foi criado em 1984, a partir do protocolo firmado entre o então Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação

Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE, com a interveniência do Ministério das Minas e Energia. O programa foi criado em meio a outras iniciativas, como o pioneiro programa CONSERVE de 1981 que visava à “promoção da eficiência energética na indústria, ao desenvolvimento de produtos e processos e ao estímulo à substituição de energéticos” e o Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL, criado em dezembro de 1985, sob a coordenação da ELETROBRÁS (CARDOSO, 2008).

Conforme expresso no Protocolo de sua criação, o PBE tinha como finalidade “o desenvolvimento e implantação de um programa de conservação de energia em eletrodomésticos através de um sistema de etiquetagem informativa sobre a eficiência energética dos aparelhos eletrodomésticos, fabricados no país”, permitindo melhor orientação e motivação dos consumidores na seleção de produtos de maior eficiência em relação ao consumo de energia (MME, 2010).

Em 1993 foi desenvolvido pelo PROCEL o Selo PROCEL de Economia de Energia (ver Figura 2), programa de etiquetagem voluntário com os objetivos de orientar os consumidores e estimular a fabricação e comercialização de produtos mais eficientes no país (CARDOSO, 2008). Os dois programas atuam de forma complementar. No âmbito do PBE são definidos os ensaios para avaliação de desempenho dos aparelhos, bem como os índices pelos quais os aparelhos são classificados (de “A” a “E”) de acordo com a sua eficiência. O selo PROCEL é concedido aos aparelhos com maior eficiência (classificados como “A”) entre aqueles etiquetados pelo PBE e de acordo com outros critérios definidos pelo PROCEL.

Posteriormente, a parceria foi sendo ampliada com a inclusão de novas categorias de produtos, tais como: motores elétricos trifásicos, lâmpadas fluorescentes (compactas e circulares), reatores eletromagnéticos (para lâmpadas fluorescentes tubulares e a vapor de sódio), freezers, refrigeradores, condicionadores de ar (janela e Split), coletores solares (banho e piscina) e reservatórios térmicos (CARDOSO, 2008).

Outra parceria importante do PBE surgiu com a criação do Selo CONPET em 2003. O Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET) foi criado em 1991, tendo como principais atividades a capacitação de pessoal, a divulgação de informações e a realização de diagnósticos em veículos de cargas e de passageiros (MME, 2010). O Selo CONPET consiste numa etiqueta de endosso voltado para equipamentos que consomem derivados de petróleo e do gás natural. Como regra geral é atribuído a equipamentos classificados como “A” no PBE de maneira similar ao Selo PROCEL. Em 2003, dentro do programa, foram etiquetados aparelhos de gás (fogões, fornos domésticos e aquecedores de água) e em 2009 de veículos leves (MME, 2010).

Figura 2: Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia: ENCE e Selo PROCEL

2.a) ENCE

Energia (Gás)		
Fabricante Marca	FOGÃO A GÁS ABCDEF XYZ(Logo)	
Modelo Tipo de Gás	IPQR GLP	
QUEIMADORES DA MESA Mais eficiente	A	
Menos eficiente		
RENDIMENTO MÉDIO - %		62,4
FORNO		
VOLUME INTERNO - litros	43,0	
CONSUMO DE MANUTENÇÃO - kg/h	0,128	
Classificação quanto ao consumo A: mais econômico E: menos econômico	A B C D E	
Regulamento Específico Para Uso de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Fogões e Fornos a Gás - RESF068-FOG Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o manual do aparelho. PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM-PBE		
<small>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</small>		

Etiqueta xxxyyz

2.b) Selo PROCEL



Fonte: INMETRO (2012)

Os NMEE no Brasil tiveram origem na lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001, a chamada “lei de eficiência energética” (BRASIL, 2001a). A lei determina que “o Poder Executivo estabeleça níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia comercializados no País” (BRASIL, 2001a, p.1). A determinação destes índices ficou a cargo do Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), constituído pelo Poder Executivo através do Decreto 4.059, também de 2001¹ (BRASIL, 2001b). Pelo referido decreto, para fins de controle e fiscalização do atendimento aos NMEE, ficou a cargo do Inmetro o credenciamento de laboratórios de ensaios, anuência de produtos importados e as ações de fiscalização (BRASIL, 2001b).

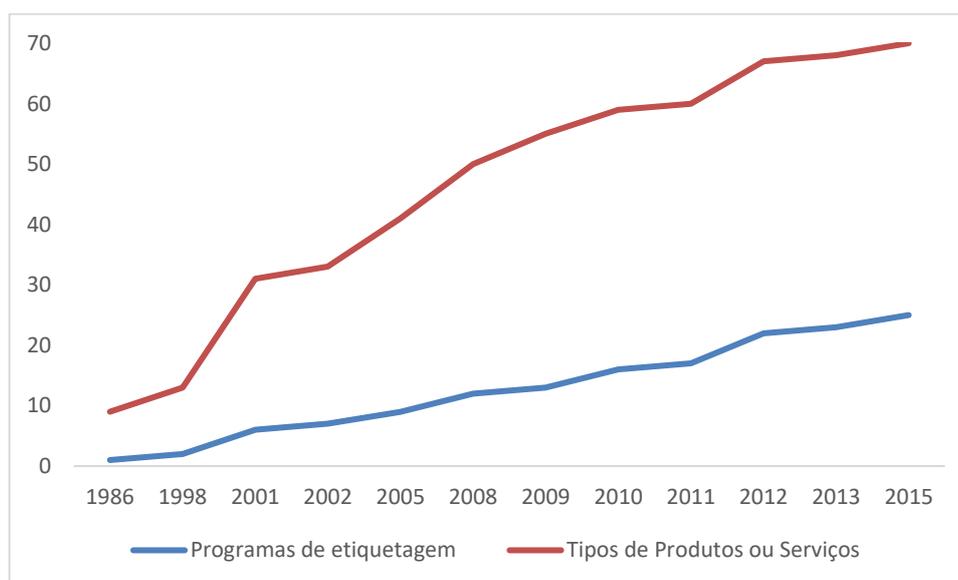
¹ O Comitê é formado por representantes de diversas entidades, públicas e privadas, a saber: do Ministério de Minas e Energia, que o preside, do Ministério da Ciência e Tecnologia; do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; da Agência Nacional de Energia Elétrica; da Agência Nacional do Petróleo; um representante de universidade brasileira, especialista em matéria de energia; e um cidadão brasileiro, especialista em matéria de energia (BRASIL, 2001b)

O primeiro NMEE no Brasil foi estabelecido em dezembro de 2002 para motores elétricos trifásicos de indução rotor a gaiola (BRASIL, 2002). Posteriormente foram definidos NMEE Refrigeradores e Congeladores (MME, 2007a e Condicionadores de Ar (MME, 2007b), entre outros.

A partir de 2006 os programas de etiquetagem, que até então eram de adesão voluntária, passaram a ser compulsórios. Em consonância com os NMEE, foram tornadas obrigatórias à etiquetagem para condicionadores de ar (INMETRO, 2006a), refrigeradores e assemelhados (INMETRO, 2006b), e lâmpadas fluorescentes compactas (INMETRO, 2006c). A partir de então o programa passou por um crescimento vertiginoso do número de aparelhos etiquetados. Em 2017 o PBE era composto por 28 objetos etiquetados, dos quais 24 são compulsórios.

No Gráfico 1 é possível observar a evolução do número de programas do PBE ao longo do tempo. Cada programa é estruturado dentro de uma base normativa e pode contemplar mais um tipo de aparelho, o que explica a diferença de número de programas e de número de produtos. De 1986 a 1998 os únicos aparelhos contemplados eram os refrigeradores e congeladores de uso residencial. A partir 1998 o PBE incorporou outros aparelhos, como condicionadores de ar, lâmpadas fluorescentes compactas, aquecedores de água a gás, fogões e fornos a gás, entre outros. O maior crescimento ocorreu a partir de 2005, quando surgiram os primeiros programas compulsórios.

Gráfico 1: Número de programas do PBE por ano de 1986 a 2015



Fonte: Elaboração Própria, com base em Inmetro (2015)

Esses números demonstram que os programas brasileiros possuem tempo de maturação e amplitude similar aos programas de maior respaldo internacional, como os programas etiquetagem europeia e norte americano. De acordo com relatório elaborado por CLASP (2005), o Brasil foi 8º país no mundo a criar um programa de etiquetagem em eficiência energética numa lista de 31 países mais a União Europeia. O Relatório mostra ainda que, até 2004, o Brasil era o quarto país com o maior número de produtos etiquetados, atrás apenas de Estados Unidos, Canadá e Austrália.

3 AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS EM ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UMA REVISÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA DA LITERATURA

A revisão da literatura de avaliação de programas de etiquetagem foi realizada em três etapas. Na primeira, foram selecionados todos os artigos com as palavras-chave “*impact*”, “*assessment*” e “*evaluation*” combinadas com os termos “*label*” e “*Standards*”, a partir de uma pesquisa em publicações voltadas para a área de energia (ver Quadro 1). Na segunda, analisou-se os resumos desses artigos para identifica se de fato tratavam do tema. Na terceira analisou-se as referências bibliográficas desses artigos para identificar se havia mais algum artigo não identificado na etapa anterior. Incluiu-se ainda três trabalhos publicados no Brasil em língua portuguesa (duas dissertações e uma tese). Com esse procedimento foram identificados, ao todo, 20 trabalhos empíricos sobre o tema.

Quadro 1: Lista de periódicos selecionados para a revisão da literatura

Energy Policy	Renewable Energy
Energy	Resource and Energy Economics
Energy and Buildings	Progress in Energy and Combustion Science
Renewable and Sustainable Energy Reviews	Energy for Sustainable Development
Applied Energy	International Journal of Electrical Power &
Energy Economics	Energy
Energy Procedia	Encyclopedia of Energy
	Energy Conversion

Fonte: Elaboração Própria

Além destes trabalhos, dois manuais que fornecem base metodológica para avaliação de impactos de programas de etiquetagem em eficiência energética merecem destaque. O primeiro consiste no guia de avaliação de impacto de programas de eficiência energética publicado pela Agência Internacional de Energia -IEA, intitulado “*Evaluating Energy Efficiency Policy Measures & DSM Programs*” (IEA, 2006). O guia tem como propósito fornecer orientações na avaliação da economia de energia dos seus programas de eficiência energética criados com a finalidade de cumprir as metas de redução de emissões decorrentes do protocolo de Kyoto.

O segundo corresponde ao manual intitulado “*A Guide Book for Appliances, Equipment and Light*” da *Collaborative Labeling and Appliance Standards Program* (CLASP), uma organização não governamental internacional que fornece suporte a diversos

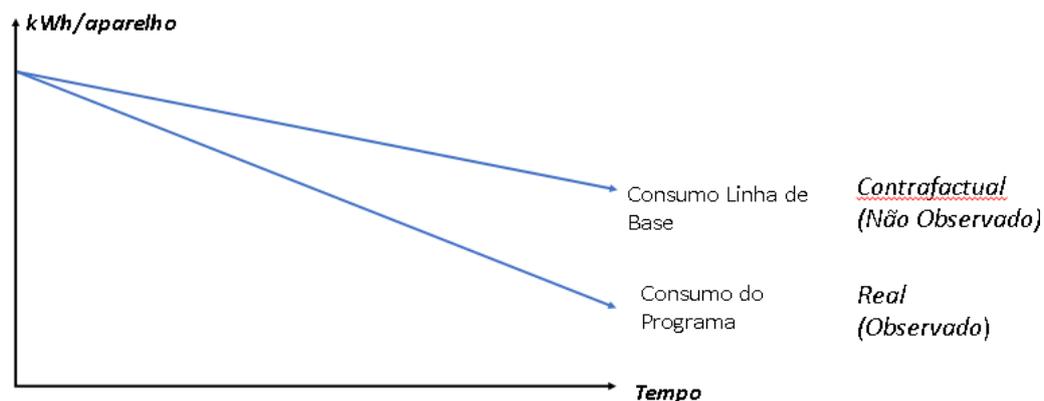
países na implementação de programas de etiquetagem e NMEE (CLASP, 2005). Embora existam diversos manuais de avaliação de impacto de programas de eficiência energética, tomou-se por base os dois manuais por dois motivos principais: são os mais citados e referenciados na literatura científica (CARDOSO, 2008; CARDOSO, 2010; NOGUEIRA et al., 2015; ELSLAND, BRADKE e WIETSCHEL, 2014; SANCHEZ, 2008) e fornecem a base teórica principal do arcabouço metodológico em que se baseia a literatura empírica.

3.1 Metodologia de Avaliação de Impacto de programas de etiquetagem em eficiência energética

Como regra geral, estudos de avaliação da conservação de energia de programas de etiquetagem em eficiência energética e NMEE utilizam como metodologia a comparação entre o consumo de energia dos produtos participantes do programa com alguma medida estimada de consumo energético desses mesmos produtos na ausência do mesmo, conforme Figura 3 (CLASP, 2005).

Com a implementação do programa, espera-se que a eficiência energética dos produtos participantes seja ampliada e, com isso, o consumo de energia seja reduzido a uma taxa maior do que seria na sua ausência. No primeiro caso o consumo de energia é observável, uma vez que corresponde ao próprio consumo energético medido pelo programa. O segundo, chamado de consumo da linha da base, não é observado e representa o cenário *contrafactual*, em outras palavras, o consumo e eficiência que ocorreria com os produtos participantes do programa caso esse não tivesse sido implantado (IEA, 2006).

Figura 3: Curvas de consumo real e da linha de programas de eficiência energética

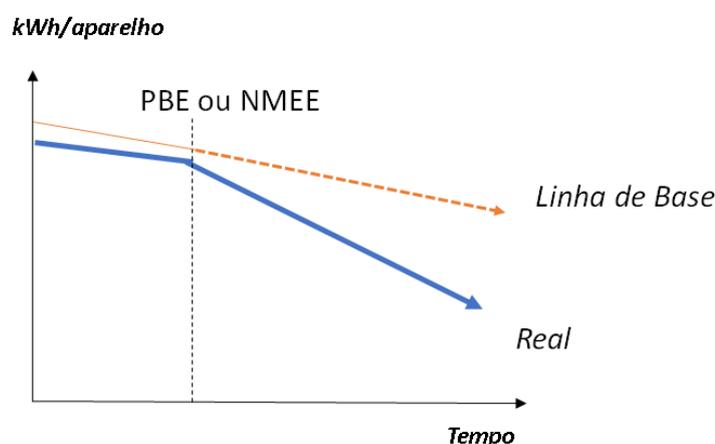


Fonte: Elaboração Própria

Como o consumo dos produtos participantes do programa é observável, o grande desafio metodológico consiste em estimar a linha de base. Para isso, IEA (2006) apresenta um conjunto de metodologias, entre as quais se destacam, na terminologia do próprio manual, a análise de *cross-section* e a análise histórica.

No método de *cross-section* a linha de base é estimada a partir da observação do consumo dos não-participantes do programa que não foram expostos ao efeito deste, conforme mostra a Figura 4 (IEA, 2006). A hipótese é de que a evolução do consumo energético dos não participantes constitui uma *proxy* observável do comportamento dos participantes no cenário *contrafactual*. Claro que, para que a abordagem seja válida, o grupo de comparação deve ser semelhante em aspectos básicos ao “grupo participante” (IEA, 2006). Esse método seria mais adequado na avaliação de programas voluntários, em que há no mercado tanto produtos participantes como não participantes de um mesmo tipo de aparelho (SANCHEZ, 2008).

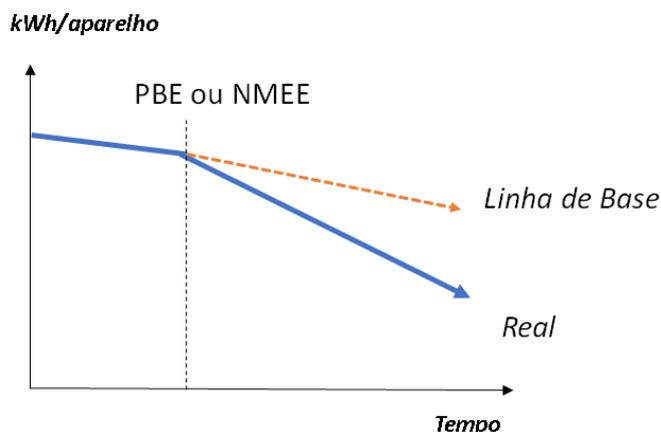
Figura 4 : Análise de Cross-section na avaliação de programas de etiquetagem



Fonte: Elaboração Própria, com base em IEA(2006)

Na análise de análise histórica, a linha de base é estimada a partir do consumo energético dos produtos participantes antes e após à implementação do programa, conforme mostra a Figura 5 (IEA, 2006). Neste caso, a hipótese é de que a tendência do consumo se manteria a mesma da que era observada anterior à sua implantação. Este método é o mais comumente empregado na avaliação de impacto de NMEE (SCHIELLERUP, 2002; MEYERS et al., 2003).

Figura 5 - Análise de Série Histórica na avaliação de programas de etiquetagem



Fonte: Elaboração Própria, com base em AIR (2005)

Além desses, IEA (2006) cita diversos outros métodos alternativos, entre os quais: auto relato dos efeitos dos programas (quando os próprios participantes informam se suas decisões foram afetadas pelo programa)(i); códigos e padrões (quando a linha de base considerada consiste em limites mínimos de eficiência energética estabelecida por leis ou regulamentos) (ii); opiniões de especialistas (iii); pesquisa sobre preferência de consumidores e experiências com a avaliação de outros programas (iv).

Partindo de uma abordagem *bottom-up*, uma vez estabelecida a linha de base, o desafio passa a ser a generalização dos resultados, em outras palavras, como transpor um resultado correspondente a um único equipamento para todo o mercado. Neste caso, pode-se considerar dois tipos de desafios: o primeiro é como obtermos o consumo unitário correspondente dos produtos nas condições reais de uso, uma vez que quase sempre partimos de dados obtidos em laboratório (CARDOSO, 2008; NOGUEIRA et al., 2015) e o segundo é a projeção da difusão no mercado de produtos nos dois cenários (real e *contrafactual*) uma vez que as médias de consumo calculadas a partir das tabelas de eficiência energética disponibilizadas pelos programas não correspondem à média de mercado (quando ponderado pelo volume de vendas de cada modelo) (MAHLIA, 2004; YU; 2015). Neste último caso a dificuldade resulta da ausência de dado de volume de venda por modelo etiquetado.

Os manuais também chamam atenção para a consideração nos estudos de avaliação de dois efeitos em particular: denominados “efeito *Free Rider*” e “efeito *Spillover*” (CLASP, 2005; IEA, 2006). O efeito *free rider* refere-se às medidas de eficiência energética adotadas pelos participantes do programa que teriam sido feitas mesmo na sua ausência (CLASP, 2005). O segundo se refere aos ganhos de eficiência energética que ocorrem em função do programa, mas não são em razão direta das suas atividades (IEA, 2006). Quando, por

exemplo, um fabricante implementa melhoria da eficiência energética em produtos não contemplados no programa em função da aprendizagem obtida com esforço de melhoria de eficiência em produtos participantes do programa.

3.2 Estudos empíricos do impacto de programas de etiquetagem e NMEE sobre o consumo de energia

Na estratégia de mapeamento da literatura descrita anteriormente foram encontrados 20 trabalhos empíricos sobre o impacto dos programas de etiquetagem e NMEE sobre o consumo energético. Dos 20 trabalhos, 13 são prospectivos (ou seja, fazem projeção da economia de energia futura caso uma medida venha a ser implantada), 5 retrospectivos (neste caso, a economia energia passada, gerada por um programa já implantado) e 2 fazem as duas análises simultaneamente.

A maior preferência por estudos prospectivos já foi citada como um problema por CLASP (2005), que inclui os estudos das próprias agências governamentais de eficiência energética, como reflexo da maior dificuldade de empregar as metodologias de avaliação de impacto em estudos retrospectivos. A grande maioria dos estudos tem como objeto de análise os NMEEs, sendo apenas 4 dedicados a avaliar impacto de etiquetas (classificatórias ou de endosso²).

Lu (2006, 2007) e Tao e Yu (2011), analisando o impacto da implementação de NMEE na China de forma prospectiva para refrigeradores e condicionadores de ar, consideraram como premissa que a implementação do programa promoveria uma redução no consumo de energia de 5% para esses aparelhos, frente a uma redução do consumo projetado, no cenário *contrafactual*, de 1%. Contudo, não mencionam como chegaram a essas estimativas.

Majuski, Mahlia e Choudhury (2001) e Varman, Masjuki e Mahlia (2005) avaliam, de forma prospectiva, o impacto da adoção de NMEE sobre o consumo de energia na Malásia para condicionadores de ar e televisores, respectivamente. O consumo médio estimado dos aparelhos no mercado com a implementação da medida corresponde ao consumo médio dos aparelhos que atendem os NMEE na data de entrada em vigor da norma, e estimam o consumo na ausência desta a partir do consumo médio de todos os aparelhos na data inicial e

² No Brasil a terminologia mais utilizada é o Selo de Endosso, sendo o termo etiqueta empregado para designar a etiqueta classificatória (CARDOSO, 2008; CARDOSO, 2012)

um aumento de eficiência energética de 2% ao ano. Os autores não fazem menção sobre o método pelo qual chegaram a esse valor.

Em relação aos programas do Brasil, destacam-se os trabalhos de Cardoso (2008), Cardoso (2012), Bortoni et al. (2013), Nogueira et al. (2015). Cardoso (2008) avaliou o impacto do programa Selo PROCEL para freezers e refrigeradores. Como linha de base, adotou como premissa que esta corresponde ao consumo médio dos produtos sem o Selo PROCEL, sendo que a economia de energia atribuída ao programa corresponde à diferença entre o consumo médio dos aparelhos com e sem o Selo.

Cardoso (2012) avaliou o impacto do PBE para refrigeradores, condicionadores de ar e motores elétricos. Para os dois primeiros produtos, a linha de base corresponde à média dos produtos menos eficientes (Classes “D” e “E”) e a economia de energia é calculada pela diferença entre o consumo médio dos modelos etiquetados e consumo médio dos aparelhos menos eficientes. A linha de base estimada para os motores elétricos corresponde à eficiência mínima para motores do tipo *padrão*, estabelecida pelo decreto federal nº 4.508 de 2002, que regulamenta os NMEE para motores elétricos, e a economia de energia corresponde à diferença entre a eficiência mínima dos motores do tipo *alto desempenho* e a linha de base. Em relação aos motores elétricos, esta foi a mesma premissa utilizada por Bortoni et al. (2013) na estimativa do impacto do Selo PROCEL para esse mesmo produto.

Nogueira et al. (2015) avaliam o impacto dos NMEE no Brasil para diversos produtos (refrigeradores, condicionadores de ar, fogões a gás, aquecedores de água a gás, motores elétricos, e lâmpadas eficientes). Como regra geral, a linha de base do estudo corresponde ao consumo médio dos equipamentos excluídos do mercado por não atenderem os níveis mínimos estabelecidos. Para as lâmpadas, consideraram apenas a projeção do impacto da proibição das lâmpadas incandescentes de 60 W, em vigor desde 2015.

A comparação antes e após a implementação de NMEE foi usada por Schiellerup (2002) para avaliar o efeito da adoção dos NMEE para congeladores (freezers) e refrigeradores, estabelecidos pela União Europeia, sobre a Inglaterra. A medida entrou em vigor em 1999. A análise consiste em estimar a diferença das eficiências médias dos modelos antes e após a medida (1998 e 2000) e, partir dessa diferença, estimar a economia de energia no mercado.

Meyers et al. (2003) avaliam o impacto dos NMEE nos Estados Unidos para nove produtos, entre o período de 1988 a 2007. O estudo é em parte retrospectivo, compreendendo o período o ano de 2000, e em parte prospectivo, considerando o efeito estimado até o ano de

2050. A linha de base foi estimada pela projeção do consumo de energia a partir da tendência anterior a cada upgrade dos níveis mínimos de eficiência estabelecidos.

Sanchez et al. (2008) avaliaram o impacto do programa ENERGY STAR nos EUA no período entre 1993 e 2015 (até 2006 de forma retrospectiva, e de 2007 a 2015 prospectivo) para diversos produtos. O consumo da linha base corresponde ao consumo médio dos equipamentos que não participam do programa. Para os casos em que não havia dados sobre o consumo energético dos equipamentos não participantes, foi considerado o NMEE estabelecido pela regulamentação americana. O estudo de Sanchez et al. (2008) foi único entre os artigos encontrados que, de forma explícita, avaliou o efeito *free-rider*. Este foi estimado a partir da premissa de que corresponde ao percentual de produtos que atendiam os níveis mínimos de eficiência do programa logo no seu início. Esse percentual é deduzido do efeito estimado do programa, como forma de controlar o efeito *free-rider*.

Esses estudos demonstram a dificuldade encontrada em empregar os métodos previsto nos manuais para estimativa da linha de base. Dos 20 estudos, 11 a estimar a partir de premissas *ad hoc*, 6 não especificam a metodologia, um compara o consumo de energia antes e após a medida, um utiliza a análise de série histórica e um a análise por cross-section. Entre as premissas *ad hoc* utilizadas para estimar a linha de base temos a suposição de elevação de 1% (LU, 2006, 2007; TAO e YU, 2011), 2% (MAJUSKI, MAHLIA e CHOUDHURY, 2001; (VARMAN, MASJUKI E MAHLIA, 2005) ou a diferença entre aparelhos mais e menos eficientes (CARDOSO, 2008; CARDOSO, 2012; BORTONI *et al.*, 2013; NOGUEIRA *et al.*, 2015).

Na próxima seção se discutem as possíveis causas da dificuldade em estimar a linha de base encontrada pela literatura em avaliação desses programas, explorando a fundamentação teórica que sustenta os estudos de análise contrafactual, em particular, os estudos que avaliam a economia de energia dos programas analisados na tese.

3.3 Avaliação de impacto dos programas de etiquetagem e a abordagem experimentalista

Todos os estudos supracitados estimaram impactos expressivos, em termos de economia de energia, dos programas de etiquetagem em eficiência energética ou NMEE avaliados. Porém, como mostramos, na maioria dos casos, os trabalhos não utilizam as ferramentas metodológicas recomendadas pelos manuais e referenciais teóricos, como revela

a opções por premissas *ad hoc* para estimar a linha de base. Ao contrário, partem da premissa de que o impacto ocorreu e o desafio passa a ser estimar quanto foi esse efeito.

A fundamentação teórica dos estudos que avaliam o impacto dos programas de etiquetagem e NMEE pode ser relacionada à abordagem avaliativa Experimentalista, embora esses estudos não há referenciem (CAMPBELL e STANLEY, 1963; COOK e CAMPBELL, 1979). A questão principal diz respeito a se é possível atribuir a causalidade da variação da eficiência energética ou do consumo de energia observado nos aparelhos participantes do programa, bem como a magnitude desse efeito.

A lógica experimentalista tem como fundamento a teoria de causalidade, fundada pelo Filósofo David Hume no século XVIII, conhecida na literatura epistemológica como “*sucessionista*” (PAWSON e TILLEY, 1997). A ideia base é de que a “causalidade” não pode ser “vista”, como enxergamos as observações, tratamentos e efeitos. Ela pode apenas ser inferida a partir de uma sucessão de eventos repetidos. A estratégia experimentalista consiste, então, em “alocar”, de forma aleatória, as unidades de observação nos grupos de tratamento e controle e observar a diferença entre eles ao final do tratamento (CAMPBELL e STANLEY, 1963), conforme ilustrado no Quadro 2. Se a “alocação” é aleatória, a variação das diferenças de resultados entre grupos de tratamento e controle antes e após o tratamento é atribuído ao programa.

Quadro 2: Clássico desenho experimentalista

	Pré-teste	Tratamento	Pós-teste
Grupo de tratamento	O₁	X	O₂
Grupo de Controle	O₁		O₂

Fonte: Cook e Campbell (1979)

Ocorre que nem sempre a alocação entre grupos tratados e não tratados é aleatória. Diversos métodos foram desenvolvidos para tratar desse problema, chamados de quase-experimentos. Além disso, há diferenças entre os resultados de tratamentos observados no laboratório e no campo, uma vez que o mundo social é “complexo”, “aberto”, “dinâmico”, fazendo com que os resultados possam ter como causa outros fatores (PAWSON e TILLEY, 1997). Para isso, os experimentalistas fazem uso de um conjunto de métodos estatísticos para

controlar a influência desses fatores sobre a variação das diferenças entre os grupos (COOK e CAMPBELL, 1979).

Na literatura em avaliação apareceram diversas críticas à abordagem experimentalista no contexto da chamada “guerra de paradigmas”, a partir da qual surgiram diversas abordagens avaliativas, como a avaliação pragmática (ou avaliação focada na utilização) (PATTON, 1978), a abordagem construtivista (GUBA e LINCOLN, 1989), e a avaliação baseada em teoria (CHEN, 1990; WEISS, 1995; PAWSON e TILLEY, 1997). As críticas feitas à abordagem experimentalista por essas teorias têm como base conjunto amplo de fundamentos, desde a crítica de fundo epistemológico sob o qual se baseia (GUBA e LINCOLN, 1981; PAWSON e TILLEY, 1997) ou sob a perspectiva da utilidade do estudo avaliativo do ponto de vista dos gestores das políticas (WEISS, 1976; PATTON, 1978). Entretanto, parte destas abordagens não descartam o uso dos métodos quase-experimentais (pluralismo metodológico), divergem apenas de como ela se insere no processo avaliativo (WEISS, 1995).

Nesse sentido, destacam-se três razões principais que podem explicar as limitações de se empregar métodos de avaliação que possuem fundamento na abordagem experimentalista: a ausência de informações sobre o desempenho dos produtos antes e após a intervenção (i), dificuldade na definição do grupo de controle (ii) e natureza da unidade de observação principal (produtos ao invés de pessoas) (iii).

No caso da etiquetagem, a ausência de informação tem uma explicação lógica: a função dessas medidas é fornecer informações padronizadas e confiáveis aos consumidores sobre a eficiência energética dos aparelhos, o que só faz sentido se esta informação de antemão não estiver disponível. Ou seja, a ausência da informação (padronizada e confiável) é a própria razão de ser do programa. No caso dos NMEE, esse problema é minimizado quando há um programa de etiquetagem em paralelo, o que permite a observação dos produtos “tratados” e “não tratados”, porém somente antes da medida.

Dada a ausência da informação, uma alternativa seria, por exemplo, o uso de catálogos de fornecedores, quando estes contemplam essas informações. Porém essas informações quase sempre não são comparáveis, haja vista que cada fornecedor pode utilizar uma norma de ensaio de diferente (isso se de fato realizam ensaios nos produtos). Ademais, se fossem confiáveis e comparáveis, a própria existência do programa não se justificaria, uma vez que os consumidores já possuiriam meios adequados para se informar a respeito do desempenho dos aparelhos. Sendo assim, a avaliação se restringiria a programas que foram implementados mesmo com a existência de informações.

Na abordagem experimentalista, a avaliação consiste na comparação entre grupo de tratamento e controle antes e após a intervenção, em que os grupos comparados guardam semelhanças entre eles de tal forma que a diferença antes e após o tratamento tem como “causa” unicamente o tratamento (CAMPBELL e STANLEY, 1963; COOK e CAMPBELL, 1979). Como consequência, para avaliar o impacto dos programas de etiquetagem a partir dessa abordagem, é necessária a identificação de grupo de controle para cada tipo aparelho analisado.

Nota-se que a aplicação da abordagem experimentalista pressupõe a existência de grupos não tratados. Nos casos em que o programa é voluntário, o grupo de controle pode ser definido a partir dos produtos do mesmo tipo não participantes do programa, como em Sanchez et al. (2008). Neste caso, como ressaltado anteriormente, pressupõe também a existência de dados confiáveis e comparáveis para os grupos de controle e de tratamento.

A questão que permanece é como definir grupos de controle em programas compulsórios. Para o caso do PBE, os produtos de etiquetagem compulsórios respondiam por 88% do total de produtos etiquetados em 2012. Nestes casos, evidentemente, não se pode definir grupos de controle a partir de fornecedores/marcas/modelos não participantes do programa. Não foram encontrados estudos na literatura em avaliação de impacto de programas de etiquetagem em que definissem grupos de controle para avaliação de programas de etiquetagem compulsórios, ou mesmo para NMEE, de forma que a referência para essa discussão deve ser buscada em estudos avaliativos para outros segmentos.

Por fim, a abordagem experimentalista foi originalmente formulada no debate sobre avaliação de programas sociais, em que a unidade de observação são pessoas (CAMPBELL e STANLEY, 1963). Um tratamento/intervenção é atribuído a um grupo de pessoas com um objetivo específico, que são comparados com outro grupo de pessoas antes e após a intervenção. Há uma diferença sutil, porém relevante, com os programas de etiquetagem em eficiência energética: a unidade de observação são produtos, e não pessoas.

A diferença é relevante porque, no primeiro caso, a unidade da análise (pessoas) é “observada” antes e após o tratamento, já no segundo caso (produtos) isso não necessariamente ocorre: os produtos menos eficientes são modificados ou substituídos por produtos novos de tal forma que não é trivial identificar qual era o modelo original sobre qual a mudança ocorreu. A mudança ocorre no âmbito de decisão de pessoas ou firmas sobre quais modelos serão adquiridos ou ofertados. Alguns modelos podem permanecer ainda por um longo tempo no mercado ou sofrer pequenas inovações incrementais. Pode ainda haver uma

mudança completa no portfólio de produtos, ou até mesmo o fechamento de algumas empresas e o surgimento de outras.

Desta forma, diferentemente dos programas sociais, os resultados dos programas de etiquetagem em eficiência energética são verificados em todo mercado e não nas unidades de observação, analisadas individualmente. Levando isso em conta, se ainda partimos da abordagem experimentalista, o grupo de controle seria, por exemplo, um outro mercado (similar), comparado como um todo, em que se avaliaria, por exemplo, se houve substituição de produtos menos eficientes ou outros mais eficientes há uma taxa maior do grupo de tratado em relação ao grupo de comparação.

4 AVALIAÇÃO BASEADA EM TEORIA E PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: EM BUSCA DE UMA NOVA ABORDAGEM AVALIATIVA DE REFERÊNCIA

Embora não seja impossível contornar as dificuldades na avaliação de impacto de programas de etiquetagem em eficiência energética tendo como fundamento a abordagem experimentalista, na tese utilizou-se a Avaliação Baseada em Teoria (ABT) como alternativa à abordagem tradicional, sob a hipótese de que essa seja uma abordagem de avaliação mais adequada para avaliação de programas de etiquetagem, embora isso não signifique que o desafio avaliativo seja menor.

Segundo Rogers *et al.* (2000), a ABT pode ser definida a partir de dois elementos essenciais, um conceitual e outro empírico. Pelo elemento conceitual, a ABT compreende uma teoria ou modelo que explica como um programa (ou política pública) “causa” os resultados pretendidos e, pelo elemento empírico, consiste numa avaliação guiada, pelo menos em parte, por essa teoria.

Weiss (1997b) destaca que a associação de um modelo causal de um programa a uma avaliação não é recente na literatura em avaliação. A autora cita diversos trabalhos ao longo das décadas de 60 e 70 que propuseram o uso de teorias dos programas, como o livro publicado por Edward Suchman em 1967, intitulado “*Evaluative Research*” (SUCHMAN, 1967). Suchman (1967) discute dois tipos de razões pelas quais um programa pode ser malsucedido: falha no programa em executar as atividades planejadas (falha na implementação) e falha das atividades em produzir os efeitos desejados (falha teórica). Wholey (1979) defende a necessidade de se investigar antes do início formal do estudo avaliativo se a teoria implícita do programa faz sentido, ou seja, se há uma expectativa razoável de que as atividades do programa promovam os resultados desejados.

Embora esses estudos já contivessem elementos da ABT, a maior difusão ocorreu a partir de dois trabalhos publicados no final da década de 80 e início da década de 90: o artigo publicado em 1987, na recém-criada revista de avaliação *New Directions for Program Evaluation* intitulado “*Using Program Theory in Evaluation*” (BICKMAN, 1987) e o livro seminal de Chen intitulado “*Theory-Driven Evaluation*”, publicado em 1990 (CHEN, 1990).

Segundo Blame e Mackenzie (2007), a ABT ganhou força ao longo da década de 90 com o diagnóstico, por parte dos avaliadores, de que o uso da abordagem experimentalista era a razão do insucesso das avaliações de diversos programas. A crítica central da ABT à abordagem experimentalista é de que ela trata os programas como “entidades unificadas

através das quais os destinatários são processados e onde os fatores contextuais são conceituados como variáveis confusas as quais cabe ao avaliador controlar” (BLAME e MACKEMZIE, 2007, p. 440). Em oposição, para ABT, “programas não são monolíticos, pessoas não são receptoras passivas a espera de oportunidade de melhorias oferecidas pelos programas e o contexto constitui um aspecto chave para entender a inter-relação entre o programa e seus resultados” (PAWSON e TILLEY, 1997, p.32).

Em conjunto ao crescente interesse com a ABT veio a proliferação de terminologias, entre as quais: *theory-based*, *theory-driven*, *theory-oriented*, *theory anchored*, *theory-of-change*, *intervention theory*, *outcomes hierarchies*, *program theory*, *program logic* e *Realistic Evaluation*; o que, segundo Rogers (2007), muitas vezes, refletem mais a preferência terminológica dos autores do que diferenças conceituais substantivas entre elas.

Weiss (1997a) atribui ainda a crescente repercussão da ABT à promessa de que a partir dela seja possível a validação interna dos estudos avaliativos mesmo quando a formação de grupos de controle e tratamento aleatórios, preconizada pela abordagem experimentalista, não for possível. Segundo a autora, “se a avaliação pode mostrar a série de micro passos que levam das atividades do programa até os seus resultados, a contribuição causal, para fins práticos, foi demonstrada” (WEISS, 1997a, p.47).

Outra vantagem atribuída à ABT é de que, além de possibilitar uma avaliação de impacto dos programas de forma alternativa à abordagem experimentalista, adicionalmente fornece uma explicação sobre *como e por que* os programas “funcionam” ou “não funcionam” (WEISS, 2000).

4.1 ABT e problemas conceituais: o que é uma teoria do programa?

Uma questão proeminente dentro da ABT diz respeito ao que constitui uma teoria do programa. Como salientado por Rogers (2007), um dos problemas principais da ABT é a profusão de terminologias que, muitas vezes, não designam tipos diferentes teorias de avaliação.

A primeira distinção importante a respeito se refere à diferença entre teorias de programa e teorias das ciências sociais, feita por Donaldson e Lipsey (2006). Para os autores, as teorias das ciências sociais constituem tentativas de produzir um conhecimento generalizável sobre os princípios que moldam o comportamento humano. Por outra via, as teorias de programas são mais “modestas” e “lidam com as suposições que guiam a forma

com que intervenções, tratamentos e programas específicos são implementados e se espera que promovam a mudança desejada” (DONALDSON e LIPSEY, 2006, p.64).

Blame e Mackenzie (2007) consideram que há duas concepções distintas de teoria de programa que são relevantes na ABT. A primeira é a que estabelece o que é necessário em termos de recursos, atividades e produtos, para um programa produzir os seus resultados esperados. Consiste no que Weiss (1995, 1997a, 1997b) denomina de “teoria de implementação”; Chen (1990) denomina de “teoria prescritiva”, McLaughlin e Jordan (1999) de “modelo lógico” e Lindgren (2001) de “teoria do programa”. Não obstante a multiplicidade de terminologias, na literatura em ABT os autores têm preferido o uso do termo “teoria de implementação”, cunhado por Weiss, para se referir a esse tipo de teoria (BLAME e MACKEMZIE, 2007; ROGERS, 2007; DONALDSON, 2006; STAME, 2004).

O segundo tipo é a que estabelece um *link* entre os *mecanismos* causais do programa e seus resultados esperados. Weiss (1995, 1997a) se refere a esse tipo de teoria com o termo “teoria do programa”, já Chen (1990) utiliza o termo “teoria descritiva”. Novamente, há uma convergência na literatura pelo uso da terminologia proposta por Weiss (BLAME e MACKEMZIE, 2007; ROGERS, 2007; DONALDSON, 2006). A composição entre a teoria de implementação mais a teoria do programa é o que a autora denomina de “teoria da mudança”.

Na literatura em ABT, alguns autores fazem ainda a distinção entre a Lógica do Programa (também conhecido como Modelo Lógico) e a Teoria do Programa, termos, muitas vezes, utilizados como sinônimos (WEISS, 1997a; LEEUW; 2003; CHEN, 2005; e ROGERS, 2007). Segundo Rogers (2007), o termo “lógica do programa” corresponde à maneira como se “encaixa” a sequência lógica do programa, ou seja, seus insumos, atividades, produtos e resultados. Por outro lado, a teoria do programa vai um passo além ao formular uma explicação sobre como e por que o programa funciona.

Há ênfase especial na ABT à necessidade de que as teorias de programa explicitem os *mecanismos* pelos quais os programas produzem seus resultados, bem como o *contexto* no qual esses mecanismos operam (CHEN, 1990; WEISS, 1995; PAWSON e TILLEY, 1997; LEEUW, 2003). Chen e Rossi (1987) argumentam que a “ A ABT evita as armadilhas da avaliação caixa preta e fornece uma melhor compreensão dos mecanismos causais subjacentes à relação entre tratamento e efeitos ” (Chen & Rossi, 1987, p. 102)³. Chen (1990)

³ Avaliação “caixa-preta” se refere a metodologias de avaliação que prescindem de teoria do programa no processo avaliativo.

define um tipo de ABT chamada de “avaliação dos mecanismos intervenientes”, que envolve a identificação dos mecanismos causais que, teoricamente, intervêm entre o tratamento (ou seja, o programa) e os resultados.

Segundo Astbury e Leeuw (2010) é comum alguns avaliadores confundirem mecanismos com as atividades do programa. Nas palavras dos autores, “os mecanismos aparecem frequentemente como "setas causais" inexplicáveis que parecem florescer tão bem no atual clima de entusiasmo com o visual dos modelos lógicos” (ASTBURY e LEEUW, 2010, p. 367).

Outra questão é relativa à equiparação entre mecanismos e variáveis (ASTBURY e LEEUW, 2010, p. 367). Em alguns casos mecanismos correspondem a variáveis causais independentes ou, mais frequentemente, variáveis mediadoras e moderados que explicam a relação entre as variáveis dependentes e independentes do modelo (CHEN, 2005). Variáveis mediadoras são variáveis que intermediam a relação entre o programa e seus resultados e moderadoras são variáveis (ou características) que direcionam ou intensificam a relação entre o programa e os mediadores e entre mediadores e os resultados (DONALDSON, 2001). Para Astbury e Leeuw (2010) mecanismos não se confundem com as variáveis. É antes a explicação da inter-relação entre as variáveis do que qualquer atributo observável.

Cabe ainda uma distinção entre falha do programa e falha da teoria, feita por Weiss (1998). A falha do programa ocorre quando o programa não executa as atividades da maneira necessária para promover os resultados pretendidos. Por outro lado, a falha da teoria ocorre quando os resultados almejados não são alcançados mesmo o programa tendo sido corretamente implementado. Neste caso, a falha ocorre porque os pressupostos subjacentes às intervenções não são consistentes. As hipóteses sobre os mecanismos causais que geram as atitudes ou comportamentos não são válidos ou faltam componentes fundamentais (Weiss, 1998).

4.2 Princípios que regem à ABT: em busca de uma base unificadora

Da proliferação de terminologias e teorias de avaliação, surge a necessidade de se estabelecer uma linha unificadora da ABT. Coryn et al. (2009), a partir de uma extensa revisão da literatura empírica, elaboraram um conjunto de princípios que deveriam reger os

estudos em ABT, resumidos no Quadro 3⁴. De acordo com os autores, estes princípios foram desenvolvidos através de um processo iterativo, catalogando, analisando e reanalisando os principais trabalhos teóricos em ABT.

O objetivo foi construir princípios comuns que reúnem os postulados das teorias e dos teóricos principais e, com base nesses princípios, se possível, traçar e avaliar os trabalhos empíricos que se propõem a seguir esta abordagem. Com isso se estabelece um “consenso” entre os diversos trabalhos teóricos que permite distinguir os estudos que podem ser ou não classificados como pertencentes à ABT.

Quadro 3: Princípios que regem a ABT

- Deve-se formular teoria (s) de programa (s) plausível (is) baseada na teoria científicas, em teorias e pesquisas pré-existentes, na teoria implícita do programa (ex, teoria das partes interessadas) ou na observação do programa em operação
- Deve-se formular e priorizar questões avaliativas em torno da teoria do programa
- Deve-se utilizar a Teoria do Programa para orientar o planejamento e a execução da avaliação, considerando as restrições (orçamentárias, tempo, etc.)
- Deve-se medir indicadores relacionados à teoria do programa
- Deve-se avaliar a efetividade (ou eficácia) do programa, efeitos colaterais e explicar as relações de causa e efeito postuladas pela teoria do programa

Fonte: adaptado de Coryn et al. (2009)

Sintetizando o os princípios propostos por Coryn et al. (2009), a ABT é formada por cinco elementos ou princípios fundamentais: (i) formulação da teoria, (ii) formulação de questões baseadas na teoria, (iii) planejamento e execução da avaliação orientados pela teoria, (iv) mensuração dos indicadores apontados pela teoria e (v) avaliação a efetividade do programa e nexos de causa e efeito previstos na teoria.

Os autores ressaltam que a aplicabilidade de cada um dos princípios a qualquer avaliação depende de uma variedade de fatores, tais como a natureza da intervenção, o

⁴ No artigo original, Coryn et. al. (2009) subdividem os princípios em subprincípios, que, para o propósito deste trabalho, foram agrupados de forma a não se perder a ideia geral de cada princípio.

propósito da avaliação e a que e a quem ela se destina, por exemplo. Consequentemente, os princípios não constituem critérios absolutos para inferência da qualidade das avaliações se utilizados de forma descontextualizada.

Outro princípio relacionado à ABT, mencionado por Pawson e Tilley (1997), diz respeito ao processo de formação do conhecimento a partir da avaliação. Os autores defendem que a avaliação deve assumir um caráter acumulativo de geração de conhecimento. Isto significa que a aprendizagem a respeito do programa é construída lentamente pela e entre avaliações, e não por meios de “*big bang answers*” sobre questões relativas à efetividade do programa. E a teoria do programa constituiria o fio condutor desse processo.

Pawson e Tilley (1997) acusam as avaliações baseadas na abordagem tradicional (experimentalista) de serem “*one-off affairs*”, isto é, “não olham para trás e se aproveitam de trabalhos anteriores, nem sedimentam a base para estudos futuros” (PAWSON e TILLEY, 1997, p.115). Destacam ainda que há uma tendência de as avaliações baseadas na abordagem tradicional serem “autossuficientes” e não se constituírem a partir do aprendizado de outras disciplinas, ao passo que na ABT cada avaliação constitui, ou deveria constituir, um aprimoramento da anterior por meio do constante refinamento da teoria do programa. Para os autores, “cada avaliação deve, portanto, começar com a teoria do programa e terminar com proposições mais refinadas para testes futuros, com o objetivo de se cumulativamente aprender “cada vez mais sobre cada vez menos”” (PAWSON e TILLEY, 1997, p.198).

Este princípio traz uma implicação para o sentido da relação de causalidade que a ABT visa a investigar. Na Abordagem Experimentalista a pergunta causal que se pretende investigar é se os resultados são *atribuíveis* ao programa. Esta é a “*on-off question*” sobre a qual as avaliações por esta abordagem geralmente se debruçam. Na ABT, a pergunta causal é colocada mais como um problema de *contribuição* do que de atribuição (MAYNE, 2001; LEEUW, 2003). Em suma, o que se pretende avaliar é se a intervenção, objeto da avaliação, é uma das causas da mudança observada nos resultados. Na prática isso se reflete na aceitação de uma variedade mais ampla de métodos de avaliação, inclusive métodos relacionados à abordagem experimentalista.

4.3 A ABT e o desafio empírico: como testar as teorias de programa

Como destacado por Rogers (2000), a ABT é formada por uma dimensão conceitual, a descrição da teoria do programa em si, e por uma dimensão empírica, uma avaliação pelo menos parcialmente guiada por essa teoria. Uma das principais críticas à ABT é que, não obstante o significativo aumento do número de trabalhos que explicitam e promovem a

importância da ABT, poucos destes estudos apresentam exemplos práticos sobre como a sua aplicação deve ser feita (DONALDSON e GOOLER, 2003; HENSE, KRIZ e WOLFE, 2009; CORYN et al., 2009)

Adedokun, Childress e Burgess (2011) apontam que, enquanto a literatura em ABT é abundante em produzir postulados sobre “como” elaborar uma teoria de programa, há poucos estudos que se utilizam de dados para testar ou estimar essas teorias. De acordo com Donaldson e Gooler (2003), “apesar da crescente literatura sobre os benefícios da ABT, os avaliadores ainda devem procurar em todo lado para encontrar conselhos práticos sobre as nuances da implementação desta abordagem” (DONALDSON e GOOLER, 2003, p.12).

Analisando os trabalhos da revisão sistemática da literatura realizada por Coryn *et al.* (2009), compreendendo publicações em revistas científicas no período entre 1990 e 2009, encontra-se um total de 45 estudos que realizaram algum tipo de análise empírica tomando por base os princípios da ABT. Verifica-se que há uma variedade significativa de métodos de avaliação, desde a análise qualitativa ou quantitativa com a mera finalidade de verificar se determinada etapa de um modelo lógico foi cumprida, até abordagens mistas mais sofisticadas, com métodos relacionados à análise experimentalista ou à modelagem de equações estruturais.

Na análise desses artigos, pode-se destacar dois conjuntos de estratégias principais para testar as teorias. O primeiro compreende um conjunto variado de técnicas estatísticas associadas a um design experimentalista (WHITE e MASSET, 2007; MOLE et al., 2009; COOK, MURPHY e HUNT, 2000; WEITZMAN et al., 2009; SANDLER et al., 1992; CHANG e MUNOZ, 2006; CHEN, WENG e LIN, 1997; COOKSY, GILL e KELLY, 2001; TURNBULL, 2002). O segundo consiste na utilização de métodos de modelagem de equações estruturais (OROVIOGOICOECHEA e WATSON, 2009; REYNOLDS, 2005; BAMBERG e SCHMIDT, 1998). Em alguns casos, os autores fazem uso de ambas as estratégias (BAMBERG, 2006; CHANG e MUNOZ, 2006).

Em relação ao primeiro, há ainda um conjunto variado de estratégias para testar as teorias. Por exemplo, White e Masset (2007), na avaliação de um programa nutricional, compara grupos afetados e não afetados pelo programa (numa abordagem quase-experimental) nas sucessivas etapas postuladas na teoria. Já Sandler et al. (1992), na avaliação de um programa de prevenção em saúde para crianças que sofrem com a perda de algum familiar, testam a teoria a partir de modelos econométricos em que a participação (ou não) no programa é incluída como uma variável *dummy*.

Chang e Munoz (2006), na avaliação de um programa educacional, testam a teoria de que o programa afeta o desempenho dos alunos através da mudança de atitude dos professores em relação às crianças, à escola e a eles mesmos, a partir de um design experimentalista e análise multivariada. A metodologia consiste em comparar, através de análise multivariada, os grupos de controle e de tratamento para ver se há diferença entre eles quanto à atitude dos professores e, por conseguinte, do desempenho dos alunos.

Bamberg e Schimdt (1998) avaliam o impacto de um programa de distribuição de tickets de transporte públicos para pessoas logo após uma mudança de cidade como forma promover o uso desse tipo de transporte. O programa em si constituiu um experimento aleatório que visava a avaliar uma teoria específica, chamada de Teoria do Comportamento Planejado. O impacto do programa, em termos de aumento do uso do transporte público, foi avaliado pela comparação entre os grupos de controle e tratamento, e a teoria do programa foi testada a partir de modelos de equações estruturais.

Turnbull (2002) avaliou o impacto de um programa educacional que consiste em criar mecanismos de participação da comunidade nas decisões relacionadas à escola através da formação de grupos de decisão, com atribuições de tomadas de decisão sobre assuntos específicos (grade curricular, recursos, etc.). A teoria do programa é avaliada em três etapas: a primeira em relação às teorias e aos estudos anteriores, a segunda consiste na validação interna do modelo (comparando grupos com e sem o programa no mesmo contexto) e a terceira é a generalização ou validação externa (comparado grupos participantes do mesmo programa em contextos diversos).

Entre os estudos que utilizam modelos de equações estruturais para inferir o impacto do programa e testar as teorias sem uso do design experimentalista, destaca-se o estudo de Orovioigoicoechea e Watson (2009). Os autores fizeram uma avaliação de impacto da implantação de um sistema informatizado na prática clínica de enfermeiros a partir da abordagem da avaliação realista de Pawson e Tilley (1997). Na metodologia utilizada pelos autores, cada elemento do modelo (contexto, mecanismo e resultados) é expresso por uma variável, e a relação entre eles é avaliada por meio da análise de caminhos.

Reynolds (2005) avalia o impacto de um programa educacional voltado para alunos em idade pré-escolar em condições de vulnerabilidade social, que consiste em diversas medidas de suporte voltadas para o aluno e para os pais. A teoria do programa foi avaliada pelo método de análise de variáveis latentes (método de modelagem de equações estruturais).

Outros métodos utilizados incluem regressão linear (HENSE, KRIZ e WOLFE, 2009), regressão logística (FROSCHE, LEGARE e MANGIONE, 2008), análise qualitativa por

grupos focais (MERCIER, C. et al., 2000; CHO e WITTE, 2005), comparação entre grupos expostos à mesma política em locais diferentes (MANOMAIVIBOOL, 2006) e outras estratégias de análise que envolvem dados qualitativos e quantitativos (NESMAN, BATSCHE e HERNANDEZ, 2007; CARVALHO e WHITE, 2004).

Percebe-se que há variedade significativa de abordagens empíricas. O que há em comum entre a maior parte desses estudos é a ordem em que os efeitos e teorias são avaliados: primeiro se avalia o efeito principal, pretendido pelo programa, e, em seguida, os nexos de causa e efeito são avaliados através de conjunto amplo de metodologias a fim de identificar os mecanismos pelo qual o programa produz os seus efeitos.

4.4 Aplicação da ABT em avaliação de Programas de eficiência energética

Vê-se que tanto na revisão da literatura em avaliação de impacto de programas de eficiência energética quanto na ABT não há exemplos do uso desta abordagem na avaliação de programas de eficiência energética, muito menos para programas de etiquetagem, apesar de alguns manuais a recomendarem (CALIFORNIA, 2006; IEA, 2006; REED et al., 2007)

O uso da ABT na avaliação de programas de eficiência energética é recomendado no “*The California Evaluation Framework*”, manual de avaliação elaborada pela *California Public Utilities Commission and Project Advisory Group*” para orientar o planejamento e condução de avaliações de programas de eficiência energética na Califórnia. De acordo com o manual, a Teoria do Programa “é uma apresentação das metas de programa, incorporado a uma apresentação detalhada das atividades que o programa utilizará para cumprir essas metas e a identificação das relações causais entre atividades e efeitos do programa” (CALIFORNIA, 2004, p.31). Vê-se que a definição adotada pelo manual se aproxima da definição de teoria de Implementação de Weiss (1995, 1997a e 1997b), o que corresponde também ao modelo lógico.

A importância da ABT na avaliação de programas de eficiência energética também é referendada em outros manuais importantes, como o “*Evaluating Energy Efficiency Policy Measures and DSM Programs*”, da Agência Internacional de Energia (IEA, 2006) e o *Handbook* elaborado pelo Departamento de Energia Norte-americano intitulado “*Impact Evaluation Framework for Technology Deployment Programs*” (REED et al., 2007).

Não obstante a ênfase na importância da ABT expressa por esses manuais, encontram-se apenas três trabalhos que incorporam a ABT ao processo avaliativo de programas relacionados à eficiência energética, porém nenhum aplicado especificamente à etiquetagem

ou NMEE (HARMELINK, 2005; ABDUL-MANAN, 2015; HARMELINK, NILSSON e HARMSSEN, 2008)

Harmelink et al. (2005) apresentam os resultados de uma avaliação *ex-post* do programa *Energy Premium Regulation scheme* da Holanda. A teoria do programa foi construída a partir de 6 passos, que incluem (i) a descrição do programa, (ii) formulação da teoria do programa, (iii) definição de indicadores, (iv) representação das relações de causa e efeito num fluxograma, (v) verificação e ajuste da teoria do programa e, por fim, a (vi) conclusões e recomendações a partir da análise dos indicadores. A avaliação consiste em coletar os indicadores e verificar se a sua evolução ocorreu conforme previsto na teoria.

Harmelink, Nilsson e Harmsen (2008) apresentam os resultados de um conjunto de avaliações de 20 programas de eficiência energética da União Europeia que tinham como objetivo atingir a meta de redução de 20% do consumo energético do *European Commission published the Action Plan on Energy Efficiency*. A metodologia consiste na aplicação dos seis passos descritos por Harmelink et al. (2005). Entretanto, o impacto sobre a economia de energia foi estimado pela comparação entre linhas de base e de consumo sem explicitar como esta análise foi feita, em outras palavras, como a linha de base foi estimada.

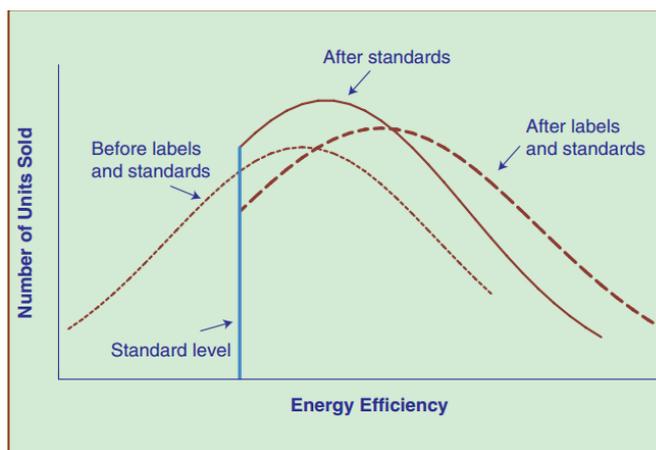
Abdul-Manan, Baharuddin e Chang (2015) avaliaram a eficácia da política nacional de biocombustíveis (NBP) para o setor de transportes da Malásia. Três critérios de avaliação foram derivados dos objetivos oficiais da política: (i) melhorar a sustentabilidade e respeito pelo ambiente, (ii) reduzir a dependência de combustíveis fósseis e (iii) aumentar o bem-estar das partes interessadas. O trabalho empregou uma metodologia conhecida como Análise lógica, que consiste em avaliar se um programa é logicamente estruturado de maneira a produzir os resultados almejados a partir da análise estudos científicos ou da percepção de especialistas. Não constitui, portanto, uma avaliação de impacto do programa.

A ausência de exemplos de aplicação do ABT faz do esforço de construir uma teoria de programa para os programas de etiquetagem por si só um grande desafio. Como ilustração, a Figura 6 mostra o efeito esperado dos programas de etiquetagem e NMEE esboçada pela CLASP (2005) e citada e reproduzida em diversos manuais e estudos avaliativos, entre os quais se destacam IEA (2006), CARDOSO (2012) e CARDOSO (2015).

CLASP (2005) diferencia o que seria o efeito esperado para cada tipo de intervenção, quais sejam, etiquetagem (classificatória ou de endosso) e os NMEE. Os NMEEs promoveriam a conservação de energia por retirar do mercado os produtos menos eficientes localizados na calda inferior da distribuição mostrada na Figura 6 (efeito *push*). Já a etiquetagem deslocaria a curva de distribuição de mercado para o entorno de uma média de

eficiência energética mais elevada (*efeito pull*). O manual não formula uma teoria que explica o nexos causal entre essas intervenções e o comportamento das curvas de eficiência, se limitando apenas a inferir qual seria o seu comportamento. Em outras palavras, não constitui uma teoria do programa, no sentido definido na ABT.

Figura 6: Representação do impacto dos NMEE e etiquetagem/rotulagem de eficiência energética



Fonte: CLASP (2005)

Portanto, não há na literatura pesquisada um trabalho que tenha elaborado uma teoria do programa para explicar como os programas de etiquetagem em eficiência energética ou NMEE promovem a conservação de energia. Da mesma forma, não foi encontrada uma proposição de teoria do programa do âmbito do PBE ou os NMEE no Brasil. Desta forma o desafio inicial consiste na proposição desta teoria, observando os princípios que regem a ABT.

5 ELEMENTO CONCEITUAL DA ABT: PROPOSIÇÃO DE UMA TEORIA DO PROGRAMA PARA PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com Corrin et al. (2009) e Weiss (1998), há pelo menos quatro fontes de informação a partir das quais se pode definir uma teoria do programa, quais sejam: (i) a literatura científica, (ii) a teoria explicitamente elaborada pelos gestores do programa (apresentadas em documentos oficiais ou não oficiais), (iii) a teoria implícita do programa formulada pelo próprio avaliador a partir da percepção das partes interessadas do programa e (iv) os estudos prévios ou a decorrente da própria análise do programa. Com exceção de Chen (1990), não há na literatura teórica em ABT uma clara predileção por nenhuma fonte de informação específica (BICKMAN, 1987; WEISS, 1995; ROGERS, 2000, 2007).

No âmbito do PBE, não há documento oficial estabelecendo, pelo menos de forma explícita, uma teoria do programa. Também não há estudos prévios a este trabalho que contenham uma proposta de teoria para programas de etiquetagem em eficiência energética ou NMEE. Sendo assim, busca-se uma teoria do programa tomando como base a literatura científica que trata da relação entre programas de etiquetagem, eficiência energética e conservação de energia.

Este capítulo é dividido em duas partes. Na primeira descrevemos a literatura científica que fornece a base teórica principal para a formulação da teoria do programa e, na segunda, apresentamos a teoria do programa formulado com base nessa literatura.

5.1 Teorias científicas sobre a relação entre programas de etiquetagem, eficiência energética e conservação de energia.

5.1.1 Literatura econômica sobre *gap* de eficiência energética e a *rationale* por trás das políticas de eficiência energética

Segundo Jaffe, Newell e Stavins (2004), um pressuposto implícito dos programas de eficiência energética é o de que os agentes econômicos, em particular o consumidor, tomam decisões sub-ótimas em relação à eficiência energética dos aparelhos consumidores de energia, o chamado *gap* de eficiência energética. Em outras palavras, que os aparelhos consumidores de energia comprados no mercado apresentam eficiência energética inferior a um nível considerado “ótimo”.

Na literatura econômica, as decisões de indivíduos a respeito do consumo de energia diferem das relacionadas a outros bens, tendo em vista que a energia, por si só, não constitui um bem de uso final. Nos modelos teóricos microeconômicos, a energia tem sido tratada como um insumo na função de produção de um bem (ou serviço) energético que desempenha funções diversas, tais como cocção ou conservação de alimentos, aquecimento de água, iluminação, condicionamento ambiental, lazer e serviços gerais (GILLINGHAM, NEWELL e PALMER, 2009).

A eficiência energética pode ser definida como a quantidade de serviço energético fornecida por unidade de energia. Como exemplo, para um condicionador de ar a eficiência energética corresponde à quantidade de calor retirada do ar por unidade de energia consumida em um dado período de tempo, ou os quilômetros rodados por litros de combustível de um veículo. (NEWELL et al. 1999).

A conservação (economia) de energia pode ser definida como a redução da quantidade total de energia consumida, que pode (ou não) estar associada ao aumento da eficiência energética (GILLINGHAM, NEWELL e PALMER, 2009). O consumo de energia pode se reduzir numa intensidade menor do que o esperado, ou até mesmo aumentar com a melhoria na eficiência energética. Este é o chamado “efeito rebote”, que será discutido adiante (GREENING et al, 2000; SORRELL, 2008; CHAN, 2014).

Outra distinção importante é entre eficiência econômica e eficiência energética. O primeiro conceito se refere à maximização da utilidade do consumidor sujeito a restrições (tais como renda e preços), cujo resultado seria algo equivalente ao “ótimo social”. O segundo consiste num conceito físico, cujo alcance pode envolver aumento de custos. Portanto, maximizar a eficiência econômica não é o mesmo que maximizar a eficiência energética, e o ótimo econômico não corresponde, necessariamente, ao ótimo energético (NEWELL et al. 1999).

Supondo-se uma correlação positiva entre preços e eficiência energética de aparelhos consumidores de energia, numa perspectiva econômica o problema da decisão de compra do consumidor envolverá uma trade off entre o dispêndio de capital inicial elevado e uma redução no consumo de energia (custo operacional) ao longo da vida útil do aparelho (GILLINGHAM et al., 2009). Equipamentos mais eficientes energeticamente são (em tese) mais caros, e o diferencial de preços seria compensado com o menor consumo energético do produto ao longo do tempo.

Mantendo o nível de consumo do serviço energético constante, os agentes econômicos (racionalmente maximizadores) se comportariam de forma a minimizar custos de aquisição e

operação a partir de uma taxa de desconto que retorna a valor presente os dispêndios futuros com energia, levando em conta as expectativas em relação ao preço da energia, ao tempo e à intensidade de utilização do aparelho (GILLINGHAM, NEWELL e PALMER, 2009).

Ao longo das décadas de 80 e 90, diversos estudos econométricos estimaram a taxa de desconto (implícita) nas decisões de compras dos consumidores de diversos tipos de eletrodomésticos (GOETT, 1978; HAUSMAN, 1979; GATELY, 1980; MEIER E WHITTIER, 1983; BERKOVEC, HAUSMAN AND RUST, 1983). Esses estudos constataram que, como regra geral, os consumidores adotam taxas bem superiores às taxas de juros de mercado, em alguns casos superiores a 300% (GATELY, 1980).

A diferença entre as taxas de descontos (implícitas) nas decisões de comprar de consumidores e das taxas de juros do mercado tem sido apontada como evidências do chamado gap de eficiência energética. O gap se refere à diferença entre o nível observado de eficiência energética e alguma noção de nível “ótimo” de eficiência (JAFFE E STAVINS, 1994; JAFFE, NEWELL e Stavins, 2004). Esse fenômeno tem sido associado a presença de “falhas de mercado” no mercado de eletrodomésticos, em especial a três tipos específicos: externalidades negativas, informação assimétrica e incentivos divergentes (JAFFE, NEWELL e Stavins, 2004).

Assimetria de informação ocorre quando umas das partes envolvidas numa transação de mercado possuem níveis diferenciados de informação. Situações como essas podem provocar a chamada seleção adversa (ARKELOF, 1970), em que há incentivo para a permanência no mercado apenas dos equipamentos de desempenho inferior. No caso de aparelhos consumidores de energia, o problema se manifesta na falta de informação, por parte dos consumidores, sobre o desempenho energético do produto (GILLINGHAM et al., 2009). Com a falta de informação, a tendência é de que os consumidores desconsiderem esse aspecto na decisão de compra, prevalecendo a decisão apenas com base no preço do bem, tornando atrativa a permanência no mercado apenas de equipamentos com baixa eficiência, que requerem (em tese) menores custos de produção e, conseqüentemente, menor preço final (NEWELL e STAVINS, 2004).

Incentivos divergentes (split-incentive) se refere a um problema de agente-principal em que uma das partes (agente), tal como proprietário ou construtor, decide o nível de eficiência energética em um imóvel, enquanto outra parte (principal), inquilino ou comprador, arca com os custos de energia (MURTISHAW e SATHAYE, 2006). Quando o principal não detém informação sobre a eficiência energética do imóvel, o agente pode não recuperar o

investimento em eficiência energética, uma vez que o principal não estará disposto a pagar a mais por isto (GILLINGHAM et al., 2009).

Outra linha de pesquisa atribui o gap a “falhas” de comportamento (GILLINGHAM, NEWELL e PALMER, 2009). Na literatura de economia de eficiência energética, “falhas” de comportamento se refere a situações em que os consumidores, em função de limitações cognitivas ou viés de comportamento, não se comportam de forma a minimizar o valor presente dos custos operacionais dos aparelhos, mesmo quando a informação sobre o desempenho energético estiver disponível (HARTMAN et al., 1991). Os insights desses questionamentos em parte são provenientes das teorias da economia comportamental que colocam em xeque os pressupostos comportamentais das teorias econômicas tradicionais, de maximização de utilidade, equilíbrio e eficiência (CAMERER e LOEWENSTEIN, 2002).

Segundo Shogren e Taylor (2008), os três temas principais que emergem da economia comportamental que têm sido aplicados no contexto da eficiência energética são a (i) teoria do prospecto, (ii) a racionalidade limitada e (iii) heurística de decisão. A teoria do prospecto postula que as variações de bem-estar de ganhos e perdas são avaliadas em relação a um ponto de referência, normalmente o status quo. Além disso, os consumidores são avessos ao risco no que diz respeito a ganhos e propensos ao risco em relação a perdas, de forma que variações no bem-estar são maiores para perdas do que para ganhos de mesma magnitude (KAHNEMAN e TVERSKY, 1979).

Na teoria da racionalidade limitada os agentes econômicos são racionais, mas apresentam limitações cognitivas que o impedem de se comportar como um agente maximizador da utilidade (SIMON, 1959). Heurísticas de decisão estão relacionadas à racionalidade limitada, e engloba uma variedade de estratégias de decisão que diferem de alguma maneira de maximização da utilidade convencional, a fim de reduzir a carga cognitiva na tomada de decisão (CAMERER e LOEWENSTEIN, 2002). Consiste no que Simon (1959) chama de racionalidade procedimental.

Partindo-se do pressuposto de que os agentes econômicos são racionais (maximizadores) com informação imperfeita, os programas de etiquetagem permitem a redução da assimetria de informação entre consumidores e fornecedores e, com isso, contornam o problema da seleção adversa (GILLINGHAM et al., 2009). Por outra via, pressupondo-se racionalidade limitada, as etiquetas podem reduzir a carga cognitiva no processo de escolha dos equipamentos no que concerne ao consumo de energia, uma vez que possibilita a dispensa de processos complexos de cálculos e avaliações relacionados a esse

aspecto em função do uso da classificação da etiqueta como guia na decisão de compra (WAECHTER et al., 2015; WAECHTER et al., 2016).

Nos dois casos o mecanismo pelo qual a etiqueta promove a conservação de energia é o mesmo, qual seja: a “conscientização” do consumidor sobre o desempenho energético do produto; porém os resultados finais podem ser diferentes. Num contexto de agentes racionais (maximizadores), esses vão se comportar de forma a minimizar o valor presente dos custos (de aquisição e operação) do equipamento (GILLINGHAM, NEWELL e PALMER, 2009). Num contexto de racionalidade limitada, o procedimento de escolha pode resultar na escolha de equipamento diferente do “ótimo” econômico, levando em conta outros aspectos na decisão de compra (CAMERER e LOEWENSTEIN, 2002).

A presença de incentivos divergentes pode minimizar o efeito do programa, na medida em que uma parte dos consumidores não possuem incentivos para adquirir equipamentos mais eficientes e mais caros, pois não arcam com os custos de operação do equipamento (SHOGREN e TAYLOR, 2008). Um exemplo é a aquisição de equipamentos de uso permanente nos imóveis destinados à locação, como aquecedores a gás ou elétricos. Como implicação, espera-se que nesses equipamentos o efeito da etiqueta sobre o consumo de energia seja inferior a outros, tudo o mais constante.

Já a teoria do prospecto tem como implicação a maior preferência dos consumidores por benefícios presentes (custo de aquisição) em detrimento de ganhos futuros (custo de operação), e acabam atribuindo uma taxa de desconto muito elevada na escolha de equipamentos (Camerer e Loewenstein, 2002). Esta teoria tem implicação especial para equipamentos mais caros, com condicionadores de ar e refrigeradores, uma vez que o retorno no investimento num equipamento mais eficiente ocorre num prazo maior.

5.1.2 Efeito rebote – efeito da eficiência energética sobre a utilização do serviço energético

Em geral, os estudos de avaliação da conservação de energia de programas de eficiência energética estabelecem uma relação direta e linear do efeito dos programas sobre o consumo de energia ((IEA, 2006; ZHOU et al., 2012). Por exemplo, se um refrigerador consome em média 100 kWh/mês de energia elétrica e um programa de eficiência energética o reduz para 90 kWh/mês (uma queda de 10%), a economia de energia seria igual a essa diferença (10 kWh/mês) vezes o tempo de utilização e o número de refrigeradores de posse da população. A redução ocorre nessa magnitude porque se pressupõe que a eficiência energética

não altera a quantidade consumo de serviço energético cuja eficiência foi ampliada (MAHLIA, 2004; TAO e YU, 2011).

Na literatura em conservação de energia, o aumento do consumo de energia em função do aumento da eficiência energética é conhecido como Efeito Rebote. Segundo Greening et al. (2000), há três mecanismos relacionados a esse fenômeno: (i) efeito rebote direto, quando a melhoria da eficiência energética diminui o preço efetivo desse serviço e, portanto, deve levar a um aumento no consumo do mesmo; (ii) o efeito rebote indireto, quando a queda do preço efetivo ocasiona o aumento do consumo de outros serviços energéticos; (ii) e efeito rebote em toda economia, em que a queda no preço real dos serviços de energia podem reduzir o preço de bens intermediários e finais na economia, levando a uma série de ajustes de preço e quantidade, com mudanças de padrões de produção e hábitos de consumo de consumo na economia como um todo.

O efeito rebote pode ser medido de diversas formas. Por exemplo, os estudos que estimam esse efeito em veículos leves de passageiros mensuram o serviço energético através da distância percorrida (GREENE et al., 1999). A eficiência energética é medida pela razão entre quilômetros percorridos por litros e o efeito rebote é avaliado por qualquer variação na distância percorrida em função da variação dessa eficiência. Porém o efeito rebote pode se manifestar através do número de veículos adquiridos pelos consumidores ou de aspectos que afeta o consumo de combustível, tais como o peso (medida utilizada como proxy para conforto e segurança) ou espaço interno. Portanto, a magnitude do efeito rebote pode ocorrer via qualquer aspecto diretamente relacionado ao consumo energético, ou uma proporção destes diversos efeitos (SORRELL et al., 2009).

Outro aspecto importante é a possibilidade de o efeito rebote se tornar menor à medida que o consumo se aproxima de um ponto de saturação. Por exemplo, para o uso de um condicionador de ar, o efeito rebote é reduzido à medida que a temperatura ambiente se aproxima das condições de conforto térmico (SORRELL e DIMITROPOULOS, 2008). Uma implicação deste fenômeno é que o efeito rebote deve ser maior para a população com baixa renda, em que, se presume, o nível de consumo está menos próximo do nível de saturação (MILNE e BOARDMAN, 2000).

Outro fator condicionante do efeito rebote diz respeito ao efeito da eficiência energética sobre o custo total do serviço energético. O aumento da eficiência de um determinado serviço pode afetar o seu custo total de duas formas: reduzindo os custos de operação via custo da energia, o que pode atrair consumidores até então alijados do seu consumo, ampliando o efeito rebote direto (ORASCH e WIRL, 1997); e aumentando os

custos de capital, desde que a eficiência energética seja positivamente correlacionada com os custos de produção (HENLY et al., 1988).

Mesmo que o aumento da eficiência energética não esteja associado a mudanças no custo de capital e operação, o efeito rebote pode ser reduzido por restrições físicas ou custo de oportunidade de aumento da demanda. Por exemplo, o tamanho de um refrigerador depende da disponibilidade de espaço interno da cozinha, ou o aumento do tempo médio de viagem com veículos de passageiros implica reduzir o tempo disponível para outras atividades (SORRELL et al., 2009).

Todavia, no longo prazo restrições físicas podem ser menos relevantes como fatores redutores do efeito rebote (por exemplo, quando o aumento da renda possibilita ao consumidor adquirir ou ampliar o espaço interno das residências (WILSON E BOEHLAND, 2005)). Em contraste, o custo de oportunidade do tempo deve ser ampliado com aumento da renda, reduzindo ainda mais o efeito rebote (SORRELL e DIMITROPOULOS, 2008).

Nestes termos, a implicação do efeito rebote para os programas de etiquetagem em eficiência energética são muito claras. A economia de energia gerada pelo aumento da eficiência energética dos equipamentos etiquetados pode ser compensada pelo aumento do serviço energético. Esse efeito pode se manifestar de diversas formas, dependendo do tipo de aparelho e contexto de utilização.

5.1.3 A influência da etiquetagem sobre a decisão de compra dos consumidores

Outra literatura importante para investigação sobre os efeitos dos programas de etiquetagem em eficiência energética e NMEE são os estudos baseados nos modelos de psicologia social que postulam que comportamento (neste caso, o comportamento energético) é explicado por fatores que o antecedem no processo de decisão, em especial as atitudes, intenções, normas subjetivas, entre outros fatores (WILSON e DOWLATABADI, 2007). Nessa linha analítica, destaca-se a Teoria do Ação Racional (TAR) formulada por Martin Fishbein e Ajzen Icek (FISHBEIN e AJZEN, 1975) e seus desenvolvimentos posteriores (AJZEN e MADDEN, 1986; AJZEN, 1991).

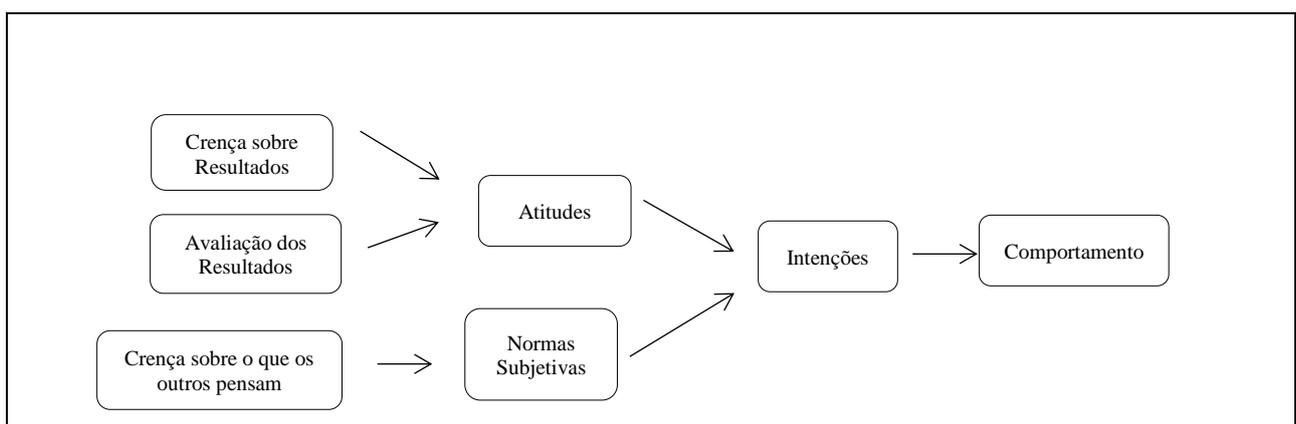
Conforme mostra a Figura 7, o ponto de partida para este desenvolvimento teórico é o postulado de que as pessoas se comportam de acordo com suas crenças sobre os resultados de seu comportamento e sobre a avaliação dos valores que atribuem a esses resultados. Crença e Avaliação levam a uma atitude para com o comportamento, e esta atitude é uma das principais influências sobre a intenção das pessoas em agir da determinada maneira. A intenção de agir,

no modelo de Fishbein-Ajzen, é o antecedente imediato e determinante do comportamento (FISHBEIN e AJZEN, 1975).

A segunda maior influência na intenção é a chamada de Norma Subjetiva, que é a percepção sobre o que a maioria das pessoas que são importantes para o indivíduo pensa sobre o que qual é o comportamento “correto” em questão (FISHBEIN e AJZEN, 1975). Os autores distinguem quatro diferentes elementos envolvidos no comportamento do consumidor: o alvo (marcas ou equipamentos), a ação (comprar, usar, emprestar, doar, etc.), o contexto (uso próprio, presente, etc.), e o horizonte de tempo (agora, na próxima semana, no próximo ano, etc.). Variações em cada um desses elementos do comportamento do consumidor vão afetar a crença normativa do consumidor (AJZEN, 1991).

Embora seja escasso o uso do modelo TAR e seus desenvolvimentos posteriores na literatura que explora o efeito de programas de etiquetagem em eficiência energética sobre o comportamento dos consumidores, o modelo constitui importante referência para organizar a literatura sobre o tema, conforme mostra o Quadro 4. Uma parte da literatura se dedica a avaliar o efeito desses programas sobre crença dos consumidores em relação ao desempenho energético (LONDON ECONOMICS, 2014; WAIDE et al., 2013) outros sobre a mudança de atitudes e intenções (WARD, 2010; WARD et al., 2011; NEWELL e SIIKAMÄKI, 2013), enquanto a maioria explora os dois. Nenhum dos trabalhos encontrados estuda a influência de programas de etiquetagem em eficiência energética sobre as normas subjetivas na TAR.

Figura 7: Teoria da Ação Racional Modificado



Fonte: Elaboração Própria, adaptado de Jackson (2005)

O efeito desses programas sobre a crença dos consumidores depende tanto do reconhecimento da etiqueta quanto da compreensão do seu significado (WAECHTER, SÜTTERLIN e SIEGRIS, 2015). Alguns programas têm alcançado níveis de reconhecimento bastante elevados, como, por exemplo, o programa de etiquetagem europeu (90% a 95%,

ECONFYS, 2012) e o programa norte americano Energy Star (74%, WARD et al., 2011; 88%, ENERGY STAR, 2015).

Tão essencial quanto o reconhecimento é a capacidade de o consumidor compreender corretamente o significado da etiqueta. Além da classificação da eficiência energética por letras e cores, a etiqueta fornece informações sobre o consumo energético (em kWh) bem como sobre capacidade e desempenho em outros aspectos. Para refrigeradores, por exemplo, o programa informa a capacidade volumétrica, para condicionadores de ar a capacidade de refrigeração e para máquinas de lavar a capacidade e eficiência de lavagem (INMETRO, 2013; INMETRO, 2006; INMETRO, 2013).

Como diversos estudos têm demonstrado, a capacidade de compreensão dessas informações é influenciada ainda pelas características e formato da etiqueta, como a apresentação por números, letras, cores, estrelas, escalas, etc., entre os quais se destacam Waechter et al. (2015) Waechter et al. (2016). O efeito dos diferentes formatos de etiqueta sobre a decisão de compra do consumidor tem como fundamento o pressuposto comportamental de que os consumidores, com informação incompleta e racionalidade limitada, tomam decisões baseadas em “heurísticas” - pistas simples ou sinais cognitivos que os permitem dispensar a deliberação cognitiva completa (KAHNEMAN e TREISMAN, 1984). Essas “pistas” se configuram, por exemplo, com o uso de classificação por letras (de “A” a “G”) e cores (vermelho, amarelo e verde), inteligíveis para os consumidores.

A etiqueta fornece informações que envolvem a compreensão de terminologias muito pouco comuns aos consumidores (por exemplo, BTU, kWh, Lúmens, etc.). O uso do conjunto de informações num processo de tomada de decisão racional, tal como presume a teoria econômica tradicional, envolve um esforço cognitivo considerável. O uso de heurísticas constitui uma forma de poupar esforço cognitivo envolvido nesse processo de decisão (JACKSON, 2005).

O aspecto mais saliente da etiqueta é a classificação de acordo com a eficiência energética através de números, letras ou símbolos. Estudos têm demonstrado que o tipo de escala utilizada (numérica versus alfabética, por exemplo) influencia a percepção do consumidor sobre a importância das classes superiores de eficiência energética e, por conseguinte, a probabilidade de escolha de equipamentos classificados nessas classes (DU PONT, 1998; LONDON ECONOMICS, 2014; WAIDE et al., 2013; WAECHTER et al., 2015).

Quadro 4: estudos sobre o efeito dos programas etiquetagem em eficiência energética sobre a decisão de compra de consumidores

Estudos	Crença	Atitudes, intenções	Comportamentos
Waide et al. (2013); London Economics (2014)	X		
Ward (2010); Ward et al. (2010); Newell e Siikamäki (2013)		X	
Du Pont (1998); Mills e Schleich (2009); Sammer e Wüstenhagen (2006); Zainudin et al. (2014); Waechter, Sütterlin e Siegris (2015); Waechter et al. (2015); Waechter et al. (2016); Heinzle e Wüstenhagen (2012); Shen e Saijo (2009); %, ECONFYS (2012)	X	X	
Murray e Mills (2011)			X

Fonte: Elaboração própria

London Economics (2014), em estudo sobre o programa de etiquetagem europeu, mostra que escalas de eficiência energética que incluem letras, em oposição a números, são geralmente mais bem compreendidas pelos consumidores. As etiquetas com escalas alfabéticas induzem os consumidores a escolherem equipamentos de maior eficiência energética em comparação com escalas numéricas, assim como a escala de “A” a “G” em comparação à de “A+++” a “D”, modificação introduzida pelo programa de etiquetagem europeia em 2009 (ECEEE, 2009). Resultado semelhante foi encontrados por Du Pont (1998) e Egan (2000) em avaliações sobre o programa de etiquetagem Energy Guide dos EUA.

Como consequência das limitações cognitivas e uso de heurísticas, um possível efeito indesejado da etiqueta é a interpretação equivocada, por parte dos consumidores, de que os aparelhos de maior classificação de eficiência energética são os que apresentam menor consumo de energia (WAECHTER et al, 2015); WAECHTER et al., 2015). Equipamentos mais eficientes não são, necessariamente, equipamentos de baixo consumo energético. É o caso de equipamentos como freezers e condicionadores de ar de grande capacidade de refrigeração que, apesar de apresentarem elevada eficiência energética em comparação com modelos similares (isto é, de mesma capacidade), possuem consumo de energia bastante superior a equipamentos de menor capacidade, mesmo estes apresentando menor eficiência

energética. Waechter et al. (2015) refere-se esse efeito como “falácia de eficiência energética”.

Outra constatação importante é que o tamanho da escala também influencia a avaliação dos consumidores quanto a importância relativa entre as classes de eficiência energética e que os consumidores tendem a “ancorar” a avaliação de eficiência energética dos equipamentos a partir das classes de eficiência inferiores (WAECHTER et al., 2016). Por exemplo, um modelo classificado como “B” numa escala que vai de “G” a “A” é visto como mais eficiente do que um modelo classificado como “B” numa escala que vai de “C” a “A”. Embora em ambos os casos a classificação do modelo é a “segunda melhor”, a distância percebida da pior para a melhor classificação é maior no primeiro caso do que no segundo, distorcendo a percepção do consumidor.

Esse resultado tem importância especial para os casos em que o programa apresenta alta concentração de equipamentos classificados em classes superiores de eficiência energética⁵. Os consumidores podem inferir que os equipamentos de classificação mais elevada têm maior eficiência relativa aos equipamentos existentes no mercado do que fatos possuem e, com isso, adquirem uma “licença” para comprar produto com elevado consumo energético. (WAECHTER et al., 2016).

Outros elementos do modelo TAR são as atitudes e intenções de compra dos consumidores em favor de equipamentos mais eficientes. Em geral esse efeito é avaliado comparando a disposição a pagar por equipamentos mais ou menos eficientes, com e sem a etiqueta (DU PONT, 1998; SHEN e SAIJO, 2009; WARD, 2010; WARD et al., 2010; ZAINUDIN et al., 2014) e entre diferentes formatos de etiqueta (NEWELL e SIIKAMÄKI, 2013; WAECHTER, SÜTTERLIN e SIEGRIS, 2015; WAECHTER et al., 2015; WAECHTER et al., 2016).

Sammer e Wüstenhagen (2006) encontram uma disposição a pagar de 455,00 euros para escolha de máquinas de lavar louças classificados como “A” ao invés de “C”, e de 227,00 euros de “A” comparado a “B”. Resultados similares foram encontrados por outros estudos, tais como: Shen e Saijo (2009), utilizando método de modelos de classe latentes avaliando os efeitos da etiquetagem chinesa; Ward (2010) e Ward et al. (2010) utilizando uma

⁵ Segundo Waechter et. al. (2016), por exemplo, 98% no mercado suíço são classificados entre A e A++, e uma pesquisa de mercado na Alemanha encontrou uma concentração de 79% dos freezers nas classes A++ e A+++⁵.

análise baseado em um “survey” na avaliação do programa EnergyStar no EUA e Murray e Mills (2011) utilizando o método de Heckman em 2 estágios para este mesmo programa.

Mais raros são os estudos que analisam o efeito dos programas em mudanças reais de comportamento, nesse caso de decisões de compra efetivamente realizadas. O único encontrado foi realizado por Murray e Mills (2011), que utiliza uma pesquisa na qual os entrevistados informam se adquiriram um equipamento com Selo ENERGY STAR. O estudo investiga quais fatores, tais como características das residências e dos moradores, influenciam a escolha de equipamentos com o Selo. Entretanto, não o correlaciona com os antecedentes à decisão de compra (conhecimento, normas subjetivas, atitudes e intenção). A limitação dos estudos que correlacionam antecedentes do comportamento com o comportamento em si não é exclusiva dessa literatura, conforme mostram Wilson e Dowlatabadi (2007) e Jackson (2005).

5.1.4 Influência de outros fatores sobre comportamento energético

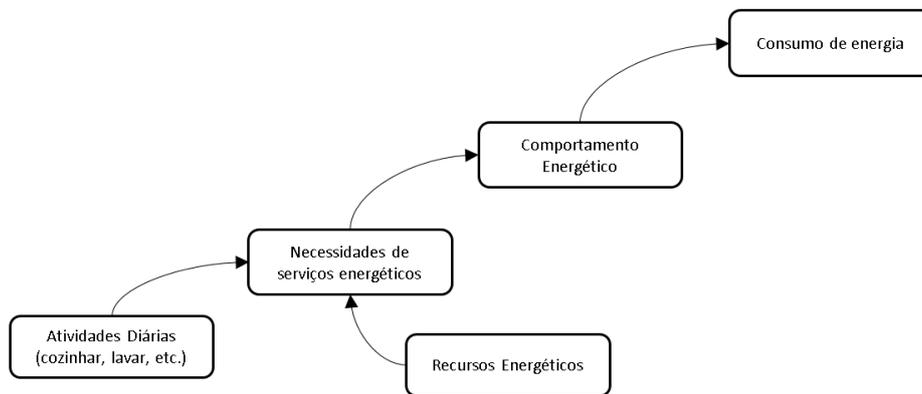
As teorias descritas anteriormente tratam da relação entre programas de etiquetagem, eficiência energética e consumo de energia sem considerar a cadeia de fatores que influenciam a aquisição e uso de equipamentos que consomem energia, denominado, num sentido mais amplo, de comportamento energético (GYBERG e PALM, 2009; GYNTHNER, 2011). As mudanças no comportamento energético (por exemplo, a aquisição de condicionadores de ar com maior capacidade de refrigeração) podem ser resultado da influência de um conjunto amplo de fatores (socioeconômicos, físicos, demográficos, climáticos ou culturais) (LOPES, 2015).

Para explicar os comportamentos relacionados ao comportamento energético residencial, Lopes (2015) propõem um modelo conceitual no qual descreve o consumo energético como resultado de uma cadeia de eventos que começa com as atividades e processos diários que as famílias realizam (trabalho, estudo, refeições, cuidados pessoais, viagem, leitura e dormir) que ativam necessidades por serviços energéticos (aquecimento, arrefecimento, iluminação ou outros aparelhos elétricos diversos) levando a comportamento energético e consumo de energia (Figura 8).

Segundo Lopes (2015), vários fatores influenciam essas relações, tais como fatores ambientais (físico ou socioeconômico), estruturais (por exemplo, características dos edifícios e de equipamentos), contextuais (por exemplo, características sociodemográficas das famílias) e pessoais (por exemplo, valores, atitudes). No modelo, estas atividades e processos são ainda

influenciados pelo ambiente socioeconômico (por exemplo, restrições financeiras) e por características demográficas do agregado familiar (escolaridade, renda, atividade profissional, habitação, propriedade). A necessidade de serviços de energia também é influenciada pelo ambiente físico e as características das construções. O clima afeta diretamente o nível de serviços de energia necessários para atingir uma temperatura de conforto e a exposição solar influencia tanto o conforto térmico quanto a iluminação (LOPES, 2015).

Figura 8: Cadeia de ativação do consumo de energia



Fonte: Adaptado de Lopes (2015)

Duas importantes características das edificações influenciam a magnitude pela qual os serviços de energia são ativados, conduzindo assim a um menor ou maior consumo de energia: o tamanho da habitação e sua eficiência energética. Quanto maior a habitação, maior a área a ser resfriada ou aquecida, maior a necessidade de iluminação e mais aparelhos precisam ser alimentados, levando assim a uma maior necessidade de serviços de energia (LOPES, 2015).

Segundo Lopes (2015), o desempenho energético da edificação influencia diretamente a percepção de conforto interior determinando assim o nível de serviços de energia necessário. Os parâmetros mais importantes que afetam o desempenho energético do edifício são as propriedades térmicas e físicas da envoltória da edificação, que estão diretamente relacionadas ao nível de isolamento e as características arquitetônicas, tais como orientação, a forma de construção e características ópticas que influenciam a iluminação natural.

As características dos equipamentos influenciam o consumo de energia de duas maneiras opostas. O maior número de equipamentos que consomem energia aumenta a magnitude dos serviços de energia e, conseqüentemente, o nível de utilização de energia, mas

o aumento do seu nível de eficiência energética reduz a quantidade de energia necessária para executar serviços de energia.

O Quadro 5 fornece uma lista de fatores que influenciam direta ou indiretamente o comportamento energético. Para os programas de etiquetagem em eficiência energética, interessam os fatores que influenciam as decisões de compra de equipamentos novos (como condicionadores de ar, refrigeradores, máquinas de lavar roupa, aquecedores elétricos, fornos de micro-ondas e lâmpadas). Por exemplo, um aumento do tamanho das residências, assim como uma redução na sua eficiência energética, pode influenciar a compra de condicionadores de ar com maior capacidade de refrigeração e, como isso, o aumento no consumo de energia da residência. Mudanças demográficas (como o número de moradores por residência) ou climáticas também exercem a mesma influência.

Quadro 5: Resumo dos fatores que influenciam o comportamento energético

Características Residências	das Tamanho (área, número de cômodos) e eficiência energética da residência.
Condições Climáticas	Temperatura, umidade, tempo de insolação, velocidade do vento, e precipitação.
Condições Sociodemográficas	Número, idade, sexo, escolaridade, emprego e renda.
Fatores pessoais	Atitudes, normas, crenças, capacidade percebida.
Ambiente Socioeconômico	Mercado de Eletricidade, Crise econômica.

Fonte: Elaboração Própria

Alguns desses fatores podem ser bastante estáveis no curto prazo (como as características das envoltórias das residências, outras sofrem variações significativas mesmo no curto prazo (como variações climáticas), e alteram significativamente o comportamento energético.

5.1.5 O modelo Prieto-Sandoval et al. (2016) da relação entre Estado/instituições, rotulagem ambiental e eco inovações.

Uma outra abordagem interessante para formulação de uma teoria do programa para programas de etiquetagem em eficiência energética é modelo proposto por Prieto-Sandoval et al. (2016) que descreve como a rotulagem ambiental promove eco-inovações. A rotulagem ambiental pode ser definida como “certificação de que um produto é adequado ao uso que se propõe e apresenta menor impacto no meio ambiente em relação a produtos comparáveis disponíveis no mercado” (ABNT, 2002, p.5). O termo “eco-inovações” se refere à “produção, aplicação ou a exploração de um bem” que “resulta, em todo o seu ciclo de vida, em uma redução do risco ambiental, a poluição e os impactos negativos da utilização dos recursos (incluindo o uso de energia) em comparação com alternativas relevantes” (KEMP e PEARSON, 2007, p.4). Portanto, num sentido mais amplo, a própria etiquetagem em eficiência energética pode ser classificada como um tipo de rotulagem ambiental.

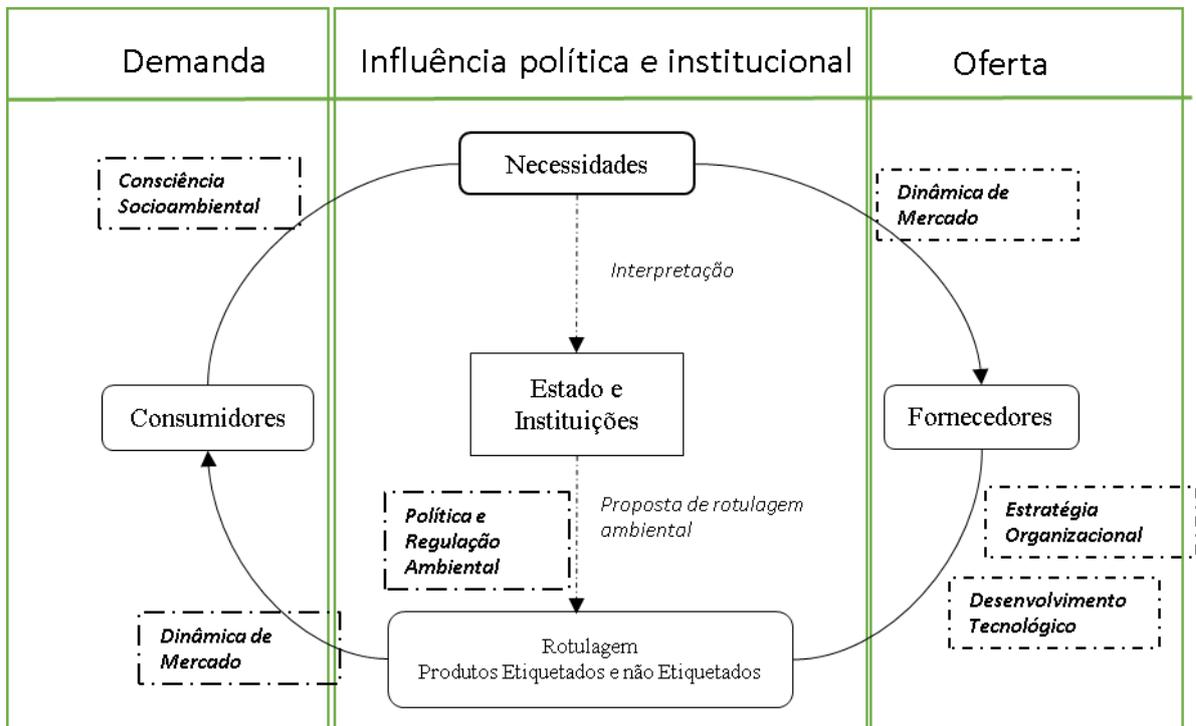
Prieto-Sandoval et al. (2016) descrevem a relação entre a rotulagem ambiental e eco-inovações como um processo cíclico envolvendo três atores: Consumidores, empresas e Estado/Instituições (Figura 9). Os autores descrevem o ciclo a partir da necessidade manifestada por consumidores por produtos com menor impacto ambiental (environmentally friendly products). Em seguida, as instituições, depois de interpretar essas necessidades, desenvolvem ferramentas para identificar e certificar os bens e serviços sustentáveis a fim de incentivar seu consumo. Com os produtos rotulados no mercado, o ciclo se reinicia, com feedback de consumidores e instituições.

No âmbito das empresas, Prieto-Sandoval et al. (2016) observam dois efeitos esperados, um de curto e outro de longo prazo. No curto prazo, ocorreriam inovações incrementais, uma vez que o rótulo é atribuído somente após a comparação de desempenho dos produtos. No longo prazo, a constante repetição do ciclo de inovação da rotulagem pode gerar inovações radicais, porque a inovação contínua pelas empresas e a pressão da demanda do consumidor levaria ao surgimento de invenções, a fim de satisfazer as necessidades humanas e do meio ambiente.

Para a utilização do modelo Prieto-Sandoval et al. (2016) para formulação da teoria do programa para programas de etiquetagem algumas considerações são necessárias. No ciclo de inovação dos programas de rotulagem ambientais há o pressuposto de que os consumidores apresentam um comportamento pró-ambiental (STERN et al, 1986; JACKSON, 2005; WILSON e DOWLATABADI, 2007). Embora o comportamento pró-ambiental possa exercer influência positiva para etiquetagem em eficiência energética, não constitui uma condição necessária para a seu funcionamento. Por exemplo, bastaria supor que os indivíduos sejam racionais num sentido específico: diante de produtos com o mesmo desempenho em outros

aspectos e consumos de energia distintos ele escolha o de menor consumo (NEWELL et al. 1999; JAFFE e STAVINS, 2004; GILLINGHAM et al., 2009). Ou, ainda, quando o consumidor apresenta racionalidade limitada e a etiqueta funciona como “pista” para auxiliá-lo na decisão de compra (JACKSON, 2005). Em ambos os casos, a única condição necessária é a de que o consumo de energia dos produtos seja um atributo relevante para decisão de compra do consumidor.

Figura 9: Ciclo das eco-inovações da rotulagem ambiental



Fonte: Adaptado de Prieto-Sandoval et al. (2016)

Outra especificidade dos programas de etiquetagem em eficiência energética diz respeito à dinâmica de interação entre o Estado/Instituições e o ciclo de inovação do programa. O PBE executa um conjunto específico de atividades com a finalidade de não só assegurar a veracidade das informações fornecidas na etiqueta como também que o ciclo de inovação se perpetue, em outras palavras, que a eficiência energética dos aparelhos etiquetados se eleve continuamente.

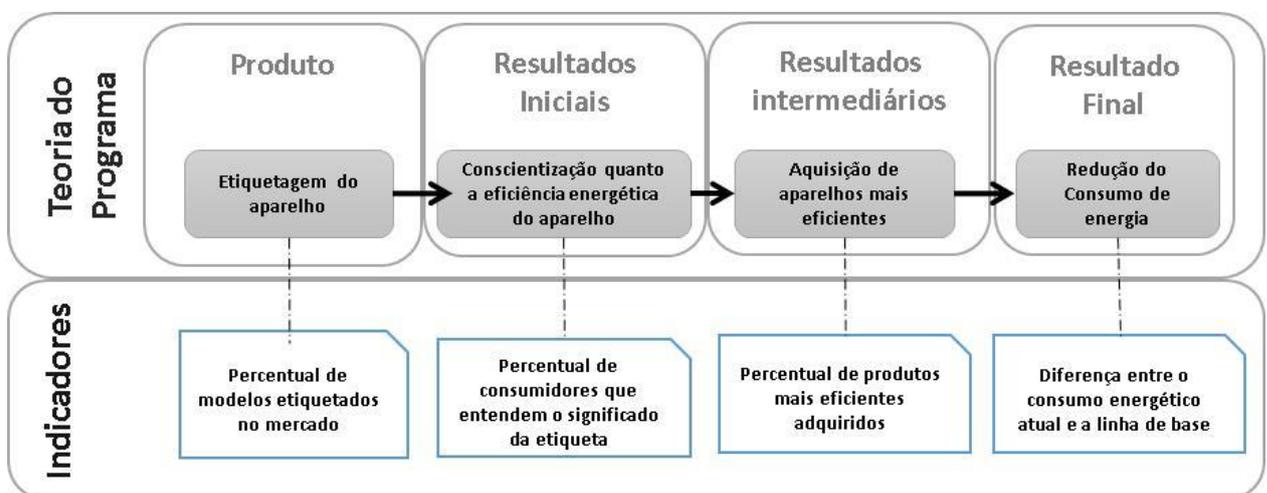
5.2 Formulação da Teoria do programa

Nessa seção será apresentada a proposta de teoria do programa para o PBE. A teoria é composta por três modelos: o primeiro traduz a relação linear de causa e efeito esperada entre programa e seu resultado final; o segundo incorpora a influência de outros fatores sobre o comportamento energético a partir do modelo de ativação do consumo de energia de Lopes (2015); e, por fim, o terceiro incorpora o aspecto dinâmico da relação entre as partes mais diretamente envolvidas do programa (gestores do programa, consumidores e fornecedores), conforme o modelo Prieto-Sandoval et al. (2016).

5.2.1 Proposição da teoria do programa

A Figura 10 abaixo mostra o modelo linear da relação causal entre os programas de etiquetagem e conservação de energia. A partir da etiquetagem do equipamento, espera-se que os consumidores reajam de maneira mais conscientes a respeito da eficiência energética dos aparelhos, adquiram equipamentos mais eficientes energeticamente e, com isso, reduza o consumo de energia associado ao uso desse aparelho.

Figura 10: Modelo Linear do efeito do PBE sobre a conservação de energia



Fonte: Elaboração própria

O modelo linear tem como mérito a simplificação da avaliação do mecanismo principal pelo qual o PBE promove a conservação de energia e é, talvez, o modelo que melhor traduz a expectativa dos gestores desses programas (CLASP, 2005; IEA, 2006). Desde que os dados estejam disponíveis, a avaliação consistiria em monitorar os indicadores relacionados no modelo e analisar a correlação entre os diversos elos do processo entre o programa e o

resultado final.

Entretanto, o modelo linear peca por pelo menos duas limitações principais: primeiro, ele descreve como única fonte de explicação para variações do consumo de energia a conscientização dos consumidores sobre a eficiência energética dos equipamentos promovida pelo programa. As avaliações de impacto de programas de etiquetagem têm tratado dessa questão estimando uma linha de base do consumo de energia como representação do cenário *contrafactual* (ausência do programa), com as limitações discutidas no capítulo 3. Todavia, o consumo de energia é uma variável complexa, ativada e influenciada por múltiplos fatores que se manifestam, inclusive, na aquisição de equipamentos mais ou menos eficientes (LOPES, 2015).

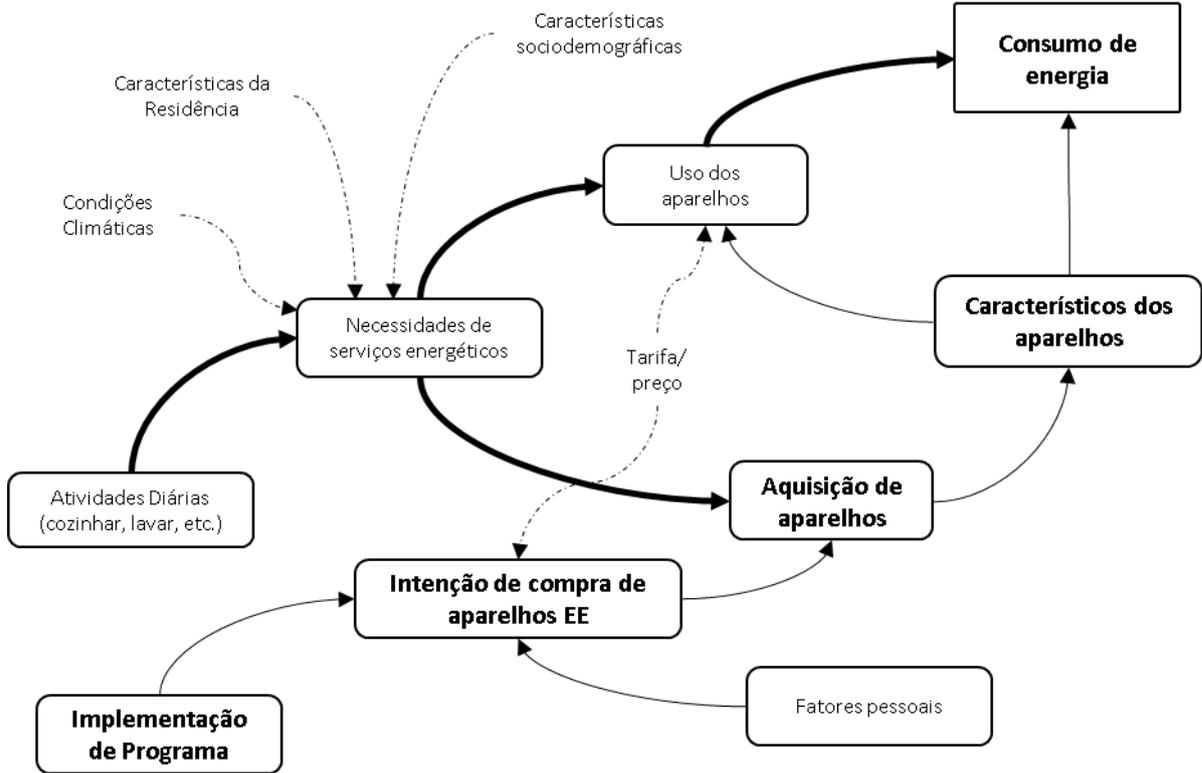
O segundo é o aspecto dinâmico da relação entre gestores do programa, consumidores e fornecedores de equipamentos etiquetados durante o seu funcionamento. O modelo linear descreve essa relação como estática e unidirecional, das atividades do programa em direção ao consumo de energia. Na abordagem dinâmica, as decisões individuais encontram-se interligadas em malhas, formando ciclos de retroalimentação positivos (reforço) ou negativos (contrabalanço) (LOPES, 2015; PRIETO-SANDOVAL *et al.*, 2016). Esses ciclos de interações promoveriam a evolução dos resultados do programa.

A Figura 11 sistematiza o modelo conceitual da cadeia de ativação do consumo de energia, adaptado para explicar o efeito do PBE. No modelo, as atividades diárias das famílias geram necessidade de serviços energéticos que levam à intensificação do uso dos aparelhos existentes ou aquisição de novos. As necessidades por serviços energéticos são os determinantes primários da escolha por novos equipamentos. No processo de escolha, consumidores racionais (*maximizadores*) escolhem aparelhos que atendem as suas necessidades com menor custo de aquisição e de operação (consumo de energia). Partindo-se da hipótese de racionalidade limitada, o processo de escolha pode ser guiado por heurísticas de decisão cujo resultado não necessariamente corresponde ao “ótimo” econômico que seria alcançado com a minimização dos custos.

O efeito do PBE ocorre através da influência sobre o processo de escolha dos consumidores na aquisição de novos equipamentos. A introdução do programa reduz barreiras de mercado (falta de informação ou limitações cognitivas) induzindo consumidores a escolherem os produtos mais eficientes. Isso porque, caso contrário, os consumidores iriam preferir a aquisição de produtos menos eficientes mais baratos. Este efeito pressupõe que os consumidores conhecem a etiqueta e a interpretam corretamente. Conforme alguns estudos têm demonstrado, nem sempre essa premissa se confirma (NEWELL e SIIKAMÄKI, 2013;

WAECHTER, SÜTTERLIN e SIEGRIS, 2015; WAECHTER et al., 2015; WAECHTER et al., 2016).

Figura 11: Modelo conceitual da cadeia de ativação do consumo energético e influência dos programas de etiquetagem eficiência energética



Fonte: elaboração própria

A escolha por equipamentos mais eficientes afeta o consumo de energia de duas formas: primeiro diretamente pela redução do consumo de energia por unidade de serviço energético; e segundo pelo aumento do consumo ocasionado pela redução do custo do serviço energético (efeito rebote), o que compensa, pelo menos em parte, a economia de energia gerada pelo programa.

O modelo conceitual de cadeia de ativação também explica o efeito esperado de fatores externos ao programa sobre o consumo de energia. Alterações sociodemográficas, mudanças nas características das residências e mudanças climáticas influenciam a necessidade de mais serviços energéticos e, com isso, a características de novos equipamentos adquiridos ou intensificação do uso dos existentes. Como exemplo, o aumento da população inativa pode aumentar o tempo de permanência na residência e, conseqüentemente, a necessidade de mais serviços energéticos de iluminação e condicionamento ambiental. Mudanças climáticas que

elevam a sensação de frio ou calor, assim como mudanças nas características da edificação (tamanho, número de cômodos, material construtivo), podem gerar, por exemplo, a necessidade de aquisição de condicionadores de ar de maior capacidade de refrigeração e, portanto, de maior consumo energético.

A terceira versão da teoria do programa, apresentada na Figura 12, incorpora a dinâmica da interação entre os gestores do programa, consumidores e fornecedores dos aparelhos. O modelo da cadeia de ativação representa uma versão estática da relação entre o PBE e consumo de energia, permitindo a identificação e estruturação das variáveis mais relevantes a serem consideradas na avaliação. O modelo dinâmico complementa a compreensão do efeito do PBE expondo a interação causal entre o programa, atores envolvidos e essas variáveis.

A implementação da etiquetagem aumenta a intenção de compra de equipamentos mais eficientes, ativando o ciclo de reforço principal, com aquisição e desenvolvimento de equipamentos cada vez mais eficientes energeticamente. Como há um limite tecnológico para o aumento eficiência energética, especialmente no curto prazo, o ciclo de reforço principal conduz à concentração de equipamentos nas classes mais eficientes. Com a menor diferenciação de equipamentos no mercado, os consumidores reduzem a intenção de compra de equipamentos mais eficientes, contrabalançando o efeito do ciclo principal. O ciclo é reativado com a reclassificação dos equipamentos.

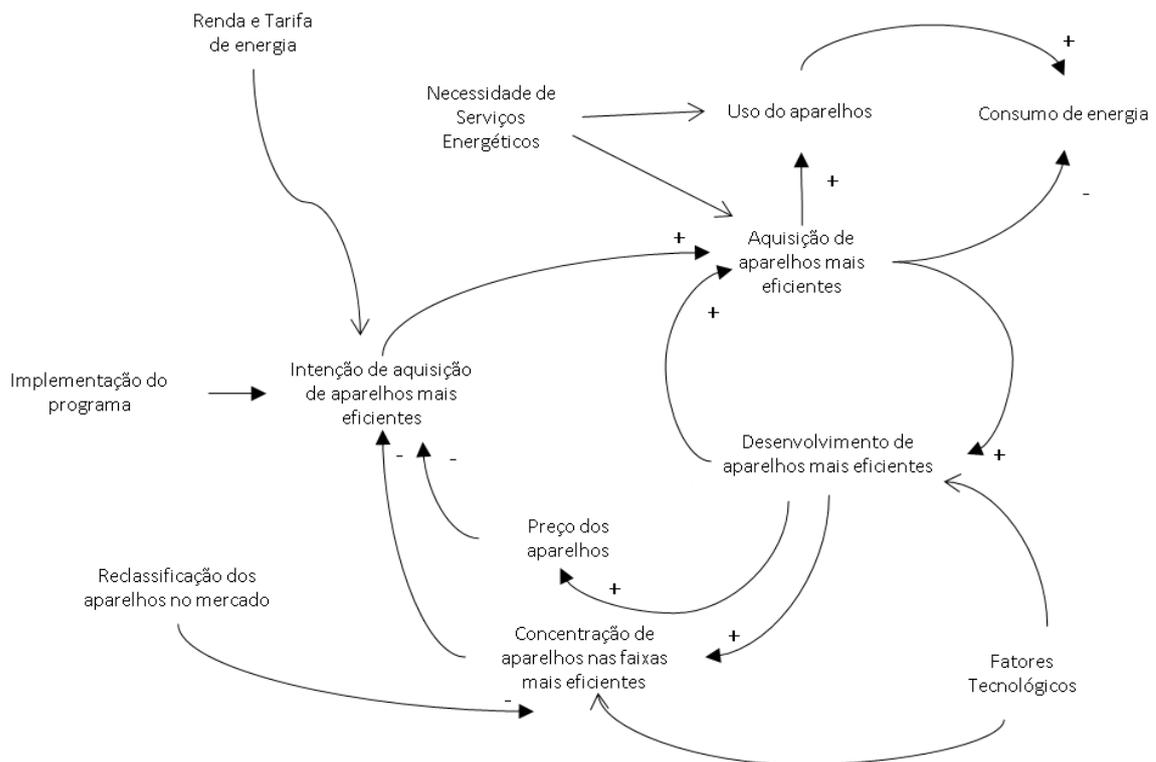
Tal como modelo de ativação, a aquisição de equipamentos mais eficiente afeta o consumo de energia de duas formas: diretamente, pela redução do consumo de energia por serviço energético, e indiretamente pela intensificação do uso dos equipamentos. A diferença entre os dois efeitos consiste no chamado efeito rebote. Fatores externos ao programa (econômicos, sociodemográficos, climáticos, físicos) interferem no ciclo pela influência sobre a aquisição ou uso de equipamentos, mas não são, por hipótese, influenciados pelo programa. Ou seja, o programa não afeta, direta ou indiretamente, a necessidade por serviços energéticos, nem os fatores econômicos, como renda e tarifa de energia.

Entretanto, se a eficiência energética dos equipamentos tem uma correlação positiva com preço dos mesmos o programa promoverá indiretamente um aumento dos preços dos equipamentos no mercado. A escolha de consumidores (racionais *maximizadores*) envolve uma *trade-off* entre preços e consumo de energia, portanto aqueles só irão adquirir equipamentos mais caros, entre aqueles que atendem a sua necessidade, se a economia de energia compensar o aumento de custo de aquisição. O aumento dos preços dos equipamentos, se de fato ocorrer, acaba por influir negativamente na intenção de compra de

produtos mais eficientes e, por conseguinte, reduzir o efeito do loop principal.

Há outras hipóteses implícitas na teoria do programa a serem ressaltadas. A primeira diz respeito ao efeito da classificação da eficiência energética sobre a intenção de compra de equipamentos mais eficientes pelos consumidores via redução das barreiras de mercado. A hipótese é de que os consumidores tendem a “ancorar” a avaliação de eficiência energética dos equipamentos a partir das classes de eficiência inferiores (WAECHTER et al., 2016). A maior concentração de equipamentos nas classes mais eficientes acaba distorcendo a percepção do consumidor e, com isso, a etiqueta deixa de influenciar a sua decisão de compra. A distorção seria “corrigida” com a reclassificação.

Figura 12: Modelo dinâmico da influência dos programas de etiquetagem eficiência energética sobre o consumo de energia



Fonte: elaboração própria

A segunda é a de que os consumidores interpretam corretamente o significado da etiqueta e não incorrem na chamada “falácia de eficiência energética” (WAECHTER, SÜTTERLIN e SIEGRIS (2015); WAECHTER et al., 2015). Waechter et al. (2015) pontuam o risco da interpretação equivocada da etiqueta, por parte dos consumidores, de que os aparelhos de maior classificação de eficiência energética são os que apresentam menor consumo de energia e, com isso, adquirem uma “licença” para comprar equipamentos maiores

que, apesar de mais eficientes, consomem mais energia em função de outras características.

No modelo, fatores tecnológicos foram assumidos como exógenos. Especialmente no curto prazo, restrições tecnológicas levam à concentração dos equipamentos nas classes mais elevadas de eficiência energética, o que justificaria a reclassificação dos equipamentos. Todavia, espera-se dois efeitos advindos da repetição do ciclo principal gerado por estes programas. No curto prazo ocorreriam inovações incrementais, uma vez que a classificação é atribuída somente após a comparação de desempenho dos equipamentos. No longo prazo, o ciclo de inovação pode gerar inovações radicais, porque a inovação contínua pelas empresas e a pressão da demanda do consumidor levaria ao surgimento de invenções.

Por fim, cabe destacar-se a influência de características específicas do mercado cada equipamento para a teoria do programa. Os diferentes equipamentos apresentam não só diferenças tecnológicas, mas também são consumidos por grupos socioeconômicos distintos, possuem estrutura de mercado específica, e assim por diante. Muitos dos fabricantes de equipamentos etiquetados são empresas globais, em geral lotadas na China, que sofrem a influência de múltiplos mercados consumidores. Se no Brasil adota-se algum incentivo para o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes, essas empresas podem reagir com inovações a fim de tornar seus equipamentos mais eficientes ou podem simplesmente deslocar os seus esforços para atender às exigências de outros mercados.

5.2.2 Falha do programa e falha da teoria no contexto dos programas de etiquetagem

Weiss (1998) faz a distinção entre falha do programa, quando o mesmo não executa as atividades da maneira necessária para promover os resultados pretendidos, e falha da teoria, quando mesmo o programa tendo sido corretamente implementado os resultados almejados não são alcançados. Neste caso, a falha ocorre porque os pressupostos subjacentes às intervenções não são corretos. A partir da teoria do programa apresentada anteriormente pode-se distinguir entre falha do programa e da falha da teoria no contexto dos programas de etiquetagem em eficiência energética.

Entre as principais atividades executadas pelo programa para promover a conservação de energia, a teoria do programa destaca a revisão de classes da eficiência energética. Se o nível de concentração de produtos nas classes mais eficientes estiver elevado, a teoria prevê que os gestores do programa devem reclassificar os modelos de forma a reduzir a concentração. Caso contrário, o programa deixaria de promover o aumento da eficiência energética dos aparelhos, uma vez que os consumidores não poderiam diferenciar os produtos

em relação a sua eficiência energética.

Outra atividade importante consiste nas ações de marketing e divulgação visando ampliar a conhecimento e utilização da etiqueta pelos consumidores. O reconhecimento e conhecimento da etiqueta pelo consumidor é, obviamente, um pressuposto básico para se inferir qualquer efeito do programa. Por fim, destaca-se as atividades voltadas para garantir que os produtos no mercado estejam de acordo com os requisitos estabelecidos no programa, tais como: a acreditação de laboratórios, ações de fiscalização e controle, etc.

5.2.3 Diferenças do efeito esperado entre ENCE, Selo PROCEL e NMEE

A teoria do programa fornece uma base mais sólida para se discutir a separação dos efeitos esperados da ENCE, Selo PROCEL e NMEE. Essas iniciativas, apesar de serem geridas por entidades diferentes, estão interligadas de tal forma que, praticamente, podem ser considerados como parte de um mesmo programa. O Selo PROCEL é uma etiqueta de endosso concedida pela Eletrobrás aos aparelhos que classificados com “A” no PBE, além de outros critérios (CARDOSO, 2008). Os NMEE são estabelecidos pelo CGIEE, porém o *enforcement* é realizado pelo Inmetro/PBE (BRASIL, 2001b). Embora não haja um único critério para se estabelecer os NMEEs, em vários casos o CGIEE tem adotado os próprios índices estabelecidos no PBE como parâmetro, como os índices das classes de menor eficiência (“E” e “F”) (INMETRO, 2013).

Pela teoria do programa, não há diferença entre Selo PROCEL e a ENCE em relação ao mecanismo principal pelo qual promovem a conservação de energia. Nos dois casos o efeito ocorre via influência sobre a intenção de compra dos consumidores por equipamentos mais eficientes. A diferença ocorreria se os dois formatos de etiqueta são reconhecidos, interpretados e utilizados de maneiras diferentes pelos consumidores.

A literatura empírica que compara o efeito desses dois tipos de etiqueta é bastante escassa (WIEL e MCMAHON, 2005). A maior parte dos estudos sobre o tema analisam variações de um mesmo tipo de etiqueta a fim de avaliar o efeito de alterações nessas, como a redefinição de escalas (NEWELL e SIIKAMÄKI, 2013), a classificação por letras em oposição a números (ECOFYS, 2012), o uso de escalas contínuas versus escalas discretas (WAECHTER, SÜTTERLIN e SIEGRIS, 2015;), o uso de informações monetárias ao invés de físicas (WAECHTER et al., 2016; LONDON ECONOMICS, 2014), entre outros (BANERJEE e SOLOMON, 2003; LARRICK e SOLL, 2008).

Neweel e Siikamaki (2014) comparam o efeito da etiqueta de eficiência energética

Energy Guide e do Selo *Energy Star* sobre a intenção de compra de equipamentos mais eficientes nos EUA e avaliam que o Selo, combinado com a Etiqueta, potencializa o efeito desta sobre a preferência por equipamentos mais eficientes. Porém, a etiqueta do *Energy Guide* tem formato diferente da ENCE, com indicação do gasto anual de energia dos equipamentos (em termos monetários) numa escala contínua que vai do equipamento com menor ao maior valor. A mesma comparação foi realizada combinando o *Energy Guide* com a Etiqueta europeia (cujo formato é o mesmo da ENCE); ambas classificatórias, e encontra o mesmo resultado do que a combinação com o Selo *Energy Star*.

Em termos teóricos, as diferenças de resultados dependem da heurística de decisão dos consumidores. Conforme Waechter et al. (2016), com a etiqueta classificatória, os consumidores podem “ancorar” a avaliação da eficiência energética dos equipamentos a partir das classes menos eficientes (“C”, “D” ou “E”). Como a etiqueta de endosso faz distinção apenas entre os equipamentos “mais eficientes” e “menos eficientes”, esse tipo de “ancoragem” não é possível. Mais ainda, se a etiqueta de endosso for utilizada separadamente, os consumidores não poderão fazer diferenciação quanto à eficiência energética dos equipamentos não etiquetados. Por isto, talvez, a maior parte dos países com programas de etiquetagem em eficiência energética possuem os dois tipos de etiqueta, sendo (em geral) a etiqueta classificatória obrigatória e a etiqueta de endosso voluntária (WAECHTER, SÜTTERLIN e SIEGRIS, 2015).

Pela teoria do programa, a concentração de equipamentos nas classes mais eficientes deve exercer efeito similar sobre a efetividade dos dois programas, até porque o Selo PROCEL é concedido para os equipamentos classificados com “A” na ENCE. Essa concentração pode ocorrer também em função de limitações da tecnologia dos equipamentos que impedem avanços na eficiência energética. Com a alta concentração, a etiquetagem classificatória pode ser dificultada ou até inviabilizada pela baixa dispersão da eficiência dos equipamentos. Nestes casos, a etiqueta de endosso pode ser mais adequada do que a etiqueta classificatória, como de fato ocorre na etiquetagem de alguns equipamentos (INMETRO, 2010).

Já os NMEE operam por mecanismo distinto da etiquetagem. Como equipamentos com eficiência energética abaixo de determinado índice são proibidos de serem comercializados, os NMEE não dependem da influência sobre a intenção de compra dos consumidores para produzir os seus resultados. E o seu efeito esperado é maior quanto maior for persistência no mercado dos equipamentos menos eficientes.

Desta forma, há dois fatores principais que interferem no resultado no NMEE. O

primeiro diz respeito ao tamanho do “corte” obtido a partir dos níveis de eficiência energética estabelecidos pela medida. O “corte” corresponde à redução do consumo médio de energia obtido com a proibição da comercialização de produtos menos eficientes do mercado, o que está relacionado ao quanto acima do nível mais baixo de eficiência o NMEE é estabelecido. Quanto mais acima do nível mais baixo de eficiência maior o número de modelos menos eficientes que poderão ser comercializados e, tudo o mais constante, maior a eficiência média (e menor o consumo médio) dos aparelhos disponíveis no mercado.

O segundo fator corresponde à persistência no mercado dos aparelhos menos eficientes energeticamente, em outras palavras, a tendência de que permaneçam sem a adoção nos NMEE. Se houver uma tendência de que esses produtos saem no mercado “naturalmente”, o efeito dos NMEE estará restrito ao período em que isso não ocorreria. Isso poderia ocorrer, por exemplo, como efeito da própria etiquetagem. Neste caso NMEEs são especialmente relevantes quando há presença de incentivos divergentes no mercado, uma vez que os agentes que adquirem os produtos não têm incentivos para adquirir produtos mais eficientes, a não ser que estes sejam mais baratos. Isso ocorre porque as partes que adquirem o equipamento não são as mesmas que arcam com os custos de operação (MURTISHAW e SATHAYE, 2006).

Em resumo, pela teoria do programa, as diferenças de resultados esperados entre a ENCE e Selo PROCEL se relacionam à forma como os consumidores reconhecem e interpretam a etiqueta em cada caso, o que pode ser resultado tanto da efetividade dos respectivos programas em promover esses aspectos, quanto da forma que os consumidores utilizam a etiqueta para escolha de novos equipamentos (heurística de decisão). Já não dependem da influência sobre os consumidores para promover os seus resultados, entretanto a magnitude do efeito do contexto em que eles operam, em particular da presença de incentivos divergentes.

6 ELEMENTO EMPÍRICO DA ABT: DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES AVALIATIVAS A PARTIR DA TEORIA E AVALIAÇÃO DO PROGRAMA

Nesse capítulo será apresentado o elemento empírico da ABT, qual seja, a avaliação conduzida a partir da teoria do programa elaborada e apresentada no capítulo anterior. É composto por três partes: a primeira foi realizada a definição e priorização das questões avaliativas a partir da teoria do programa, na segunda a análise das questões avaliativas e, por fim, a análise das implicações dos resultados encontrados tanto para o PBE e NMEE quanto para teoria do programa.

6.1 Definição e priorização das questões avaliativas a partir da teoria do programa

Na ABT as questões avaliativas derivam das hipóteses subjacentes à teoria do programa (DONALDSON e GOOLER, 2003), já a priorização das questões a serem estudadas é circunstanciada por diversos fatores e objetivos, tais como a disponibilidade de dados e predefinição dos gestores dos programas. Conforme Coryn et al. (2009) constatou na revisão da literatura empírica em ABT, em relação à priorização das questões avaliativas uma pequena minoria de casos indicou que elas foram priorizadas devido a restrições logísticas, enquanto outras priorizaram de acordo com necessidades pré-determinadas do financiador ou de patrocinador da pesquisa. Todavia, na maioria dos casos o motivo da priorização não é explicitado na pesquisa.

Pawson e Tilley (1997) ressaltam que na ABT mais importante do que se obter resposta definitiva sobre a causalidade do programa é a investigação sobre as hipóteses subjacentes à intervenção, num processo acumulativo de conhecimento guiado pela teoria do programa. As respostas a essas questões permitiriam o refinamento da teoria do programa ao mesmo tempo em que informam a agenda de investigações futuras a partir da teoria.

Neste trabalho, a priorização das questões avaliativas foi condicionada pela disponibilidade de dados, uma vez que as informações disponíveis não permitem a avaliação da teoria como um todo (através de modelos de equações estruturais, por exemplo). As duas fontes de dados principais são as tabelas de eficiência energética do PBE, que contém os dados históricos de eficiência energética e consumo de energia dos modelos de aparelhos participantes dos programas, e dados das pesquisas populacionais do Inmetro, realizada anualmente, que aborda questões relativas ao nível de reconhecimento, conhecimento e

influência da ENCE para os consumidores. O detalhamento dessas fontes de dados foi realizado ao longo da avaliação.

As questões avaliativas selecionadas estão descritas no Quadro 6. A primeira questão é relativa ao resultado principal do programa, qual seja, se os equipamentos etiquetados de fato apresentam aumento de eficiência energética e redução do consumo de energia ao longo do tempo. Os estudos de avaliação dos programas de etiquetagem de forma geral praticamente assumem que a evolução desses indicadores é sempre no sentido esperado, ou seja, os equipamentos etiquetados apresentam aumento da eficiência energética e redução do consumo de energia ao longo do tempo e, a partir disso, o desafio da avaliação passa ser estimar o quanto dessa variação é explicada pelo programa.

Quadro 6: Resumo das questões avaliativas da tese

Questão 1: Os equipamentos etiquetados apresentam evolução esperada na eficiência energética e no consumo de energia ao longo do tempo?

Questão 2: O nível de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE permite inferir algum resultado ao PBE sobre a eficiência energética dos aparelhos etiquetados?

Questão 3: Os NMEE promovem o aumento da eficiência energética e a redução do consumo de energia dos aparelhos no mercado?

Questão 4: A revisão das classes de eficiência energética promove o aumento da eficiência energética e a redução do consumo de energia dos aparelhos no mercado?

Fonte: elaboração própria

A segunda é relativa ao nível de reconhecimento, interpretação e utilização da etiqueta pelos consumidores. Essa é uma hipótese essencial da teoria do programa: se PBE não exerce efeito sobre a intenção de compra de consumidores não é possível atribuir qualquer efeito sobre a eficiência energética ou consumo de energia ao programa. Além disso, investigamos como características individuais (renda, escolaridade, idade, sexo, etc.) influenciam esses aspectos

A terceira compreende o efeito dos NMEE sobre a eficiência energética e o consumo de energia. Pela teoria do programa os NMEE promovem seus resultados de maneira diversa da etiquetagem, uma vez que não dependem do efeito sobre a intenção compra de produtos mais eficientes. Há dois fatores predominantes para que os NMEE promovam o aumento da

eficiência energética ou redução do consumo de energia: o quanto acima do limite inferior de eficiência ele é estabelecido (o que determina o número de modelos ineficientes retirados do programa) e o grau de persistência dos aparelhos menos eficientes no mercado, ou seja, em que medida eles tenderiam a sair do mercado mesmo na ausência dos NMEE (como efeito da própria etiquetagem, por exemplo).

A quarta pergunta diz respeito aos efeitos da revisão das classes de eficiência energética sobre o ciclo de aumento da eficiência energética e redução do consumo de energia. A teoria do programa postula que o aumento da concentração de aparelhos nas classes mais eficientes reduz a intenção de compra de aparelhos mais eficientes, interrompendo o ciclo de reforço principal do programa pelo qual promove a conservação de energia. O ciclo seria reativado pela reclassificação na medida em que reduz a concentração de produtos nas classes mais eficientes.

Nas próximas seções, cada uma das questões avaliativas selecionadas será analisada em tópicos específicos. Evidentemente, essas questões não esgotam as relações de causa e efeito apontadas na teoria do programa. O que se busca é avançar na avaliação de pressupostos subjacentes para ampliar a compreensão sobre o programa e para refinamento da teoria do programa.

6.2 Questão 1: Os aparelhos etiquetados apresentam evolução esperada na eficiência energética e no consumo de energia ao longo do tempo?

A primeira questão avaliativa consiste em analisar se ao objetivo principal dos programas foi alcançado, qual seja, se houve aumento da eficiência energética e redução da economia de energia dos aparelhos etiquetados. A teoria do programa postula que o primeiro é resultado do ciclo de interação entre consumidores e fornecedores dos aparelhos, em que estes reagem à maior preferência por equipamentos mais eficientes manifestada por aqueles. No ciclo, o programa promove a eficiência energética dos produtos reduzindo barreiras mercados relacionadas à eficiência energética (assimetria de informação e limitações cognitivas) o que aumenta a intenção de aquisição de produtos mais eficientes.

Já o consumo de energia de cada aparelho é função tanto das características do equipamento (entre elas, a eficiência energética) quanto da forma e intensidade do uso deste. O aumento da eficiência energética dos aparelhos implica menor gasto de energia por serviço energético, entretanto o nível deste é influenciado por um conjunto mais amplo de fatores. Por exemplo, o aumento da temperatura média numa determinada região pode influenciar a

aquisição de condicionadores de ar de maior capacidade de refrigeração o que provocaria o aumento do consumo de energia mesmo se o consumidor adquirisse equipamentos mais eficientes energeticamente.

Para analisar a evolução dos indicadores de eficiência energética e consumo de energia por aparelhos, utilizou-se os dados do PBE para refrigeradores e condicionadores de ar. Estes dois aparelhos são os mais antigos do programa. O primeiro teve início em 1986 e o segundo em 1998. Os dados utilizados são provenientes das tabelas de eficiência energética do PBE, publicadas sempre que há entrada ou saída de aparelhos no programa e disponibilizadas no site do Inmetro.

Essa seção é dividida em 3 partes, além dessa introdução e da conclusão. A primeira contém um breve histórico dos programas e seus marcos mais importante. Na segunda destacamos a metodologia utilizada para responder à questão avaliativa e na terceira serão apresentados os resultados da análise.

6.2.1 Histórico dos Programas de etiquetagem de refrigeradores e condicionadores de ar.

6.2.1.1 Programa de etiquetagem de Refrigeradores e Assemblados

O programa de etiquetagem de refrigeradores teve início em 1984, com o acordo que incluía no PBE os refrigeradores, congeladores e conservadores. Os primeiros equipamentos etiquetados chegaram ao mercado em 1986, com a participação de cinco marcas/fabricantes (Brastemp, Climax, Consul, Esmaltec e Metalfrio) e 22 modelos etiquetados.

As primeiras etiquetas informavam o consumo de energia dos refrigeradores de congeladores segundo metodologia de ensaio da norma técnica NBR 8888/85. Não havia ainda o conceito de eficiência energética no programa, ou seja, os refrigeradores não eram classificados de acordo com um índice de eficiência energética que levasse em conta outros parâmetros que também afetam o consumo de energia, em especial o volume interno do refrigerador. A etiqueta classificava os refrigeradores de acordo com o volume interno e sugeria ao consumidor que comparasse o consumo de energia de modelos dentro da mais classe de volume.

Em 1997 foi feita a primeira grande mudança metodológica do programa. A norma NBR 8888/85 foi substituída pela série de normas ISO (INMETRO, 2006a). Os refrigeradores passaram a ser classificados em ordem alfabética de acordo com um índice de eficiência

energética calculado pela relação entre volume ajustado do refrigerador e o seu consumo de energia. Os produtos passaram a ser apresentados de acordo com a classe de eficiência energética, o que facilitava ao consumidor a identificação dos equipamentos mais eficientes.

Em 1998 foi publicada a primeira tabela com os modelos de refrigeradores classificados de acordo com a nova metodologia. A classificação separava os refrigeradores em dois tipos: os de uma porta (que, posteriormente, foram denominados apenas como “refrigeradores”) e os do tipo combinado, que possuem os compartimentos de refrigeração e congelamento com portas separadas. Em 2001 houve uma revisão dos limites mínimos das classes de eficiência energética, de forma a redistribuir o número de modelos em cada classe de eficiência energética.

Em 2003 houve mudança na metodologia de cálculo do índice de eficiência energética para o método que vem sendo utilizado até o momento. O índice de eficiência energética passou a ser estimado a partir da razão entre o consumo energético e o consumo padrão, sendo este calculado a partir de uma “reta de consumo padrão”, conforme equação abaixo:

$$Cp = \alpha \cdot AV + b$$

Em que Cp é consumo padrão, AV é o volume ajustado, α e b são parâmetros estabelecidos para cada categoria de produto. As classes de eficiência energética foram definidas com base na média geral e no desvio padrão dos índices de eficiência energética dos modelos.

A adesão ao programa até então ocorria de forma voluntária. No entanto, em 01 de fevereiro de 2006 foi publicada a portaria Inmetro nº 20 que tornava a etiquetagem de refrigeradores obrigatória no país. Nos termos do seu artigo 5º, não seria mais permitida a “comercialização de Refrigeradores e seus Assemelhados, de uso doméstico, no país por fabricantes, importadores, varejistas, atacadistas, distribuidores e lojista” em desacordo com o Regulamento de Avaliação da Conformidade de Refrigeradores. Instituiu-se prazo de adequação até 01 de agosto de 2007 (INMETRO, 2006a).

Em 24 de dezembro de 2007, foi publicada a Portaria Interministerial nº 326 que estabeleceu níveis máximos de consumo para refrigeradores e assemelhados (MME, 2007a). A portaria foi estabelecida no âmbito do CGIEE e ao Inmetro caberia, por meio de portaria própria, determinar os métodos de ensaio para a determinação do consumo de energia dos equipamentos objeto da regulamentação, ou seja, ao Inmetro caberia verificar o atendimento dos refrigeradores e assemelhados, comercializados no país, aos níveis máximos de consumo

de energia estabelecidos pelo CGIEE. O prazo de vigência da portaria era de 90 dias após a publicação do regulamento (MME, 2007a).

A última alteração importante no programa com impacto sobre a eficiência energética dos refrigeradores foi a publicação da Portaria Interministerial N° 326 de 26 de maio de 2011, que estabeleceu novos índices mínimos de eficiência energética para refrigeradores. Os novos índices entraram em vigor em janeiro de 2012 para fabricação e importação, em janeiro de 2013 para comercialização por fabricantes e importadores e em janeiro de 2014 para comercialização por atacadistas e varejistas (MME, 2011a).

6.2.1.2 Programa de etiquetagem de Condicionadores de Ar

O programa de etiquetagem de condicionadores de ar teve início em 1998, contando inicialmente com a participação de 5 fabricantes (Electrolux, Elgin, Gree, Multibras e Springer. No início o programa era voluntário e continham apenas os condicionadores de ar do tipo janela com capacidade de refrigeração de até 36.000 BTU/h. Condicionadores de ar eram classificados segundo a eficiência energética. O índice de eficiência energética foi definido como sendo a razão entre a sua capacidade de refrigeração, expressa em kJ/h ou BTU/h, e a potência elétrica consumida, expressa em W , determinados segundo as normas técnicas NBR 5858 e NBR 5882.

A partir de 2002, a comparação entre os diversos modelos foi estabelecida em função das capacidades de refrigeração disponíveis no mercado nacional, a que resultou na divisão em categorias por classes de capacidade de refrigeração. Foram estabelecidas 4 categorias, cada uma com classificação específica.

Os condicionadores de ar Split do tipo Hi Wall foram incluídos no programa em 2004. O índice de eficiência energética é definido da mesma forma que os do tipo janela, com a diferença de que a capacidade de refrigeração é medida em *watts* ao invés de kJ/h. O índice de eficiência energética adotado foi estabelecido com base na Diretiva Europeia n° 2002/31/EC de 22 de março de 2002 com um fator de redução de 8% (INMETRO, 2006b).

O programa era voluntário até a publicação da Portaria n. ° 14, de 24 de janeiro de 2006, que institui “no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, a etiquetagem compulsória de Condicionadores de Ar, de uso doméstico” (INMETRO, 2006b). A portaria tornou compulsório a etiquetagem de condicionadores de ar de uso domésticos com capacidade inferior a 36 mil BTU/h, o que incluíam outros tipos até então não etiquetados pelo programa (como os Split do tipo Cassete ou Piso-Teto, que passaram a ter tabelas de

eficiência separadas). A Portaria estabeleceu prazo de adequação para fabricação e importação de 90 dias após publicação da portaria e 01 de agosto de 2007 para comercialização por fabricantes, importadores, varejistas, atacadistas, distribuidores e lojistas (INMETRO, 2007b). A portaria ainda revisou os níveis de eficiência energética.

Em dezembro de 2007 foi publicada a Portaria Interministerial nº 364, estabelecendo níveis mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar (MME, 2007b). Os níveis eram aplicados aos “Condicionadores de Ar Monobloco, de janela ou parede, de corpo único ou tipo Split system Hi-wall, de uma única unidade evaporadora para uma única unidade condensadora, de fabricação nacional ou de importados, para comercialização e/ou uso no Brasil” (MME, 2007b, p.1).

Em julho de 2009 foi publicada a Portaria Inmetro n.º 215 revisando as classes de eficiência energética, com prazo de vigência imediato para fabricação e importação e de 12 meses a partir da publicação para comercialização. A portaria ainda incluía os condicionadores de ar com capacidade superior a 36.000 BTU/h e inferior a 60.000 BTU/h.

Em 2011 foi publicada a Portaria Interministerial nº 323 (de 26 de maio de 2011) estabelecendo novos NMEE. Para os condicionadores do tipo Janela e Split Hi-wall, foram estabelecidos prazos de adequação para início de 2012, 2013 e 2014, respectivamente, para fabricação e importação, comercialização por fabricantes e importadores e comercialização por atacadistas e varejistas. Para os condicionadores do tipo Split Cassete e Piso-Teto foram estabelecidos prazos de 12 meses a mais para cada caso (2013 2014 e 2015).

A Portaria n.º 410, de 16 de agosto de 2013 revisou novamente as classes de eficiência energética, tanto para condicionadores de ar do tipo Janela e do tipo Split, eliminou a Classe E da classificação e fixou prazo de adequação de 12 meses para fabricação e importação, 18 meses para comercialização por fabricantes e importadores e 24 meses para o comércio em geral (INMETRO, 2013)

6.2.2 Modelo de Análise

A análise da evolução dos indicadores de eficiência energética e de consumo de energia dos refrigeradores e condicionadores de ar foi realizada por meio da análise de tendência para ver se em média estão evoluindo conforme o esperado pelo programa, qual seja, de elevação do primeiro e redução do segundo. A análise de tendência consiste em “rodar” uma regressão linear por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) do indicador em relação ao tempo (em anos), conforme equação 1 abaixo:

$$I_i = a + bt_i + e_i \quad (1)$$

Em que:

I_i é o indicador de consumo ou de eficiência energética, a é uma constante, b o coeficiente que descreve a tendência temporal linear, t é a sequência temporal, i denota a unidade de observação (no caso, anos) e e_i é uma sequência independente e identicamente distribuída com $E(e) = 0$ e $VAR(e) = \sigma_e^2$. A interpretação de b na equação X é a seguinte: mantendo todos os fatores fixos constantes (aqueles em e_i), b mede a mudança em I_i de um período para o outro em função da passagem do tempo quando a variação de e_i é igual a zero (WOOLDRIDGE, 2002)

Outra forma de pensar em uma sequência com uma tendência temporal linear é que seu valor médio é uma função linear do tempo, conforme equação 2 abaixo:

$$E(I_i) = a + bt_i \quad (2)$$

Desta forma, se $b > 0$, então, em média, I_i está crescendo ao longo do tempo e, portanto, tem uma tendência linear crescente. Se $b < 0$, então I_i tem uma tendência (linear) decrescente. Os valores de I_i não caem exatamente na linha da tendência temporal linear, mas os seus valores esperados estão sobre a linha. A significância estatística de b é analisada a partir do teste t (WOOLDRIDGE, 2002).

6.2.3 Análise descritiva dos dados

Os indicadores de eficiência energética e consumo de energia de refrigeradores e condicionadores de ar foram analisados por tipo de aparelho estão descritos no Quadro 7. As classificações quanto à eficiência energética são separadas por tipo de aparelho de forma que um aparelho “A” de um determinado tipo não é necessariamente mais eficiente do que um classificado como “B” de outro tipo, o que justifica a análise feita em separado. Para permitir análise para um período maior, as categorias de refrigeradores “*frost free*” e a separação por categorias de capacidade de refrigeração dos condicionadores de ar de janela foram

desconsideradas⁶. Os congeladores e condicionadores de ar cassete, piso-teto e com capacidade superior a 36 mil BTU/s também não foram incluídos pelo mesmo motivo.

Quadro 7: Descrição dos tipos de aparelho

Aparelho	Tipos	Descrição
Refrigerador	Uma porta	Refrigeradores cujos compartimentos de resfriamento e congelamento possuem a mesma porta de acesso
	Combinados	Refrigeradores cujos compartimentos de resfriamento e congelamento possuem portas separadas
Condicionador de ar	Janela	Condicionadores de ar com unidades condensadoras e evaporadoras integradas no mesmo corpo
	Split	Condicionadores de ar com unidades condensadoras e evaporadoras isoladas em corpos distintos

Fonte: Elaboração própria

O programa de etiquetagem de refrigeradores teve início em 1984, porém os procedimentos de ensaios do programa passaram por uma mudança significativa em 1998, com a substituição da norma NBR para a série de normas ISO (INMETRO, 2006)⁷. A diferença de métodos de medição entre as normas utilizada antes e após 1998 faz com que os indicadores de eficiência energética dos dois períodos não sejam diretamente comparáveis. Outra mudança metodológica importante ocorreu em 2003, quando se passou a utilizar no índice de eficiência energética utilizado até hoje. Embora no período entre 1998 e 2003 se utilizasse a mesma norma técnica de ensaio, nem todas as informações memória de cálculo do índice a partir de 2003 estão disponíveis no período anterior, de forma que não é trivial reconstruir o índice para os anos anteriores a 2003. Por isso utilizou-se apenas os dados posteriores a esse período.

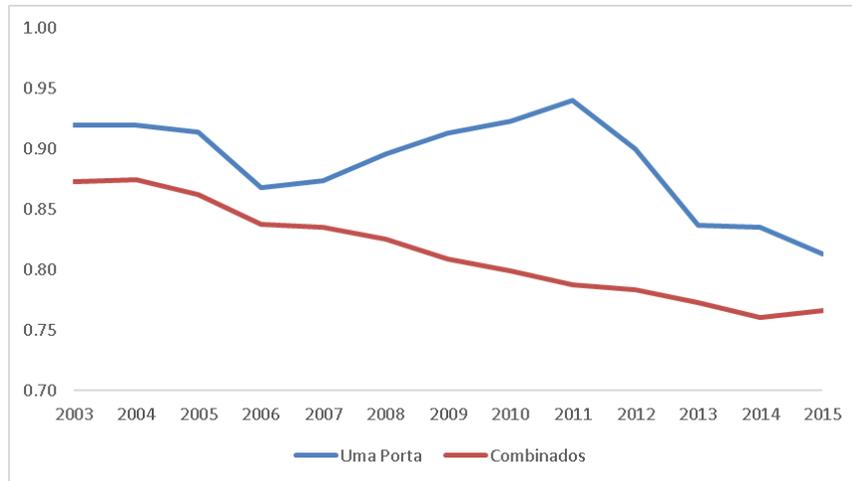
Os Gráficos 2 e 3 apresentam, respectivamente, a evolução da eficiência energética dos refrigeradores e condicionadores de ar (os dados referentes aos gráficos estão no Apêndice A). O índice de eficiência energética dos refrigeradores possui orientação negativa,

⁶ As classificações dos refrigeradores separam os dos tipos *frost free* (uma porta ou combinado) em categorias separadas. Isso correu a partir de 2006, de forma que não é possível obter a série histórica das tabelas em separado para esses tipos. Os Condicionadores de ar de Janela têm classificação separada em quatro categorias de capacidade de refrigeração desde 2002.

⁷ Posteriormente, as normas ISO substituída pela norma IEC, sendo que esta última não alterou significativamente os métodos de ensaios (INMETRO, 2015)

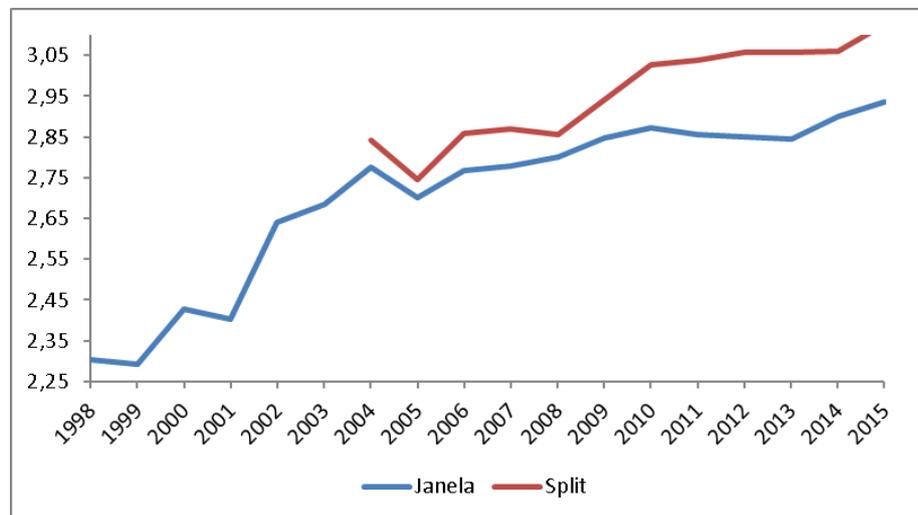
de modo que quanto menor o valor do índice maior a eficiência energética do aparelho. Já os índices de eficiência dos condicionadores de ar apresentam orientação positiva.

Gráfico 2: Eficiência energética de refrigeradores por ano e categoria de 1998 a 2015



Fonte: Elaboração própria

Gráfico 3: Eficiência energética de Condicionadores de ar por ano e categoria de 1998 a 2015



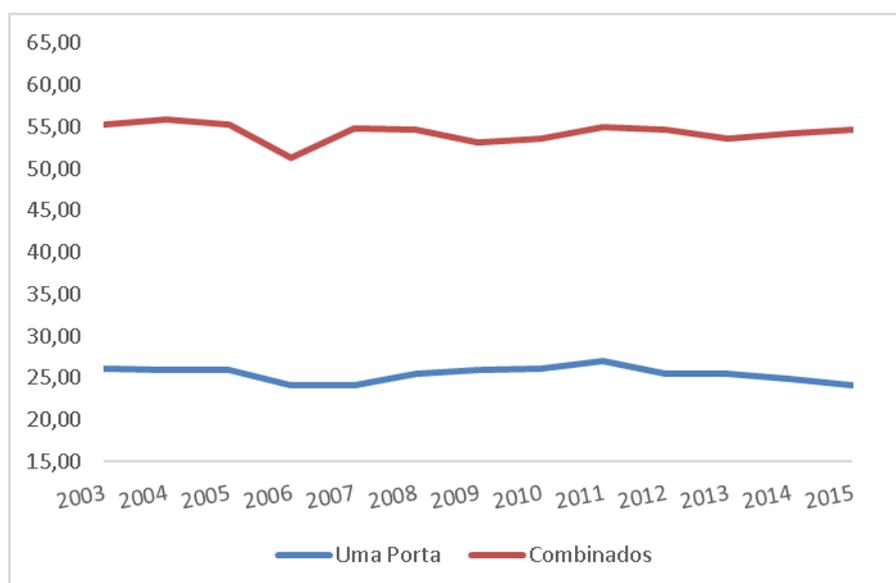
Fonte: Elaboração própria

Observa-se que os refrigeradores de uma porta apresentaram aumento da eficiência energética entre 2003 e 2006, seguido de uma queda entre 2006 e 2011 e novamente de elevação até 2015. Os refrigeradores combinados por sua vez apresentam aumento na eficiência energética em praticamente todo o período. O Gráfico 1 indica que, tomando como base o índice de eficiência utilizado, os refrigeradores combinados apresentaram eficiência energética superior aos de uma porta em todo o período.

O gráfico 2 apresenta uma elevação significativa da eficiência energética de ambos os tipos de condicionadores de ar, especialmente dos condicionadores do tipo Janela, evidenciando também que os condicionadores do tipo Split são em média mais eficientes do que os do tipo janela ao longo de todo o período.

Os Gráficos 4 e 5 apresentam a evolução dos indicadores de consumo de energia médios para os refrigeradores e condicionadores de ar, calculados a partir dos dados das tabelas do PBE. O indicador do consumo de energia dos refrigeradores corresponde ao consumo de energia mensal em kWh/mês medido em laboratório, já o indicador de consumo dos condicionadores de ar corresponde à potência elétrica consumida (em W).

Gráfico 4: Consumo de energia em kWh/mês de refrigeradores por ano e categoria de 1998 a 2015

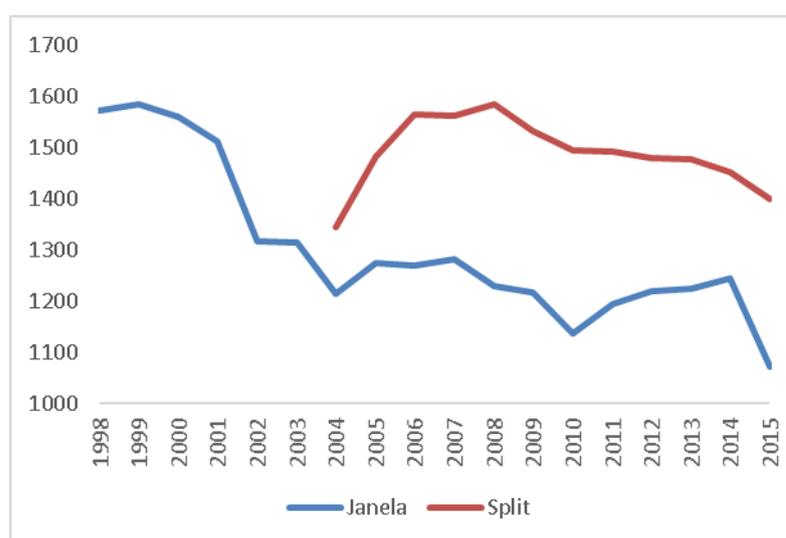


Fonte: elaboração própria

No Gráfico 4 os refrigeradores de uma porta apresentaram consumo médio substancialmente menor do que os refrigeradores do tipo combinado e não há tendência aparente nem de elevação ou queda do consumo ao longo do tempo. É claro que essa diferença é em grande parte explicada pela diferença de volumes internos dos refrigeradores, na medida em que a diferença de eficiência energética entre eles não é tão substancial assim. De qualquer modo, se os consumidores modificam sua preferência em favor de refrigeradores do tipo combinado ao invés do de uma porta, o resultado final será obviamente um aumento do consumo de energia médio desses aparelhos no mercado.

Em relação aos condicionadores de ar, o Gráfico 5 indica que as diferenças de consumo entre os tipos são também substanciais, com os condicionadores de janela apresentando potência média inferior aos Split em todos os anos a partir da sua entrada no programa. Os condicionadores de janela apresentam queda em praticamente todo o período, já os Split apresentam elevação nos primeiros anos da sua entrada nos programas até 2008, e depois apresenta queda nos anos seguintes.

Gráfico 5: Potência Elétrica dos condicionadores de ar por ano e categoria de 1998 a 2015 em W/h



Fonte: Elaboração própria

Vale ressaltar que os valores estimados para médias dos indicadores de eficiência energética e consumo de energia correspondem aos modelos disponibilizados no mercado pelos fornecedores sem considerar o volume de vendas de cada modelo. No caso dos valores de consumo, por exemplo, é provável que a média de mercado seja inferior, uma vez que os modelos de menor porte, mais populares, sejam vendidos em maior volume. Como não se dispõe de dados de venda desagregado por modelo, não será possível realizar essa análise.

6.2.4 Resultado

A Tabela 1 apresenta os coeficientes da tendência temporal linear estimados para cada aparelho e categoria. A regressão foi “rodada” com o indicador na forma logarítmica, portanto os valores do coeficiente se referem a mudanças percentuais do indicador ao longo do tempo. Tanto refrigeradores quanto condicionadores de ar apresentaram tendência estatisticamente

significativa de elevação da eficiência energética. A maior variação ocorre com os condicionadores de janela, que apresentaram tendência medida de elevação de 1,4% ao ano. A menor tendência registrada foi para os condicionadores de ar de janela, com aumento médio da eficiência energética de 0,7% ano.

Tabela 1: Coeficiente da tendência linear da eficiência energética dos refrigeradores e condicionadores de ar no PBE de 1998 a 2015

Aparelho	Categoria	%	t-est	N (obs)
Refrigerador	Uma Porta	-0,70	(8.16)**	13
	Combinados	-1,20	(20.11)**	13
Condicionador de ar	Janela	1,40	(8.16)**	18
	Split	1,10	(8.65)**	12

Fonte: Elaboração própria

Nível de significância * = 5%, ** = 1%

A Tabela 2 sintetiza os coeficientes da tendência linear estimados para o consumo energia. Todos os coeficientes de tendência estimados são negativos, porém apenas para os condicionadores do tipo janela os coeficientes são estatisticamente significativos e, para os demais casos, os valores são poucos expressivos. Os condicionadores de janela apresentaram tendência de redução do consumo de energia de 1,8% ao ano em média enquanto que os condicionadores de ar tiveram tendência de aumento de 0,1% ao ano em média.

Tabela 2: Coeficiente da tendência linear do consumo de energia dos refrigeradores e condicionadores de ar no PBE entre 1998 e 2015

Aparelho	Tipo	%	t-est	N (obs)
Refrigerador	Uma Porta	-0,20	(0,69)	13
	Combinados	-0,10	(0,55)	13
Condicionador de ar	Janela	-1,80	(6,68)**	18
	Split	-0,20	(1,43)	12

Fonte: Elaboração própria

Nível de significância * = 5%, ** = 1%

Em resumo, quanto à eficiência energética os refrigeradores e condicionadores de ar apresentam a tendência esperada pelo programa, de aumento ao longo do tempo. Em relação ao consumo, por outro lado, com exceção dos condicionadores de Janela, os dados apontam que o consumo permaneceu praticamente inalterado ao longo do tempo. É claro que o período

relativamente curto da análise de tendência pode ter afetado tanto os valores dos coeficientes quanto a significância estatística dos testes.

Evidentemente, como o consumo de energia é função tanto da eficiência energética quanto da quantidade de serviço energético, a variação do consumo não explicada pela eficiência ocorre em função da variação do serviço. No caso dos condicionadores de ar o índice de eficiência energética traduz bem essa relação uma vez que é definido pela relação entre capacidade de refrigeração (média em BTU/h) e a potência elétrica. Para os refrigeradores essa relação não é tão direta assim. O índice corresponde à razão entre o consumo de energia e o consumo padrão estimado em função do volume interno do refrigerador e ajustado pela temperatura dos compartimentos de congelamento. Uma maneira mais simples de medir a quantidade de serviço energético de um refrigerador é pelo volume interno total, formado pela soma dos volumes de todos os compartimentos independente da temperatura. Entretanto, nesse caso os refrigeradores e congeladores de menor temperatura seriam penalizados.

A Tabela 3 apresenta a estimativa dos coeficientes de tendência linear do volume ajustados refrigeradores e capacidade de refrigeração dos condicionadores de ar no período. Os refrigeradores de uma porta apresentam tendência de queda ao longo do tempo, refletindo uma maior preferência por aparelhos de menor porte ou com compartimento de congelamento de menor temperatura. Já os combinados apresentam sentido contrário, de aumento do volume interno ou da temperatura do compartimento de congelamento. Interessante observar que as duas tendências não têm correlação com a variação do consumo de energia dos refrigeradores, que permaneceram praticamente estável ao longo do tempo. Se o índice de eficiência energética medisse diretamente a relação entre volume ajustado e consumo de energia a conclusão seria de que os refrigeradores de uma porta perderam eficiência ao longo do tempo, ao passo que os combinados a aumentaram.

Tabela 3: Coeficiente da tendência linear do volume ajustado dos refrigeradores e condicionadores de ar no PBE entre 1998 e 2015

Aparelho	Categoria	%	t-est	N (obs)
Refrigerador	Uma Porta	-1,2	(3,34)**	13
	Combinados	1,6	(9,41)**	13
Condicionador de ar	Janela	-0,5	(3,20)**	18
	Split	0,8	(2,19)	12

Fonte: elaboração própria

Para os condicionadores de ar apenas os coeficientes dos condicionadores de Janela foram estatisticamente significativos, com tendência de queda ao longo do tempo. Ou seja, uma parte da queda do consumo de energia é atribuído ao aumento da eficiência energética e outra à redução da capacidade de refrigeração ao longo do tempo. Esses dados sugerem que não houve efeito rebote para esses aparelhos, ou seja, o aumento da eficiência energética não estimulou a aquisição de aparelhos de maior capacidade de refrigeração e, conseqüentemente, maior consumo de energia.

6.2.5 Conclusão

O objetivo dessa seção foi responder a primeira questão avaliativa, se a eficiência energética e consumo de energia dos aparelhos etiquetados se comportam da forma esperado pelo programa e, com isso, avaliar se o objetivo principal foi atingido. Para isso, foi realizada uma análise de tendência para os indicadores de eficiência e consumo de energia relativa aos dois programas mais antigos do PBE: condicionadores de ar e refrigeradores. As tendências foram analisadas por meio de uma regressão linear estimada para cada categoria de aparelho por MQO, dos indicadores em função de variável temporal expressa em anos.

Os resultados demonstram que, em relação à eficiência energética os dois aparelhos apresentaram o resultado esperado pelo programa, com aumento médio entre 0,7 % e 1,4% ao ano. Em relação ao consumo de energia somente em um caso analisado o resultado esperado foi alcançado, para os condicionadores de janela. Para os refrigeradores o resultado não é estatisticamente significativo e para os condicionadores de ar Split foi contrário ao esperado, qual seja, de elevação ao longo do tempo.

De fato, pela teoria do programa é esperada que o programa exerça influência maior sobre a eficiência energética do que sobre o consumo de energia, embora não se possa deduzir esse nexos causal a partir da análise realizada nessa seção. O consumo de energia desses aparelhos é função tanto da eficiência energética quanto da capacidade refrigeração. Qualquer mudança que ative a necessidade de aumento desse serviço energético pode provocar o aumento do consumo médio de energia desses aparelhos independentemente do efeito do programa sobre a eficiência energética.

6.3 Questão 2: O nível de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE permite inferir algum resultado ao PBE sobre a eficiência energética dos aparelhos etiquetados?

Nessa seção será examinado o nível de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE. A questão é se os valores relativos a essas variáveis são suficientes para se inferir algum resultado do PBE, uma vez que o seu efeito ocorre via influência sobre a decisão de compra dos consumidores. Além disso, pretende-se analisar a influência de fatores pessoais (idade, sexo, escolaridade e renda) sobre essas variáveis de acordo com o previsto na teoria do programa. Na medida em que os consumidores de cada tipo de aparelho também apresentam variações em relação a esses fatores pessoais, espera-se que o resultado do programa, tudo o mais constante, sejam maiores para os grupos com características de maior influência sobre a intenção de compra de produtos etiquetados.

Para analisar os indicadores, utilizou-se a pesquisa populacional realizada anualmente pelo Inmetro na qual, entre outras questões, os consumidores são inquiridos sobre se reconhecem a ENCE, se entendem corretamente o seu significado e se a levam em conta nas suas decisões de compra de alguns eletrodomésticos específicos (refrigeradores, condicionadores de ar, máquina de lavar e fogões). Cada aspecto analisado (reconhecimento, conhecimento e influência) compreende uma variável binária que indica se o entrevistado responde “sim” ou “não” em relação às três perguntas relativas a cada aspecto. Desta forma, utilizou-se um modelo de análise discreta no qual a variável explicativa assume valor um se o entrevistado responde positivamente à pergunta e zero, caso o contrário.

Esta seção está estruturada em 4 partes, além dessa introdução e da conclusão. Na primeira apresentamos a metodologia utilizada para avaliar nível de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE sobre as decisões de compra dos consumidores, bem como a relação dessas variáveis com fatores pessoais. A segunda contempla a base de dados utilizadas nessa avaliação, qual seja, as pesquisas populacionais do Inmetro. A terceira apresenta a análise do nível dos indicadores de reconhecimento, conhecimento e influência da etiqueta e compara com indicadores similares das pesquisas realizadas pelo programa de etiquetagem ENERGY STAR e a quarta contempla a avaliação da relação dos fatores pessoais sobre esses indicadores da análise.

6.3.1 Modelo de Análise

Os indicadores de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE para com os consumidores foram avaliados a partir da comparação com programas internacionais de grande repercussão para os quais foi possível identificar pesquisas similares. A influência de fatores individuais sobre esses indicadores foi avaliada por meio de modelo de escolha discreta no qual esses aspectos são especificados como variáveis latentes subjacentes, conforme equação 3 abaixo:

$$y_i^* = \mathbf{X}_i\beta + \varepsilon_i \quad 3$$

Em que y_i^* representa a medida latente o conhecimento de consumidores sobre a ENCE ou intenção de compra desses em função desta, \mathbf{X}_i é um vetor de características individuais (tais como região, sexo, renda e escolaridade), β representa um vetor dos parâmetros de \mathbf{X}_i e ε_i os resíduos (a variação de y_i^* não explicadas pelas variáveis em \mathbf{X}_i). Como y_i^* não é observado diretamente, define-se y_i^* como positivo ou negativo a partir de um modelo de resposta binária no qual os consumidores respondem sim ou não para perguntas do tipo “conhecem a etiqueta?”, “levou em conta a etiqueta nas suas decisões de compra?”, etc., conforme equação 4 abaixo:

$$y = \begin{cases} 1 & \text{se } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{se } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad 4$$

Conforme Wooldridge (2002), em modelos de resposta binária estamos interessados na probabilidade sucesso de determinado evento, por exemplo, se os consumidores respondem conhecer a ENCE ou se a utilizam nas suas decisões de compra, expressa na equação 5 abaixo:

$$p(y) \equiv P(y = 1/X) = G(\mathbf{X}_i\beta) \quad (5)$$

Em que G expressa uma função de probabilidade acumulada. No modelo de probabilidade linear as estimativas de β expressam as variações marginais em $p(y)$, porém não garante que os valores de probabilidade estão no intervalo entre 0 e 1. Por esta razão, é mais frequente o uso de outras funções de probabilidade acumulada, como as funções normal ou logística. O modelo Probit é um caso especial quando a função de distribuição G é uma função normal.

No modelo Probit os efeitos marginais das variáveis não são obtidos diretamente das estimativas de G e a derivação desse efeito a partir de G é feita de maneira distinta a depender se x_j é contínuo ou discreto (WOOLDRIDGE, 2002). No caso em que x_j é contínuo os efeitos marginais são obtidos a partir da seguinte equação:

$$\frac{\partial p(X)}{\partial x_i} = g(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta})\beta_j \quad (6)$$

Em que $g(z) \equiv \frac{dG}{dz}(z)$

Desta forma o efeito parcial de x_j em $p(y)$ depende de \mathbf{X} em $g(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta})$. Se G é uma função de distribuição acumulada, com o modelo Probit, $g(z) > 0$ para todos os z . Desta forma o sinal do efeito é o mesmo do sinal de β assim como o efeito relativo não depende de X^8 .

Se x_k é uma variável binária então o efeito parcial da mudança de x_k de zero para um, mantendo todas as demais variáveis constantes, é dado pela equação:

$$G(\beta_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{k-1} x_{k-1} + \beta_k) - G(\beta_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{k-1} x_{k-1}) \quad (7)$$

Novamente, a equação indica que o efeito parcial depende dos valores das outras variáveis. Por exemplo, se estivermos examinando se homens possuem maior probabilidade de conhecer a etiqueta em relação às mulheres, o sinal do coeficiente em g .3 é suficiente para obter essa resposta. Entretanto, se quisermos saber a magnitude desse em efeito é necessário estimar a equação 7. Devido à natureza não linear da equação do modelo Probit este usualmente estimado pelo Estimador de Máxima Verossimilhança (EMV).

6.3.2 Descrição da Base de dados

Desde 2007, anualmente o Inmetro realiza pesquisa junto à população brasileira com objetivo de (i) avaliar a percepção sobre a eficiência da entidade; (ii) medir grau de entendimento das atividades do Inmetro; (iii) medir nível de conhecimento da marca Inmetro;

⁸ $\frac{\partial p(X)/\partial x_j}{\partial P(X)/\partial x_h} = \frac{\partial x_i}{\partial x_h}$

(iv) avaliar questões sobre confiança de produtos e instrumentos de medida, avaliar percepção e (v) opinião da população sobre atuação do Inmetro, entre outros objetivos (INMETRO, 2012).

Desde 2010, primeiro ano da pesquisa a partir do qual se têm os microdados disponíveis, o plano amostral é definido tendo como referência (representatividade) as macrorregiões do Brasil e o porte do município. A Tabela 4 mostra o número de entrevistados na pesquisa por ano e região do país.

A amostragem é definida de forma estratificada, na qual as regiões metropolitanas e as capitais de cada estado selecionado na pesquisa entram certamente (com probabilidade igual a 1) na amostra e com número de entrevistas proporcional a suas respectivas populações. Dentro de cada estrato, nas regiões metropolitanas e nos demais municípios de cada estado, são selecionadas amostras probabilísticas de conglomerados em 3 estágios.

No primeiro estágio, foram selecionados probabilisticamente os municípios que formam a amostra pelo método PPT (Probabilidade Proporcional ao Tamanho), sendo a população de cada município tomado com base para tal seleção. No segundo estágio, foram selecionados probabilisticamente os setores censitários, onde as entrevistas são realizadas também pelo mesmo método (PPT). No terceiro estágio, as pessoas entrevistadas foram selecionadas dentro dos setores censitários, utilizando quotas proporcionais, segundo variáveis de sexo e idade.

Tabela 4: Número de entrevistados nas Pesquisas Populacionais do Inmetro por ano de 2010 a 2015

Região/país	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte/Centro este	890	347	412	1.148	1.227	655
Nordeste	301	749	754	752	640	1.232
Sudeste	560	1.172	1.163	412	853	644
Sul	264	399	397	391	662	856
Brasil	2.015	2.667	2.726	2.703	3.382	3.387

Fonte: elaboração própria, com base em Inmetro (2015)

Em relação à pesquisa, as questões relevantes para esse trabalho são aquelas relativas ao conhecimento e utilização da ENCE pelos consumidores assim como suas características individuais (sexo, idade, escolaridade e renda). Em relação ao PBE são três questões, conforme o Quadro 8 abaixo, cuja estrutura é a mesma dos questionários de todos os anos considerados.

Na primeira pergunta da série o entrevistado é questionado se lembra de ter visto a ENCE mostrando a ele a foto da etiqueta em alguns dos seguintes eletrodomésticos: refrigerador, freezer, lava roupa, ar-condicionado ou fogão. Em seguida é perguntado se ele sabe o significado da etiqueta. Para aqueles que respondem positivamente a essa pergunta, é solicitado que explique o significado da mesma. A última pergunta é se o entrevistado levou em conta a ENCE em algumas das suas decisões de compra.

Quadro 8: Questões relativas ao PBE nas pesquisas populacionais do Inmetro

<p>P15) (MOSTRANDO CARTELA 2 – SELO DE CONSUMO DE ENERGIA)) O (a) Sr(a) lembra de já ter visto esta etiqueta em algum desses produtos: geladeira, freezer, lava roupa, ar-condicionado ou fogão? (UMA OPÇÃO)</p> <p>1() Lembra</p> <p>2() Não lembra</p> <p>P16) O(a) Sr(a) saberia ou não saberia dizer o que significa essa etiqueta? (UMA OPÇÃO)</p> <p>1() Saberia FAÇA P17</p> <p>2() Não saberia ----- VÁ PARA P19</p> <p>P17) O que significa esta etiqueta? (ESPONTÂNEA)</p> <hr/> <p>P18) O(a) sr(a) já levou ou não levou em conta a etiqueta de consumo de energia na decisão de compra de algum desses produtos: geladeira, freezer, lava roupa, ar-condicionado ou fogão, se é que já comprou algum? (UMA OPÇÃO)</p> <p>1() Já levou em conta</p> <p>2() Não levou em conta</p> <p>3() Nunca comprou</p>
--

Fonte: INMETRO (2010)

As respostas sobre o significado da ENCE são então categorizadas na pesquisa a partir da interpretação das respostas dos entrevistados realizada pelo instituto de pesquisa, sob orientação do Inmetro. Foram estabelecidas 6 categorias fixas classificadas em cada um ano, conforme o Quadro 9. Para as respostas que não se encaixam em nenhuma das categorias do quadro são criadas categorias específicas, como respostas do tipo “passou no teste”, “marca do produto” ou até mesmo “valor do IPI”.

Entre as categorias fixas vemos que algumas claramente se referem a informações que não estão contidas na etiqueta, como a segurança ou garantia do produto, embora nos

programas, em muitos casos, há também requisitos relativos à segurança, como risco de choque, superaquecimento, etc. O Quadro 10 abaixo mostra as demais variáveis da pesquisa consideradas no modelo econométrico. As variáveis de renda estão disponíveis apenas entre os anos de 2012 e 2014, as demais estão disponíveis em todos os anos.

Quadro 9: Categorização das respostas em relação ao significado da ENCE

1) Indica consumo de energia em eletrodomésticos
2) Indica produtos ecologicamente corretos/"verdes"
3) Eficiência do consumo de energia
4) Garantia do produto
5) Indica a qualidade do produto
6) Segurança do produto

Fonte: INMETRO (2010)

Quadro 10: Outras variáveis na pesquisa populacional do Inmetro

Variável	Descrição
Unidade da Federação	Pará, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Ceará, Pernambuco, Bahia, São Paulo e Rio de Janeiro
Região	Capital, Interior e Metropolitana
Sexo	Masculino, feminino
Classe Etária	16 a 24
	25 a 34
	35 a 44
	45 a 59
	+60
Escolaridade	Até a 4ª série do Ensino Fundamental incompleto
	4ª série do Ensino Fundamental completo / Fundamental incompleto
	Ensino Fundamental completo / Médio incompleto
	Ensino Médio completo / Superior incompleto
	Ensino Superior completo / Pós-graduação
Classe de Renda	Até R\$ 1.244,00 (Até 2 SM)
	Acima de R\$ 1.244 até R\$ 2.488 (2 a 4 SM)
	Acima de R\$ 2.488 até R\$ 3.732 (4 a 6 SM)
	Acima de R\$ 3.732 até R\$ 6.220 (6 a 10 SM)
	Acima de R\$ 6.220 (Acima de 10 SM)

Fonte: INMETRO (2012)

6.3.3 Nível de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE

Apesar de as pesquisas populacionais do Inmetro serem feitas desde 2007, analisou-se os dados a partir de 2010 a 2015, período para o qual se dispõe dos microdados da pesquisa. A Tabela 5 mostra o percentual de entrevistados que informaram conhecer a ENCE quando mostrada a etiqueta para o mesmo.

Tabela 5: Percentual de pessoas que se lembram da ENCE no Brasil por ano de 2010 a 2015

Ano	Sim	Não	Não sabe	Total
2010	79,0	20,9	0,1	100
2011	81,5	18,5	0,0	100
2012	92,1	7,1	0,8	100
2013	93,7	6,1	0,2	100
2014	91,0	8,3	0,7	100
2015	92,0	7,6	0,4	100

Fonte: Elaboração própria

*base de comparação: toda população

Para aqueles que afirmam se lembrar da ENCE é questionado se sabem o significado da etiqueta e para aqueles que respondem positivamente a essa pergunta é questionado qual seria o significado. Esta última pergunta é aberta e posteriormente categorizada na pesquisa conforme discutido anteriormente (ver Quadro 8).

Embora a ENCE para alguns aparelhos forneça informações importantes sobre o desempenho do produto não diretamente relacionados à energia (como a eficiência de lavagem de máquinas de lavar, por exemplo) que poderiam ser interpretadas como indicadores de qualidade do produto, assume-se que as respostas corretas são aquelas correspondentes a categorias diretamente relacionadas à eficiência energética ou consumo de energia, ou seja, as três primeiras categorias do Quadro 9.

A Tabela 6 apresenta o percentual de pessoas que sabem o significado da ENCE considerando apenas as que responderam corretamente a resposta sobre o seu significado. Percebe-se que o percentual é bastante inferior ao nível de reconhecimento da etiqueta. Em 2010 cerca de 60% dos respondentes associavam a o significado da etiqueta a termos como “consumo de energia”, “ecologicamente correto” ou “eficiência energética”, percentual que chega a 66,8% em 2015 depois de atingir o maior valor em 2014 (71,3%).

A comparação desse resultado com outros programas de etiquetagem é um pouco mais complicada, uma vez que é pouco provável o uso da mesma categorização em outras pesquisas.

Uma questão não abordada na pesquisa é que, como tanto as informações sobre a eficiência energética quanto ao consumo de energia estão presentes na etiqueta, não se sabe se o respondente compreende a diferença entre elas. Em outras palavras, se interpretam incorretamente que os produtos de maior eficiência são necessariamente os de menor consumo de energia, incorrendo na “falácia de eficiência energética” (WAECHTER, SÜTTERLIN e SIEGRIS, 2015).

Tabela 6: Percentual de pessoas que sabem o significado da ENCE no Brasil por ano de 2010 a 2015

Ano	Sim	Não	Total
2010	59,6	40,4	100,0
2011	59,7	40,3	100,0
2012	69,5	30,5	100,0
2013	68,6	31,4	100,0
2014	71,3	28,7	100,0
2015	66,8	33,2	100,0

Fonte: Elaboração própria

*base de comparação: toda população

A Tabela 7 sumariza o percentual de pessoas que informaram terem levado em conta a ENCE nas suas decisões de compra de alguns produtos selecionados (refrigerador, freezer, lava roupa, ar-condicionado ou fogão). Os valores oscilam ao longo do tempo em torno de uma média de 70%. Esse percentual indica a proporção de pessoas que declararam ter utilizado a ENCE nas decisões de compra desconsiderando aquelas que informaram não terem comprado qualquer produto ou não lembram se utilizaram a etiqueta. Ou seja, o percentual considera apenas as pessoas que (em tese) realizaram a compra de algum dos produtos citados na questão.

A Tabela 8 apresenta a comparação entre os níveis de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE e diversos programas de etiquetagem no mundo. Em alguns casos, em função da forma como a pergunta é realizada na pesquisa, os valores não são diretamente comparados, porém a pergunta tem sentido equivalente. O nível de reconhecimento é em geral investigado da mesma forma, ou seja, interpelando o entrevistado se já viu em algum eletrodoméstico a etiqueta. O nível de reconhecimento é bastante elevado em todos eles. Isso

é esperado uma vez que trata de programas nacionais ou regionais de grande repercussão e tempo de maturação.

Tabela 7: Percentual de pessoas que levaram em conta a etiqueta nas suas decisões de compra no Brasil por ano de 2010 a 2015

Ano	Sim	Não	Total
2010	77,6	22,4	100,0
2011	67,3	32,7	100,0
2012	71,5	28,5	100,0
2013	67,2	32,8	100,0
2014	72,8	27,2	100,0
2015	69,0	31,0	100,0

Fonte: Elaboração própria

*base de comparação: pessoas que compraram o produto e se lembram

O nível de conhecimento sobre o significado sobre a etiqueta, para os casos que encontramos dados, é relativamente maior do que a ENCE. Em todos os casos considera-se que o entrevistado “conhece” a etiqueta se a relaciona com consumo de energia ou eficiência energética. Em alguns casos, incluem-se outras categorias como indicativo do conhecimento, como referência à qualidade do produto. Isso porque em geral as etiquetas fornecem outras informações sobre as características do produto, além do consumo de energia e eficiência energética. Na pesquisa sobre a etiquetagem europeia, Waide et al. (2013) constata que 55% reportam o significado da etiqueta ao consumo de energia ou eficiência energética. Considerando respostas relacionadas a outros aspectos (“selo verde”, “classe de energia”) esse percentual sobe para 72%.

Tabela 8: Reconhecimento, conhecimento e influência de programas de etiquetagem

	ENCE	ENERGY STAR	ETIQUETA EUROPEIA	ETIQUETA AUSTRALIANA
Reconhecimento	92%	88%	80% a 95%	94%
Conhecimento	67%	76% a 85%	55% a 72%	
Influência	69%	77%	53%	

Fonte: INMETRO (2015), ENERGY STAR (2015), ECONFYS (2012), Waide *et al.* (2013), Artcraft Research, (2006)

Em relação à influência da etiqueta sobre a decisão de compra, as diferenças de resultados são bastantes significativas. Enquanto na pesquisa sobre a ENCE a pergunta é se o entrevistado utiliza a etiqueta nas suas decisões de compra, a pesquisa sobre o ENERGY STAR questiona se o consumidor adquiriu um produto com o selo recentemente e a pesquisa sobre a etiquetagem europeia questiona sobre a preferência por produtos mais eficientes. Embora os valores não sejam diretamente comparáveis, são importantes indicadores da influência de cada produto.

De forma geral os dados mostram que os níveis de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE são bastante elevados, e similares a outros programas importantes em outros países ou bloco econômicos.

6.3.4 Influência de fatores pessoais sobre o reconhecimento, conhecimento e utilização da ENCE

Nessa seção será apresentada a análise dos resultados estimados dos modelos Probit para avaliar o efeito dos fatores pessoais sobre a probabilidade de que os consumidores se lembrem da ENCE, entendem o seu significado e a levam em conta nas suas decisões de compra. Nos modelos Probit a significância estatística é avaliada da mesma forma que regressões estimadas por MQO. Entretanto, sua interpretação é diferente, uma vez que não expressam diretamente os efeitos marginais das variáveis independentes sobre a dependente, conforme discutido anteriormente. Isso porque os efeitos marginais dependem da definição dos valores para as demais variáveis do modelo, conforme equações 6 e 7.

As tabelas 9 e 10 sistematizam os efeitos marginais estimados para as variáveis considerando os valores médios com referência. Os coeficientes estimados do modelo Probit estão no Apêndice D. Excluem-se também os coeficientes referentes à variável temporal (ano) aos estados e região geográfica que também podem ser vistas no Apêndice.

A tabela 9 apresenta as estimativas do Modelo 1 para as três variáveis da análise considerando todo o período da pesquisa cujos os dados estão disponíveis (2010 e 2015) e exclui do modelo a variável de renda, que está disponível apenas para os anos de 2012, 2013 e 2014. A Tabela 10 apresenta as estimativas dos modelos 2 e 3, referente somente ao período com os dados de renda disponíveis, respectivamente, com e sem os dados de renda. As probabilidades relacionadas ao conhecimento (se sabem o significado da ENCE) são condicionais ao reconhecimento da etiqueta e as probabilidades relacionadas à influência (se

levam em conta a etiqueta nas suas decisões de compra) são condicionais ao reconhecimento e à compra de algum produto.

Com exceção da variável temporal (ano), todas as demais são variáveis *dummies* que expressam o efeito marginal *vis-à-vis* alguma categoria de referência. As categorias de referência são o estado do Pará, a capital em relação à região do estudo, o sexo masculino, a classe de escolaridade de até a 4ª série do ensino fundamental, idade entre 16 e 24 anos e classe de renda de até R\$ 1.244,00.

Analisando as estimativas do Modelo 1, constata-se que as mulheres têm 2,4% de probabilidade maior do que os homens de reconhecer a ENCE, porém possuem menor probabilidade de conhecerem o seu significado (3,9% inferior). A diferença em relação influencia não é estatisticamente significativa. O efeito marginal da variável de escolaridade mostra que quanto maior o nível educacional maior será a probabilidade de reconhecimento, conhecimento ou influência da ENCE. Por exemplo, em comparação com pessoas com até o quarto ano de ensino fundamental (incompleto), uma pessoa com ensino superior tem probabilidade 20,1 % maior de reconhecer a etiqueta, 34,4% maior de entender o seu significado e 34,8% maior de utilizar a etiqueta nas suas decisões de compra.

Em relação à idade vê-se que pessoas idosas tem menor probabilidade de reconhecer a ENCE em comparação às mais novas. Quanto ao conhecimento do significado da ENCE e sua influência na decisão de compra, em comparação à classe etária entre 16 e 24 anos, todas as demais foram positivas e estatisticamente significativas. O grupo de destaque para estes aspectos foram adultos com idade entre 35 e 44 anos, que possuem probabilidade 12,3% e 14,6% maiores do que o grupo de menor classe etária em relação ao conhecimento e à influência da etiqueta, respectivamente.

Dada a alta correlação entre escolaridade e renda é interessante observar o efeito da inclusão desta no modelo sobre o efeito marginal daquela sobre os aspectos analisados. Os dados atestam que de fato a inclusão da renda reduz o efeito marginal da escolaridade, porém o efeito da renda permanece positivo e estatisticamente significativo.

Os Modelos 2 e 3, de cujas estimativas estão apresentadas na tabela 10, indicam o efeito marginal da renda sobre os aspectos analisados e compara o efeito da inclusão dessa variável sobre as demais.

Tabela 9: Estimativas do Modelo 1 das probabilidades de reconhecimento, conhecimento e influência da etiqueta dos consumidores entre 2010 e 2015

Variáveis	Reconhecimento	Conhecimento	Influência
Feminino	0,024 (5,75)**	-0,039 (5,55)**	-0,004 (0,53)
5ª a 8ª fundamental	0,109 (10,29)**	0,074 (4,64)**	0,096 (6,93)**
Médio Incompleto	0,148 (13,83)**	0,158 (10,10)**	0,155 (10,99)**
Médio Completo	0,187 (18,82)**	0,281 (19,66)**	0,280 (21,67)**
Superior	0,201 (19,51)**	0,344 (22,30)**	0,348 (22,10)**
25 a 34 anos	0,010 (1,67)	0,100 (8,69)**	0,122 (10,00)**
35 a 44 anos	-0,001 (0,23)	0,123 (10,31)**	0,146 (11,50)**
45 a 59 anos	-0,042 (6,11)**	0,103 (8,54)**	0,105 (8,23)**
60 anos ou mais	-0,104 (10,79)**	0,059 (3,86)**	0,029 (1,85)
LR chi2(20)	1.996	1.214	1.447
Prob > chi2	0,0000	0,0000	0,0000
Pseudo R2	0,1694	0,0715	0,0638

* p<0.10, ** p<0.05

Fonte: elaboração própria

Em relação reconhecimento, vê-se que quanto maior renda maior essa probabilidade. Em relação ao efeito marginal da renda sobre conhecimento e influência vê-se que em comparação com o grupo de menor renda (de até R\$ 1.244,00), os demais grupos apresentam probabilidade superior, porém o efeito marginal não cresce conforme a renda, tal como em relação reconhecimento. Ou seja, tomando-se como referência outra classe de renda como, por exemplo, entre R\$ 1.244,00 e R\$ 2.488,00, não haveria um efeito marginal positivo para as demais classes de renda.

Em resumo a análise demonstra que fatores pessoais com idade, renda e escolaridade influenciam a probabilidade de que pessoas reconheçam a ENCE, entendam o seu significado ou a levem em conta nas suas decisões de compra.

Tabela 10: Estimativas dos Modelos 2 e 3 das probabilidades de reconhecimento, conhecimento e influência da etiqueta dos consumidores entre 2012 e 2014

Variáveis	Reconhecimento		Conhecimento		Influência	
Feminino	0,028 (5,92)**	0,031 (6,65)**	-0,051 (5,44)**	-0,041 (4,26)**	-0,012 (1,20)	-0,001 (0,13)
5ª a 8ª fundamental	0,072 (5,86)**	0,054 (4,93)**	0,081 (3,80)**	0,062 (2,91)**	0,12 (5,99)**	0,10 (5,11)**
Médio Incompleto	0,097 (7,86)**	0,072 (6,37)**	0,143 (6,75)**	0,113 (5,31)**	0,17 (8,84)**	0,15 (7,49)**
Médio Completo	0,121 (10,62)**	0,091 (8,47)**	0,289 (15,42)**	0,247 (12,83)**	0,29 (16,66)**	0,25 (13,58)**
Superior	0,133 (11,33)**	0,096 (7,94)**	0,344 (17,17)**	0,293 (13,51)**	0,39 (19,10)**	0,32 (14,25)**
25 a 34 anos	0,016 (2,46)*	0,012 (1,99)*	0,102 (6,46)**	0,099 (6,28)**	0,12 (7,09)**	0,11 (6,57)**
35 a 44 anos	0,006 (0,92)	0,001 (0,10)	0,129 (8,00)**	0,120 (7,40)**	0,17 (10,02)**	0,16 (9,12)**
45 a 59 anos	-0,038 (4,64)**	-0,046 (5,81)**	0,121 (7,45)**	0,107 (6,54)**	0,12 (6,93)**	0,10 (5,78)**
60 anos ou mais	-0,096 (7,94)**	-0,102 (8,52)**	0,064 (3,13)**	0,048 (2,31)*	0,01 (0,37)	-0,01 (0,30)
R\$ 1.244 a R\$ 2.488		0,026 (4,31)**		0,072 (5,96)**		0,08 (5,75)**
R\$ 2.488 a R\$ 3.732		0,043 (6,59)**		0,102 (7,15)**		0,13 (8,14)**
R\$ 3.732 a R\$ 6.220		0,044 (5,31)**		0,103 (5,37)**		0,12 (5,71)**
Acima de R\$ 6.220		0,046 (4,67)**		0,087 (3,36)**		0,09 (3,19)**
LR chi2(20)	770	799	763	811	828	854
Prob > chi2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pseudo R2	0,1593	0,1717	0,0850	0,0928	0,0729	0,0773

* p<0.10, ** p<0.05

Fonte: elaboração própria

A título de exemplificação na Tabela 11 extrai-se a probabilidade de um homem com idade entre 25 e 24 anos levar em conta a etiqueta na sua decisão de compra de acordo com nível de renda e escolaridade. Nos casos mais extremo, um homem com escolaridade de até o 4º do fundamental e renda de até R\$ 1.244,00 possuem uma probabilidade de 57% de levar em conta a ENCE em suas decisões de compra; no outro extremo, um homem com curso superior completo e renda entre R\$ 3.732,00 e R\$ 6.220,00 essa probabilidade é de cerca de 90%.

Para todas as classes de renda a probabilidade aumenta com a escolaridade, porém quando fixamos o nível de escolaridade e ampliamos a classe de renda o aumento da probabilidade ocorre até o quarto nível (R\$ 3.732,00 e R\$ 6.220,00) e as diferenças entre este nível e o terceiro não é expressivo. A escolaridade apresenta o efeito esperado uma vez que se

espera que pessoas mais escolarizadas possuam em média maior capacidade de compreensão de aspectos técnicos como consumo de energia e eficiência energética

Tabela 11: Probabilidade da influência da etiqueta na decisão de compra por renda e escolaridade em percentual

Escolaridade	Renda (R\$)				
	Até 1.244	1.244 a 2.488	2.488 a 3.732	3.732 a 6.220	Acima de 6.220
Até 4ª Série Fundamental	57,01	62,71	67,54	67,74	63,29
5ª a 8ª fundamental	63,31	68,71	73,18	73,36	69,25
Médio Incompleto	68,79	73,81	77,89	78,04	74,31
Médio Completo	77,25	81,45	84,74	84,87	81,86
Superior	84,04	87,36	89,88	89,97	87,68

Fonte: Elaboração própria

O efeito da renda sobre a influência da ENCE é de mais difícil explicação. Esse efeito pode ser pelo fato de a renda estar associada à posse de um volume maior de eletrodomésticos o que induziria a uma maior preocupação com o consumo de energia. Uma explicação para o fato de as pessoas da última classe de renda serem menos influenciadas pela ENCE nas suas decisões de compra pode se dar pelo fato de que o consumo de energia representa uma parcela menos significativa da sua renda e, portanto, informações sobre o consumo de energia os aparelhos seriam menos relevantes, em termos econômicos, nas suas decisões de compra.

Se a conscientização com a ENCE for entendida como um indicador da preocupação com a eficiência energética de aparelhos em geral, o corolário desse resultado é que o aumento do nível educacional e renda da população provoca um aumento dessa conscientização. Entretanto, no segundo caso, esse aumento ocorreria até certo ponto. Para níveis mais elevados de renda, a questão da eficiência energética de aparelhos elétricos passaria a ter menor relevância. Evidentemente essa conclusão seria uma extrapolação dos resultados obtidos e carece de maior investigação, mas teria uma relevância substantiva para as políticas de eficiência energética.

6.3.5 Conclusão

O objetivo dessa seção foi avaliar se os consumidores reconhecem e interpretam corretamente a ENCE e se essa exerce efeito sobre as suas decisões de compra, e como fatores pessoais (tais como idade, sexo, escolaridade e renda) influenciam esses aspectos. Reconhecimento e interpretação correta são premissas importantes para se inferir qualquer

resultado a partir do programa, como destacado na teoria do programa. A influência do programa sobre a intenção de compra pelos consumidores constitui o elo principal entre o programa e a elevação da eficiência energética dos produtos, mecanismo principal pelo qual o programa promoveria o resultado final, de redução do consumo de energia.

Nesta avaliação, utilizou-se os dados das pesquisas populacionais do Inmetro, cujos microdados estão disponíveis de 2010 a 2015. Na pesquisa, realizada anualmente, os entrevistados são inquiridos se reconhecem a etiqueta, conhecem o seu significado e se a utilizaram na compra de algum eletrodoméstico. As informações sobre as características individuais permitem investigar a relação entre estes fatores e aqueles aspectos.

Os dados apresentam um percentual elevado de reconhecimento da ENCE e que esse percentual foi aumentando ao longo do tempo (79% em 2010 para 92 % em 2015). Já o percentual de pessoas que interpretam corretamente o significado da etiqueta se situava em torno de 67% da população em 2015, percentual próximo da média do período (65,89%). Em relação a utilização à etiqueta nas decisões de compra de eletrodomésticos, 71% dos entrevistados declaram a ter levada em conta nas suas decisões de compra, percentual também consideravelmente elevado em comparação com outros programas. Entretanto, os dados não revelam qual a classe de eficiência do aparelho adquirido.

Na análise dos fatores que influenciam o reconhecimento, conhecimento e influência da etiqueta, observa-se uma variação significativa entre determinados grupos populacionais. Por exemplo, uma pessoa do sexo masculino, com escolaridade de até o 4º do fundamental e renda de até R\$ 1.244,00 possuem uma probabilidade de 57% de levar em conta a ENCE em suas decisões de compra; enquanto que para um homem com curso superior completo e renda entre R\$ 3.732,00 e R\$ 6.220,00 essa probabilidade é de aproximadamente 90%. Essas variações são relevantes na medida em que as características dos consumidores de determinados tipos de aparelhos também variam.

Em resumo, a análise conclui que o PBE apresenta níveis de reconhecimento, conhecimento e influência da ENCE bastante elevados. Uma limitação da análise diz respeito a como exatamente os consumidores utilizam a etiqueta nas suas decisões de compra, em particular sobre o quanto modificam sua preferência por produtos mais eficientes em função da etiqueta. Da mesma forma, quando o entrevistado interpreta à etiqueta como uma indicação dos produtos que consomem menos energia não é possível saber se se refere à classificação quanto à eficiência energética ou à informação sobre o consumo energia que também é fornecida na ENCE. Deste modo, não é possível a partir desses dados avaliar se os consumidores incorrem na “falácia da eficiência energética”.

6.4 Questão 3: Os NMEE promovem o aumento da eficiência energética e a redução do consumo de energia dos aparelhos no mercado?

Nessa seção avaliamos o efeito dos NMEE sobre a eficiência energética e consumo de energia dos refrigeradores e condicionadores de ar. Os primeiros NMEE para esses aparelhos no Brasil foram estabelecidos em 2007 e revisados em 2011. A teoria do programa postula que os NMEE operam por mecanismo diverso da etiquetagem, uma vez que independem da influência sobre a intenção de compra dos consumidores para produzir seus resultados.

O efeito dos NMEE sobre a eficiência energética e consumo de energia está relacionado a dois fatores principais: o quanto o “corte” foi rigoroso, ou seja, o quanto acima do limite inferior de eficiência foi fixado (i), e a tendência dos aparelhos menos eficientes (ou dos aparelhos com eficiência inferior aos NMEE) permanecerem no mercado sem os NMEE (ii). Se há uma tendência de estes aparelhos serem excluído pela própria dinâmica de mercado ou em razão de outros fatores, evidentemente a medida seria inócua, ou ainda estaria restrita ao tempo necessário para que esses aparelhos estejam “naturalmente” fora do mercado. De fato, os NMEE atuam quando a própria etiquetagem não exerce esse efeito, quando há, por exemplo, a presença de incentivos divergentes no mercado.

A seção está dividida em quatro partes, além dessa introdução e da conclusão. A primeira compreende a metodologia utilizada para avaliar o efeito dos NMEE sobre a eficiência energética e consumo de energia. A segunda apresenta resumidamente o histórico dos NMEE de refrigeradores e condicionadores de ar. A terceira avalia o tamanho do “corte” realizado pelos NMEE a partir da estimativa do número de modelos que foram excluídos do mercado. A quarta apresenta os resultados estimados da redução do consumo de energia.

6.4.1 Modelo de Análise

De acordo com os pressupostos da teoria do programa apresentada na seção 5.2, os efeitos dos NMEE dependem de dois fatores principais: o tamanho do “corte” ocasionado pela medida e a tendência de permanência no mercado dos aparelhos menos eficientes. A análise dos efeitos dos NMEE é realizada a partir da análise contrafactual em que a linha de base é estimada a partir desses dois parâmetros, conforme equação 8.

$$EE_t = \sum_{t=1}^n (CE_{Rt} - CE_{Rt}) * V_t * U \quad (8)$$

Em que EE_t é a economia de energia, CE_{Rt} o consumo de energia real (observado), CE_{Bt} o consumo da linha de base, V_t é o volume de vendas internas dos aparelhos, U é o tempo de utilização em um dado período e o subscrito t denota o período (em anos).

O somatório das diferenças entre consumo observado e da linha de base demonstra o feito acumulativo da economia de energia, uma vez que essa ocorre ao longo da vida útil do equipamento⁹. A economia do segundo ano após a medida compreende a diferença deste ano mais a diferença do ano anterior (primeiro ano), e assim sucessivamente. O tempo de utilização corresponde ao número de horas em que o equipamento é utilizado em um período (no caso, em um ano).

O Consumo da linha de base é estimado pela equação 9:

$$CE_{Bt} = CE_{Rt} - D * F_t \quad (9)$$

Em que D é a diferença do consumo de energia médio do ano de publicação dos NMEE, antes da entrada em vigor, e o consumo médio de energia desse mesmo ano quando se exclui os aparelhos que não atendem os NMEE. Ou seja, D corresponde o quanto de consumo médio de energia foi reduzido com o “corte” dos produtos com índice de eficiência energética inferior aos NMEE.

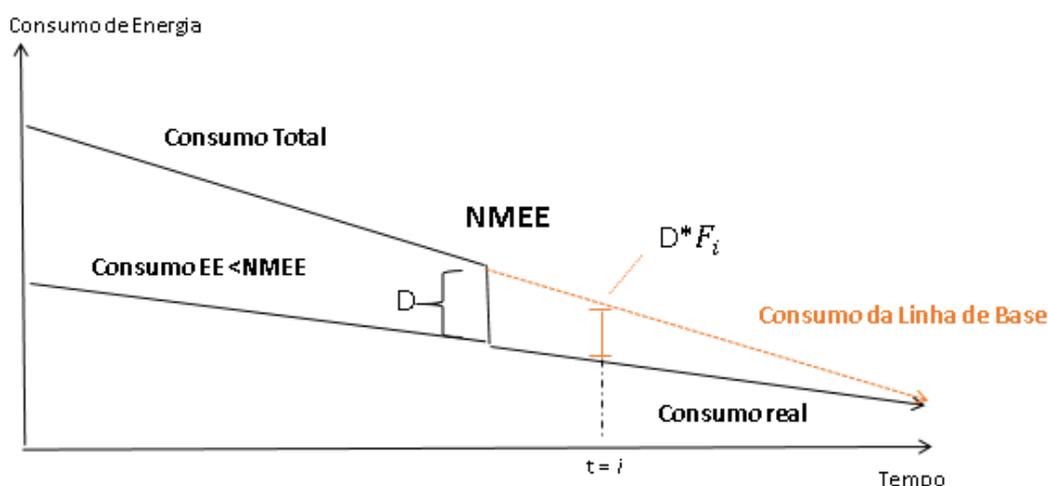
F_t é um fator de redução ou ampliação de D em função da tendência de permanência dos modelos menos eficientes no mercado. Se F_t é igual a um, a economia de energia dos NMEE persiste indefinidamente, se F_t é menor que um o efeito do NMEE se reduz o longo do tempo e se maior que um o efeito não só persiste como se amplia ao longo do tempo.

Uma forma de estimar o fator F_t consistem em comparar a evolução do consumo de energia de todos os modelos do mercado com a evolução do consumo quando se considera apenas os modelos que atendem aos NMEE corresponde aos modelos “não tratados” cuja tendência descreve, por hipótese, o cenário contrafactual, como se pode verificar na Figura 13. A curva de consumo considerando todos os modelos possuem consumo médio maior do que a curva quando os modelos de menor eficiência (inferior ao NMEE) são excluídos, isso, é claro, se não houver diferença entre os dois grupos (que atendem e não atendem os NMEE)

⁹ Os estudos de avaliação da economia de energia geralmente incluem na equação um fator de depreciação do equipamento (CARDOSO. 2008. CARDOSO, 2012). Como o período que se estimou a economia é relativamente curto, por simplificação se desconsiderou esse efeito.

em outros aspectos que afetam o consumo de energia, notadamente a quantidade de serviço energético. A diferença de consumo de energia entre as curvas persiste até o momento em que os NMEE são instituídos e os modelos com eficiência inferior são excluídos.

Figura 13: representação gráfica da economia de energia dos NMEE



Fonte: elaboração própria

A Figura 13 descreve um cenário em que os modelos com eficiência energética inferior as NMEE apresentam uma tendência “natural” de se retirar do mercado maior que os demais modelos. Esse é um cenário esperado especialmente nos casos em que existe um programa de etiquetagem associado, o que, por hipótese, também exerce esse efeito. Nesses casos o efeito dos NMEE será maior quanto menor for a influência da etiquetagem para os produtos menos eficientes, como na presença de incentivos divergentes.

6.4.2 Histórico e avaliação da eficácia dos NMEE de refrigeradores e condicionadores de ar

Os primeiros NMEE para refrigeradores e condicionadores de ar foram instituídos em dezembro de 2007 (MME, 2007a; MME, 2007b) e revisados em 2011 (MME 2011a; MME, 2011b). As Tabelas 12 e 13 destacam os NMEE estabelecidos. Os NMEE de refrigeradores de 2007 estabeleceram limite máximo de consumo de energia por tipo de aparelho como uma função do volume ajustado dos aparelhos. O Volume Ajustado do refrigerador (VA), expresso em litros, é função do Volume do Refrigerador (VR) e do Volume dos demais compartimentos e seções (VC), e é calculado de acordo com a equação 10:

$$VA = m. [VR + \Sigma(f.VC)] \quad (10)$$

Em que o fator m é igual a “1,2” para o caso de equipamentos que utilizam tecnologia *frost-free*, e um para os demais casos (MME, 2007a). O fator f é relativo a cada compartimento ou seção e definido a partir da temperatura do compartimento (MME, 2007a). Os NMEE para refrigeradores de 2011 passaram a utilizar o indicador de eficiência energética do PBE, baseado na razão entre consumo de energia (C) e consumo padrão (Cp), como referência para fixação do limite máximo de consumo. O consumo padrão é estimado por equação similar à utilizada para definir os NMEE de 2007.

Tabela 12: NMEE de refrigeradores

Tipo de Refrigerador	NMEE 2007		NMEE 2011 (C/Cp)
	R141b	Ciclopentano	
Frigobar			1,113
Uma porta	$0,0422*VA + 23,3227$	$0,0416*VA + 22,9786$	1,144
Refrigerador combinado	$0,1118*VA + 20,8413$	$0,1101*VA + 20,5338$	1,132
Refrigerador combinado <i>frost-free</i>	$0,1292*VA + 9,1332$	$0,1258*VA + 8,8936$	1,131
Congelador vertical	$0,0257*VA + 47,8585$	$0,0254*VA + 47,1521$	1,148
Congelador vertical <i>frost-free</i>	$0,0217*VA + 71,6286$	$0,0214*VA + 70,5718$	1,158
Congelador horizontal	$0,0925*VA + 15,9759$	$0,0911*VA + 15,7402$	1,162

Fonte: elaboração própria, com base em MME (2007a) e MME (2007b)

Os NMEE para condicionadores de ar de 2007 e 2011 utilizam o índice do PBE, em que a eficiência energética é definida como sendo a razão entre a sua capacidade de refrigeração e a potência elétrica consumida, ambas expressas em W (INMETRO, 2006b). Para os condicionadores de janela os NMEE foram separados em quatro categorias segundo sua capacidade de refrigeração.

Tabela 13: NMEE de condicionadores de ar

Tipo	Categoria	NMEE 2007	NMEE 2011
	≤ 9.000 BTU/h	2,08	2,68
	9.001 a 13.999	2,16	2,78
	14.000 a 19.999	2,24	2,45
Janela	≥ 20.000	2,11	2,3
Split		2,39	2,6

Fonte: elaboração própria, com base em MME (2007b) e MME (2011b)

Os NMEE de 2007 estabeleceram prazo de adequação de 90 dias para fabricação e importação e de 270 dias para comercialização em geral. Já os NMEE de 2011 fixaram a data de 31 de dezembro de 2011 para fabricação e importação, de 31 de dezembro de 2012 para comercialização por fabricantes e importadores e de 31 de dezembro de 2013 para a comercialização de forma geral. Para os condicionadores de ar dos tipos Cassete e Piso-Teto foram concedidos um ano adicional para cada prazo escalonado.

6.4.3 “Corte” dos NMEE e persistência no mercado dos aparelhos menos eficientes

As Tabelas 14 e 15 apresentam os percentuais de modelos com índice de eficiência inferior ao NMEE de 2007 e de 2011, respectivamente. A Tabela 14 indica que, em relação aos refrigeradores, os cortes de modelos em 2007 praticamente não excluíram nem um modelo do mercado. Desde 2004 não existiam modelos com consumo de energia superior ao NMEE, com exceção de 2008, último ano de adequação, em que 3,09% dos refrigeradores de uma porta atendiam a essa condição. Em relação aos condicionadores de ar, a tabela já mostra um resultado mais significativo, especialmente para os condicionadores de Janela. A tabela indica que para estes aparelhos esse percentual caiu ao longo dos anos. Entretanto, em 2008, ano do último prazo de adequação, esse percentual se situava em 5,7%. Para os condicionadores Split esse percentual em 2008 era de apenas 0,78%.

Tabela 14: Percentual de modelos com índice de eficiência inferior ao NMEE de 2007 por tipo de aparelho e ano

Ano	Refrigerador		Condicionador de ar	
	Uma porta	Combinados	Janela	Split
1998	40,63	40,54	39,13	
1999	25,00	21,54	40,91	
2000	9,62	17,31	25,19	
2001	1,56	20,95	32,89	
2002	0,00	1,20	18,29	
2003	0,00	1,05	19,74	
2004	0,00	0,00	10,26	2,47
2005	0,00	0,00	13,51	11,11
2006	0,00	0,00	11,29	0,76
2007	0,00	0,00	6,82	0,57
2008	3,09	0,00	5,70	0,78

Fonte: elaboração própria

* Os condicionadores Split só entraram no programa em 2004

A Tabela 15 apresenta o percentual de modelos que não atendiam os NMEE de 2011. Os refrigeradores de uma porta apresentam corte mais expressivo se compararmos aos NMEE. Em 2011, ano da publicação da medida, o percentual de modelos que não atendiam aos NMEE se situava em 16,30% dos modelos. Já o “corte” do NMEE para refrigeradores combinados novamente não excluiu nenhum modelo comercializado no mercado. Para os condicionadores de ar, os percentuais de modelos que não atendiam os NMEE no ano da publicação da medida são de 9,68% e 5,12%, respectivamente, para os de Janela e Split, sendo que no primeiro esse percentual se eleva nos anos seguintes até a sua entrada em vigor.

Tabela 15 Percentual de modelos que com índice de eficiência inferior ao NMEE ou consumo de energia superior ao NMC de 2011 por tipo de aparelho e ano

Ano	Refrigerador		Condicionador de ar	
	Uma porta	Combinados	Janela	Split
2009	7,02	0,00	13,91	8,84
2010	10,78	0,00	7,89	5,60
2011	16,30	0,00	9,68	5,12
2012	10,89	0,00	13,78	4,94
2013	1,98	0,00	13,92	3,60
2014	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: elaboração própria

O Gráfico 6 demonstra a tendência da diferença (D_{EE}) entre as médias de eficiência energética (para os condicionadores de ar) e consumo de energia (para os refrigeradores) com e sem os aparelhos que não atendiam os NMEE antes da sua criação. Essa curva é utilizada para estimar o fator f da equação 9, conforme foi explicado na seção 6.4.1. Se a curva tiver inclinação negativa significa que há uma tendência de que os aparelhos menos eficientes saiam do mercado em algum momento mesmo sem os NMEE e vice e versa¹⁰.

O gráfico relativo aos condicionares Split relativo aos NMEE de 2007 não foi incluído em razão do período curto de análise (2004 a 2006). Os demais excluídos foram porque não havia diferença entre as curvas.

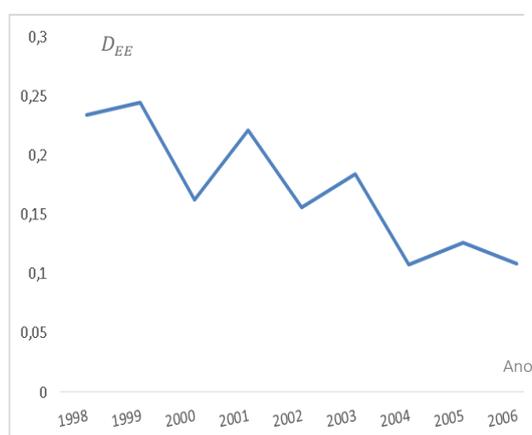
Embora o período relativamente curto das séries dificultar a análise de tendência, é possível notar que para os condicionadores de ar de Janela, em relação ao NMEE de 2007, e

¹⁰ O gráfico relativo aos condicionares Split relativo aos NMEE de 2007 não foi incluído em razão do período curto de análise (2004 a 2006). Os demais excluídos foram porque não havia diferença entre as curvas.

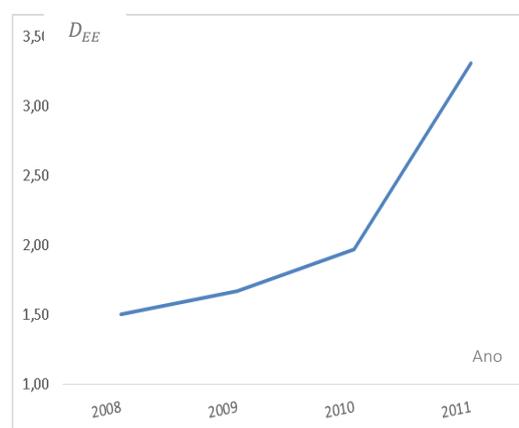
para os condicionadores de ar de Janela e Split, em relação ao NMEE de 2011, houve aproximação das curvas, indicando que os modelos menos eficientes saíam do mercado em algum momento independentemente dos NMEE. Já para os refrigeradores de uma porta, em relação ao NMEE de 2011, houve distanciamento das curvas. Neste caso os dados sugerem que os modelos menos eficientes permaneceriam no mercado e ainda haveria uma piora da eficiência energética ou consumo de energia destes ao longo do tempo.

Gráfico 6: Diferença da eficiência energética com e sem os NMEE por tipo de aparelho e ano

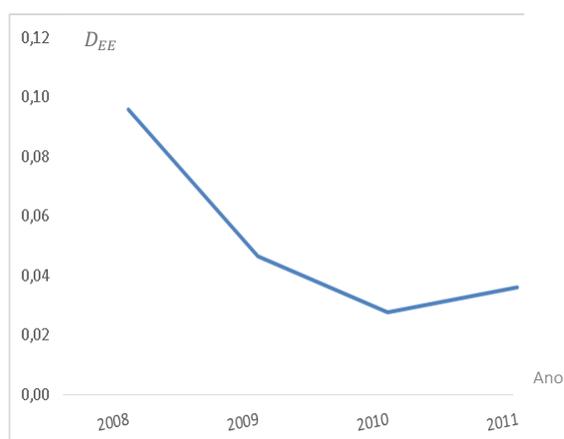
5.a) Condicionador de ar Janela (2007)



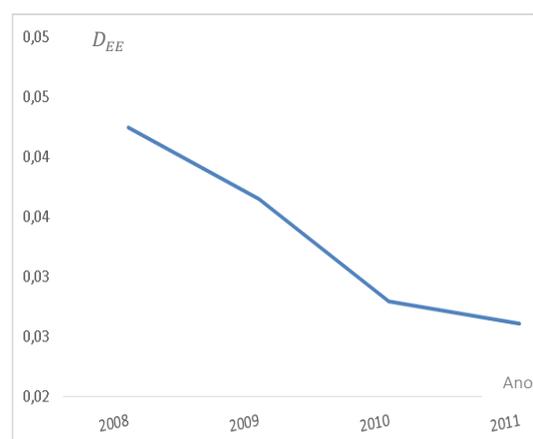
5.b) Refrigerador uma porta (2011)



5.c) Condicionador de ar Janela (2011)



5.b) Condicionador de ar Split (2011)



Fonte: elaboração própria

6.4.5 Resultado

A Tabela 14 destaca a diferença de consumo de energia (em kWh/ano) com e sem os NMEE no ano da publicação dessa medida. Como não havia modelos com eficiência energética (ou consumo energia) abaixo (ou acima) do limite estabelecido para os dois tipos de refrigeradores pelo NMEE de 2007 e para os refrigeradores combinados pelo NMEE 2011, a redução de consumo correspondente não aparece na tabela. Para os refrigeradores, o consumo médio anual de energia corresponde ao consumo médio mensal (em kWh/mês) informado na tabela de eficiência energética do Inmetro multiplicado pelo número de meses no ano. Já para os condicionadores de ar a estimativa do consumo médio anual de energia considerando o número de horas anuais de utilização de 425 horas, estimado a partir da Pesquisa de Posse e Hábito de Uso (ELTROBRÁS, 2006).

A Tabela 16 demonstra que a redução mais significativa do consumo de energia, considerando todo o mercado, foi provocada pelo corte do NMEE de 2011 para refrigeradores de uma porta, uma diferença de 23,58 kWh/ano ou de 99,32 GWh/ano estimado para todo o mercado. Em conjunto, os dados mostram uma redução total de 126,58 GWh/ano relativo às duas medidas.

Para estimar a equação 8, o próximo passo é estimar o fator de redução (f). O Gráfico 5 mostra a aproximação das curvas de eficiência energética para condicionadores de ar e consumo de energia para refrigeradores ao longo do tempo e são a referência principal para se estimar o fator de redução. Uma dificuldade reside no fato de que as séries são relativamente curtas para se estimar tendência, o que levaria a subestimar ou superestimar o valor da economia de energia dos NMEE.

A Tabela 17 apresenta os valores dos coeficientes das curvas do gráfico 5. Os valores foram “rodados” na forma logarítmica, sendo assim os valores dos coeficientes indicaram que as variações percentuais. Vê-se que há dois casos para os quais se têm coeficientes de tendência estatisticamente significativos (ao nível de significância de até 5%): para os condicionadores de ar de Janela em relação aos NMEE de 2007, com redução de 13,1% ao ano, e para refrigeradores de uma porta em relação aos NMEE de 2011, com redução de 13,5% ao ano. Os coeficientes estatisticamente significativos da tabela foram utilizados para a definição dos fatores de redução para os dois casos. Ou seja, consideramos que a diferença de consumo entre os aparelhos com e sem o NMEE no ano da publicação se reduzem a uma taxa de 13,1% e 13,5% ao ano, respectivamente. Para os demais não foi estimado a economia de energia.

Tabela 16: Consumo médio anual de energia em kWh/ano dos aparelhos com e sem os NMEE: 2007 e 2011

NMEE 2007				
Tipo de Aparelho	Total (T)	>NMEE (N)	Variação	
			(T-N)	%
Janela	533,37	522,63	10,74	2,01%
Split	655,66	654,88	0,79	0,12%
NMEE 2011				
Tipo de Aparelho	Total (T)	>NMEE (N)	Variação	
			(T-N)	%
Refrigerador (uma porta)	314,04	290,45	23,58	7,51%
Janela	499,51	493,28	6,24	1,25%
Split	732,53	726,18	6,34	0,87%

Fonte: elaboração própria

Tabela 17: Coeficiente estimado das diferenças entre curvas de eficiência energética e consumo de energia com e sem o NMEE

	Condicionador de ar			Refrigerador
	NMEE(2007)	NMEE (2011)		NMEE (2011)
	Janela	Janela	Split	Uma Porta
Ano	-0.1310	0.1330	-0.1650	-0.1350
t-est	(5.38)**	(1.66)	(1.18)	(5,10)*
Nº obs	9	5	5	5

Fonte: elaboração própria

A última variável necessária para estimar a equação 8 é volume de vendas. A Tabela 18 contém a estimativa do volume de venda por tipo de aparelho de 2006 a 2015 em mil unidades. Os valores da tabela foram estimados através dos dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) de Produtos do IBGE, para as quais não se têm dados estratificados por tipo de aparelho (IBGE, 2015). A estratificação foi realizada através da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) do IBGE para os refrigeradores e dos dados fornecidos pela Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos – ELETROS para condicionadores de ar.

Como a POF fornece dados até 2009, para os demais anos foi realizada a projeção a partir da variação dos anos disponível da POF.

Tabela 18: Vendas por tipo de aparelho e ano em mil unidades de 2006 a 2015

Ano	Refrigerador		Condicionadores de ar	
	Uma porta	Combinado	Janela	Split
2006	3.460	1.774	853	432
2007	3.637	2.123	629	434
2008	3.824	2.506	622	754
2009	4.327	2.773	657	980
2010	4.212	2.799	727	1.743
2011	4.212	2.953	756	2.320
2012	4.501	3.325	873	3.153
2013	4.717	3.667	1.122	4.845
2014	4.073	3.328	1.360	7.186
2015	3.584	3.075	817	5.468

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 19 sumariza os valores estimados de economia de energia para os dois casos analisados, quais sejam, para os condicionadores de ar de Janela em relação aos NMEE de 2007 e para refrigeradores de uma porta em relação aos NMEE de 2011. No primeiro caso a economia de energia total acumulada é de 107,31 GWh/ano e para no segundo é de 228,06 GWh/ano. Essa diferença é explicada tanto pelo fato de que o NMEE de 2011 para refrigeradores de uma porta promoveu uma redução mais significativa do consumo de energia médio dos aparelhos como pelo maior volume de vendas.

Tabela 19: Economia de energia em GWh/ano dos NMEE dos condicionadores de Janela e Refrigeradores de uma Porta de 2009 a 2015

Ano	NMEE 2007 (Janela)	NMEE 2011 (Uma Porta)
2009	5,21	
2010	9,95	
2011	13,81	
2012	17,05	
2013	19,62	81,20
2014	20,84	138,35
2015	20,84	177,23
Total	107,31	396,78

Fonte: Elaboração própria

A estimativa dos resultados apresentados na Tabela 18 apresentam algumas limitações dignas de nota. A primeira é que, como se trata de um estudo *contrafactual*, a linha de base foi estimada sob a premissa de que as diferenças das tendências verificadas no período anterior à medida se manteriam nos anos seguintes. Nos estudos *contrafactuais* isso é feito observando grupos tratados e não tratados, antes e após a medida. No caso em tela, os dois grupos (que atendem e não atendem os NMEE) são observados antes da medida, porém após a sua implementação só se observa os produtos que atendem os NMEE. Na ABT esse problema é contornado pela correlação entre as variáveis que explicam a relação de causa e efeito entre a medida e os resultados pretendidos na teoria do programa, porém nesse caso a teoria não prevê variável intermediadora para se avaliar essa correlação.

A segunda diz respeito ao número de horas utilizado nos cálculos referentes aos condicionadores de ar, uma vez que os dados da tabela fornecem os dados de potência elétrica e não de consumo. Isso porque o tempo de utilização desses aparelhos variam consideravelmente entre as residências em função de características pessoais, demográficas, climáticas, etc. A ausência de pesquisas mais atuais sobre posse e hábito de uso de aparelhos no Brasil justifica o uso de dados de uma pesquisa de 2004 como referência, cuja estimativa do tempo de utilização dos condicionadores de ar é de 425 horas por ano.

A terceira diz respeito à depreciação dos equipamentos ao longo do tempo, uma vez que os cálculos não consideram esse efeito. Há ausência de dados sobre isso no país e como o período é relativamente curto por simplificação não foi incluído esse efeito. Por fim, destacamos que os dados de consumo de energia e potência elétrica são provenientes de ensaios e laboratórios, em condições controladas de operação para permitir a comparação. Em condições reais de uso, esses aparelhos apresentam, logicamente, consumo de energia por tempo de utilização diferente. Alguns estudos têm incorporado esse efeito nos cálculos, mas, dado a sua complexidade, foge do escopo desse trabalho.

6.4.6 Conclusão

Essa seção objetivou responder à terceira questão avaliativa, relacionada ao efeito dos NMEE sobre a eficiência energética e consumo de energia para refrigeradores e condicionadores de ar. Pela teoria do programa os NMEE operam por mecanismo diverso da etiquetagem, uma vez que não dependem do efeito sobre a intenção de compra dos consumidores para produzir seus resultados. Para isso, dois fatores são preponderantes: o quanto acima do limite inferior de eficiência energética ele é estabelecido (refletindo no

número de modelos ineficientes são retirados do mercado) e persistência dos aparelhos menos eficientes em permanecer no mercado caso os NMEE não sejam estabelecidos.

Para analisar esse efeito, foi estimado um modelo em que o “corte” do NMEE foi estimado pela diferença entre a eficiência ou consumo médios dos aparelhos no mercado com e sem os aparelhos que não atendem aos NMEE no ano de publicação da medida e a tendência do cenário *contrafactual* (sem os NMEE) reflete as diferenças da evolução da eficiência (ou consumo) com e os NMEE no período anterior à publicação da medida. Os primeiros NMEE para refrigeradores e condicionadores de ar foram estabelecidos em 2007 e revisados em 2011.

Os resultados mostram que em alguns casos os NMEE foram inócuos (NMEE de 2007 para refrigeradores e NMEE de 2011 para refrigeradores combinados), em outros alcançaram resultados expressivos (NMEE de 2007 para condicionadores de ar de janela e NMEE de 2011 para refrigeradores de uma porta). Nestes dois últimos, tanto o “corte” estabelecidos pelos NMEE foram expressivos como a persistência dos aparelhos menos eficientes no mercado era significativa e geraram uma economia de energia estimada em 107 GWh/ano e 228 GWh/ano, respectivamente.

6.5 Questão 4: A revisão das classes de eficiência energética promove o aumento da eficiência energética e a redução do consumo de energia dos aparelhos no mercado?

Nessa seção pretende-se avaliar a revisão das classes de eficiência energética para refrigeradores e condicionadores de ar. A revisão das classes consiste na elevação dos índices de eficiência que separam cada classe de eficiência de forma que os modelos devam apresentar um nível mais elevado de eficiência para que permaneça na mesma classe ou alcance uma classe superior. Isso é feito, ou pelo menos assim deveria ser, sempre que houver uma concentração excessiva de modelos nas classes superiores de eficiência para permitir a melhor comparação entre os aparelhos no mercado pelo consumidor.

Pela teoria do programa, a revisão de classes ativa o ciclo de reforço principal do programa pelo qual promove o aumento da eficiência energética e a redução do consumo de energia. O ciclo prevê que o aumento da eficiência energética ao longo do tempo aumenta a concentração de modelos nas classes superiores de eficiência, reduzindo a intenção do consumidor de comprar produtos mais eficientes e, por consequência, a aquisição de produtos mais eficientes. A reclassificação reduz a concentração dos produtos nas classes superiores e redistribui nas demais classes, reativando o ciclo de aumento da eficiência.

Evidente que para a reclassificação produzir efeito ela deve promover uma redistribuição dos modelos entre as classes de eficiência de tal forma que o consumidor possa novamente diferenciar os produtos no mercado em relação à eficiência energética. Se a reclassificação não altera essa distribuição não há que se falar em efeito desta sobre a eficiência energética dos aparelhos etiquetados. Desse modo, a avaliação do efeito da reclassificação pode ser dividida em duas partes: na primeira foi avaliado se de fato a revisão provocou uma redistribuição de modelos entre as classes de eficiência energética de forma a reduzir a concentração de modelos nas classes superiores de eficiência (i); na segunda analisamos se a redistribuição promoveu o aumento da eficiência energética dos aparelhos (ii).

Essa seção é dividida em quatro partes, além dessa introdução e da conclusão. Na primeira será apresentada a metodologia utilizada para avaliar o efeito da revisão de classes sobre a eficiência energética e consumo de energia. A segunda apresenta o histórico das revisões das classes de eficiência. Na terceira analisa-se a redistribuição dos modelos entre as classes de eficiência promovida pela reclassificação. Na quarta avalia-se a variação do consumo de energia ocasionada pela reclassificação.

6.5.1 Modelo de Análise

Na teoria do programa o efeito da revisão de classes sobre a eficiência energética é intermediado pela intenção de compra de produtos mais eficientes. A avaliação da relação entre a revisão de classes e a eficiência energética por meio da intenção de compra depende desta última informação, das quais não dispomos. Desta forma, a análise limitar-se-á a avaliar se há uma variação significativa da eficiência energética no período após a implementação da revisão em comparação aos demais períodos. Com isso, busca-se avaliar se há um esforço imediato dos fabricantes em reporem o estoque de aparelhos nas classes superiores de eficiência conseguinte à revisão.

Uma forma de avaliar esse efeito é através da equação 11:

$$\Delta CE_t = (CE_t - CE_{t-1}) * U \quad (11)$$

Em que ΔCE_t é a variação do consumo de energia de um determinado ano em relação ao ano anterior, U é o tempo de utilização do aparelho em um período (um ano) e o subscrito t denota o período (em anos) da variação.

Desta forma, o efeito esperado da reclassificação depende de dois fatores principais: do quanto a reclassificação reduz a concentração de produtos nas classes superiores de eficiência e da reação dos fornecedores no sentido de aumentar a eficiência energética dos aparelhos para reporem o número de modelos nessas classes. O primeiro depende do quanto os níveis mínimos de eficiência de classe são elevados. O segundo está relacionado à preferência dos consumidores, uma vez que somente faria sentido se elevar o nível de eficiência dos aparelhos se os consumidores manifestam maior preferência por aparelhos mais eficientes.

6.5.2 Revisão das classes de eficiência energética de refrigeradores e condicionadores de ar

Na seção 6.2.1 foi apresentado o histórico dos programas de etiquetagem de refrigeradores e de condicionadores de ar de forma que, nessa seção, é necessário apenas apresentar os índices de eficiências de cada classe e suas revisões.

O programa de etiquetagem de refrigeradores foi instituído em 1984, porém devido a mudanças nos procedimentos de ensaios e na metodologia de cálculo dos índices, os dados serão analisados apenas a partir de 2003, da mesma forma que foi realizado na seção 6.2. A Tabela 20 exibe o índice de eficiência para refrigeradores a partir de 2003. A classificação de 2003 definia índices gerais para cada classe de eficiência. A revisão de 2006 separou a classificação por tipo de aparelho e de agente de expansão da espuma (R141b e Ciclopentano), e ainda eliminou as classes “F” e “G” da classificação. Posteriormente a esse período não houve mais nenhuma revisão.

A tabela 21 sistematiza os índices mínimos por classe de eficiência para condicionadores de ar do tipo Janela. A tabela mostra que esses aparelhos passaram por três revisões desde a sua criação. Em 2002 os índices foram separados em quatro categorias, segundo a capacidade de refrigeração. Em 2006, ano em que o programa passou a ser compulsório, os índices foram alterados e as classes “F” e “G” foram eliminadas da classificação. Em 2013 os índices foram elevados e a classe “E” foi eliminada da classificação.

Tabela 20: Índices de eficiência energética por Classes de Eficiência Energética de refrigeradores de 2003 a 2015

Classe	2003	Revisão 2006					
		R141b			Ciclopentano		
		Uma porta	Combinado	Combinado Frost-Free	Uma porta	Combinado	Combinado Frost-Free
A	0,869	0,820	0,820	0,812	0,855	0,855	0,846
B	0,949	0,893	0,893	0,884	0,931	0,931	0,921
C	1,02	0,972	0,972	0,963	1,014	1,014	1,003
D	1,097	1,059	1,059	1,049	1,104	1,104	1,092
E	1,179	> 1,059	> 1,059	> 1,049	> 1,104	> 1,104	> 1,092
F	1,267						
G	1,362						

Fonte: elaboração própria

Tabela 21: Índices de eficiência energética por Classes de Eficiência Energética de condicionadores de ar de Janela

Revisão	Categoria (BTU/h)	A	B	C	D	E	F	G
1998		10,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,5	<5,5
2002	<9.000	10,23	9,41	8,66	7,96	7,33	6,74	< 6,74
	9.001 a 13.999	10,75	9,89	9,10	8,37	7,70	7,08	< 7,08
	14.000 a 19.999	10,26	9,43	8,68	7,99	7,35	6,76	< 6,76
	> 20.000	10,16	9,35	8,60	7,91	7,28	6,70	< 6,70
2006	<9.000	10,49	9,65	8,88	8,17	8,17		
	9.001 a 13.999	10,87	10	9,2	8,46	8,46		
	14.000 a 19.999	10,34	9,72	9,14	8,59	8,59		
	> 20.000	10,16	9,45	8,79	8,17	8,17		
2013	<9.000	10,56	10,24	9,95	9,66			
	9.001 a 13.999	10,92	10,6	10,31	10,02			
	14.000 a 19.999	10,38	9,77	9,34	8,83			
	> 20.000	10,17	9,55	8,94	8,29			

Fonte: elaboração própria

OBS: Índice de eficiência energética em kJ/h

O programa de etiquetagem de condicionadores de ar foi instituído em 1998 e não passou por mudanças metodológicas significativas, seja nos procedimentos de ensaios ou no índice de eficiência energética. Até 2004 o programa contemplava apenas os condicionadores

de Janela, data em que ocorreu a incorporação dos condicionadores de ar do tipo Split Hi Wall.

A Tabela 22 mostra os índices por classe de eficiência energética para condicionadores de ar do tipo Split Hi Wall. Esses condicionadores foram incorporados ao programa em 2004 e passaram por duas revisões (2009 e 2013). Ao contrário dos condicionadores de Janela, os índices não são separados por categorias de capacidade de refrigeração. A revisão de 2009 elevou os índices de cada classe e eliminou as classes “F” e “G” da classificação, já a revisão de 2013 elevou os índices e eliminou a classe “D” da classificação.

Tabela 22: Índices de eficiência energética por Classes de Eficiência Energética de condicionadores de ar Split

Classes	2004	2009	2013
A	2,94	3,20	3,23
B	2,76	3,00	3,02
C	2,58	2,80	2,81
D	2,39	2,60	2,60
E	2,21	2,39	
F	2,02		
G	<2,02		

Fonte: Elaboração própria

OBS: Índice de eficiência energética em W

A Tabela 23 resume as datas das revisões das classes de eficiência energética para ambos os aparelhos. A revisão dos índices de refrigeradores, considerando o período posterior à mudança metodológica de 2003, ocorreu em fevereiro de 2006, com prazo de adequação de 90 dias para fabricação e importação e 270 dias para comercialização em geral. Para os condicionadores de ar de Janela, ocorreram três revisões: em 2002, em 2006 e em 2013. Para a primeira não foi encontrado registro do mês de publicação ou mesmo se havia prazo de adequação; para a segunda se instituiu prazo de 90 dias para fabricação e importação e 270 dias para comercialização em geral; e para a terceira os prazos estabelecidos foram de 12 meses para fabricação e importação, 18 meses para comercialização por fabricantes e importadores e 24 meses para o comércio em geral. Para os condicionadores de ar Split foram duas revisões, na primeira estabeleceu-se prazo de adequação apenas para o comércio (de 12 meses) e na segunda os prazos de adequação são os mesmos da revisão de classes dos condicionadores de Janela ocorrida na mesma data.

Tabela 23: Prazos de adequação das revisões de classes de eficiência energética de refrigeradores e condicionadores de ar

Aparelho	Tipo	Publicação	Prazos de Adequação	
			Fabricação / importação	Comércio 1º prazo 2º prazo
Refrigerador		fev/06	mai/06	ago/07
		*/02		
Condicionador de Ar	Janela	jan/06	abr/06	ago/07
		ago/13	ago/14	jan/15 ago/15
	Split	jul/09	jul/09	jul/10
		ago/13	ago/14	jan/15 ago/15

Fonte: elaboração própria

* Não identificado

6.5.3 Revisão de classes e redistribuição de modelos entre as classes de eficiência energética

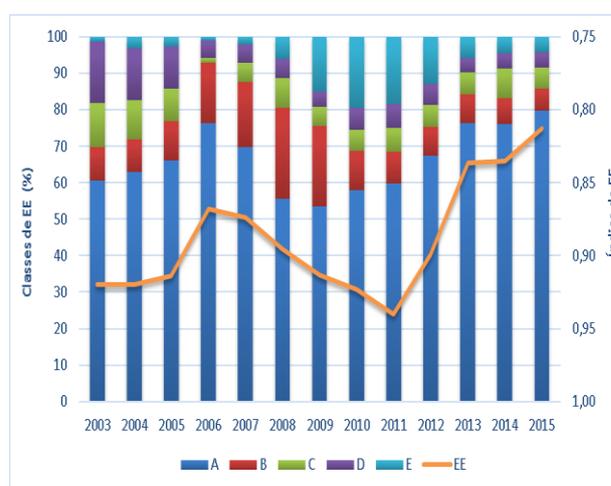
Os Gráficos 7 e 8 exibem a distribuição de modelos por tipo de aparelho e classe de eficiência energética ao longo do tempo (os dados relativos aos gráficos estão nos apêndices A e B). O indicador de eficiência energética de refrigeradores tem sentido contrário ao dos condicionadores de ar. Para o primeiro, quanto menor o valor do indicador maior a eficiência energética e, para o segundo, quanto maior o indicador maior a eficiência. O eixo correspondente à curva de eficiência energética de refrigeradores está em ordem inversa (do maior para o menor) para facilitar a comparação com a evolução da distribuição das classes. A curva de eficiência energética permite visualizar se a mudança na distribuição é resultado da reclassificação ou da variação da eficiência energética dos aparelhos.

Analisando o Gráfico 7 constata-se que o programa de refrigeradores apresenta concentração relativamente alta na classe “A”, de modo que no último ano da análise essa concentração estava em torno de 80% para os refrigerados de uma porta e de 95% para refrigeradores combinados. A reclassificação em 2006 promoveu uma mudança modesta nessa concentração, de 57% (em 2006) para 53% (2007) classificados como “A” para refrigeradores de uma porta e não provocou redução dessa concentração para refrigeradores combinados, ao contrário, ocorreu aumento 73% (em 2006) para 77% (em 2007) nessa concentração.

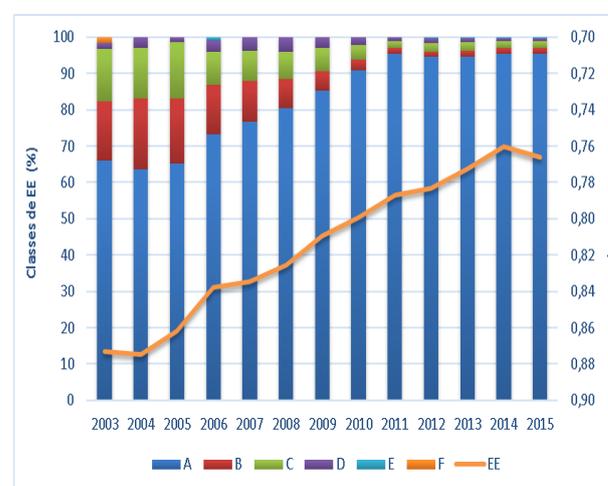
A participação elevada na classe mais eficiente é, obviamente, resultado de longo período sem revisão das classes de eficiência (2006 a até presente), além de que, aparentemente, a reclassificação ocorrida em 2006 foi pouco rigorosa nesse sentido. O gráfico 6 mostra que a queda da concentração nos modelos classificados como “A” entre 2006 e 2009 para refrigeradores de uma porta é explicada pela queda da eficiência energética e não pelo efeito da reclassificação.

Gráfico 7: Distribuição dos modelos de refrigeradores por tipo, ano e classe de eficiência

6.a) Uma Porta



6.b) Combinados



Fonte: elaboração própria

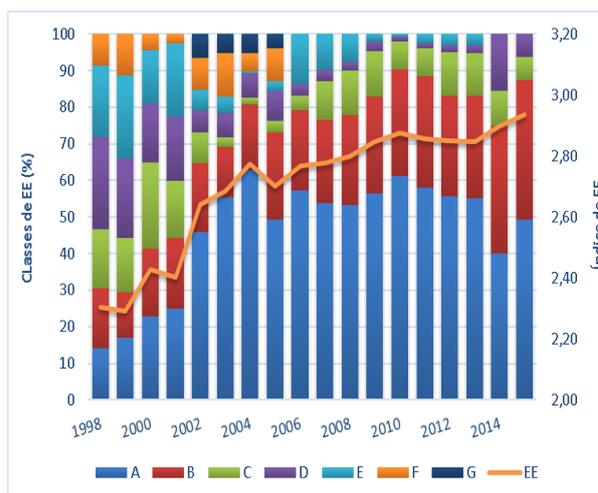
O Gráfico 8 destaca o percentual de modelos nas classes de eficiência de condicionadores de ar. Vê-se que este programa apresenta uma concentração menor nas classes superiores de eficiência do que o de refrigeradores. Isso obviamente é resultado de terem passado por duas reclassificações além de estas terem sido, aparentemente, mais rigorosas, particularmente para condicionadores de ar do tipo Split.

Para os condicionadores do tipo Janela, o gráfico mostra que as duas primeiras reclassificações (2002 e 2006) não resultaram em redução do número de modelos classificados como “A”. Já a segunda reduziu essa concentração de 55,15% (em 2013) para 40,00% (em 2014) e ainda eliminou a classe “E” com base nos NMEE estabelecidos em 2011 (INMETRO, 2013). A reclassificação dos condicionadores do tipo Split em 2009 reduziu de 36,4% (em 2008) para 8,8% (em 2009) os aparelhos classificados como “A”. Já a revisão das 2013 não alterou de forma significativa a classificação e eliminou a classe “E” da mesma forma que ocorreu para condicionadores de Janela. No final do período analisado (2015) a

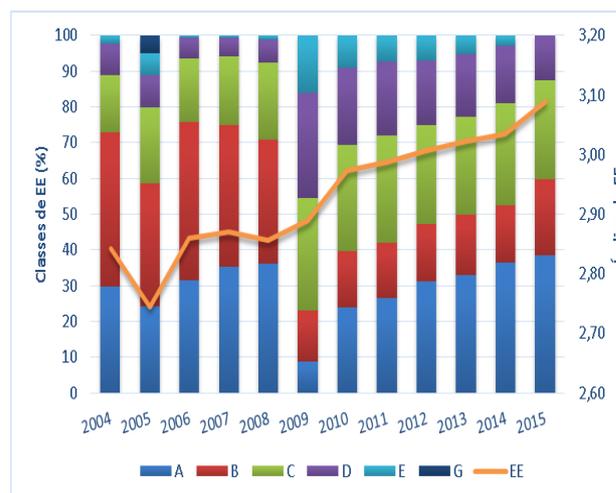
concentração de modelos classificados como “A” estava em 49% para os condicionadores dos tipos Janela e em 38% para os condicionadores Split.

Gráfico 8: Distribuição dos modelos de Condicionadores de ar por tipo, ano e classe de eficiência

7.a) Janela



7.b) Split



Fonte: elaboração própria

Portanto, os casos em que a revisão de classes de eficiência energética foi efetiva em promover a redistribuição de modelos entre as classes foram as reclassificações para os condicionadores Split em 2009 e para os condicionadores de Janela em 2013. Ressalta-se ainda que, no último caso, o efeito da revisão é combinado com os NMEE que passou a vigorar no mesmo ano. Para os demais casos a revisão foi praticamente inócua nesse sentido e, portanto, não há que se falar em efeito da reclassificação sobre a eficiência energética. Sendo assim, analisou-se o efeito das revisões de classes para apenas os dois casos.

6.5.4 Efeito da reclassificação sobre a eficiência energética dos aparelhos

Para ver o efeito das duas revisões mais de perto, a Tabela 24 mostra o percentual nos três anos que circundam a revisão. É possível observar que nos dois casos há uma queda no percentual de modelo classificados com “A” no ano da revisão seguida de aumento nesse percentual no ano seguinte, repondo parte no ano anterior. Porém o efeito sobre as demais classes se difere entre os dois tipos de condicionadores de ar. Para os condicionadores Split o percentual de modelos classificados como “A” ou “B” caiu de 70,74 % (em 2008) para 23,13

% (em 2009) e, em seguida, para 39,52% (em 2010). Para os condicionadores de ar de Janela esses percentuais variaram de 82,99% (em 2013) para 75% (em 2014) e, em seguida, para 87,34 % (em 2015).

Constata-se que a reclassificação para os condicionadores Split promoveu a redistribuição de forma mais homogênea entre todas as classes de eficiência ao passo que a reclassificação para os condicionadores de Janela apenas promoveu a troca de “A” para o “B”, ocasionando, inclusive, a redução da concentração nas classes inferiores (“C” ou “D”).

Tabela 24: Percentual de modelos de condicionadores de ar por classe de eficiência, Janela e ano

Classe	Janela			Split		
	2013	2014	2015	2008	2009	2010
A	55,2	40,0	49,4	36,2	8,8	23,8
B	27,8	35,0	38,0	34,5	14,3	15,7
C	11,9	9,4	6,3	21,5	31,5	29,8
D	2,1	15,6	6,3	6,4	29,4	21,7
E	3,1			1,4	16,0	9,1

Fonte: elaboração própria

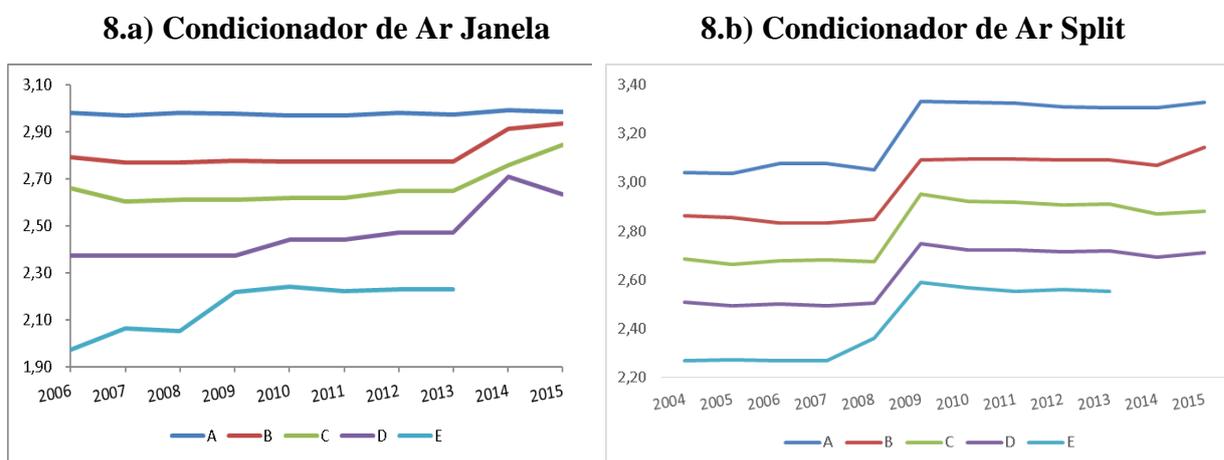
O Gráfico 9 exhibe como a revisão afetou a eficiência energética média dos modelos por classe de eficiência (os dados referentes aos gráficos estão no Apêndice C). Essa variação, obviamente, é resultado do quanto cada índice mínimo de eficiência energética de cada classe foi elevado. É possível observar que a revisão de 2009 para condicionadores Split modificou de forma proporcional a eficiência média em todas as classes, enquanto que a revisão de 2013 de condicionadores de Janela modificou de forma mais significativa as classes inferiores. Ressalta-se que, nos dois casos, há também o efeito dos NMEE que incide, obviamente, sobre as classes inferiores de eficiência. Por simplificação, utilizou-se o valor de 3.516 W¹¹ de capacidade de refrigeração como referência. O tempo de utilização corresponde a 425 horas anuais, o mesmo utilizado na seção 6.4.

A Tabela 25 apresenta a variação do consumo de energia estimado a partir da equação 10. Parte da variação do consumo nos períodos de revisão das classes é influenciada pela retirada dos modelos que não atendem os NMEE. A segunda e terceira colunas da tabela

¹¹Valor equivalente a 12.000 BTUs. Capacidade de maior frequência entre os modelos.

mostram a variação do consumo médio quando esses modelos não são considerados, extraindo, com isso, o efeito dos NMEE sobre a variação do consumo.

Gráfico 9: Evolução do índice de eficiência energética por classe de eficiência, tipo de aparelho e ano



Fonte: Elaboração própria

É possível observar que a revisão de classes de condicionadores Split ocorrida em 2009 foi acompanhada de queda significativa do consumo médio de energia em comparação aos outros anos. De 2008 para 2009 consumo médio reduziu 5,9 kWh/ano e entre 2009 e 2010 de 14,65 kWh/ano. Quando se exclui os modelos que não atendem os NMEE de 2007, a primeira variação se reduz para 5,23 kWh/ano, mostrando que este exerceu pouca influência sobre a variação do consumo nesse período. Se desconsiderarmos essas variações de consumo nesse período, a média para os demais anos corresponde a uma redução de 1,16% e a maior variação registrada é de queda de 3,15% em 2012.

A revisão de classes para condicionadores de ar de Janela em 2013 foi acompanhada de uma redução de 9,56 kWh/ano de 2013 para 2014 e 6,37 kWh/ano de 2013 para 2015. Quando se exclui os modelos que não atendem os NMEE de 2011, vê-se que grande parte da primeira variação é explicada pelos NMEE. Se compararmos a variação de 2015 com a média dos demais períodos (aumento de 0,16% de 2007 a 2014, excluindo os modelos que não atendem os NMEE de 2011), vê-se uma variação substantiva do consumo promovida pela revisão. Os dados também mostram uma variação significativa em 2015, último prazo de adequação da revisão de classes de 2013, mesmo a revisão não ter alterado a concentração de produtos nas classes mais eficientes.

Tabela 25: Variação do consumo médio de energia (kWh/ano) por ano e tipo de condicionador de ar de 2007 a 2015

Ano	Janela			Split		
	Total	NMEE 2007	NMEE 20011	Total	NMEE 2007	NMEE 20011
2007	-1,84	7,65	2,83	-1,76	-1,56	-1,30
2008	-4,21	-2,46	-0,95	2,49	2,37	0,73
2009	-8,95	0,13	0,27	-5,97	-5,23	-4,76
2010	-4,80	-4,80	-1,55	-14,65	-14,65	-12,89
2011	3,04	3,04	1,69	-2,43	-2,43	-2,08
2012	1,24	1,24	-0,82	-3,15	-3,15	-3,01
2013	0,79	0,79	0,78	-2,66	-2,66	-1,61
2014	-9,56	-9,56	-0,96	-2,43	-2,43	0,72
2015	-6,37	-6,37	-6,37	-8,30	-8,30	-8,30

Fonte: elaboração própria

Portanto, a análise mostra uma redução significativa do consumo em decorrência da revisão de classes de eficiência energética para dois casos em que a reclassificação foi efetiva na redistribuição dos modelos entre as classes de eficiência. Se supusermos a variação média como cenário contrafactual, a redução do consumo na revisão de classes dos condicionadores de ar Split em 2009 seria de 3,55 kWh/ano e 13,01 kWh/ano por unidade vendida em 2009 e 2010, respectivamente, e de 6,53 kWh/ano em 2015 em função da revisão de condicionadores de ar de janela de 2013.

6.5.5 Conclusão

Nessa seção avaliou-se o efeito da revisão das classes de eficiência energética sobre a eficiência energética e consumo de energia para os refrigeradores e condicionadores de ar. Na teoria do programa a revisão de classes constitui o mecanismo principal pelo qual o programa promove os seus objetivos. A teoria prevê que o aumento da concentração da eficiência energética reduz a intenção de compra de produtos mais eficientes e, com isso, o efeito do programa sobre a eficiência energética e consumo de energia. A reclassificação reativa o ciclo de elevação da eficiência energética reduzindo a concentração de produtos nas classes mais eficientes.

Como não se dispõe de dados que possibilitam avaliar o efeito da revisão de classes via intenção de compra dos consumidores, a análise consistiu em comparar a variação do consumo de energia subsequente à revisão com a dos demais períodos. O efeito esperado da reclassificação depende de dois fatores principais: do quanto a reclassificação reduz a

concentração de produtos nas classes superiores de eficiência e da reação dos fornecedores no sentido de aumentar a eficiência energética dos aparelhos e reporem a concentração de modelos nas classes mais eficientes.

No período analisado, os refrigeradores passaram por apenas uma revisão das classes de eficiência (em 2006), enquanto os condicionadores de ar de janela e Split passaram por duas revisões cada um (o primeiro em 2006 e 2013 e o segundo em 2009 e 2013). Como resultado os refrigeradores apresentam uma concentração de modelos nas classes superiores de eficiência muito superior aos condicionadores de ar.

As revisões de classes também apresentam resultados diferentes sobre a redistribuição de modelos entre as classes. Os únicos casos em que se verificou mudança efetiva na redistribuição foram nas revisões para os condicionadores de ar de Janela e Split, respectivamente, em 2009 e 2013. Para esses dois casos, os dados apontam para uma redução do consumo médio dos aparelhos significativamente maior do que nos demais períodos.

6.6 Considerações sobre os resultados e implicações para os programas

A primeira pergunta avaliativa se refere aos resultados principais almejados pelo programa, quais sejam, de elevação da eficiência energética dos aparelhos consumidores de energia e, por meio deste, a redução do consumo de energia. O consumo de energia final desses aparelhos nas condições reais de uso não pôde ser observado, uma vez que não se dispõem de dados a respeito do país. Os dados disponíveis de consumo de energia por aparelho são provenientes de ensaios em laboratórios sob condições controladas de forma a permitir a comparação entre os aparelhos.

Os resultados mostraram que, em relação à eficiência energética, os dois aparelhos analisados (refrigeradores e condicionadores de ar) apresentaram o efeito esperado pelo programa, com tendência estatisticamente significativa de aumento da eficiência ao longo do tempo. As tendências se situaram entre 0,7% e 1,4% ao ano. Em relação ao consumo de energia, avaliação não mostra o mesmo resultado. Os refrigeradores apresentam tendência de queda, porém inexpressiva e não significativa estatisticamente, e os condicionadores de ar apresentam resultado divergente para cada um dos tipos de aparelho. Os condicionadores de ar de Janela apresentam tendência de queda expressiva (1,8% ao ano) e o coeficiente dos condicionadores de ar de Split não são significativos.

Pela teoria do programa, de fato, o efeito primário previsto para o programa é sobre a eficiência energética, sendo o consumo de energia ativado e influenciado por um conjunto

mais amplo de fatores. Como os indicadores de eficiência energética traduzem a relação entre as quantidades de serviço energético e o consumo de energia associado, o fato de o consumo não ter seguido a tendência da eficiência é obviamente explicado pela variação do serviço energético, cuja demanda, na teoria do programa, é ativada pela necessidade de serviços energéticos.

Há duas hipóteses discutidas na teoria do programa (mas não incorporadas no modelo) em que a eficiência pode afetar a quantidade de serviço energética demandado: com o efeito rebote e com a “falácia de eficiência energética”. No primeiro caso, o efeito é reflexo de uma decisão racional do consumidor a partir da queda do preço efetivo do serviço energético (preço de aquisição mais o custo de operação), o que pode se refletir tanto na aquisição de aparelhos de maior consumo energético quanto na intensidade da sua utilização. O segundo diz respeito à interpretação equivocada do consumidor de que os aparelhos com maior eficiência são necessariamente os de menor consumo de energia. Essas duas hipóteses não foram investigadas na tese, em razão da indisponibilidade de dados. Como o objetivo final do programa é a conservação de energia, a relação entre a etiquetagem e o consumo de energia dos aparelhos deve ser objeto de investigação mais aprofundada considerando essas duas hipóteses.

A análise da segunda questão avaliativa, relativa ao reconhecimento, conhecimento e influência da etiqueta sobre a decisão de compra, mostra que o PBE apresenta resultado expressivo em comparação a programas internacionais como o *Energy Star*. Esse resultado é relevante, uma vez que é a base para que se possa inferir qualquer contribuição do programa aos efeitos relativos aos seus objetivos finais. Os resultados mostram também uma variação considerável entre os grupos socioeconômicos. Na medida em que as características socioeconômicas variam por grupo de consumidores de cada tipo de aparelho, a contribuição do programa para a promoção da eficiência e redução do consumo de energia também deve variar por tipo de aparelho.

Os dados não possibilitaram a investigação da intenção de compra por tipo de aparelho e a sua correlação com os resultados de cada programa. Essa constitui uma linha importante de investigação futura, uma vez que na teoria do programa a intenção de compra de produtos mais eficientes constituem a variável de intermediação do PBE e seus resultados principais. Os resultados mostram que pessoas mais jovens e idosos são menos influenciados pela etiqueta nas suas decisões de compra. Uma explicação possível é por não serem os responsáveis pela aquisição dos eletrodomésticos elencados na pesquisa (geladeira, freezer, lava roupa, ar-condicionado ou fogão). De toda forma, se a etiquetagem de produtos de

interesse desses grupos (com bens de informática, no caso dos jovens), os resultados tendem a ser inferiores, o que sugere alguma ação específica de conscientização para esse público. O menor interesse de grupos mais abastado pela etiqueta pode refletir a menor participação do consumo de energia em termos proporcionais à renda. Já o resultado para o grupo de menor renda preocupa, uma vez que apresentam maior participação do gasto com energia nas despesas gerais (IBGE, 2009).

A análise dos efeitos dos NMEE e revisão de classes trazem algumas implicações importantes, tanto para os gestores quanto para a teoria do programa. A análise demonstra que em alguns casos os níveis estabelecidos simplesmente foram inócuos em retirar produtos menos eficientes no mercado. Neste caso, a economia de energia só ocorreria se houvesse tendência de aumento da participação dos aparelhos menos eficientes. O resultado sugere a premência de se estabelecer melhores critérios para definição dos NMEE e a teoria do programa ora proposta constitui uma importante referência. O critério principal seria a persistência no mercado dos produtos menos eficientes, acrescido de características específicas do mercado de cada aparelho, em especial a presença de incentivos divergentes (SHOGREN e TAYLOR, 2008).

Em relação à revisão das classes de eficiência energética, da mesma forma, em alguns casos a revisão foi inócuo em redistribuir os modelos de forma reduzir a concentração nas classes mais eficientes, assim como em alguns casos se observa um período muito longo sem revisão. No caso de refrigeradores, o efeito inexpressivo aliado ao tempo longo sem revisão (em 2006) fez com que a concentração de produtos nas classes mais eficientes tornasse inócuo o efeito do programa. Isso porque a premissa básica para inferir esse efeito é o de que, a partir da etiqueta, os consumidores podem identificar os aparelhos mais ou menos eficientes no mercado. A alta concentração de aparelhos em “A” pode inclusive promover o aumento do consumo, na medida em que a classificação elevada confere uma “licença” para os consumidores adquirem produtos de maior capacidade e, conseqüentemente, maior consumo de energia (WAECHTER et al., 2016).

Tanto para os NMEE como para a revisão de classes se percebe que há variação significativa da eficiência energética ou do consumo de energia subsequente à implementação da medida, porém não há mudança de tendência. Isso já era esperado para os NMEE, uma vez que o efeito é restrito à parte inferior da distribuição de eficiência. Para a revisão de classes a teoria previa uma mudança de tendência, na medida em que o aumento da concentração de modelos nas classes superiores reduziria progressivamente a intenção de compra de produtos mais eficientes. A diferença entre o efeito imediato e dos demais anos pode ser visto pela

diferença da variação das médias de eficiência e consumo. Aliás, foi justamente esse efeito que se utilizou como base para inferir o efeito da revisão de classe.

Esse efeito pode ter várias explicações, uma delas seria de que os fornecedores possuem um portfólio desejado de modelos em cada classe de eficiência e a reação inicial à revisão de classes é no sentido de repor esse portfólio. Outra é a possibilidade de que os fornecedores antecipem todas as melhorias de eficiência energética nos aparelhos possíveis de serem implementadas no curto prazo. Uma das investigações futuras para aprimorar a teoria do programa diz respeito à estratégia dos fornecedores de cada aparelho a esse respeito.

A análise da relação de causa e efeito entre a revisão de classes e os resultados do programa foi prejudicada pela ausência de pesquisas que investigam de forma mais aprofundada como os consumidores no Brasil interpretam a ENCE. Na teoria do programa o efeito é intermediado pela intenção de compra de produtos mais eficientes. Embora a teoria do programa tenha formulado essa hipótese, a maneira com que de fato programa afeta a decisão de compra depende, evidentemente, de como o consumidor interpreta a etiqueta. Como esta fornece informações sobre um conjunto mais amplo de aspectos (capacidade, volume, fluxo luminoso, eficiência de lavagem, etc.) além da classificação energética, a maneira como o consumidor utiliza essas informações influencia obviamente a maneira como o programa promove os seus resultados.

Uma questão em particular é como os consumidores utilizam a informação sobre o consumo de energia que é aposta na etiqueta. A utilização dessa informação é mais complicada do que a classificação da eficiência energética por letras e cores, uma vez que depende tanto do entendimento pelo consumidor de conceitos relacionados à energia (*kWh*, *W*) quanto da realização de uma pesquisa mais ampla de produtos para comparação. Se os consumidores procedessem dessa forma (compreende a informação sobre consumo de energia e a utilização como forma de comparação ampla entre os aparelhos), a classificação pela eficiência energética torna-se redundante. Por outro lado, se os consumidores ignoram a informação assim como as demais informações, a distribuição de modelos entre classes de eficiência tornar-se-ia preponderante.

Comparando os resultados da evolução da eficiência energética por tipo aparelho com a revisão das classes de eficiência energética, o resultado obtido é aparentemente contraditório com o que prevê a teoria do programa. Os refrigeradores apresentam aumento da eficiência energética similar aos condicionadores de ar mesmo com a elevada concentração de produtos nas classes mais eficientes. Os refrigeradores do tipo Combinado apresentaram concentração superior a 90% a partir 2010 e mesmo assim a eficiência energética média aumentou em todos

os anos, com exceção de 2015. Se a classificação pela eficiência energética é preponderante em relação ao consumo de energia para a decisão de compra dos consumidores, essa variação não pode ser atribuída ao programa. Neste caso, a teoria deve ser revista a partir da investigação mais aprofundada sobre os determinantes da eficiência energética desses aparelhos.

Outra investigação importante a partir da teoria do programa é a influência de outros fatores sobre o consumo de energia via necessidade por serviços energéticos. Mudanças sociodemográficas, climáticas e a características das edificações podem influenciar a escolha por determinados tipos de aparelhos ou de características que interferem na eficiência ou consumo de energia. Essas mudanças podem ser explicadas, por exemplo, pelo maior crescimento da demanda por refrigeradores combinados de maior capacidade volumétrica e, conseqüentemente, de maior consumo de energia.

Por fim, ressalta-se que há uma dificuldade de se realizar pesquisas nesse campo no Brasil em razão da ausência de pesquisas recentes sobre posse e hábito de uso de produtos elétricos. A última pesquisa nacional a respeito foi realizada em 2004 pela Eletrobrás (PROCEL, 2007). Uma alternativa de pesquisa mais recente são os dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) do IBGE, entretanto a última POF é de 2009 (IBGE, 2009).

6.7 Considerações sobre os resultados da avaliação e implicações para a teoria do programa

Realizada a avaliação, cabem algumas considerações sobre se a avaliação sobre em que medida a ABT se candidata como uma alternativa promissora à abordagem tradicional, tomando como base os resultados encontrados na tese.

A primeira consideração a ser feita diz respeito à aderência do estudo aos princípios da ABT. Coryn et al. (2009) destacam cinco elementos ou princípios fundamentais: formulação da teoria (i), formulação de questões baseadas na teoria (ii), planejamento e execução da avaliação orientados pela teoria (iii), mensuração dos indicadores apontados pela teoria (iv) e avaliação a efetividade do programa e nexos de causa e efeito previstos na teoria (v). Ressaltam também que a aplicabilidade de cada um dos princípios a qualquer avaliação depende de uma variedade de fatores, tais como a natureza da intervenção, o propósito da avaliação e a que e a quem ela se destina, por exemplo. Além desses princípios, Pawson e Tilley (1997) destacam um sexto princípio, a necessidade de que as avaliações sejam a base para avaliações futuras, a partir da proposição mais refinadas para testes futuros.

Dos seis princípios, certamente o que mais merece consideração é a relação de causa e efeito entre o programa e seus resultados, no sentido em que ABT se apresenta como alternativa à abordagem experimentalista. Em outras palavras, se é possível demonstrar a contribuição causal do programa para com os resultados almejados sem a análise contrafactual.

As duas análises em que procurou-se avaliar essa relação foram para os NMEE e revisão de classes de eficiência e nós dois casos a análise foi prejudicada pela ausência de informações que permitissem dissociar o efeito das medidas de outros componentes previstos na teoria. Um componente importante nesse sentido é a necessidade por serviço energético que por se tratar de uma variável latente pode ser estimada, por exemplo, através de análise fatorial. Há ainda fatores tecnológicos e econômicos, além da intenção de compra de produtos mais eficientes por tipo de aparelho, neste caso especialmente relevante para avaliar o efeito da revisão de classes.

Com efeito, a avaliação sobre os resultados dessas medidas só foi possível a partir de alguma inferência contrafactual. Essa inferência foi feita a partir da análise de tendência e comparações dos efeitos anteriores e após a medida, o que é um avanço em relação aos estudos que utilizam premissas *ad hoc* para estimar a linha de base, porém apresentam muitas das limitações destacadas para os estudos anteriores. A abordagem experimentalista tem como premissa a formação de grupos de controle e tratamentos, ambos aleatórios, para que possa atribuir causalidade. Isso seria a única forma de garantir, nessa abordagem, que as diferenças antes e após a medida sejam atribuídas às medidas. A Análise contrafactual na avaliação dos NMEE, quando este estiver associado a um programa de etiquetagem compulsório, é facilitada pelo fato de se observar os modelos afetados e não afetados antes da medida. Posteriormente à medida, evidentemente só se observa os que atendem aos NMEE.

Nos trabalhos teóricos em ABT, o uso dos métodos mais comumente utilizados para teorias de programas (Modelos de Equações Estruturais, por exemplo) não é excluyente ao uso de métodos de análise contrafactual (WEISS, 1995). Há, de fato, diversos exemplos de estudos empíricos, dentro da ABT, que utilizam estes métodos (WHITE e MASSET, 2007; MOLE et al., 2009; COOK, MURPHY e HUNT, 2000; WEITZMAN et al., 2009; CHANG e MUNOZ, 2006). A diferença é como se inserem no processo avaliativo.

A análise das relações de causa e efeito previstos na teoria foi também prejudicada pela complexidade da teoria do programa. A complexidade pode ser explicada por ter-se baseado em teorias científicas, ou pelo fato de o consumo de energia ser de fato uma variável complexa com múltiplas influências que não podem ser negligenciadas nos modelos que

explicam o seu comportamento. Como foi salientado, em geral os teóricos em ABT não apresentam predileção por uma fonte a partir da qual se deve elaborar a teoria do programa (WEISS, 1995; PAWSON e TILLEY, 1997). Coryn et al. (2009) demonstra que a maior parte dos trabalhos empíricos em ABT toma como base teorias científicas. Embora não haja consenso sobre isso na ABT, o ideal talvez fosse a utilização de múltiplas fontes para formulação da teoria do programa, o que incluiria, além da teoria científica, a percepção dos gestores dos programas e demais partes interessadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa tese realiza uma avaliação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e Níveis Mínimos de Eficiência Energética (NMEE). O PBE teve origem ainda na década de 1980 e os NMEE em 2001 com a criação da Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2001a). Em conjunto com o PROCEL e o CONPET compreendem os principais programas de eficiência energética pelo lado da demanda no Brasil.

A tese buscou contribuir com a superação de duas limitações em particular da literatura de avaliação desses programas. O primeiro diz respeito à metodologia e premissas utilizadas para estimar a economia de energia promovidas por esses programas. Um dos problemas observados na literatura compreende o uso de premissas *ad hoc* para estimar a linha de base ao invés do uso dos métodos recomendados pelos próprios manuais de avaliação dessa literatura. A linha de base compreende o cenário contrafactual (não observável), que em comparação com o consumo real (observável) expressa a economia de energia do programa. O segundo se refere à explicação sobre os mecanismos pelos quais os programas promovem os seus resultados. A explicação causal tem sido um tema negligenciado pelos estudos de avaliação desses programas, em particular dos estudos dedicados a estimar a economia de energia.

Para contribuir com a superação dessas limitações, a tese utiliza a abordagem avaliativa denominada de Avaliação Baseada em Teoria (ABT). Na ABT o processo avaliativo compreende a elaboração de uma teoria do programa que expressa as relações de causa e efeito entre o programa e seus resultados e uma avaliação guiada, pelo menos em parte, por essa teoria.

Para elaborar a teoria do programa para o PBE e NMEE, tomou-se por base a literatura científica que analisa a relação entre programas de etiquetagem, eficiência energética e conservação de energia. Não foram encontrados na revisão da literatura estudos prévios que propuseram uma teoria do programa para programas de etiquetagem em eficiência energética ou NMEE, o que torna esse trabalho inédito na literatura.

Na teoria do programa proposta o mecanismo principal pelo qual o PBE promove a conservação de energia é via o efeito sobre a intenção de compra dos consumidores. A etiquetagem contribui para superar barreiras de mercado que influenciam a aquisição de produtos menos eficientes, sejam pela ausência da informação sobre o desempenho energético

dos produtos, seja pela capacidade reduzida do consumidor em realizar a escolha “ótima” do ponto de vista econômico (minimização do valor presente dos custos de aquisição e operação do produto).

Há dois aspectos principais da teoria do programa a serem destacados. O Primeiro refere-se a importância da revisão das classes de eficiência energética para a dinâmica do aumento da eficiência energética. A concentração elevada de modelos nas classes mais eficientes tornaria o efeito do programa sobre a eficiência energética e consumo de energia inócuo, uma vez que impossibilitaria o consumidor, através da etiquetagem, identificar os aparelhos mais eficientes no mercado. O segundo aspecto compreende o efeito de outros fatores sobre o consumo de energia dos aparelhos. A escolha do consumo energético de um aparelho específico é influenciada por um conjunto amplo de fatores, que podem contrabalançar ou reforçar o efeito da etiquetagem ou dos NMEE.

Outras questões abordadas na teoria são: (i) a forma como a etiquetagem influencia a decisão de compra dos consumidores, o que depende de como o consumidor interpreta e utiliza a etiqueta); (ii) o efeito rebote, o aumento do consumo de energia em função da eficiência energética, compensando em parte a economia da energia; (iii) a falácia da eficiência energética, quando a concentração de produtos nas classes mais eficientes influencia a escolha de aparelhos de consumo de energia mais elevado; e (iv) e o efeito dos incentivos divergentes, situação em que a parte que adquiri o aparelho não é a mesma que arca com os seus custos de operação, desestimulando a aquisição de aparelhos eficientes, em geral mais caros. Este último caso tem importância especial para o NMEE, uma vez que, como a etiquetagem deixa de promover o seu efeito, passa ser a medida principal de promoção da conservação de energia.

A priorização das questões avaliativas a partir da teoria do programa foi restringida pela disponibilidade de dados, o que impossibilitava a avaliação da teoria como um todo. Priorizou-se questões relativas ao alcance do resultado final do programa (aumento da eficiência energética e redução do consumo de energia dos aparelhos), do reconhecimento, conhecimento e utilização da etiqueta pelos consumidores e a implementação e efeitos da etiquetagem e dos NMEE para dois aparelhos específicos (refrigeradores e condicionadores de ar).

A avaliação concluiu que: (i) os aparelhos analisados apresentam a resultado esperado para eficiência energética (elevação ao longo do tempo), mas não para o consumo de energia (de redução ao longo do tempo); (ii) os níveis de reconhecimento, conhecimento e influência do PBE são bastantes elevados, o que permite inferir resultados a partir do programa; e (iii) tanto

o PBE quanto do NMEE apresentam falhas de implementação que, em alguns casos, tornam inócuas as medidas, porém nos casos em que não houve falha de implementação se observa efeito considerável das medidas sobre a eficiência energética e o consumo de energia dos aparelhos.

Pela teoria do programa, a diferença de comportamento entre a eficiência energética e o consumo de energia dos aparelhos pode ser explicado por diversos fatores, como o efeito rebote, falácia de eficiência energética ou influência de fatores externos. Esse resultado demonstra com estimativas de economia de energia a partir da eficiência energética, especialmente quando se adotam premissas *ad hoc*, podem produzir resultados que não traduzem o efeito real desses programas.

A avaliação dos efeitos do PBE e NMEE mostra que esses programas precisam de critérios mais objetivos para a sua implementação e revisões. Em alguns casos as medidas foram completamente inócuas, como o estabelecimento de NMEE inferior ao menor níveis de eficiência encontrado no mercado ou a revisão das classes de eficiência sem alterar a concentração de modelos nas classes superiores de eficiência.

As limitações dos resultados da tese constituem a agenda de estudos futuros. A teoria do programa informa as questões avaliativas a serem exploradas nas próximas avaliações. Nesse sentido há duas linhas principais a serem seguidas: a primeira compreende o aprofundamento da avaliação da influência da ENCE sobre a decisão compra dos consumidores. Entre os aspectos não abordados no estudo a serem analisados se destaca a investigação da falácia de eficiência energética e sobre como as outras informações fornecidas na etiqueta influenciam a decisão de compra. A segunda consiste em aprofundar a investigação do nexos causal dos programas e a eficiência energética e consumo de energia, em particular explorar a moderação de fatores externos sobre os resultados do programa. Uma terceira linha consiste em avaliar o efeito da eficiência energética sobre o consumo de energia, em particular investigar o efeito rebote.

Em relação aos NMEE, a teoria do programa prevê que o seu efeito seja maior quando há persistência de aparelhos menos eficientes no mercado. Em tese, a própria etiquetagem se encarregaria de incentivar a saída do mercado desses aparelhos, sendo o efeito dos NMEE complementar ao efeito da etiquetagem. Quando a etiquetagem não exerce esse efeito, isso pode ser explicado tanto pela falha do programa quanto pela influência de fatores externos. A presença de incentivos divergentes exerce uma influência particular nessa dinâmica. Essas questões não foram suficientemente exploradas na tese e constituem uma importante agenda de estudos futuros.

Por fim, conclui-se que a ABT se mostrou uma alternativa interessante para avaliação dos programas de etiquetagem em eficiência energética e NMEE em relação à abordagem tradicional, na medida em que informa as relações de causa e efeito relevantes de serem avaliadas e ainda fornece a explicação causal. Entretanto, a ABT apresenta algumas das limitações encontradas pela abordagem tradicional, em particular da dificuldade na obtenção de dados para a inferência sobre a causalidade. Desta forma, tomando por base os resultados da tese, o caminho mais recomendável para as avaliações desses programas talvez seja o uso combinado das duas abordagens.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-MANAN, A. F. N., BAHARUDDIN, A. e CHANG, L. W. Application of theory-based evaluation for the critical analysis of national biofuel policy: **A case study in Malaysia. Evaluation and Program Planning.** v.52, p.39–49, 2015.
- ADEDOKUN, O. A.; CHILDRESS, A. L. e BURGESS, W. D. Testing Conceptual Frameworks of Nonexperimental Program Evaluation Designs Using Structural Equation Modeling. **American Journal of Evaluation.** v.32, n.4, p.480-493, 2011.
- AJZEN, I. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes.** v.50, dez, p.179-211,1991.
- AKERLOF, G. The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism, **Quarterly Journal of Economics,** v.84, p.488–500, 1970.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rótulos e declarações ambientais: princípios gerais.** Rio de Janeiro, 2002 (ABNT NBR ISO 14020)
- ASTBURY, B.; LEEUW, F. L. Unpacking Black Boxes: Mechanisms and Theory Building in Evaluation. **American Journal of Evaluation.** v.31, n.3, p.363-381, 2010.
- BAMBERG, S. Is a residential relocation a good opportunity to change people’s travel behavior? Results from a theory-driven intervention study. **Environment and Behavior,** v.38, p.820-840. 2006.
- BAMBERG, S., e SCHMIDT, P. Changing travel-mode choice as rational choice: Results from a longitudinal intervention study. **Rationality and Society,** v.10, p.223-252, 1998.
- BICKMAN, L. The Functions of Program Theory. **New Directions for Program Evaluation.** v.33, p.5-18, 1987.
- BLAME, A. Y e MACKEMZIE, M. Theories of Change and Realistic. Evaluation Peas in a Pod or Apples and Oranges? **Evaluation.** v.13, n.4, p.439-455, 2007.
- BORTONI, E.C. et al. Assessment of the achieved savings from induction motors energy efficiency labeling in Brazil. **Energy Conversion and Management.** v.75, p.734–740, 2013.
- BRASIL, **Decreto nº 4.059.** 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, e dá outras providências. Subchefia para Assuntos Jurídicos da Casa Civil da Presidência da República, 19 de dezembro de 2001a.
- _____. **Lei Nº 10.295.** Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências, Subsecretaria de Informações do Senado Federal, 17 de outubro de 2001b.
- _____. **Decreto Nº 4.508.** Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de

esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências, 1 de dezembro de 2002.

CALIFORNIA, California Public Utilities Commission. **California Energy Efficiency Evaluation Protocols: Technical, Methodological, and Reporting Requirements for Evaluation Professionals.** San Francisco, California, EUA, 2006.

CALIFORNIA, California Public Utilities Commission. **The California Evaluation Framework.** San Francisco, California, EUA, 2004.

CAMERER, C. F E LOEWENSTEIN, G. **Behavioral Economics: Past, Present, Future.** Disponível em: <https://people.hss.caltech.edu>. Acesso em:06/05/2016

CAMPBELL, D. e STANLEY, J. **Experimental and Quasi-Experimental Evaluations in Social Research.** In RAND e MCNALLY, Handbook of research on teaching. p. 171–246, 1963.

CARDOSO, et al. An assessment of energy benefits of efficient household air-conditioners in Brazil, **Energy Efficiency**, v.5, n3, p.433–446, 2012.

CARDOSO, R. B., **Avaliação da Economia de Energia atribuída ao Programa Selo PROCEL em Freezers e Refrigeradores**, Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, 2008.

CARDOSO, R. B., “**Estudo dos impactos energéticos dos Programas Brasileiros de Etiquetagem Energética: Estudo de caso em refrigeradores de uma porta, condicionadores de ar e motores elétricos**” Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, 2012.

CARVALHO, S. e WHITE, H. Theory-based evaluation: The case of social funds. **American Journal of Evaluation**, v.25, p.141-160, 2004.

CHANG, F. e MUNOZ, M. A. School personnel educating the whole child: Impact of character education on teachers’ self-assessment and student development. **Journal of Personnel Evaluation in Education**, v.19, p.35-49, 2006.

CHEN, H. T. e ROSSI, P. H. The theory-driven approach to validity. **Evaluation and Program Planning**, v.10, p.95-103, 1987.

CHEN, H. T. Theory-Driven Evaluation. Thousand Oaks, Calif.: Sage, 1990.

_____. “Theory-Driven Evaluations: Needs, Difficulties, and Options. **Evaluation Practice**. v.15, p79-82, 1994.

CHEN, H. T., WENG, J. C. S., e Lin, L.H. Evaluating the process and outcome of a garbage reduction program in Taiwan. **Evaluation Review**, v.21, p.27-42, 1997.

CHO, H. e WITTE, K. Managing fear in public health campaigns: A theory-based formative evaluation process. **Health Promotion Practice**. v.6, p.482-490, 2005.

CLASP, Energy-Efficiency Labels and Standards: **A Guidebook for Appliances, Equipment and Lighting**. 2005. Disponível em: www.clasponline.org. Acesso em: 14/02/2015.

COOK, T. D. e CAMPBELL, D. T. **Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings**. Boston, Massachusetts, EUA. 1979.

COOK, T. D., MURPHY, R. F., e HUNT, H. D. Comer's school development program in Chicago: A theory-based evaluation. **American Educational Research Journal**. v.37, p.535-597, 2000.

COOKSY, L. J.; GILL, P. e KELLY, P. A. The program logic model as an integrative framework for a multimethod evaluation. **Evaluation and Program Planning**, v.24, p.119-128, 2001.

CORYN C. L. S. et al. A Systematic Review of Theory-Driven Evaluation Practice from 1990 to 2009. **American Journal of Evaluation**. v.32, n.2, p.199-226, 2011.

DARGAY, J. M. Are Price & Income Elasticities of Demand Constant? The UK Experience. **Oxford Institute for Energy Studies**, Oxford, RU, 1992, Disponível em: www.citeseerx.ist.psu.edu, Acesso em: 14/02/2015

DONALDSON, S. I. e LIPSEY, M. W. **Roles for theory in contemporary evaluation practice: Developing practical knowledge**. In: SHAW, I. GREENE, J. C. e MARK M. M. The handbook of evaluation: Policies, programs, and practices. Londres, Reino Unido: Sage, p.56-75, 2006.

DONALDSON, S. I., e GOOLER, L. E. Theory-driven evaluation of the work and health initiative: A focus on winning new jobs. **American Journal of Evaluation**. v.23, p.341-346, 2003.

DONALDSON, S.I. Mediator and moderator analysis in program development. In: **SUSSMAN, S. Handbook of Program Development for Health Behavior Research and Practice**. Londres, Reino Unido: Sage, p.470-500, 2001.

DU PONT, P. T. **Energy Policy and Consumer Reality: The Role of Energy in the Purchase of Household Appliances in the U.S. and Thailand**. 1998. Dissertação (Doutorado em Philosophy in Urban Affairs and Public Policy). Universidade de Delaware.

ECOFYS. **Evaluation of the Energy Labelling and the Ecodesign Directives**. Disponível em <https://www.ecofys.com>. Acesso em: 12/04/2016.

EGAN, C. **An evaluation of the Federal Trade Commission's energy guide appliance label: an interim summary of findings**. Disponível em <http://aceee.org>. Acesso em: 13/05/2017

ELETROBRÁS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – ano base 2005.** Disponível em www.procelinfo.com.br. Acesso em:13/09/2016.

ELSLAND, R.; BRADKE, H; WIETSCHER, M. A European impact assessment of the Eco-Design requirements for heating systems. **Energy Procedia.**vV.62, p.236-245, 2014.

FISHBEIN, M. e AJZEN, I. **Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research.** Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.1975

FROSCHE, D. L., LEGARE, F., e MANGIONE, C. M. Using decision aids in community-based primary care: A theory-driven evaluation with ethnically diverse patients. **Patient Education and Counseling.** .73, p.490-496, 2008.

GARCIA, A. G. P. **Impactos da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria.** 2003. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

KAHNEMAN, D. e TREISMAN, A. Changing views of attention and automaticity. In: PARASURAMAN R., DAVIES D. R (Org). **Varieties of Attention.** Orlando, FL, Academic Press. p.29–62.1984.

GELLER, H.; HARRINGTON, P.; ROSENFELD, A. H.; TANISHIMA, S.; UNANDER, F.; “Policies for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in OECD countries”, **Energy Policy**, n.34, p.556–573, 2006.

GILLINGHAM, K. et al. Energy Efficiency Economics and Policy. **Annual Review of Resource Economics**, v. p.1, n.1, p.597-620, 2009.

GILLINGHAM, K.; NEWELL, R. G.; PALMER, K. Energy Efficiency Economics and Policy. **Annual Review of Resource Economics.** v.1, p.597-620, Jun 2009.

GOETT, A. **Household Appliance Choice: Revision of REEPS Behavioral Models.** Final Report for Research Project. Hillview Avenue, Palo Alto, California. 1983

GOLDBERG, P.K. The Effect of the Corporate Average Fuel Efficiency Standards, **National Bureau of Economic Research**, Cambridge, EUA, 1996, Disponível em: www.nber.org, Acesso em:14/02/2015

GREENE, D.L.; KAHN, J.R.; GIBSON, R.C. Fuel economy rebound effect for US household vehicles, **Energy Journal**, v.20, p.1–31, 1999.

GREENING, A.L.; GREENE, D.L.; DIFIGLIO, C. Energy efficiency and consumption, the rebound effect: A survey, **Energy Policy**, v. 28, p.389-401, 2000.

GREENING, L.A., GREENE, D.L. Energy use, technical efficiency, and the rebound effect: a review of the literature. Report to the U.S. Department of Energy., Denver, EUA, 1998. Disponível em: <http://iee.ucsb.edu>, Acesso em:14/02/2015.

GUBA, Y. e LINCOLN, E. **Fourth generation evaluation.** Newbury Park: Sage Publications, 1989.

GYBERG, P. e PALM, J. Influencing households' energy behaviour--how is this done and on what premises? **Energy Policy**. v.37, p.2807-2813. 2009.

HADDAD, J. et al., **Eficiência energética: Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios**. Rio de Janeiro: Editora Aneel e ANP, 1999.

HARMELINK, M., JOOSEN, S.; BLOK, K. **The theory based policy evaluation method applied to the ex-post evaluation of climate change policies in the built environment in The Netherlands**. Paper apresentado na European Council for an Energy Efficient Economy — ECEEE, Summer Study, 2005.

HARMELINK, M.; NILSSON, L.; HARMSEN, R. Theory-based policy evaluation of 20 energy efficiency instruments. **Energy Efficiency**, v.1, p.131–148, 2008.

HARTMAN R, D. M. Consumer Rationality and the Status Quo. **Quarterly Journal of Economics**, v.106, p.141–162, 1991.

HARTMAN, R.S. Self-selection bias in the evaluation of voluntary energy conservation programs, **The Review of Economics and Statistics**, v.70, p.448–458, 1988.

HAUSMAN, J. Individual discount rates and the purchase and utilization of energy-using durables. **Bell Journal of Economics**, v.10, p.33–54, 1979.

HENLY, J.; RUDERMAN, H.; LEVINE, M. D. Energy savings resulting from the adoption of more efficient appliances: a follow-up, **Energy Journal**, v.9, p.163–170, 1988.

HENSE, J. W., KRIZ C. e WOLFE J. Putting Theory-Oriented Evaluation Into Practice A Logic Model Approach for Evaluating SIMGAME. **Simulation & Gaming**. v.40, n.1, p.110-133, 2009

HOWARTH, R. B.; SANSTAD, A. H. Discount Rates and Energy Efficiency, **Contemporary Economic Policy**, v.13: p.91-101, 1995.

HOWARTH, R. e ANDERSSON, B. Market barriers to energy efficiency. **Energy Economics**. v.15, p.262–272, 1993.

HOWARTH, R.B. e SANSTAD, A. H. Discount rates and energy efficiency. **Contemp. Economic policy**, v.13, p.101–109, 1995.

IEA, **Evaluation Guidebook on the Impact of Demand-Side Management and Energy Efficiency Program for Kyoto's GHG Targets**. 2006. Disponível em: <http://dsm.iea.org/NewDSM/Work/Tasks/1/task1.eval.GuideBook.asp>. Acesso em:02/06/2016

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento de Avaliação da Conformidade de Máquinas de Lavar Roupas de uso doméstico**. Portaria n.º 185, de 15 de setembro de 2005. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acesso em:06/08/2015.

_____. **Regulamento de Avaliação da Conformidade de Condicionadores de Ar, de uso doméstico.** Portaria nº14, de 24 de janeiro de 2006a. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acesso em:06/08/2015.

_____. **Regulamento de Avaliação da Conformidade de Refrigeradores e seus Assemelhados, de uso doméstico.** Portaria nº 20, de 01 de fevereiro de 2006b. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acesso em:06/08/2015.

_____. **Revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar.** Portaria n.º 215, de 23 de julho de 2009a. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acesso em:06/08/2015.

_____. **Revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar.** Portaria n.º 215, de 23 de julho de 2009b. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acesso em:06/08/2015.

_____. **Revisão das classes de eficiência energética e o formato da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE para condicionadores de ar.** Portaria nº 410, de 16 de agosto de 2013. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acesso em:06/08/2015.

_____. **Revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar.** Portaria n.º 410, de 16 de agosto de 2013. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acesso em:06/08/2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Evaluation Energy Efficiency Policy Measures & DSM Programmes.** 2005. Disponível em <http://dsm.iea.org>. Acesso 05/08/2003

JACKSON, T. **Motivating Sustainable Consumption: a review of evidence on consumer behaviour and behavioural change. A Report to the Sustainable Development Research Network.** Guildford, University of Surrey. 2005.

JAFFE, A. B.; NEWELL, R. G.; STAVINS, R. N. Economics of Energy Efficiency. In CLEVELAND, C. J. (Org). **Encyclopedia of Energy.** Amsterdam, Elsevier. v. 2, p.79–90. 2004.

JAFFE, A. e STAVINS, R. The energy efficiency gap: What does it mean? **Energy Policy**, v.22, p.804–810, 1994.

JAFFE, A.; NEWELL, R.; STAVINS, R. The Economics of Energy Efficiency, In **Encyclopedia of Energy**, ed. C Cleveland, p.79–90, Amsterdam: Elsevier, 2004.

JAFFE, A.; STAVINS, R. The Energy Efficiency Gap: What Does It Mean? **Energy Policy**, v.22, p.804–810, 1994.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect Theory: An Analysis of Decisions Under Risk, **Econometrica**, v.47, 263–291, 1979.

Kemp, R., Pearson, P. **Final report MEI project about measuring eco-innovation.** Merit, Maastricht, 2007.

LEEuw, F. L. Reconstructing program theories: Methods available and problems to be solved. **American Journal of Evaluation**. v.24, p.5-20. 2003.

LINDGREN, L. The Non-Profit Sector Meets the Performance-Management Movement. **Evaluation**. v.3, p.285–392, 2001.

LONDON ECONOMIC. **Study on the impact of the energy label – and potential changes to it – on consumer understanding and on purchase decisions**. Disponível em <https://ec.europa.eu/>. Acesso em:09/03/2016.

LOPES, M. A. R. **Energy behaviours as promoters of energy efficiency: An integrative modelling approach**. Tese (Doutorado em Sistemas de Energia Sustentáveis). Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2015.

LU, W. Potential energy savings and environmental impact by implementing energy efficiency standard for household refrigerators in China. **Energy Policy**. v.34, p.1583–1589, 2006

MAHLIA T.M.I. et al. Methodology for predicting market transformation due to implementation of energy efficiency standards and labels. **Energy Conversion and Management**. v.45, p.1785–1793, 2004.

MANOMAIVIBOOL, P. Network management and environmental effectiveness: The management of end-of-life vehicles in the United Kingdom and in Sweden. **Journal of Cleaner Production**. v.16, p.2006-2017, 2008.

MASJUKI, H.H.; MAHLIA, T.M.I.; CHOUDHURY, I.A. Potential electricity savings by implementing minimum energy efficiency standards for room air conditioners in Malaysia. **Energy Conversion and Management**. v.42, n.4, p.439-450, 2001.

MAYNE, J. Addressing attribution through contribution analysis: using performance measures sensibly. **Canadian Journal of Program Evaluation**. v.16, p.1–24. 2001.

MCLAUGHLIN, J. A.; JORDAN, G. B. Logic models: A tool for telling your program's performance story. **Evaluation and Program Planning**, v.22, p.65–72, 1999.

MEIER, A. K.; WHITTIER, J. Consumer Discount Rates Implied by Purchases of Energy-Efficient Refrigerators. **Energy**. v.8, n.12, p.957-962, 1983.

MELO, C. A.; JANNUZZI, G. M. Energy efficiency standards for refrigerators in Brazil: A methodology for impact evaluation. **Energy Policy**. v.38, p.6545–6550, 2010

MERCIER, C. et al. An application of theory-driven evaluation to a drop-in youth center. **Evaluation Review**. V.24, p.73-91, 2000.

MEYER, B. Natural and quasi experiments in economics, **The Journal of Business and Economic Statistics**, v.13, p.151–160, 1995.

MEYERS, S. et al. Impacts of US federal energy efficiency standards for residential appliances, **Energy**, v.28, p.755–767, 2003.

MILLS, B. e SCHLEICH, J. What's driving energy efficient appliance label awareness and purchase propensity? **Energy Policy**. v.38, p.814–825.2010.

MILNE, G.; BOARDMAN, B. Making cold homes warmer: the effect of energy efficiency improvements in low-income homes, **Energy Policy**, v. 28, p.411–424, 2000.

MINIS´TERIO DE MINAS E ENERGIA. **Regulamentação Específica de Condicionadores de Ar**. Portaria Interministerial nº 364 de 24 de dezembro de 2007a.

_____. **Regulamentação Específica Definindo Níveis Máximos de Consumo de Energia Elétrica para Refrigeradores e Congeladores**. Portaria Interministerial nº 362 de 24 de dezembro de 2007b.

_____. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. 2010. Disponível em: "<http://www.mme.gov.br>". Acesso em:13/12/2014.

_____. **Programa de Metas para Condicionadores de Ar**. Portaria Interministerial nº 323 de 26 de maio de 2011a.

_____. **Programa de Metas para Refrigeradores e Congeladores**. Portaria Interministerial nº 326 de 26 de maio de 2011b.

MOLE K. et al. Assessing the effectiveness of business support services in England: Evidence from a theory-based evaluation. **International Small Business Journal**, v.27, p.557-582, 2009

MURRAY, A. G. e MILLS, B. F. Read the label! Energy Star appliance label awareness and uptake among U.S. consumers. **Energy Economics**. V.33, p.1103–1110. 2011.

MURTISHA, W. S.; SATHAYE, J. Quantifying the Effect of the Principal-Agent Problem on US Residential Use. **Lawrence Berkeley National Laboratory LBNL-59773**, Berkeley, California, 2006.

MURTISHAW, S.; SATHAYE, J. Quantifying the Effect of the Principal-Agent Problem on US Residential Use. **Lawrence Berkeley National Laboratory LBNL-59773**, Berkeley, EUA, 2006. Disponível em: <https://www.aceee.org>. Acesso em:14/02/2015.

NESMAN, T. M.; BATSCHE, C.; HERNANDEZ, M. Theory-based evaluation of a comprehensive Latino education initiative: An interactive evaluation approach. **Evaluation and Program Planning**, v.30, p.267-281, 2007.

NEWELL, R.G.; SIIKIAMÄKI, J. V. Nudging Energy Efficiency Behavior: The Role of Information Labels. **NBER Working Paper**, n.19224, jul. 2013.

NOGUEIRA, et al. Evaluation of the energy impacts of the Energy Efficiency Law in Brazil, **Energy for Sustainable Development**, v.24, p.58–69, 2015.

NOGUEIRA, L. A. H. et al. Evaluation of the energy impacts of the Energy Efficiency Law in Brazil. **Energy for Sustainable Development**. v.24, p.58-69, 2015.

NOGUEIRA, L. A. H. Uso racional: a fonte energética oculta. **Estudos Avançados**. v.21, p.91-105, 2007.

ORASCH, W., WIRL, F. Technological efficiency and the demand for energy (road transport), **Energy Policy**, v.25, p.1129–1136, 1997.

OROVIOGOICOECHEA, C.; WATSON, R. A quantitative analysis of the impact of a computerized information system on nurses' clinical practice using a realistic evaluation framework. **International Journal of Medical Informatics**. v.78, p.839-849, 2009.

PATTON, M. **Utilization-Focused Evaluation**. Beverly Hills, CA: Sage. 1978.

PAWSON, R.; e TILLEY, N. **Realistic evaluation**. London, Inglaterra: SAGE. 1997.

PRIETO-SANDOVAL, V.; ALFAROB, J. A.; MEJÍA-VILLA, A.; ORMAZABAL, M. ECO-labels as a multidimensional research topic: Trends and opportunities. **Journal of Cleaner Production**. v.135, n;1, p. 806-818, nov, 2016.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultados do PROCEL 2011, ano base 2010**. 2011. Disponível em: <http://www.PROCELinfo.com.br>. Acesso em: 09/05/2014.

REED, J. H. et al. **Impact evaluation framework for technology deployment programs**. Lawrence Berkeley National Laboratory, Washington, EUA. 2007.

REED, J. H., JORDAN, G., VINE, E. **Impact Evaluation Framework for Technology Deployment Programs: An approach for quantifying retrospective energy savings, clean energy advances, and market effects**. Departamento de Energia, EUA. Julho, 2007. Disponível em <https://www1.eere.energy.gov>. Acesso em: 05/09/2013

REYNOLDS, A. J. Confirmatory program evaluation: Applications to early childhood interventions. **Teachers College Record**, v.107, p.2401-2425, 2005.

ROGERS, P. et al. Program Theory Evaluation: Practice, Promise, and Problems. **New Directions for Evaluation**. v.87, p.5-13, 2000.

_____. Theory-Based Evaluation: Reflections Ten Years On. **New Directions for Evaluation**. v.114, p.63-81,2007.

RUBLE, I.; KARAKI, S. Introducing mandatory standards for select household appliances in Lebanon: A cost-benefit analysis. **Energy Policy**. v.52, p.608–617, 2013

RUDERMAN, H.; LEVINE, M. D.; MCMAHON, J. E. The behavior of the market for energy efficiency in residential appliances including heating and cooling equipment. **Energy Journal**, v. 8, n.1, p.101-124, 1987.

- SAMMER, K. e WÜSTENHAGEN, R. The Influence of Eco-Labeling on Consumer Behaviour – Results of a Discrete Choice Analysis for Washing Machines. **Business Strategy and the Environment**. V.15, p.185–199. 2006.
- SANCHEZ, M. C. et al. Savings estimates for the United States Environmental Protection Agency's ENERGY STAR voluntary product labeling program. **Energy Policy**. v.36, n.6, p.2098-2108, 2008
- SANDLER, I. N. et al. Linking empirically based theory and evaluation: The family bereavement program. **American Journal of Community Psychology**. v.20, p.491-520, 1992.
- SANSTAD, A.; BLUMSTEIN, C.; STOFT, S. How High Are Option Values in Energy Efficiency Investments? **Energy Policy**. v.23, p.419–439, 1995.
- SANSTAD, A.; HANEMANN, M.; AUFFHAMMER, M. End-use Energy Efficiency in a "Post-Carbon" California Economy: Policy Issues and Research Frontiers. **The California Climate Change Center at UC-Berkeley**, Berkeley, EUA, 2006. Disponível em: <http://www.reliat.org/>, Acesso em:14/02/2015
- SANSTAD, A.; HANEMANN, M.; AUFFHAMMER, M. End-use Energy Efficiency in a "Post-Carbon" California Economy: Policy Issues and Research Frontiers. **the California Climate Change Center at UC-Berkeley**. Berkeley, California, 2006.
- SCHIELLERUP, P. An examination of the effectiveness of the EU minimum standard on cold appliances: the British case. **Energy Policy**. v.30, p.327–332, 2002
- SHEN, J. e SAIJ, T. Does an energy efficiency label alter consumers' purchasing decisions? A latent class approach based on a stated choice experiment in Shanghai. **Journal of Environmental Management**. V.90, p.3561–3573. 2009.
- SHOGREN, J. e TAYLOR, L. On Behavioral-Environmental Economics. **Review of Environmental Economics and Policy**, v.2, p.26-44. 2008.
- SIMON, H. A. Theories of Decision Making in Economics and Behavioral Science. **American Economic Review**, v.49, Jun, p.253-258.1959.
- SMALL, K.A.; VAN DENDER, K. Fuel efficiency and motor vehicle travel: the declining rebound effect, **The Energy Journal**. v.28, p.25–52, 2007.
- SORRELL, S.; DIMITROPOULOS, J. The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. **Ecological Economics**. v.65, p.636–649, 2008.
- SORRELL, S.; DIMITROPOULOS, J.; SOMMERVILLE, M. Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. **Energy Policy**. v.37, p.1356–1371, 2009.
- STAME, N. Theory-Based Evaluation and Varieties of Complexity. **Evaluation**. v.10, p.58–76, 2004.
- SUCHMAN, E. A. 1967. **Evaluative Research**. New York: Russell Sage Foundation, 1967.

TAO, J.; YU, S. Implementation of energy efficiency standards of household refrigerator/freezer in China: Potential environmental and economic impacts. **Applied Energy**. v.88, p.1890–1905, 2011.

TRAIN, K. Discount Rates in Consumers Energy-Related Decisions: Review of the literature. **Energy**, v.10, p.1243-1253, 1985.

TURNBULL, B. Program theory building: A strategy for deriving cumulative evaluation knowledge. **American Journal of Evaluation**. v.23, p.275-290, 2002.

VARMAN, M.; MASJUKI, H.H.; MAHLIA T.M.I. Electricity savings from implementation of minimum energy efficiency standard for TVs in Malaysia. **Energy and Buildings**. v.37, 685–689, 2005.

VINE, E.; DU PONT, P.; WAIDE P. Evaluating the impact of appliance efficiency labeling programs and standards: process, impact, and market transformation evaluations. **Energy**. v.26, p.1041–1059, 2001.

WAECHTER, S.; SÜTTERLIN, B.; BORGHOFF, J.; SIEGRIST, M Letters, signs, and colors: How the display of energy-efficiency information influences consumer assessments of products. **Energy Research & Social Science**. v.15, p.86-95,2016.

WAECHTER, S.; SÜTTERLIN, B.; SIEGRIST, M. **Desired and Undesired Effects of Energy Labels—An Eye-Tracking Study**. 2015. Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134132>. Acesso em:05/03/2017

WAIDE, P. B. et al. Appliance Energy Standards in Europe. **Energy and Buildings**. v.26, p. 1- 45. 1997

WAIDE, P. B. et al. **The new energy label: assessing consumer comprehension and effectiveness as a market transformation tool**. 2013. Disponível em <https://clasp.ngo>. Acesso em:12/06/2016.

WARD, D. O. **Consumers' Willingness to Pay for Energy Labels on Household Appliances**. Disponível em <http://trace.tennessee.edu>. Acesso 13/04/2016

WARD, D. O. et al. Factors influencing willingness-to-pay for the ENERGY STAR label. **Energy Policy**. v.39, p.1450–1458. 2011

WEBBER, C.; BROWN, R.; KOOMEY, J. Savings estimates for the ENERGY STARs voluntary labeling program. **Energy Policy**, v.28, p.1137–1149, 2000.

WEISS, C. H. Theory-based evaluation: Past, present, and future. **New directions for evaluation**. 1997a

WEISS, C. H. (1995). **Nothing as practical as good theory: Exploring theory-based evaluation for comprehensive community initiatives for children and families**. In J. Connell, A. Kubisch, L. B. Schorr, & C. H. Weiss (Eds.), *New approaches to evaluating community*.

WEISS, C. H. **Evaluation: Methods for Studying Programs and Policies**. New Jersey, Prentice Hall, 1998.

WEISS, C. H. How can theory-based evaluation make greater headway? **Evaluation Review**, v.21, p.501-524, 1997b.

WEITZMAN, B. C et al. Finding the impact in a messy intervention: Using an integrated design to evaluate a comprehensive citywide health initiative. **American Journal of Evaluation**, v.30, p.495-514. 2009.

WHITE, H., & MASSET, E. Assessing interventions to improve child nutrition: A theory-based impact evaluation of the Bangladesh Integrated Nutrition Project. **Journal of International Development**, v.19, p.627-652. 2007.

WIEL, S. e MCMAHON, J. E. Governments should implement energy-efficiency standards and labels—cautiously. **Energy Policy**. v.31, p.1403–1415, 2003.

WILSON, A.; BOEHLAND, J. Small is beautiful: US house size, resource use, and the environment, **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, p.228–277, 2005.

WILSON, C. e DOWLATABADI, H. Models of Decision Making and Residential Energy Use. **Annual Review of Environment and Resources**. v.32, p.169-203. 2007.

YU, H. et al. How do the appliance energy standards work in China? Evidence from room air conditioners, **Energy and Buildings**, v.86, p.833–840, 2015

ZHOU, N. KHANNA, N. Z., FRIDLEY, D. e ROMANKIEWICZ, J. **International Review of Frameworks for Standard Setting & Labeling Development**. Lawrence Berkeley National Laboratory. Setembro, 2012. Disponível em: <https://china.lbl.gov>. Acesso em:12/07/2016.

APÊNDICE A - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIO POR TIPO APARELHO

Tabela 26 - Índice de Eficiência Energética Médio por Tipo de Refrigerador e ano entre 2003 e 2015

Ano	Uma Porta	Combinados	Total
2003	0,92	0,87	0,89
2004	0,92	0,87	0,89
2005	0,91	0,86	0,88
2006	0,87	0,84	0,85
2007	0,87	0,83	0,85
2008	0,90	0,83	0,85
2009	0,91	0,81	0,85
2010	0,92	0,80	0,84
2011	0,94	0,79	0,82
2012	0,90	0,78	0,81
2013	0,84	0,77	0,79
2014	0,84	0,76	0,78
2015	0,81	0,77	0,78
2011	0,94	0,79	0,82
2012	0,90	0,78	0,81
2013	0,84	0,77	0,79
2014	0,84	0,76	0,78
2015	0,81	0,77	0,78

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 27 - Índice de Eficiência Energética Médio por Tipo de Condicionador de ar e ano entre 1998 e 2015

Ano	Janela	Split
1998	2,30	
1999	2,29	
2000	2,43	
2001	2,40	
2002	2,64	
2003	2,68	
2004	2,77	2,84
2005	2,70	2,74
2006	2,77	2,86
2007	2,78	2,87
2008	2,80	2,86
2009	2,85	2,89
2010	2,87	2,97
2011	2,86	2,99
2012	2,85	3,01
2013	2,85	3,02
2014	2,90	3,04
2015	2,94	3,09

Fonte: Elaboração Própria

APÊNDICE B – CONSUMO DE ENERGIA E POTÊNCIA MÉDIOS POR TIPO APARELHO

Tabela 28 - Consumo Médio de Energia por Tipo de Refrigerador e ano entre 2003 e 2015

Ano	Uma Porta	Combinados	Total
1998	33,72	89,51	41,26
1999	31,42	66,58	44,94
2000	30,39	67,09	48,74
2001	28,82	64,16	48,88
2002	27,14	58,49	46,03
2003	26,19	55,30	45,19
2004	25,99	55,88	43,87
2005	26,01	55,34	42,76
2006	24,09	51,30	40,26
2007	24,06	54,74	43,19
2008	25,53	54,62	43,28
2009	25,95	53,13	43,32
2010	26,17	53,66	45,19
2011	26,99	55,01	48,28
2012	25,48	54,64	47,79
2013	25,48	53,62	46,85
2014	24,96	54,22	46,21
2015	24,18	54,63	46,08

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 29 - Consumo Médio de Energia por Tipo de Refrigerador e ano entre 2003 e 2015

Ano	Janela	Split
1998	1573	
1999	1585	
2000	1561	
2001	1511	
2002	1318	
2003	1314	
2004	1215	1344
2005	1275	1484
2006	1271	1564
2007	1281	1563
2008	1229	1586
2009	1217	1875
2010	1136	1794
2011	1195	1769
2012	1220	1733
2013	1226	1645
2014	1246	1669
2015	1071	1652

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE C – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR CLASSE DE EFICIÊNCIA

Tabela 30 - Eficiência Energética média por classe de eficiência e ano dos condicionadores de ar de janela de 2006 a 2015

Ano	A	B	C	D	E	Total
2006	2,98	2,79	2,66	2,37	1,97	2,77
2007	2,97	2,77	2,60	2,37	2,06	2,78
2008	2,98	2,77	2,61	2,37	2,05	2,80
2009	2,98	2,78	2,61	2,37	2,22	2,85
2010	2,97	2,77	2,62	2,44	2,24	2,87
2011	2,97	2,77	2,62	2,44	2,22	2,86
2012	2,98	2,77	2,65	2,47	2,23	2,85
2013	2,98	2,77	2,65	2,47	2,23	2,85
2014	2,99	2,91	2,76	2,71		2,90
2015	2,99	2,93	2,85	2,63		2,94

Fonte: Elaboração própria

Tabela 31 - Eficiência Energética média por classe de eficiência e ano dos condicionadores de ar de janela de 2006 a 2015

Ano	A	B	C	D	E	Total
2006	3,08	2,83	2,68	2,50	2,27	2,86
2007	3,08	2,83	2,68	2,49	2,27	2,87
2008	3,05	2,85	2,68	2,51	2,36	2,86
2009	3,33	3,09	2,95	2,75	2,59	2,89
2010	3,33	3,10	2,92	2,72	2,57	2,97
2011	3,33	3,10	2,92	2,72	2,56	2,99
2012	3,31	3,09	2,91	2,72	2,56	3,01
2013	3,31	3,09	2,91	2,72	2,55	3,02
2014	3,31	3,07	2,87	2,69		3,04
2015	3,33	3,14	2,88	2,71		3,09

Fonte: Elaboração Própria

APÊNDICE D – ESTIMATIVAS DOS MODELOS PROBIT DO RECONHECIMENTO, CONHECIMENTO E INFLUÊNCIA DA ENCE

Tabela 32 - Estimativas do Modelo 1, 2 e 3 das probabilidades de reconhecimento da etiqueta pelos consumidores entre 2010 e 2015

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	Todos Anos	2012 a 2014	2012 a 2014
Ano	0,132 (15,67)**	-0,036 (1,34)	-0,039 (1,39)
Goiás	-0,252 (3,43)**	-0,411 (3,61)**	-0,465 (4,03)**
Minas Gerais	-0,318 (4,73)**	-0,401 (3,74)**	-0,463 (4,25)**
Paraná	-0,137 (1,81)	-0,326 (2,81)**	-0,358 (3,03)**
Rio Grande do Sul	0,057 (0,74)	-0,05 (0,41)	-0,022 (0,18)
Ceará	-0,07 (0,95)	-0,203 (1,75)	-0,184 (1,58)
Pernambuco	-0,309 (4,36)**	-0,187 (1,56)	-0,161 (1,32)
Bahia	-0,288 (4,11)**	-0,535 (4,93)**	-0,509 (4,63)**
São Paulo	-0,397 (6,37)**	-0,454 (4,57)**	-0,517 (5,07)**
Rio de Janeiro	0,011 (0,15)	-0,36 (3,15)**	-0,371 (3,14)**
Interior	-0,033 (0,78)	-0,017 (0,29)	0,019 (0,30)
Metropolitana	-0,112 (3,07)**	-0,026 (0,48)	0,003 (0,06)
Feminino	0,163 (5,78)**	0,261 (5,99)**	0,307 (6,78)**
5ª a 8ª fundamental	0,435 (10,67)**	0,38 (6,04)**	0,332 (5,14)**
Médio incompleto	0,655 (14,61)**	0,573 (8,32)**	0,488 (6,82)**
Médio Completo	0,994 (22,43)**	0,852 (13,05)**	0,714 (10,33)**
Superior	1,168 (16,20)**	1,054 (9,62)**	0,795 (6,61)**
25 a 34 anos	0,088	0,219	0,187

	(1,69)	(2,55)*	(2,06)*
35 a 44 anos	-0,012	0,078	0,008
	(0,23)	(0,93)	(0,10)
45 a 59 anos	-0,284	-0,325	-0,424
	(5,84)**	(4,35)**	(5,37)**
60 anos ou mais	-0,577	-0,643	-0,731
	(10,92)**	(8,00)**	(8,62)**
1.244 R\$ a 2.488 R\$			0,229
			(4,30)**
2.488 R\$ a 3.732 R\$			0,445
			(5,85)**
3.732 R\$ a 6.220 R\$			0,457
			(4,15)**
Acima de 6.220 R\$			0,493
			(3,32)**
LR chi2(20)	1995,91	770	798,85
Prob > chi2	0,00000	0	0,00000
Pseudo R2	0,1694	0,1593	0,1717

Fonte: Elaboração própria

Tabela 33 - Estimativas do Modelo 1, 2 e 3 das probabilidades do conhecimento da etiqueta pelos consumidores entre 2010 e 2015

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	2010 a 2015	2012 a 2014	2012 a 2014
Ano	0,000	0,058	0,062
	(0,03)	(2,93)**	(3,07)**
Goiás	0,268	0,387	0,328
	(4,69)**	(4,76)**	(3,98)**
Minas Gerais	0,337	0,179	0,089
	(6,44)**	(2,52)*	(1,23)
Paraná	0,241	0,134	0,053
	(4,32)**	(1,75)	(0,68)
Rio Grande do Sul	0,437	0,536	0,53
	(7,78)**	(6,66)**	(6,45)**
Ceará	0,029	-0,035	-0,032
	(0,55)	(0,48)	(0,43)
Pernambuco	0,198	-0,002	-0,015
	(3,56)**	(0,03)	(0,20)
Bahia	0,076	0,051	0,027
	(1,41)	(0,69)	(0,36)
São Paulo	0,108	0,024	-0,038
	(2,33)*	(0,38)	(0,58)

Rio de Janeiro	0,109 (2,06)*	0,009 (0,13)	-0,014 (0,19)
Interior	0,025 (0,75)	0,074 (1,74)	0,086 (1,97)*
Metropolitana	0,128 (4,47)**	0,175 (4,35)**	0,199 (4,84)**
Feminino	-0,128 (5,53)**	-0,173 (5,41)**	-0,139 (4,24)**
5ª a 8ª fundamental	0,19 (4,65)**	0,213 (3,80)**	0,166 (2,93)**
Médio incompleto	0,426 (10,22)**	0,384 (6,81)**	0,312 (5,38)**
Médio Completo	0,846 (21,14)**	0,898 (16,74)**	0,784 (14,03)**
Superior	1,147 (19,94)**	1,185 (15,24)**	1,016 (12,06)**
25 a 34 anos	0,305 (8,78)**	0,317 (6,54)**	0,315 (6,37)**
35 a 44 anos	0,384 (10,33)**	0,414 (8,04)**	0,391 (7,45)**
45 a 59 anos	0,315 (8,59)**	0,382 (7,53)**	0,343 (6,60)**
60 anos ou mais	0,171 (3,81)**	0,189 (3,09)**	0,143 (2,29)*
1.244 R\$ a 2.488 R\$			0,233 (5,94)**
2.488 R\$ a 3.732 R\$			0,348 (6,78)**
3.732 R\$ a 6.220 R\$			0,352 (4,88)**
Acima de 6.220 R\$			0,288 (3,07)**
LR chi2(20)	1213,820	763,120	810,900
Prob > chi2	0,000	0,000	0,000
Pseudo R2	0,072	0,085	0,093

Fonte: Elaboração própria

Tabela 34 - Estimativas do Modelo 1, 2 e 3 das probabilidades do conhecimento da etiqueta pelos consumidores entre 2010 e 2015

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	2010 a 2015	2012 a 2014	2012 a 2014
Ano	0,006	0,045	0,052

	-0,85	(2,27)*	(2,57)*
Goiás	0,3	0,205	0,161
	(5,13)**	(2,58)**	(2,01)*
Minas Gerais	0,315	0,123	0,062
	(5,83)**	-1,71	-0,85
Paraná	0,184	0,081	0,024
	(3,18)**	-1,02	-0,31
Rio Grande do Sul	0,337	0,276	0,258
	(5,87)**	(3,50)**	(3,23)**
Ceará	0,195	0,136	0,143
	(3,43)**	-1,77	-1,85
Pernambuco	0,421	0,127	0,123
	(7,04)**	-1,62	-1,56
Bahia	0,023	-0,146	-0,15
	-0,42	-1,96	(2,00)*
São Paulo	-0,006	-0,159	-0,2
	-0,13	(2,46)*	(3,02)**
Rio de Janeiro	0,082	-0,244	-0,256
	-1,51	(3,33)**	(3,41)**
Interior	0,131	0,177	0,191
	(3,88)**	(4,10)**	(4,34)**
Metropolitana	0,137	0,124	0,141
	(4,70)**	(3,13)**	(3,49)**
Feminino	-0,068	-0,12	-0,097
	(2,88)**	(3,75)**	(2,97)**
5ª a 8ª fundamental	0,141	0,191	0,166
	(3,21)**	(3,32)**	(2,86)**
Médio incompleto	0,293	0,348	0,319
	(6,60)**	(6,01)**	(5,38)**
Médio Completo	0,574	0,654	0,581
	(13,69)**	(12,15)**	(10,35)**
Superior	0,793	0,975	0,835
	(14,25)**	(13,09)**	(10,41)**
25 a 34 anos	0,171	0,106	0,094
	(4,67)**	(2,14)*	-1,87
35 a 44 anos	0,254	0,278	0,252
	(6,53)**	(5,25)**	(4,69)**
45 a 59 anos	0,194	0,21	0,177
	(5,02)**	(4,01)**	(3,31)**
60 anos ou mais	0,103	0,035	0,012
	(2,17)*	-0,55	-0,18
1.244 R\$ a 2.488 R\$			0,15
			(3,81)**

2.488 R\$ a 3.732 R\$			0,283 (5,57)**
3.732 R\$ a 6.220 R\$			0,289 (4,14)**
Acima de 6.220 R\$			0,166 -1,87
LR chi2(20)	1446,94	827,53	853,86
Prob > chi2	0	0	0
Pseudo R2	0,0638	0,0729	0,0773

* p<0.10, ** p<0.05

Fonte: Elaboração própria