



Laura Elisa Gil Vitorino

## Gestão do Lado da Procura no Setor Elétrico Brasileiro

Mestrado em Gestão  
Faculdade de Economia

2012





# **Gestão do Lado da Procura no Setor Elétrico Brasileiro**

---

Projeto Profissionalizante apresentado à Faculdade de Economia da  
Universidade de Coimbra para o cumprimento dos requisitos necessários à  
obtenção do grau de Mestre em Gestão

---

**Orientadores:** Professora Doutora Patrícia Pereira da Silva

Professor Doutor Nivalde José de Castro

**Laura Elisa Gil Vitorino**



## Agradecimentos

À Professora Doutora Patrícia Pereira da Silva, o meu agradecimento, por todo o apoio e disponibilidade durante o processo de investigação que envolveu a realização deste trabalho e pelo incentivo à participação no projeto de intercâmbio no Grupo de Estudos do Setor Elétrico Brasileiro do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GESEL/IE/UFRJ).

Ao Professor Doutor Nivalde de Castro, o meu reconhecimento, por me ter proporcionado a hipótese de participar nos projetos do GESEL, permitindo-me ampliar os meus conhecimentos a vários níveis, pelo apoio, críticas e sugestões ao longo da execução deste estudo.

Ao Eng.º. Emerson Salvador, Gerente da Divisão de Eficiência Energética na Oferta do PROCEL, pela sua predisposição no esclarecimento de dúvidas e na partilha de informação sobre o PROCEL, e ao Professor Doutor Pedro Cerqueira, pelo seu auxílio no que respeita à construção da componente econométrica deste trabalho.

À minha família e amigos pelos bons momentos passados ao longo do percurso académico e pela compreensão dos momentos de ausência durante a elaboração deste trabalho.

À Rita, pela total disponibilidade e apoio durante a realização deste trabalho, e à Susana pelo tempo partilhado no processo.

Ao Alexandre por todo o apoio, motivação e companheirismo demonstrado ao longo de todo o tempo decorrido na execução deste trabalho, como por todos os momentos vivenciados durante o percurso académico.

Por fim, agradeço grandemente aos meus pais, aos quais dedico este trabalho, por tudo o que me proporcionaram ao longo de toda a minha existência, pelo carinho, compreensão e apoio que sempre recebi.

A todos, o meu Obrigada!

Laura Elisa Gil Vitorino



## Resumo

Este trabalho tem como objetivo examinar os esforços enveredados pelos decisores brasileiros na promoção da eficiência energética (EE) e da conservação de energia, mais concretamente no que respeita à energia elétrica. Neste enquadramento, procede-se à análise do impacto dos programas de EE no consumo de energia elétrica no Brasil, nomeadamente do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e do Programa de Eficiência Energética (PEE), através de uma estimação econométrica, e estudam-se algumas medidas de gestão do lado da procura já implementadas e outras que possam ser adequadas para o Brasil.

Da análise dos programas estudados, destaca-se que o PROCEL tem um âmbito mais abrangente enquanto o PEE é de carácter operacional e com um foco nos projetos para consumidores de baixos rendimentos. Não obstante, ambos têm evidenciado aumentos significativos das suas poupanças energéticas resultantes das ações implementadas.

Efetua-se uma estimação econométrica, cuja finalidade é estudar o impacto dos referidos programas no consumo de energia elétrica no Brasil, através de uma variável *dummy*, e estabelecer uma relação entre a evolução do Produto Interno Bruto (PIB) real *per capita* com o consumo de energia elétrica, para o período entre 1971 e 2010.

Pela análise da estimação econométrica constata-se que a mesma foi satisfatória. Verifica-se que um aumento de 1% no PIB real *per capita* provoca um aumento de 0,59% no consumo de energia elétrica, *ceteris paribus*, e uma mudança do comportamento na evolução do consumo de eletricidade a partir de 1993 até ao final do período da amostra.

Pelo exposto, infere-se que estes programas têm contribuído favoravelmente na mitigação do crescimento da procura por energia elétrica, seja por via de uma maior informação por parte dos consumidores como da proliferação de equipamentos eletricamente mais eficientes.

Por fim, conclui-se que a gestão do lado da procura por energia elétrica assume um papel fundamental em diversas dimensões, como sejam o impacto na fatura de eletricidade dos consumidores, na competitividade das empresas e no adiamento de avultados investimentos na expansão da capacidade produtiva do Setor Elétrico Brasileiro. No entanto, para a maximização do potencial de poupanças energéticas do PEE e do PROCEL, seria benéfica uma maior interação entre os mesmos de forma a criar sinergias.

**Palavras Chave:** Brasil, Gestão do Lado da Procura, Eficiência Energética, PEE, PROCEL.



## Abstract

This paper aims to examine the efforts made by Brazilian decision makers in promoting energy efficiency (EE) and energy conservation, specifically with regard to electricity. In this context, we analyze the impact of EE programs in electricity consumption in Brazil, particularly the National Program for Electricity Conservation (PROCEL) and the Energy Efficiency Program (PEE), through an econometric estimation, and we analyse a few demand side management (DSM) measures which have already been implemented and others that may be suitable for Brazil.

From the programs' analysis, it is emphasized that PROCEL has a wider scope while PEE has an operational nature with a focus on projects for low-income consumers. Nevertheless, both have shown significant increases in their energy savings resulting from actions taken.

We carry out an econometric estimation, whose purpose is to study the impact of these programs on electricity consumption in Brazil, through a dummy variable, and to establish a relationship between the evolution of real Gross Domestic Product (GDP) *per capita* and electricity consumption for the period between 1971 and 2010.

By analyzing the econometric estimation, we notice that it is satisfactory. It is found that a 1% increase in real GDP *per capita* causes a 0,59% increase in electricity consumption, *ceteris paribus*, and that occurred a change of electricity consumption evolution's behaviour from 1993 until the end of sample period.

For these reasons, it is deducted that these programs have positively contributed in mitigating the growth of electricity's demand, whether by a better information for consumers as by the proliferation of equipments electrically more efficient.

Finally, we conclude that electricity DSM play a key role in several dimensions, such as the impact on consumers' electricity bills as well as on the competitiveness of firms, and the postponement of major investments in the expansion of generation capacity of the Brazilian Electric Sector. However, to maximize the potential energy savings of PEE and PROCEL, a greater interaction between them it would be beneficial in order to create synergies.

**Keywords:** Brazil, Demand Side Management, Energy Efficiency, PEE, PROCEL.



## Índice

1.	Introdução .....	1
2.	Eficiência Energética .....	5
2.1.	Eficiência Energética .....	5
2.2.	Conservação de Energia .....	6
2.3.	<i>Rebound Effect</i> .....	8
2.4.	Paradoxo da eficiência energética.....	9
3.	Gestão do Lado da Procura .....	11
3.1.	Fatores que influenciam a DSM .....	11
3.1.1.	<i>Free riding</i> .....	11
3.1.2.	<i>Spillover</i> .....	12
3.2.	Barreiras e falhas de mercado.....	12
3.2.1.	Baixos preços de energia .....	13
3.2.2.	Custos ocultos .....	13
3.2.3.	Risco e incerteza dos investimentos em EE .....	14
3.2.4.	Dificuldade no acesso ao capital .....	15
3.2.5.	Problemas de informação.....	16
3.2.6.	Racionalidade limitada .....	17
3.2.7.	Heterogeneidade dos consumidores .....	18
3.2.8.	Problema do Agente-Principal .....	18
3.2.9.	Lentidão do processo de difusão tecnológica.....	19
3.3.	Políticas e Instrumentos de DSM.....	19
3.3.1.	<i>Standards</i> .....	20
3.3.2.	Incentivos.....	21
3.3.3.	Impostos .....	23
3.3.4.	Certificados Brancos Transacionáveis .....	23
3.3.5.	Programas de informação .....	24
3.3.6.	Combinação de políticas e instrumentos .....	25
3.4.	Programas de DSM .....	27
3.4.1.	Estrutura e funcionamento dos programas de DSM.....	27
3.4.2.	Avaliação dos programas de DSM.....	30
3.4.3.	Sugestões de melhoria dos programas de DSM .....	32
3.5.	Síntese da literatura de DSM.....	34
4.	Caracterização Socioeconómica e Energética Brasileira .....	39

## Índice

4.1. Caracterização Socioeconómica do Brasil .....	39
4.2. Emissões de Dióxido de Carbono.....	41
4.3. Matriz Energética.....	44
4.4. Matriz Elétrica.....	46
4.5. Setor Elétrico Brasileiro.....	49
4.5.1. Estrutura e Funcionamento do SEB.....	49
4.5.2. Leilões de Energia Elétrica .....	51
4.5.3. Sistema Interligado Nacional e Sistemas Isolados.....	52
5. Estudo do Consumo de Energia Elétrica.....	55
5.1. Consumo Global.....	55
5.2. Consumo por Região Geográfica .....	57
5.3. Consumo por Setor de Atividade.....	63
5.3.1. Setor Industrial.....	67
5.3.1.1. Análise por fonte produtiva .....	67
5.3.1.2. Análise por utilização final de energia elétrica .....	69
5.3.2. Setor Residencial .....	72
5.3.2.1. Análise por fonte produtiva .....	73
5.3.2.2. Análise por utilização final de energia elétrica .....	74
6. Programas de Eficiência Energética Brasileiros .....	85
6.1. Principais formas de financiamento dos programas de EE .....	85
6.1.1. Reserva Global de Reversão.....	85
6.2. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica .....	89
6.2.1. Estrutura Organizacional .....	92
6.2.2. Financiamento do programa.....	93
6.2.3. Subprogramas do PROCEL .....	95
6.2.3.1. PROCEL Avaliação .....	95
6.2.3.2. PROCEL Edifica.....	96
6.2.3.3. PROCEL Educação .....	97
6.2.3.4. PROCEL EPP .....	98
6.2.3.5. PROCEL GEM .....	99
6.2.3.6. PROCEL Indústria .....	100
6.2.3.7. PROCEL Info.....	101
6.2.3.8. PROCEL <i>Marketing</i> .....	102
6.2.3.9. PROCEL Reluz .....	103

## Índice

6.2.3.10. PROCEL Sanear .....	106
6.2.3.11. PROCEL Selo .....	107
6.2.4. Análise Global do PROCEL.....	110
6.3. Programa de Eficiência Energética .....	114
6.3.1. Tipologia dos Projetos de PEE.....	115
6.3.2. Estruturação, M&V e Fiscalização dos Projetos de PEE .....	117
6.3.3. Análise dos Resultados .....	123
6.3.4. Análise Global do PEE .....	132
7. Políticas de Eficiência Energética Brasileiras: no bom caminho? .....	135
7.1. Ensaio Metodológico .....	135
7.1.1. Análise da literatura para estudos similares.....	135
7.1.2. Modelo Econométrico .....	138
7.1.2.1. Variáveis da estimação econométrica .....	139
7.1.2.2. Processo econométrico .....	141
7.2. Análise da Estimação Econométrica .....	141
7.2.1. Qualidade da Estimação Econométrica .....	141
7.2.2. Estudo de possíveis infrações aos pressupostos do MMQ.....	142
7.2.3. Estacionaridade das variáveis .....	144
7.2.4. Modelo de variáveis instrumentais.....	145
7.3. Análise conjunta dos programas PROCEL e PEE com os resultados da estimação econométrica .....	146
7.4. Análise Global da Gestão do Lado da Procura de Energia Elétrica.....	151
8. Considerações Finais.....	155
9. Referências Bibliográficas .....	161
10. Anexos.....	173
Anexo I – Principais Entidades Intervenientes no SEB .....	173
Anexo II – PEE .....	179
Anexo II.1 – Correções ao ficheiro “Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL” .....	179
Anexo II.2 – Quadros Auxiliares para a análise estatística do PEE.....	180
Anexo III – <i>Outputs</i> do Modelo Econométrico .....	183
Anexo III.1 – <i>Output</i> do Modelo Econométrico pelo Método dos Mínimos Quadrados .....	183
Anexo III.2 – <i>Output</i> do Teste de VIF.....	184
Anexo III.3 – <i>Output</i> do Teste de White .....	184

## Índice

Anexo III.4 – <i>Output</i> do Teste de Autocorrelação dos Erros.....	185
Anexo III.5 – <i>Output</i> do Teste de RESET .....	185
Anexo III.6 – <i>Output</i> do Teste de Chow .....	186
Anexo III.7 – <i>Outputs</i> do Teste ADF.....	187
Anexo III.8 – <i>Output</i> do Modelo com variáveis instrumentais .....	189

## Abreviaturas, Símbolos e Siglas

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
B&S	Bens e Serviços
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CMSE	Comité de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DSM	<i>Demand Side Management</i>
EE	Eficiência Energética
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCO	<i>Energy Service Company</i>
EUA	Estados Unidos da América
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GEF	<i>Global Environment Facility</i>
GEM	Gestão Energética Municipal
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GWh	Gigawatt-hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
I&D	Investigação e Desenvolvimento
kWh	Quilowatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
MPEE	Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética
MW	Megawatt

## Abreviaturas, Símbolos e Siglas

M&V	Medição e Verificação
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OIE	Oferta Interna de Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
p.p.	Pontos percentuais
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDE	Plano Decenal de Energia
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PIMVP	Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance
PMES	Pequena e Média Empresa
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PPH	Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RCB	Relação Custo-Benefício
RCE	Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica
RGR	Reserva Global de Reversão
ROL	Receita Operacional Líquida
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
tep	Tonelada equivalente de petróleo
TWh	Terawatt-hora
USD	Dólar Americano ( <i>United States Dollar</i> )

## Lista de Figuras

Figura 3.1: Ciclo conceptual do funcionamento de um programa de DSM. ....	28
Figura 4.1: Esquema das principais entidades intervenientes no SEB. ....	50
Figura 4.2: Mapa ilustrativo dos subsistemas do SIN e dos sistemas isolados.....	52
Figura 4.3: Comparação da dimensão geográfica do SIN relativamente a uma extrapolação do mesmo considerando o continente europeu. ....	53
Figura 5.1: Mapa do Brasil com informações por região geográficas para 2010.....	60
Figura 6.1: Organograma da Secretaria Executiva da Eletrobras encarregue do PROCEL. ....	92
Figura 6.2: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para Edifícios.....	97
Figura 6.3: Selo PROCEL de Economia de Energia e ENCE, respetivamente. ....	108



## Lista de Gráficos

Gráfico 4.1: Evolução do PIB real, a preços de 2011 e em reais, e do PIB <i>per capita</i> em volume, a preços de 2011 e em dólares americanos, entre 1990 e 2011.....	39
Gráfico 4.2: Evolução da população residente no Brasil e da taxa de pobreza, para o período 1990-2010.....	40
Gráfico 4.3: Evolução das emissões de CO <sub>2</sub> no território brasileiro, no período entre 1990 e 2010. ....	42
Gráfico 4.4: Evolução das emissões de CO <sub>2</sub> <i>per capita</i> , no período entre 1990 e 2008. ....	42
Gráfico 4.5: Distribuição das emissões de CO <sub>2</sub> por setor no Brasil em 2008.....	43
Gráfico 4.6: Distribuição das emissões de CO <sub>2</sub> por setor na América Latina em 2008. ....	43
Gráfico 4.7: Evolução da oferta interna de energia por fonte energética entre 1990 e 2010. ..	44
Gráfico 4.8: Composição, por fonte produtiva, da oferta de energia interna brasileira em 1990.45	
Gráfico 4.9: Composição, por fonte produtiva, da oferta de energia interna brasileira em 2010.45	
Gráfico 4.10: Evolução da produção de energia primária e do saldo importador entre 1990 e 2010.....	46
Gráfico 4.11: Evolução da dependência energética do exterior entre 1990 e 2010. ....	46
Gráfico 4.12: Evolução da matriz elétrica brasileira por fonte entre 1990 e 2010.....	47
Gráfico 4.13: Matriz elétrica brasileira para o ano de 1990. ....	48
Gráfico 4.14: Matriz elétrica brasileira para o ano de 2010. ....	48
Gráfico 4.15: Evolução da capacidade instalada de produção de energia elétrica por fonte, entre 1990 e 2010. ....	49
Gráfico 4.16: Distribuição da capacidade instalada por origem em 2010.....	49
Gráfico 5.1: Evolução do consumo total de energia elétrica no Brasil entre 1990 e 2010. ....	55
Gráfico 5.2: Evolução do consumo total de energia elétrica por região geográfica entre 1990 e 2010.....	58
Gráfico 5.3: Variação em termos absolutos do consumo de energia elétrica por região geográfica entre 1990 e 2010. ....	59
Gráfico 5.4: Variação em termos relativos do consumo de energia elétrica por região geográfica entre 1990 e 2010. ....	59
Gráfico 5.5: Distribuição do consumo total de energia elétrica por região geográfica em 1990.59	
Gráfico 5.6: Distribuição do consumo total de energia elétrica por região geográfica em 2010.59	
Gráfico 5.7: Distribuição da população residente por região geográfica em 2010. ....	61
Gráfico 5.8: Distribuição do número total de clientes de energia elétrica por região geográfica em 2010.....	61
Gráfico 5.9: Consumo de energia elétrica <i>per capita</i> para o Brasil e para cada região geográfica em 2010.....	61
Gráfico 5.10: Consumo total médio de energia elétrica para o Brasil e para cada região geográfica em 2010.....	61
Gráfico 5.11: Evolução do consumo total de energia elétrica por setor de atividade entre 1990 e 2010.....	64
Gráfico 5.12: Evolução do peso no consumo total de energia elétrica por setor de atividade entre 1990 e 2010. ....	65
Gráfico 5.13: Distribuição do consumo total de energia elétrica por setor de atividade em 1990. ....	65

## Lista de Gráficos

Gráfico 5.14: Distribuição do consumo total de energia elétrica por setor de atividade em 2010. ....	65
Gráfico 5.15: Evolução do consumo energético total no setor industrial e do peso da eletricidade no mesmo, entre 1990 e 2010. ....	67
Gráfico 5.16: Repartição do consumo energético do setor industrial por fonte produtiva em 1990. ....	68
Gráfico 5.17: Repartição do consumo energético do setor industrial por fonte produtiva em 2010. ....	68
Gráfico 5.18: Representatividade na atividade económica dos setores da indústria abrangidos pela PPH na indústria no total de setores industriais brasileiros em 2005. ....	70
Gráfico 5.19: Distribuição do consumo de energia elétrica por uso final na indústria em 2005. ....	71
Gráfico 5.20: Percentagem de entrevistados, por tipo de indústria, que afirmaram ter sofrido algum tipo de racionamento de energia elétrica em 2001. ....	71
Gráfico 5.21: Evolução do consumo total de energia elétrica do setor residencial por fonte energética entre 1990 e 2010. ....	73
Gráfico 5.22: Distribuição do consumo total de energia elétrica do setor residencial por fonte produtiva em 1990. ....	73
Gráfico 5.23: Distribuição do consumo total de energia elétrica do setor residencial por fonte produtiva em 2010. ....	73
Gráfico 5.24: Estrutura do consumo de energia elétrica do setor residencial por região geográfica em 2010. ....	76
Gráfico 5.25: Consumo residencial médio de energia elétrica para o Brasil e para cada região geográfica em 2010. ....	76
Gráfico 5.26: Distribuição do número de clientes residenciais de energia elétrica por região geográfica em 2010. ....	76
Gráfico 5.27: Percentagem do número de clientes residenciais no total de clientes de energia elétrica para o Brasil e para cada região geográfica em 2010. ....	76
Gráfico 5.28: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica no Brasil. ....	78
Gráfico 5.29: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Norte. ....	78
Gráfico 5.30: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Nordeste. ....	79
Gráfico 5.31: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Centro-Oeste. ....	79
Gráfico 5.32: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Sudeste. ....	80
Gráfico 5.33: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Sul. ....	80
Gráfico 5.34: Média de moradores por domicílio no Brasil e por regiões geográficas em 2005. ....	81
Gráfico 5.35: Posse média de chuveiros elétricos no Brasil e para as respetivas regiões geográficas em 2005. ....	82
Gráfico 6.1: Distribuição Relativa dos Colaboradores do Eletrobras/PROCEL por Qualificação Académica em 2011. ....	93
Gráfico 6.2: Evolução dos investimentos efetuados no PROCEL, no período 1986-2010. ....	94

## Lista de Gráficos

Gráfico 6.3: Evolução da percentagens de investimentos através da RGR no total de investimentos realizados no PROCEL. ....	95
Gráfico 6.4: Evolução do número de municípios aderentes à RCE entre 2006 e 2009, por região. ....	99
Gráfico 6.5: Número de técnicos e engenheiros das indústrias participantes qualificados pelo PROCEL Indústria.....	101
Gráfico 6.6: Evolução do número de acessos realizados ao Portal Info, entre 2007 e 2010. ..	102
Gráfico 6.7: Evolução do número acumulado de pontos de iluminação pública substituídos, no período 1994-2010.....	104
Gráfico 6.8: Evolução da distribuição regional dos pontos de iluminação pública que sofreram ação do PROCEL Reluz, no período 2004-2010.....	105
Gráfico 6.9: Evolução dos valores acumulados da poupança energética e da procura retirada da ponta originadas pelas ações do PROCEL Reluz, no período 1994-2010. ....	105
Gráfico 6.10: Evolução temporal do número de categorias e de fabricantes de equipamentos elétricos com o Selo PROCEL. ....	108
Gráfico 6.11: Resultados energéticos do Selo PROCEL por classe de equipamentos. ....	109
Gráfico 6.12: Evolução da poupança energética agregada induzida pelo Selo PROCEL. ....	109
Gráfico 6.13: Evolução temporal da poupança energética (1986-2010) e dos investimentos evitados (1986-2009), decorrentes das ações do PROCEL. ....	111
Gráfico 6.14: Evolução entre 2003 e 2010 da percentagem anual das poupanças energéticas no consumo total de energia elétrica no Brasil, resultante das atividades do PROCEL.....	112
Gráfico 6.15: Evolução entre 2003 e 2009 dos resultados energéticos das ações por subprograma do PROCEL. ....	113
Gráfico 6.16: Evolução do número de projetos e montante de investimentos aprovados nos ciclos anteriores do PEE, no período de 1998 a 2007 .....	124
Gráfico 6.17: Evolução temporal das RCBs médias anuais ponderadas pelos montantes totais investidos de 2008 a 2011. ....	125
Gráfico 6.18: Evolução temporal do número e dos montantes totais investidos nos projetos de PEE, entre 2008 e 2011. ....	126
Gráfico 6.19: Evolução temporal da energia economizada e da procura retirada de ponta nos projetos de PEE, entre 2008 e 2011. ....	126
Gráfico 6.20: Distribuição, em termos globais, da fonte de financiamento dos projetos de PEE, entre 2008 e 2011. ....	127
Gráfico 6.21: Peso do número de projetos por empresa de distribuição de energia elétrica, entre 2008 e 2011. ....	127
Gráfico 6.22: Peso dos montantes totais investidos por empresa de distribuição de energia elétrica, entre 2008 e 2011.....	127
Gráfico 6.23: Peso da energia economizada global por empresa de distribuição de energia elétrica, entre 2008 e 2011.....	128
Gráfico 6.24: Peso do número total de projetos de PEE segundo a sua tipologia, entre 2008 e 2011.....	129
Gráfico 6.25: Peso dos montantes totais investidos nos projetos de PEE segundo a sua tipologia, entre 2008 e 2011. ....	130
Gráfico 6.26: Peso do número total de projetos de PEE por tipo de uso final, entre 2008 e 2011 .....	131

## Lista de Gráficos

Gráfico 6.27: Peso da energia economizada anual em projetos de PEE por tipo de uso final, entre 2008 e 2011. ....	131
Gráfico 6.28: Peso do número de projetos por tipo de equipamento, entre 2008 e 2011. ....	132
Gráfico 6.29: Evolução do peso das poupanças energéticas anuais dos projetos de PEE no consumo total de energia elétrica no Brasil para os anos de 2008 a 2010. ....	134
Gráfico 7.1: Evolução da variável $l\_Cons\_Elet_t$ no período entre 1970 e 2010. ....	144
Gráfico 7.2: Evolução da variável $d\_l\_Cons\_Elet_t$ no período entre 1970 e 2010. ....	144
Gráfico 7.3: Evolução da variável $l\_PIBr\_pc_t$ no período entre 1970 e 2010. ....	145
Gráfico 7.4: Evolução da variável $d\_l\_PIBr\_pc_t$ no período entre 1970 e 2010. ....	145

## Lista de Quadros

Quadro 3.1: Vantagens e inconvenientes dos <i>standards</i> de equipamentos.....	21
Quadro 3.2: Vantagens e inconvenientes dos incentivos. ....	22
Quadro 3.3: Vantagens e inconvenientes dos impostos. ....	23
Quadro 3.4: Vantagens e inconvenientes dos certificados brancos transacionáveis. ....	24
Quadro 3.5: Vantagens e inconvenientes dos programas de informação. ....	25
Quadro 3.6: Estruturas de DSM. ....	28
Quadro 3.7: Síntese da literatura analisada de DSM. ....	34
Quadro 6.1: Parâmetros contabilísticos que integram o cálculo da determinação da ROL.....	88
Quadro 6.2: Aplicação da ROL no SEB, segundo a Lei n.º 12.212/2010. ....	89
Quadro 6.3: Síntese dos valores globais do PEE entre 2008 e 2011. ....	124
Quadro 6.4: Cinco maiores empresas de distribuição de energia elétrica, associadas da ABRADÉE, no número de consumidores em dezembro de 2010 e no consumo de energia elétrica total em 2010.....	129
Quadro 7.1: Síntese de resultados de alguns estudos científicos no estudo das relações entre consumo de energia e de eletricidade com o PIB.....	135
Quadro 7.2: Descrição e fonte das variáveis utilizadas na estimação econométrica. ....	139
Quadro 7.3: Estimativa pelo MMQ para o período 1971-2010 (40 observações), em que a variável dependente é <i>d_I_Cons_Elet.</i> . ....	147
Quadro 7.4: Correspondência dos programas PROCEL e PEE com alguns instrumentos de DSM. ....	151
Quadro 10. 1: Fatores de correção para cálculo da RCB ponderada pelos montantes totais investidos entre 2008 e 2011: Evolução Temporal e Valores Totais. ....	180
Quadro 10. 2: Quadro síntese da evolução temporal, para o quadriénio 2008-2011, do número e montantes totais investidos, das RCBs anuais médias, da energia economizada e da procura retirada da ponta global. ....	180
Quadro 10. 3: Quadro de análise cruzada entre os tipos de projeto e de uso final (por número), para o quadriénio 2008-2011. ....	181
Quadro 10. 4: Quadro de análise cruzada entre os tipos de projeto e equipamentos (por número), para o quadriénio 2008-2011. ....	182



## 1. Introdução

---

A energia é um fator indispensável para o desenvolvimento socioeconómico das sociedades, vital para a erradicação da pobreza e na subida do nível de vida, e os níveis de utilização de eletricidade, a forma “mais flexível de energia”, são um indicador da prosperidade económica das nações. (Chontanawat, 2008; Ghosh, 2002; Vera & Langlois, 2007).

Para Khatib (2011, p. 2509), a eletricidade é “versátil, limpa de utilizar, fácil de transportar e suprema para controlar”, com uma produtividade superior, na maioria de aplicações energéticas, que outras formas de energia.

Não obstante, gera-se um dilema para conciliar o crescimento económico com um menor crescimento da utilização de energia, que irá requerer um menor crescimento de utilização de energia para qualquer taxa de crescimento da atividade económica (Hannesson, 2009).

Embora a melhoria da eficiência energética (EE) esteja crescentemente a ser reconhecida pelos governantes mundiais como uma das formas mais eficazes para atenuar o aumento dos preços da energia, combatendo potenciais riscos ambientais e aumentando a segurança energética, o seu financiamento nos países em desenvolvimento continua a ser um desafio (Sarkar & Singh, 2010).

O objetivo primeiro da EE é prestar um serviço energético com menos *inputs* de energia e, considerando um *rebound effect* menor que a unidade, refletindo-se em poupanças energéticas efetivas (Rutherford *et al.*, 2007). Não obstante, apesar do crescente apoio político, a conservação acaba por não satisfazer as expectativas pois a procura de energia não para de crescer (Llamas, 2009).

A gestão do lado da procura por energia elétrica deve procurar identificar a procura fisicamente ineficiente e, seletivamente, aumentar a sua eficiência. Esta redução seletiva da procura irá reduzir a necessidade de investimentos tanto na produção como na distribuição de eletricidade, com impactos negativos mínimos para os utilizadores, que aumentam a eficiência física da sua procura. (Rutherford *et al.*, 2007).

O Brasil, sendo um dos países mais ricos do mundo em recursos energéticos primários e com um crescente investimento nesta área, necessita de equacionar, de forma sustentável e integrada, um papel preponderante da EE na satisfação das suas necessidades energéticas, mais concretamente de eletricidade. Torna-se cada vez mais premente aumentar a EE e a eficiência no consumo e na produção de energia elétrica, seja numa perspetiva de sustentabilidade do

## Introdução

consumo como do ambiente, ou mesmo a nível económico, com a possibilidade de adiamento de investimentos avultados no setor elétrico brasileiro (SEB).

No que concerne à segurança de aprovisionamento energético, uma estratégia somente pelo lado da oferta para alcançar esse objetivo implica elevados custos e riscos associados para a economia e o ambiente; noutra aceção, o aumento da eficiência no consumo gera benefícios ambientais e de segurança energética (Rutherford *et al.*, 2007).

Este trabalho surge no âmbito do Mestrado de Gestão da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, particularmente devido a um período de intercâmbio no Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GESEL-IE-UFRJ) que disseminou o interesse pelo estudo da temática da eficiência energética, enquadrada no contexto socioeconómico e energético brasileiro.

No decurso do período de intercâmbio, houve a oportunidade de participar em diversos projetos do GESEL-IE-UFRJ, alguns dos quais fora da temática do presente trabalho. No entanto, foram vastos os conhecimentos adquiridos tanto acerca dos programas de eficiência energética e de conservação de energia brasileiros, como da contextualização energética e elétrica, como económica e cultural.

No seguimento, este estudo tem como objetivo central examinar os esforços enveredados pelos decisores brasileiros na promoção de EE e da conservação de energia, nomeadamente no que respeita ao consumo de energia elétrica. Para este efeito, estuda-se a literatura concernente à EE e à gestão do lado da procura; explana-se a caracterização energética e elétrica brasileira; analisa-se o impacto dos programas de EE (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL e Programa de Eficiência Energética – PEE) no consumo de energia elétrica no Brasil, tendo como base uma análise econométrica; examinam-se as principais linhas de atuação dos programas PROCEL e PEE, assim como os seus principais resultados; analisa-se o consumo de energia elétrica global e desagregado por região geográfica e por setor de atividade; e estudam-se medidas de gestão do lado da procura já implementadas e outras que possam ser adequadas ao caso brasileiro.

Deste modo, o presente trabalho divide-se em seis capítulos, os quais se passa a discriminar, não contabilizando a introdução e a conclusão.

No capítulo 2 procede-se à revisão da literatura concernente à EE, servindo de base teórica geral para o estudo realizado. Por sua vez, o capítulo 3 aborda especificamente a temática da gestão do lado da procura que permite definir as principais falhas e barreiras a que o mercado de EE pode estar sujeito, como também estudar os aspetos mais relevantes concernentes aos programas de gestão do lado da procura.

## Introdução

Para uma maior contextualização da realidade brasileira, são estudados, no capítulo 4, as conjunturas socioeconômicas, energética e elétrica nacionais, como também uma descrição sintética do SEB, sendo complementada pela análise do consumo de energia elétrica global no território, desagregado por região geográfica (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) e por setor de atividade, com especial enfoque no industrial e residencial – capítulo 5.

No capítulo 6 são examinados os programas de EE e de promoção à utilização final de eletricidade, nomeadamente o PROCEL e PEE, em que são abordados os seus funcionamentos, os seus financiamentos, os seus resultados energéticos, entre outros, de modo a conferir um conhecimento mais aprofundado dos mesmos e das suas atuações.

A linha de investigação culmina, no capítulo 7, numa análise econométrica em que a intenção primeira é examinar se a implementação de medidas de EE e de estímulo a uma utilização mais eficiente de energia elétrica, direta ou indiretamente ligadas à atuação do PROCEL e do PEE, teve impacto na evolução do consumo total de eletricidade. São discutidas também a importância e a atuação de cada programa, finalizando-se com algumas sugestões para aumentar o potencial de poupanças energéticas dos mesmos e, por conseguinte, do Brasil.



## 2. Eficiência Energética

---

A temática da EE ganhou relevo após a crise petrolífera de 1973, com o embargo de petróleo dos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Posteriormente, vários países sentiram necessidade de reduzir a sua dependência energética, nomeadamente no que respeita às importações de petróleo e, para tal, promoveram políticas de conservação de energia que, na sua fase inicial, consistiam essencialmente em melhorias de EE por via de inovação tecnológica (Herring, 1999).

### 2.1. Eficiência Energética

A EE é geralmente definida como os serviços energéticos oferecidos por unidade de *input* de energia, representando assim o rácio entre tais serviços e os *inputs* energéticos (Herring, 2006). Melhorar a eficiência do consumidor permite aos consumidores obterem o mesmo nível de serviço face a preços mais elevados (Rutherford *et al.*, 2007).

A EE apresenta como objetivos sociais o aumento da produtividade, do conforto, de poupanças monetárias e da competição entre combustíveis (Herring, 2006). A um nível mais agregado, a EE de um setor ou de uma economia no global pode ser medida como o nível de Produto Interno Bruto (PIB)<sup>1</sup> por unidade de energia consumida na sua produção (Metcalf, 2008).

Segundo Herring (2006), a medição de EE, especialmente a nível macroeconómico, apresenta problemas de metodologia, sendo muito difícil de mensurar quer ao longo do tempo, quer na comparação entre países ou setores.

Alguns ambientalistas creem que a melhoria na EE terá como consequência uma redução no consumo de energia. Por outro lado, vários economistas acreditam que o oposto acontece, ou seja, que a melhoria na EE de um fator de produção (como a energia) causará uma descida do seu preço implícito e torna-o mais acessível, permitindo a sua maior utilização – denominado na literatura específica da área por *rebound effect*.

Independentemente dos benefícios da EE, Herring (2006) alerta que, mesmo com a panóplia de medidas de EE colocadas em prática nos países desenvolvidos, o respetivo consumo energético continua a aumentar. Não obstante, esta lógica é refutável na medida que o autor em questão, na sua análise, não considera o aumento do nível de bem-estar dos consumidores.

---

<sup>1</sup> No caso de análise de setores de atividade económica, consideram-se os PIBs setoriais.

Os mercados de energia e os preços influenciam as decisões em relação ao nível de consumo energético e ao investimento em produtos e equipamentos energeticamente mais eficientes. Um aumento nos preços da energia irá resultar em poupanças energéticas no curto prazo, contudo as melhorias de EE no curto prazo tendem a ser limitadas devido às vidas úteis longas e pequenos retornos dos investimentos em equipamentos energeticamente mais eficientes (Linares & Labandeira, 2010). Esta argumentação é contraposta por Rutherford *et al.* (2007), que atesta que os investimentos em EE são rentáveis e que geram benefícios tanto individuais como sociais.

As políticas de EE só fazem sentido se através de melhorias de EE e de eficiência na utilização final de energia, forem alcançadas poupanças energéticas efetivas e de carácter duradouro. As políticas energéticas devem ser economicamente eficazes e eficientes, capazes de implementar instrumentos para minimizar os efeitos de *rebound* e *free riding*; e de dirigir-se às falhas e/ou barreiras de mercado que se pretendam solucionar (Linares & Labandeira, 2010; Llamas, 2009).

Llamas (2009) alerta que, na hora de desenhar políticas para promover a conservação energética, não se pode confundir poupança energética com EE, embora quase todas as ações se foquem em melhorar a EE e esperar que se repercutam em poupanças energéticas adicionais. O mesmo autor considera mesmo recomendável alterar as orientações das políticas, abandonando a ideia da EE como um fim em si mesma e orientá-la na direcção da conservação de energia, e não tanto como meio para a redução de emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

## 2.2. Conservação de Energia

A conservação de energia caracteriza-se por uma redução do consumo de energia por via de uma menor qualidade dos serviços energéticos, ou seja, implica uma redução na quantidade total de energia consumida. A conservação energética é bastante influenciada pela regulação e, como não poderia deixar de ser, pelos comportamentos dos consumidores e consequentes alterações de estilos de vida (Herring, 2006), podendo ser alcançada com ou sem melhorias de EE (Linares & Labandeira, 2010).

O conceito de alteração de comportamentos é, segundo Ehrhardt-Martinez *et al.* (2009), bastante geral, estando intimamente relacionado com os comportamentos associados com a aquisição e instalação de tecnologias de EE como também os comportamentos, decisões e ações que podem ser consideradas independentes de tecnologia, isto é, hábitos de utilização de energia, estilos de vida e padrões de consumo, entre outros.

## Eficiência Energética

O interesse na conservação de energia elétrica está a crescer devido a vários fatores: preocupações com os potenciais efeitos ambientais da produção de eletricidade, custos de manter fontes produtivas “fiáveis” durante as *peak hours* de procura, e custos económicos e políticos de expandir a capacidade de produção e de transmissão.

A poupança energética possibilita poupar recursos económicos escassos, nomeadamente os recursos fósseis, dos quais dependem atualmente a maioria do fornecimento energético mundial.

A chave da poupança energética consiste no facto de se consumir serviços energéticos (em vez de energia) e, deste modo, ser possível manter o mesmo nível de um determinado serviço energético com menor nível de consumo de energia. A poupança energética mede as reduções em termos absolutos, enquanto a EE fá-lo em termos relativos (Llamas, 2009).

Nem a eficiência no consumidor, nem a conservação de energia resultam necessariamente em reduções na procura a longo prazo, que são reduções na quantidade de energia consumida comparativamente com a *baseline* de consumo num cenário *business-as-usual* (Rutherford *et al.*, 2007). É, neste sentido e como Rutherford *et al.* (2007) e Sarkar e Singh (2010) referem, fundamentalmente num carácter de longo prazo da gestão do lado da procura por energia.

A conservação de energia pode reduzir o crescimento do consumo energético. Porém também pode, segundo Rutherford *et al.* (2007), ser contra produtiva se tal resultar numa diminuição do crescimento económico. Os autores em questão, embora referindo que tal possa não acontecer em todas as situações, afirmam ser provável que ocorra nos setores comercial e industrial. Noutra aceção, uma maior eficiência na utilização final de energia, que tenha advindo de uma transformação tecnológica ou de alterações comportamentais, é outro caminho para reduzir a procura por energia sem necessariamente originar impactos negativos na (evolução da) atividade económica. Pelo contrário, a utilização de equipamentos e métodos energeticamente mais eficientes pode aumentar a produtividade, e por esta via a competitividade, dos negócios que adotaram alterações de EE.

### 2.3. *Rebound Effect*

O progresso tecnológico potencia equipamentos energeticamente mais eficientes, o que significa, *ceteris paribus*, uma menor quantidade de energia para produzir o mesmo nível de produto. Devido à maior EE destes equipamentos, o custo por unidade dos serviços dos equipamentos decresce e a diminuição do preço levará ao aumento do consumo – ocorre assim a perda de uma parte da conservação energética que é designada por *rebound effect* (Berkhout *et al.*, 2000; Geller & Attali, 2005; Greening *et al.*, 2000).

Neste sentido, Chandler (2009) atesta que existe *rebound effect* porque o potencial económico da EE (isto é, o somatório dos benefícios energéticos, económicos, etc.) é menor que o potencial tecnológico (o qual assume uma penetração total das medidas de EE que são tecnologicamente consideradas exequíveis de um ponto de vista técnico).

O *rebound effect* ou *take-back effect* ocorre quando o consumo global de energia, perante uma melhoria na EE, não diminui proporcionalmente a essa melhoria, podendo até aumentar – quando tal se verifica denomina-se por *backfire*. O *rebound effect* mede de alguma forma a diferença entre a poupança energética e a EE, e provoca a rutura da relação causal direta entre as melhorias de EE e as reduções do consumo de energia (Llamas, 2009).

O *rebound effect* acontece quando algumas poupanças energéticas geradas por melhoria na eficiência são transformadas num nível superior de consumo relativamente ao que seria de esperar somente pela instalação das tecnologias de EE, sendo considerados três tipos distintos de *rebound effect* (Berkhout *et al.*, 2000):

- i. Direto – aumento da utilização de energia induzido pela redução no seu preço devido a um aumento da EE. Idêntico a qualquer outro ativo. O efeito direto do preço é quase de certeza negativo, o que irá reduzir o benefício.
- ii. Indireto – causado pela redução do preço nos serviços energéticos; quando o rendimento disponível dos consumidores aumenta, estes passam a consumir mais de outros bens e serviços, alguns dos quais implicam maior utilização de energia. Este efeito também é provavelmente negativo.
- iii. Macroeconómico ou “efeito de equilíbrio geral” – envolve tanto produtores como consumidores e representa o resultado de inúmeros ajustamentos da procura e da oferta em todos os setores, ou seja, da economia em geral (Herring, 2006). Este efeito implica, assim, alteração dos padrões de consumo das residências e das empresas, pelo 1º efeito, impulsionando uma alteração do padrão de vendas do setor produtivo – efeito estrutural, que vai ter consequências na procura de energia (pode ser positivo ou negativo).

É importante assinalar que o *rebound effect* não é necessariamente prejudicial já que surge como consequência de um aumento do bem-estar do consumidor. Contudo, mitiga a redução do consumo energético e, portanto, reduz a eficiência das melhorias de EE (Llamas, 2009).

### 2.4. Paradoxo da eficiência energética

O paradoxo da EE, ou *energy efficiency gap*, consiste na constatação de que, apesar da poupança energética e da EE apresentarem vantagens económicas evidentes, o nível de investimentos nestas não alcança os níveis correspondentes a essas vantagens económicas (Llamas, 2009).

As razões pelas quais não se investe em poupança e EE não são totalmente claras, o que faz com que o seu potencial real não seja tão evidente e, portanto, não se sabe em concreto qual a política mais adequada para incentivar esses investimentos (Llamas, 2009). Não obstante, Linares e Labandeira (2010) referem algumas possíveis explicações para a existência deste *gap*, sejam os custos ocultos não registados nos preços, a baixa poupança energética devido à heterogeneidade dos consumidores, a incerteza na poupança energética futura, e a irreversibilidade dos investimentos em EE. Para os mesmos autores, os problemas de informação, juntamente com as falhas comportamentais, são a principal explicação para o *energy efficiency gap*.

Existem duas posições extremas quanto às razões que justificam o facto dos investimentos em poupança energética e EE serem inferiores ao esperado. Se, por um lado, há quem defenda o paradoxo da EE, que afirma que tais subinvestimentos são justificados pela racionalidade económica dos consumidores, outros declaram que os mercados energéticos têm muitas falhas de mercado, sendo estas que explicam o facto de estes investimentos estarem afastados do seu ponto ótimo.

A justificativa para o menor investimento em poupança energética e EE agrega as duas razões atrás explicitadas, na medida em que, se por um lado algumas razões se devem a falhas de mercado que têm que ser corrigidas para alcançar a eficiência, outras devem-se ao facto de alguns aspetos relevantes para o consumidor não serem considerados (os quais não representam falhas de mercado) (Llamas, 2009).



### 3. Gestão do Lado da Procura

---

A gestão do lado da procura, doravante DSM (*Demand Side Management*), gere a procura de energia através de melhorias de EE. Embora o “caminho” pelo lado da procura por energia represente baixos custos e providencie grandes benefícios comparativamente com as soluções do lado da oferta, existem numerosas falhas e barreiras, e insuficientes incentivos para as ultrapassarem (Rutherford *et al.*, 2007).

Bush (1995) afirma que, inicialmente, o conceito de DSM é difícil de digerir, levando à indagação da razão que leva as *utilities* a conferirem incentivos aos seus clientes para utilizar menos do seu produto. O mesmo autor refere, em resposta à sua questão, que a necessidade por DSM cresceu à medida que as *utilities* “perderam o seu apetite por construir nova geração e transmissão”.

#### 3.1. Fatores que influenciam a DSM

##### 3.1.1. *Free riding*

Os programas de EE devem ser eficientes, isto é utilizar os recursos financeiros, entre outros, de forma ótima. Porém, nalgumas situações verifica-se que estes recursos são ineficientemente aplicados, já que não eram necessários para alcançar uma determinada redução do consumo energético – tal ocorre normalmente associado ao *free riding* (Llamas, 2009).

Os *free riders* são participantes de um programa de EE que recebem um incentivo financeiro ou de outro tipo mas que teriam tomado ações mesmo na ausência desses incentivos. Blumstein (2010) afirma que os pagamentos aos *free riders* não têm efeito prático, visto que “são apenas transferências de um grupo de consumidores (não participantes) para outro (*free riders*)”. Para além desta razão, as poupanças energéticas que advêm de ações dos agentes *free riders* não devem ser contabilizadas nos resultados dos programas de EE das *utilities* porque enviasam os mesmos na medida que estes agentes têm uma propensão para participar mais elevada que outros consumidores.

Linares e Labandeira (2010), considerando o efeito *free rider* como uma das maiores críticas às políticas de EE e de conservação, afirmam que os benefícios dos *free riders* não devem ser considerados nos benefícios da política mas como custos.

Todavia, a determinação do efeito *free rider*, isto é das poupanças inerentes a ações de agentes que mesmo sem incentivos tê-las-iam desenvolvido, é difícil mesmo com a sofisticação dos métodos de medição e verificação (M&V) uma vez que continua a verificar-se uma dificuldade para determinar o “contrafatural”, ou seja o que teria acontecido na ausência do programa, no total dos resultados energéticos de um programa de EE (Blumstein, 2010).

### 3.1.2. *Spillover*

No lado oposto da balança de onde se encontram os agentes *free riders*, regista-se a possibilidade de um programa de EE afetar comportamentos de outros consumidores – tal é designado na literatura por *spillover*.

Os dois casos típicos de *spillover* são exemplificados a seguir:

- *Spillover* de não participante: um consumidor, designado na literatura por *free driver*, adota determinada medida como resultado de um programa de EE mesmo não recebendo nenhum incentivo desse programa (ex. um consumidor pode ser persuadido pela publicidade associada ao programa ou pelo contato com consumidores satisfeitos que participaram no programa) (Blumstein, 2010; Linares & Labandeira, 2010).

- *Spillover* de participante: um consumidor, participante de um programa de EE, pode ser estimulado a tomar ações de poupanças energéticas adicionais em que para as quais o programa não fornece incentivos (ex. a existência do programa induziu fornecedores de equipamentos a oferecerem produtos e serviços energeticamente mais eficientes que, por sua vez, poderão ser adquiridos pelos consumidores participantes) (Blumstein, 2010).

Tal como o efeito *free rider*, o *spillover* é difícil de quantificar. Não obstante, segundo Blumstein (2010), “a existência de programas de EE de larga escala têm um efeito transformador do mercado”, visto que os consumidores veem tecnologias eficientes em ação, os profissionais da área energética desenvolvem as suas capacidades através do *learning-by-doing* e os fornecedores evoluem para bens e serviços energeticamente mais eficientes.

## 3.2. Barreiras e falhas de mercado

Sorrell *et al.* (2004, p.27) descrevem uma barreira de mercado como sendo “um mecanismo que inibe uma decisão ou um comportamento que parece ser tanto energética como economicamente eficiente”. Por outro lado, as barreiras de mercado são consideradas como desvios sistemáticos ao investimento custo-efetivo em tecnologias energeticamente

eficientes (Linares & Labandeira, 2010; Sorrell *et al.*, 2004). Podem ser, ou não, falhas de mercado (Llamas, 2009).

As falhas de mercado podem ser representadas como uma divergência dos preços relativos utilizados para as decisões privadas em relação aos preços economicamente eficientes. Por exemplo, externalidades ambientais não incluídas no preço e ausência de informação sobre a intensidade energética da utilização do produto tenderão a baixar o preço relativo da energia, conduzindo a escolhas ineficientes de equipamentos energeticamente pouco eficientes (Linares & Labandeira, 2010).

Nas falhas de mercado, os preços não refletem o verdadeiro custo marginal social do consumo de energia, nem das externalidades ambientais, nem do custo médio ou da segurança nacional (Linares & Labandeira, 2010). As falhas de mercado resultam, por exemplo, de informação assimétrica nos mercados de serviços energéticos. Por outro lado, barreiras de mercado tais como incerteza nos preços de energia ou preços ocultos, pela interrupção de produção ou pela baixa performance dos produtos, não são falhas de mercado. De uma perspetiva política, a justificação da necessidade de regulação dependerá da natureza da barreira (Schleich, 2009).

As principais razões que podem explicar um menor investimento em poupança energética e EE que o esperado são enunciadas a seguir.

### **3.2.1. Baixos preços de energia**

Se os preços da energia são baixos, os investimentos em poupança de energia e EE não são rentáveis. Não é uma falha de mercado se os preços da energia forem eficientes. Todavia, por vezes não o são, dado que não incluem todos os custos externos, fazendo com que os preços da energia sejam mais baixos que os socialmente desejados porque não refletem adequadamente os custos ambientais associados à produção e consumo energético, ou porque existem subsídios “perversos” que mantêm os preços artificialmente baixos<sup>2</sup> (Llamas, 2009; Schleich, 2009).

### **3.2.2. Custos ocultos**

Os custos ocultos são, em termos gerais, custos de gestão não observáveis associados a reestruturações organizacionais que visam aumentar a eficiência e eficácia dos programas de EE, tal como os custos de oportunidade de promover EE (ex. redução de receitas devido à diminuição do consumo de energia causados pelos programas de EE). Por outro lado, também

---

<sup>2</sup> Como é o caso do défice tarifário em Portugal.

devem ser considerados os benefícios ocultos que advêm do facto da *utility* gerir um programa de EE (ex. melhoria da imagem social), assim como a redução das oportunidades de negócio para outras *utilities* nesse mercado (Blumstein, 2010; Eto *et al.*, 1997).

Na ausência de reconhecimento de custos ocultos, como por exemplo um menor nível de serviço energético como a qualidade da iluminação, ou custos de transação, verificam-se custos de investimento superiores aos previstos.

Segundo Schleich (2009), custos de transação incluem todos os custos organizacionais associados com o estabelecimento e manutenção de um esquema de gestão energética, com investimento em tecnologias específicas para poupar energia, entre outros. Surgem como consequência dos problemas de informação e aumentam devido ao facto dos consumidores terem que despender grandes esforços na recolha, avaliação e aplicação da informação (Rutherford *et al.*, 2007).

As organizações tendem a subinvestir em tecnologias de EE, aparentemente lucrativas, porque existem custos adicionais associados com a utilização que estão escondidos ao observador mas não à organização, isto é, os decisores podem estar cientes desses custos ocultos mas não os conseguem observar ou quantificar com fiabilidade por intermédio de abordagens técnico-económicas. Tal deve-se a três fatores (Schleich, 2009):

- i. Custos resultantes de uma performance inferior das tecnologias energeticamente eficientes em dimensões que não as dos serviços energéticos (ex. ruído).
- ii. Os custos ocultos podem ser incluídos nos custos de produção associados a tecnologias particulares do processo produtivo (ex. formação de pessoal, manutenção adicional dos equipamentos).
- iii. Custos ocultos relacionados com os custos gerais da gestão energética (ex. procura de equipamentos energeticamente eficientes para determinada função) – estão relacionados com as falhas de informação.

Os custos ocultos não são considerados falhas de mercado, com exceção dos custos de transação que podem ser reduzidos por reformas institucionais (Llamas, 2009).

### **3.2.3. Risco e incerteza dos investimentos em EE**

A incerteza dos investimentos em EE pode resultar de riscos financeiros como o risco específico de negócio, o risco regulatório, a flutuação dos preços de energia, entre outros.

Devido à elevada incerteza e risco de um investimento de EE, as taxas de desconto implícitas são frequentemente elevadas neste tipo de investimentos. Visto que a taxa de desconto é um elemento crucial na análise da viabilidade económica dos investimos em EE (bem

como noutros tipos de investimento), os agentes avessos ao risco tendem a subinvestir relativamente ao ponto ótimo. Porém, este fator não contribui para o paradoxo da EE (Schleich, 2009).

Schleich (2009) declara também que as novas tecnologias energeticamente eficientes podem estar associadas a riscos técnicos visto que, sem evidência empírica da sua fiabilidade, a perceção de risco da sua utilização pode superar os benefícios potenciais. Não é considerada uma falta de racionalidade dos agentes económicos, devendo ser analisado caso a caso.

O risco de adquirir novas tecnologias irreversíveis de EE acarreta uma componente adicional que assenta na incerteza do futuro, ou seja, a aquisição de um equipamento energeticamente eficiente trará benefícios económicos se o valor da fatura de energia do agente económico que adquiriu a nova tecnologia diminuir devido a esse equipamento. Contudo, tal investimento pode apresentar prejuízo económico se os preços de energia descerem após a tecnologia ter sido implementada ou o governo conceder incentivos para a aquisição de equipamentos mais eficientes (Schleich, 2009).

Conjugando o risco “acrescido” destes investimentos com a incerteza em relação aos preços da energia, torna-se indispensável incorporar ao investimento um valor de opção ou prémio de risco que será maior consoante o aumento da volatilidade do preço da energia (Llamas, 2009).

Não é falha de mercado, a menos que se verifique que o risco associado à incerteza e irreversibilidade dos investimentos seja mais diversificável a nível social que individual (Llamas, 2009), o que vai ao encontro com Awerbuch & Deehan (1995), que defendem que, quando o risco é sistemático e portanto não diversificável a nível social, não há falha de mercado. Nesta aceção, Llamas (2009) defende que a divergência entre taxas de desconto sociais e individuais não é uma falha de mercado.

### **3.2.4. Dificuldade no acesso ao capital**

Se o acesso externo ao capital das organizações é limitado, só poderão financiar-se a taxas de juro elevadas, o que terá efeitos na rejeição de projetos de EE mesmo que apresentem elevadas taxas de retorno (Sutherland, 1996). Noutra aceção, alguns compradores de equipamentos podem optar por produtos menos eficientes em termos energéticos devido à falta de acesso ao crédito, resultando num subinvestimento em EE (Linares & Labandeira, 2010).

A falta de acesso ao capital a custos acessíveis acentua-se no caso das PME, em que os financiadores exigem uma taxa de retorno ajustada superior porque percecionam um maior risco económico, seja pela menor diversificação do seu portefólio de produtos como pelo facto

de estarem mais vulneráveis a choques económicos negativos, e também pela capacidade limitada de apresentarem colaterais (Schleich, 2009). Outro exemplo é fornecido por Llamas (2009), em os estratos sociais de rendimentos mais baixos têm taxas de desconto implícitas mais elevadas como consequência das suas maiores dificuldades de acesso ao crédito.

Para além dos custos de acesso ao capital externos às organizações, presentes em todos os tipos de investimentos, devem também ser considerados os procedimentos de gestão internos que tendem a discriminar os projetos de EE, vistos apenas como de manutenção e considerados de baixa prioridade em detrimento de investimentos considerados estratégicos (Sorrell *et al.*, 2004). Isto poderá dever-se, segundo Schleich (2009), à utilização de análises financeiras com base em períodos de retorno reduzidos em vez de análises de *cash flows* descontados, o que negligencia os *cash flows* positivos derivados das poupanças energéticas no longo prazo.

As imperfeições nos mercados de capitais são uma falha de mercado, em que existe dificuldade de acesso aos mercados de capitais, o que impede o financiamento adequado. (Llamas, 2009).

### 3.2.5. Problemas de informação

Rutherford *et al.* (2007) afirmam que a EE é frequentemente exacerbada por problemas intrínsecos de informação. As falhas de informação ocorrem quando os consumidores não dispõem de informação completa na altura de avaliar os seus investimentos, essencialmente no que respeita aos preços futuros de energia (embora uma parte desse problema se deva à incerteza e às características das opções de poupança e investimento). É considerada uma falha de mercado (Llamas, 2009).

Na ausência de informação adequada aos consumidores, tanto nas oportunidades de EE como acerca da performance das tecnologias utilizadas, estes tenderão a subinvestir em EE (Linares & Labandeira, 2010). Tal dever-se-á essencialmente a três tipos de falhas de informação (Schleich, 2009):

- i. Informação inadequada acerca dos atuais níveis e padrões do consumo de energia, que seria atenuada através de análises ao consumo, entre outros.
- ii. A informação das entidades relativamente a oportunidades específicas de poupanças energéticas pode ser deficitária (por exemplo, ausência de informação sobre custos e performance de novas tecnologias).

iii. Informação assimétrica, logo imperfeita, relativamente ao consumo energético de edifícios, novos e remodelados, fábricas e equipamentos, resultando na seleção adversa e assim em soluções ineficientes.

A propósito das falhas de informação enunciadas, Schleich (2009) fornece um exemplo concernente ao mercado imobiliário, afirmando que o valor de mercado de uma casa deve, entre outras características, refletir a sua performance energética. Enquanto esta informação está disponível para o vendedor, potenciais compradores têm dificuldade em reconhecer e avaliar a performance energética. Como consequência, as suas ofertas pela casa serão baixas; só não acontecerá se o comprador conseguir avaliar com fiabilidade a performance energética do edifício ou o vendedor for capaz de fornecer essa informação de forma credível. Contudo, se tal não acontecer só os edifícios energeticamente ineficientes serão transacionados no mercado – seleção adversa aplicada às tecnologias de EE.

Por outro lado, segundo Linares e Labandeira (2010), podem ocorrer problemas de informação quando há falhas comportamentais, fazendo com que o consumidor não tenha em conta as apropriadas reduções no consumo de energia futuras relativamente a um investimento em EE no presente.

### **3.2.6. Racionalidade limitada**

A teoria neoclássica assume uma tomada de decisão racional em que se escolhe a solução ótima dada a informação ou alternativas disponíveis. Todavia, na realidade isso não acontece – a racionalidade é limitada e, por causa da mesma, algumas oportunidades para aumentar a EE são negligenciadas mesmo com informação perfeita (Schleich, 2009).

Ou seja, acontece quando um indivíduo, mesmo dispondo de toda a informação, não é capaz ou não está interessado em proceder aos cálculos necessários para tomar a melhor decisão. Neste caso, o consumidor acaba por procurar o satisfatório em detrimento do ótimo. Na prática, o consumidor dará mais importância aos custos iniciais do que aos ganhos futuros que advirão da maior eficiência, dada a tendência para decisões de custo de curto prazo que contribuem para a ações menos ótimas no longo prazo (Rutherford *et al.*, 2007).

Schleich (2009) afirma que, na tomada de decisões acerca de investimentos prioritários, as empresas tendem a focar-se no processo produtivo principal em detrimento de reduzir os custos energéticos. Há situações em que a razão para não se investir em poupança e EE deve-se ao facto de a rentabilidade do investimento ser menor do que a expectável pelo consumidor (valor de opção, custos ocultos, heterogeneidade, preços baixos de energia, etc.), sem que isto se deva a falhas de mercado (Llamas, 2009). A este propósito, Awerbuch e Deehan (1993)

concluíram que a rejeição de projetos de DSM por parte dos consumidores não implica necessariamente que os mesmos atuem de forma irracional.

Não constitui uma falha de mercado, contudo, sendo um défice de racionalidade económica, deve ser corrigido através da implementação de medidas por parte do governo. (Llamas, 2009).

### 3.2.7. Heterogeneidade dos consumidores

As razões para a disparidade entre a eficiência realizada e o potencial económico para a eficiência são complexas. Algumas estão ligadas com fatores comportamentais ou organizacionais que surgem da natureza humana, sendo muito difíceis de modificar ou ultrapassar (Rutherford *et al.*, 2007).

A heterogeneidade dos consumidores faz com que um investimento possa ser rentável para uns mas para outros não. Não sendo uma falha de mercado, é um fator muito importante que deve ser analisado (Llamas, 2009).

### 3.2.8. Problema do Agente-Principal

Quando o responsável por pagar o investimento não é o mesmo que vai receber os benefícios do investimento surge uma falha de mercado – problema do agente-principal (Llamas, 2009). Por outro lado Schleich (2009) considera este dilema uma barreira de mercado que se verifica nos setores comercial e de serviços<sup>3</sup>.

No problema do agente-principal, o principal contrata o agente que toma ações em seu nome. O principal quer que o agente assuma comportamentos que resultem na melhor performance possível dado um determinado critério (valor da energia poupada), que depende de ações e decisões do agente, e das suas oportunidades económicas e tecnológicas (Linares & Labandeira, 2010).

Schleich (2009) afirma que, em termos de utilização de energia, o caso mais conhecido de “incentivos partilhados” é o problema do agente-principal, o qual pode ser exemplificado pelo dilema do senhorio-inquilino. Tal ocorre quando nem o senhorio nem o inquilino têm incentivo para investir em EE num edifício em que o investidor (senhorio ou inquilino) não é capaz de apropriar os benefícios que resultem das poupanças energéticas: se, por um lado, o senhorio não pode investir em EE se os custos de investimento não puderem ser repassados para o inquilino, que é quem irá beneficiar da redução dos custos energéticos, por outro lado o inquilino não investirá se considerar provável mudar-se antes de beneficiar na totalidade das

---

<sup>3</sup> Esta conclusão refere-se a uma análise realizada para os setores comercial e de serviços na Alemanha.

poupanças energéticas. Este dilema só poderá ser evitado se o investidor for capaz de transmitir com credibilidade os benefícios inerentes ao investimento em EE e estabelecer um contrato com aqueles que (também) beneficiam com o investimento.

O principal não consegue observar diretamente as ações do agente e não dispõe da mesma informação que o último, porém pode deter alguma informação acerca das oportunidades económicas e tecnológicas, e pode saber as probabilidades dos resultados inerentes a algumas ações que o agente possa tomar (Blumstein, 2010).

O problema do principal é desenhar um mecanismo para compensar o agente de forma a induzi-lo em decisões que maximizem o critério de performance estabelecido pelo principal, isto é, fazer com que as *utilities* maximizem determinados critérios de desempenho dos programas de EE que gerem, o que, para Blumstein (2010), pode ser encarado como um problema visto que o negócio das *utilities* consiste na venda de energia.

Segundo Blumstein (2010), quando o agente é neutro face ao risco, deixa de se verificar o problema do agente-principal ao verificarem-se três condições:

- i. O principal tem um único objetivo que é fiavelmente mensurável e a contribuição do agente, também quantificável, pode ser separada da contribuição de fatores terceiros. Esta condição faz com que a determinação da contribuição do agente seja conseguida a baixo custo.
- ii. Espera-se que esforços adicionais do agente tenham um impacto positivo nos resultados do principal, dado o critério de performance definido.
- iii. O alinhamento dos interesses entre o agente e o principal é atingido apenas pelo estabelecimento de uma estrutura de incentivos financeiros correta.

### **3.2.9. Lentidão do processo de difusão tecnológica**

Embora os estudos de carácter tecnológico sejam normalmente muito otimistas no que respeita à velocidade de difusão das novas tecnologias de poupança e eficiência, na realidade constata-se uma lentidão do processo de difusão tecnológica. Não é uma falha de mercado (Llamas, 2009).

## **3.3. Políticas e Instrumentos de DSM**

Para desenvolver políticas adequadas à promoção de poupança energética e de EE é necessário compreender todas as falhas e barreiras de mercado atrás referidas.

Quando há falhas de mercado, a intervenção pública já parece adequada, contudo a regulação tem custos e é imperfeita por natureza. Como tal, uma intervenção só é justificada se

as falhas de mercado forem suficientemente significativas e se o custo da sua regulação compensar a sua eliminação, o que dependerá, entre outros fatores, da política selecionada. Estas conclusões só têm aplicação em contexto de “*first best*”, em que se conhecem todas as falhas de mercado e todas podem ser resolvidas, contudo, na realidade é normal que se apliquem num contexto de “*second best*”, em que existem múltiplas falhas e não é possível internalizar a totalidade das mesmas (Llamas, 2009).

### 3.3.1. *Standards*

Os *standards* tecnológicos referem-se a um padrão de EE mínimo dos diferentes equipamentos energéticos de uma mesma gama de produtos e que todos os existentes no mercado têm que cumprir (Linares & Labandeira, 2010). Têm sido e continuam a ser uma das políticas adotadas mais populares no que respeita à promoção das poupanças energéticas e da EE.

Tal dever-se-á possivelmente à sua atratividade política dado que os seus custos não são transparentes (em especial para o consumidor), pois são efetivos no que confere à eficiência (mas não necessariamente na poupança) e porque são relativamente fáceis de implementar a nível institucional (Llamas, 2009).

Contudo, outras respostas políticas terão tendência para serem mais eficientes e diretas às falhas e barreiras de mercado (Linares & Labandeira, 2010). Não obstante, os mesmos autores atestam que as falhas comportamentais dos consumidores podem fornecer uma racionalidade económica para a implementação dos *standards*.

Para além dos *standards* obrigatórios de equipamentos, o que é mais relevante para a utilização de energia, segundo Gillingham *et al.* (2006), é a incerteza do comportamento dos consumidores, incluindo a questão do *rebound effect*. Quando há incerteza, os *standards* não devem ser rígidos de modo a incorporarem nova informação acerca dos custos e dos comportamentos dos consumidores.

No quadro 3.1 estão descritas algumas das principais vantagens e inconvenientes da utilização dos *standards* de equipamentos.

Quadro 3.1: Vantagens e inconvenientes dos *standards* de equipamentos.

Vantagens	Inconvenientes
<p>Resolvem problemas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informação incompleta.</li> <li>• Racionalidade limitada.</li> <li>• Lentidão da difusão tecnológica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supõem um aumento dos custos de investimento e uma diminuição dos custos de utilização, potenciando a possibilidade de <i>rebound effect</i>. Este aumenta quando os <i>standards</i> não são acompanhados de programas de rápida retirada de equipamentos (energeticamente menos eficientes), porque muitos consumidores podem conservar ou dar para outros os aparelhos antigos (Llamas, 2009).</li> <li>• Os <i>standards</i> implicam um maior custo para o consumidor, mas oculto. Segundo Llamas (2009), os estudos que defendem que não há aumento de custos comparam os preços dos equipamentos antes e após os <i>standards</i>, todavia não comparam com os preços que se verificariam se não houvessem <i>standards</i>.</li> <li>• <i>Standards</i> uniformes a nível nacional podem diminuir o bem-estar, isto é serem ineficientes, se houver heterogeneidade entre os consumidores, tal como se regista para os EUA (Gillingham <i>et al.</i>, 2006).</li> <li>• Por outro lado, se os consumidores tomarem decisões racionais e houver heterogeneidade nas suas preferências por EE, os <i>standards</i> podem conduzir a uma perda da eficiência económica por forçarem uma alteração no comportamento desses consumidores.</li> </ul>

Fonte<sup>4</sup>: Elaboração Própria.

Gillingham *et al.* (2006) são perentórios a afirmarem que a maioria das críticas aos *standards* apenas apresenta argumentos teóricos, não evidenciando prova empírica. Por seu lado, os estudos empíricos têm normalmente uma abrangência nacional, estatal ou de programa, em que a relação de custo-eficácia dos *standards* dos equipamentos não é desagregada da análise de custo-eficácia global.

### 3.3.2. Incentivos

A intervenção pública nos mercados de EE tipicamente toma a forma de regulação ou incentivos, também na forma de subsídios, para promover uma utilização mais eficiente por parte dos consumidores finais (Rutherford *et al.*, 2007).

Os programas de incentivo foram inicialmente implementados como parte dos programas de DSM das empresas do setor energético, com a finalidade de responder ao subinvestimento percecionado em EE, através da atribuição de subsídios (Linares & Labandeira, 2010).

Os incentivos apresentam grande aceitação política e social, e são muito utilizados como ferramenta para a promoção da poupança e da EE, em especial no que concerne à aquisição de

<sup>4</sup> Daqui em diante, sempre que se omita a fonte das figuras, dos gráficos ou dos quadros é porque são da autoria dos autores deste trabalho.

equipamentos eficientes, como também têm sido utilizados para promover a conservação de energia no mercado de eletricidade durante o horário de ponta (Gillingham *et al.*, 2006).

Os programas de incentivo fornecem motivação financeira para investimentos em EE através de subsídios diretos, benefícios e deduções fiscais, redução do preço da energia através de descontos, e/ou empréstimos aos consumidores a baixas taxas de juro (Linares & Labandeira, 2010).

A concessão de incentivos, por meio de subsídios, deve restringir-se a períodos iniciais dos programas de EE e/ou a segmentos específicos de mercado, com o intuito de comunicar aos consumidores que os primeiros não são indefinidos e de os encorajar a aderirem mais cedo aos programas (Sarkar & Singh, 2010).

A grande preocupação com os programas de incentivos é que são difíceis de manter a longo prazo a menos que sejam colocados em prática mecanismos mais formais para institucionalizar o comportamento desejado, de modo a que os negócios possam ter a confiabilidade para incorporá-los na sua atividade corrente (Rutherford *et al.*, 2007).

O quadro 3.2 expressa várias vantagens e inconvenientes da utilização de incentivos.

Quadro 3.2: Vantagens e inconvenientes dos incentivos.

Vantagens	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Induzem os consumidores, através de benefícios de cariz monetário, a adquirirem e a utilizarem equipamentos energeticamente mais eficientes (Llamas, 2009).</li> <li>• Podem contribuir para ultrapassar os elevados custos iniciais da proliferação de novas tecnologias de EE como também para reduzir os riscos percecionados pelos consumidores (Sarkar &amp; Singh, 2010).</li> <li>• Para Sarkar e Singh (2010), os incentivos, também na forma de subsídios, são os mais apropriados para apoiar transações comerciais devido à grande barreira que é a concessão de crédito por parte das entidades financeiras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorecem o <i>rebound effect</i> ao reduzir o preço efetivo da energia.</li> <li>• Estimulam o <i>free riding</i>.</li> <li>• Esquemas de incentivos são possivelmente mais vulneráveis a alterações de políticas do que os mecanismos informacionais ou de apoio à regulação (Rutherford <i>et al.</i>, 2007).</li> </ul>

Dados os potenciais *rebound effect* e *free riding*, a eficiência e eficácia dos programas de incentivo estão comprometidas, embora várias *utilities* afirmem ter obtido sucesso com a implementação deste tipo de programas (Llamas, 2009). Todavia os instrumentos de regulação que possam ser altamente eficazes, baseiam-se num apoio institucional sustentado para manter essa eficácia, sendo, para Rutherford *et al.* (2007), uma fraqueza crítica destes instrumentos.

A este propósito, Llamas (2009) releva a existência de um potencial desalinhamento entre os interesses dos consumidores e das *utilities*, visto que o *core business* das últimas é a venda de energia elétrica.

### 3.3.3. Impostos

Entre os economistas, a utilização dos preços é a ferramenta mais poderosa para a promoção da poupança e da EE: se os preços da energia não incorporam as externalidades ou não são suficientes para incentivar a EE, devem se incrementados, por exemplo, através de impostos (Llamas, 2009) – o quadro 3.3 expressa algumas das principais vantagens e inconvenientes da utilização dos impostos.

Quadro 3.3: Vantagens e inconvenientes dos impostos.

Vantagens	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os impostos não apresentam alguns dos problemas dos <i>standards</i> de produtos: são custos transparentes, são compatíveis com a heterogeneidade dos consumidores e incentivam a alteração tecnológica (Llamas, 2009).</li> <li>• Não se verifica o efeito <i>free riding</i> (Llamas, 2009).</li> <li>• A curto prazo, porque irão aumentar o preço da energia auferido pelos consumidores, eliminam o <i>rebound effect</i> direto. (Llamas, 2009; Rutherford <i>et al.</i>, 2007).</li> <li>• No longo prazo, os impostos podem promover comportamentos eficientes e a conservação de energia (Rutherford <i>et al.</i>, 2007).</li> <li>• São preferíveis aos <i>standards</i> de produtos, para Llamas (2009).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A longo prazo, como os impostos irão incentivar EE e portanto a redução do preço da energia, podem provocar <i>rebound effect</i> a nível direto, indireto e macroeconómico (Llamas, 2009).</li> <li>• Reduzida aceitabilidade social: para além do aspeto negativo de os impostos produzirem efeitos negativos nos consumidores de mais baixos rendimentos, tradicionalmente a sociedade tem preferência por incentivos (Llamas, 2009).</li> <li>• Se a elasticidade-preço da procura por energia é baixa, isto é uma procura relativamente inelástica, o potencial dos instrumentos que têm por base os preços da energia para induzir reduções no consumo energético, como os impostos, é limitado (Llamas, 2009).</li> </ul>

### 3.3.4. Certificados Brancos Transacionáveis

Os certificados brancos transacionáveis consistem, normalmente complementares com um esquema de obrigações de poupanças energéticas, em fixar uma quantidade absoluta de redução no consumo energético para depois permitir que a obrigação de redução possa ser trocada entre os agentes com obrigações, por meio de certificados negociáveis (Llamas, 2009).

## Gestão do Lado da Procura

Um esquema de certificados brancos transacionáveis pretende facilitar a obtenção de objetivos de poupança energética. Através da acreditação das poupanças energéticas e respetiva certificação (em certificados brancos), pretende garantir-se a obtenção de uma determinada quantidade absoluta de poupanças energéticas (Bertoldi & Rezessy, 2008).

O objetivo dos esquemas de CBs transacionáveis é alcançar poupanças energéticas compulsórias ao menor custo possível, visto que a transação permite igualar os custos marginais de cumprimento das metas individuais estipuladas (Mundaca & Neij, 2009).

No quadro 3.4 estão enumeradas algumas das principais vantagens e inconvenientes da utilização dos certificados brancos transacionáveis.

Quadro 3.4: Vantagens e inconvenientes dos certificados brancos transacionáveis.

Vantagens	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Boa aceitação política deste instrumento de mercado.</li><li>• Maior flexibilidade no que diz respeito ao valor absoluto de redução do consumo energético, dos agentes envolvidos, da M&amp;V, etc.</li><li>• Ênfase na poupança energética global.</li><li>• São preferíveis aos <i>standards</i> de produtos, para Llamas (2009).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Necessidade de definir explicitamente a “linha base de consumo” para avaliar a poupança – seja a nível de cada produto como em termos globais.</li><li>• Devido à complexidade de um esquema de certificados brancos, o montante dos custos ocultos, entre eles os custos de transação e de M&amp;V, deve ser tomado em consideração, devido à sua elevada dimensão, na análise da viabilidade económica deste instrumento.</li><li>• Fixação de limites globais e setoriais.</li></ul>

Os instrumentos baseados no mercado, como os certificados brancos transacionáveis, apresentam resultados menos previsíveis que outros instrumentos, como os incentivos, mas conseguem refletir mais diretamente as preferências dos consumidores, não sendo de crer que provoquem distorções adicionais no mercado. Para além disso, embora tenham o potencial de produzir melhorias de EE de uma forma mais natural e equitativa, têm sido negligenciados (Rutherford *et al.*, 2007).

### 3.3.5. Programas de informação

Os programas de informação, como a etiquetagem energética, dirigem-se diretamente às falhas de mercado de informação incompleta e a barreiras que supõem a racionalidade limitada do consumidor (Llamas, 2009), intentando proporcionar mais e melhor informação acerca da incerteza dos retornos futuros de modo a diminuir a assimetria de informação.

Os projetos de EE viáveis são difíceis de identificar e desenvolver na ausência de atores de apoio ao mercado (*ex. utilities e Energy Services Companies – ESCOs*) para os implementar.

Sem a ação destas entidades, os consumidores possivelmente continuar a adquirir os mesmos produtos que anteriormente (à implementação das medidas) e os produtores tendencialmente interpretarão esse comportamento como uma falta de procura por produtos energeticamente mais eficientes (Sarkar & Singh, 2010).

Os programas de informação procuram incentivar investimentos em EE através do fornecimento de informação acerca do potencial de poupança energética ou através de exemplos de como a mesma pode ser atingida. São exemplos a etiquetagem energética obrigatória, os métodos de contratação de performance energética para financiamento de projetos de EE, e também incluem outros programas para facultar *feedback* aos consumidores no que respeita aos seus consumos de energia (Linares & Labandeira, 2010; Rutherford *et al.*, 2007).

O quadro 3.5 apresenta algumas das principais vantagens e inconvenientes da implementação de programas de informação.

Quadro 3.5: Vantagens e inconvenientes dos programas de informação.

Vantagens	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Um programa de informação verá potencialmente a sua eficácia aumentada pelo efeito de <i>spillover</i>.</li><li>• As intervenções governamentais podem ser usadas para informar os consumidores, assim como para reduzir algumas assimetrias de informação no mercado (Rutherford <i>et al.</i>, 2007).</li><li>• A etiquetagem energética obrigatória, por exemplo, proporciona garantias institucionais que asseguram a qualidade e segurança dos equipamentos aos consumidores (Rutherford <i>et al.</i>, 2007).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• A determinação da relação de custo-eficácia de um programa de informação é muito difícil.</li></ul>

O apoio à qualidade de informação é provavelmente uma medida eficaz, porém requer uma estrutura forte e credível das instituições envolvidas ao longo do tempo (Rutherford *et al.*, 2007).

### 3.3.6. Combinação de políticas e instrumentos

A experiência na transformação do mercado de EE revela a importância de alcançar um cabaz ótimo entre a estrutura das políticas energéticas, acordos institucionais, formação e implementação, visto que a ação da política energética sem a implementação de um programa, ou vice-versa, tem uma eficácia limitada (Sarkar & Singh, 2010).

A literatura identifica que 25% das poupanças energéticas anuais alcançadas advêm de programas de EE, sendo que pelo menos de metade resultam da implementação de *standards* de equipamentos e da DSM das *utilities* (Gillingham *et al.*, 2006).

Llamas (2009), por sua vez, destaca os programas de incentivos das *utilities* como o principal veículo de promoção tanto da EE como das poupanças de energia. Considera que poderá ser satisfatório a conjugação de diferentes políticas para incrementar a eficácia das mesmas nas melhorias de EE e no aumento da conservação de energia. Não obstante, também refere que uma combinação menos correta dos instrumentos e políticas que afetam o consumo energético pode ter um efeito perverso na eficácia dos mesmos.

As estratégias de alteração de comportamentos têm sido reconhecidas como oferecendo um meio valioso para acelerar as poupanças energéticas, para aumentar o seu potencial e para expandir a longevidade e sustentabilidade das mesmas. Para além disso, as estratégias e os programas de alteração de comportamentos podem contribuir para encurtar o grande *energy efficiency gap* que existe entre as poupanças energéticas potenciais e as verificadas, como também para o diferencial entre as atitudes favoráveis (à conservação de energia) dos consumidores com as menos favoráveis (Ehrhardt-Martinez *et al.*, 2009).

As principais barreiras para utilizar abordagens baseadas nos comportamentos são, em termos sintéticos, a insuficiente investigação na eficácia e durabilidade das estratégias de alteração de comportamentos nas poupanças energéticas; o facto de as atuais metodologias de mensuração e avaliação dos programas de DSM não contabilizarem as poupanças energéticas que advêm dos comportamentos dos consumidores; e regulações rígidas, que travam a experimentação e a inovação em termos de atuação na modelagem dos comportamentos dos consumidores (Ehrhardt-Martinez *et al.*, 2009; Jonsson *et al.*, 2011).

Segundo Didden e D'haeseleer (2003), cada país deve definir uma estrutura de DSM para cada grupo de consumidores dependendo das suas características, sendo que aplicar mais do que uma é contra produtivo: para os grandes consumidores de energia a EE deve ser promovida através de contratos de performance enquanto para os pequenos consumidores, visto que tal é muito dispendioso, deve ser o governo a estimular a EE e a promoção de eficiência no consumo – em ambos os casos pode atingir-se a minimização dos custos sociais.

O cerne do debate é, assim, identificar o nível economicamente eficiente de EE e determinar que políticas ou instrumentos são necessários para o atingir (Linares & Labandeira, 2010).

### 3.4. Programas de DSM

A DSM das *utilities* é geralmente efetivada por programas implementados pelas mesmas para alterar os padrões de consumo dos seus consumidores, podendo incluir esforços para migrar o consumo nos períodos de picos de carga elétrica para horários de baixa carga elétrica (Sarkar & Singh, 2010).

A EE rapidamente tornou-se uma ferramenta política crítica por todo o mundo para ajudar a combater o substancial crescimento da procura de energia. Sarkar e Singh (2010), em linha com o defendido por Bush (1995), referem que a experiência internacional das últimas décadas indica que os programas de DSM geralmente implicam benefícios positivos múltiplos para os governos, consumidores de energia e ambiente.

Os programas de DSM potenciam a conservação dos recursos naturais; a redução da poluição ambiental e a pegada de carbono do setor energético; a diminuição da dependência dos países em relação aos combustíveis fósseis, aumentando assim a sua segurança energética; a atenuação do impacto de falhas temporárias de energia; e a melhoria da competitividade industrial e comercial através da redução dos custos de operação (Sarkar & Singh, 2010).

Para Bush (1995), um dos aspetos cruciais para o desenvolvimento dos programas de DSM residiu no facto de os reguladores permitirem que as *utilities* recuperassem parte dos seus custos nas tarifas de eletricidade.

Não obstante, Blumstein (2010) refere que a decisão de atribuição de incentivos apenas aos resultados dos programas é falaciosa, pois considera que os mecanismos de incentivo enviam as *utilities* a desenvolverem, através dos seus programas de EE, medidas que produzam resultados quantificáveis, tendo um impacto prático na promoção de instalação de equipamentos energeticamente mais eficientes em detrimento de outras medidas, como a informação do público, que conduzem apenas a ações de EE indiretas, e como tal mais difíceis de mensurar e de correlacionar essas poupanças energéticas com determinado programa ou medida de EE enveredado por uma *utility*.

Nos países em desenvolvimento, tal como acontece no Brasil, os programas de DSM de *utilities* locais com enfoque no setor residencial têm sido comuns um vez que estas empresas oferecem as maiores capacidades técnica e de implementação (Sarkar & Singh, 2010).

#### 3.4.1. Estrutura e funcionamento dos programas de DSM

O típico ciclo de planeamento dos programas de EE, expresso na figura 3.1, começa com o planeamento da estratégia e das políticas que conduzem ao desenho específico dos programas para um mercado em particular, seguido da implementação desses programas e, por fim, com a

avaliação dos mesmos programas. Esta avaliação irá ter impacto no planeamento, desenho e implementação dos programas, repetindo-se o ciclo, o que neste contexto significa assegurar que os resultados da avaliação de um programa são fornecidos aos planeadores e gestores do mesmo de forma que estes incorporem a nova informação para melhorar a performance futura do programa (Vine, 2008).



Figura 3.1: Ciclo conceptual do funcionamento de um programa de DSM.

Fonte: Adaptado de Vine, 2008.

Vine (2008) salienta que o ciclo de planeamento dos programas de EE é um modelo simplista que assume que a informação é transferida de forma linear, diretamente do avaliador para os planeadores e para os agentes que o implementam. No entanto, a transferência de informação não é linear, sendo difícil de prever, como também de observar os impactos da avaliação dos resultados dos programas na implementação dos programas e políticas.

Para que as medidas de DSM tenham sucesso todos os agentes envolvidos têm que beneficiar das mesmas. É da responsabilidade dos decisores públicos criar uma estrutura sustentável de DSM para preencher o potencial de utilização racional de energia, de forma a maximizar o bem-estar dos cidadãos (Didden & D'haeseleer, 2003). No seguimento, os mesmos autores consideram duas categorias de estrutura de DSM, explicitadas no quadro 3.6.

Quadro 3.6: Estruturas de DSM.

<b>Estrutura natural de DSM</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>•A instituição responsável pela implementação do programa de DSM tem como principal incentivo a poupança de energia.</li></ul>
<b>Estrutura Artificial de DSM</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>•A instituição responsável pela implementação de DSM não tem como principal incentivo a poupança de energia.</li><li>•O agente deve ser incentivado através de compensações financeiras ou da existência de regras governamentais obrigatórias.</li></ul>

A estrutura natural de DSM pode ser levada a cabo através de ESCOs. Estas empresas ajudam os consumidores finais a identificar, estruturar, financiar, implementar e monitorizar os projetos de poupança energética por via de contratos de performance de energia. As ESCOs têm sido um modelo muito atrativo para implementação de programas de EE, no entanto nos países em desenvolvimento a sua proliferação tem-se mostrado complicada devido à falta de políticas legais e financeiras e ao ainda incipiente progresso deste mercado (Sarkar & Singh, 2010). Outra forma de atuação das ESCOs é através da subcontratação, por exemplo, pelos agentes do lado da oferta dos mercados energéticos, isto é pelas *utilities*.

No que concerne à estrutura artificial, Didden e D'haeseleer (2003) definem quatro variantes possíveis desta estrutura, tendo em conta o critério da variação dos preços por kWh para os consumidores:

- i. O consumidor paga o mesmo preço por kWh que pagava antes da implementação de medidas de DSM, o que implica que são as *utilities* que oneram todos os custos do programa de DSM, assim como as perdas de lucros devido à diminuição das vendas – *naked integrated resource planning* ou *naked IRP*.
- ii. As *utilities* aumentam as tarifas para pagar as atividades de DSM<sup>5</sup> – designa-se por *public benefit charge*, *wire charge* ou *system benefit charge*.
- iii. As *utilities* aumentam as tarifas para pagar as atividades de DSM e para cobrir a perda de lucros devido às poupanças energéticas derivadas das atividades de DSM – denomina-se por *regulatory mandated DSM*.
- iv. As *utilities* aumentam as tarifas não só para cobrir os custos dos programas de DSM e as perdas de lucros, mas também para obterem retorno positivo com o investimento em DSM – denomina-se por *incentivized DSM*.

No entanto, numa estrutura artificial de DSM pode existir ou surgir um desencontro entre os interesses da *utility* e os de poupança energética, já que uma maior eficiência pode levar a um menor nível de vendas e receitas.

A racionalidade para os incentivos adicionais de conservação de energia centra-se no pouco interesse das próprias *utilities* em investir em medidas eficazes de DSM porque afetará a margem de lucro. Os mecanismos de incentivo de DSM tipicamente tomam a forma do valor monetário gasto *versus* os benefícios potenciais do programa, assim as *utilities* tendem a sobrestimar as poupanças energéticas (Loughran & Kulick, 2004).

Neste sentido, Llamas (2009) propõe a separação dos rendimentos das *utilities* das suas vendas ou de criar esquemas compulsórios de reduções no consumo de energia, ou, sob outra

---

<sup>5</sup> O regulador tem que aprovar o aumento das tarifas.

organização do mercado, serem agências ou entidades independentes a possuírem os meios para as ações de EE – tal vai de encontro a uma estrutura natural de DSM.

Os programas de DSM atuam, de acordo com Loughran e Kulick (2004), para corrigir as falhas e barreiras de mercado através da descida do custo marginal privado dos investimentos em EE e da atenuação dos problemas dos agentes económicos. O papel das *utilities* na promoção de EE, através dos seus programas de DSM, tem um elevado número de benefícios desde que as mesmas (Sarkar & Singh, 2010):

- Apresentem fortes capacidades institucionais como de meios financeiros;
- Detenham trabalhadores qualificados, administrativos e técnicos;
- Tenham incorporado um conhecimento aprofundado dos perfis de carga e dos padrões de consumo energético dos seus clientes;
- Possuam incentivos para programas de redução de picos de carga de determinados segmentos de mercado ou geográficos, e para abrandamento da procura quando a oferta é limitada ou o custo do fornecimento excede o valor das tarifas;
- Registem uma aptidão tanto para agregar pequenos projetos de EE, na sua área de concessão de prestação de serviços energéticos, em grandes investimentos, como de criar um mecanismo de recuperação dos custos;
- Incorporem a EE nas atividades centrais de planeamento como um recurso;
- Nutram interesses no desenvolvimento de novas linhas de negócio e de relacionamento com os consumidores existentes através de serviços de consultoria energética, isto é, de DSM.

### 3.4.2. Avaliação dos programas de DSM

Muitas *utilities*, já desde a década de 90 do século transato, “descobriram que os programas de DSM podem ser mais custo-eficazes que expandir a sua capacidade de produção de eletricidade” (Bush, 1995, p.6).

A avaliação desempenha um papel estratégico na promoção da EE nos programas de DSM, cuja importância e visibilidade pública têm aumentado com o aumento dos orçamentos dos programas de EE. Porém, algumas vezes as avaliações dos resultados são utilizadas de forma ineficaz (Vine, 2008).

Existem duas abordagens principais para a avaliação das medidas de DSM: *ex-ante* e *ex-post*. Os estudos *ex-ante* são os mais comuns na definição da política de EE, particularmente na avaliação dos *standards*, sendo um importante ponto de partida para futuras políticas, contudo não demonstram se as mesmas foram eficazes (Linares & Labandeira, 2010). Geralmente são estudos técnicos e de engenharia que calculam o potencial de poupanças energéticas que uma

dada tecnologia pode atingir, relativamente à tecnologia anteriormente instalada e à frequência de instalação (Loughran & Kulick, 2004).

Segundo Linares e Labandeira (2010), a literatura está a evoluir para estudos *ex-post*, que avaliam a eficácia histórica, e o custo das políticas de EE e de conservação com a finalidade de refinar a elaboração de futuras políticas. Contudo, para Loughran e Kulick (2004), as medidas *ex-post* constituem apenas uma melhoria reduzida em relação às *ex-ante*, seja pela mensuração direta ou na comparação das faturas de eletricidade, pois não conseguem contabilizar o efeito *free rider* e tendem a mostrar que o potencial *ex-ante* de poupanças energéticas é raramente atingido pela nova tecnologia.

Loughran e Kulick (2004) afirmam perentoriamente que a DSM só é eficaz na extensão que induz os consumidores a fazerem investimentos energeticamente eficientes mais cedo do que contrariamente fariam. Todavia, sendo o desempenho dos programas de EE das *utilities* determinado pela avaliação das poupanças energéticas alcançadas, Blumstein (2010) salienta a grande dificuldade que é determinar o “contrafatual”.

Num estudo empírico *ex-post*, Loughran e Kulick (2004) tentam resolver a questão do *free rider* econometricamente para produzir o *negawatt*<sup>6</sup> nacional. Estes autores contestam que as poupanças dos programas de DSM são tipicamente menores do que as que as *utilities* reportam, o que conduz a estimativas mais elevadas dos custos do *negawatt*. Os custos por *negawatt* são úteis para comparar a custo-eficácia dos programas de DSM mas exigem informação ou suposições acerca de cada ciclo de vida dos programas (Gillingham *et al.*, 2006).

Em resposta, Geller e Attali (2005) afirmam que Loughran e Kulick (2004) mediram apenas as poupanças energéticas do primeiro ano referente aos investimentos em eficiência, em vez de poupanças de energia ao longo do ciclo de vida das medidas de eficiência, o que implica que o custo do *negawatt* estimado por Loughran e Kulick (LK) não se baseie nos benefícios totais dos investimentos em EE e por conseguinte seja uma medida inapropriada para julgar se os programas de DSM das *utilities* foram ou não custo-eficazes. Para Gillingham *et al.* (2006) esta crítica é despropositada e deve-se a uma má compreensão da abordagem econométrica utilizada por Loughran e Kulick (2004).

Mais recentemente, Auffhammer *et al.* (2008) utilizam a abordagem econométrica de Loughran e Kulick (2004) e, mesmo reconhecendo que as *utilities* tendem a sobreavaliar as poupanças energéticas e subestimar os custos associados com os programas de DSM, concluem que as estimativas de poupanças energéticas reportadas pelas *utilities* não podem ser rejeitadas,

---

<sup>6</sup> Quantidade de energia poupada.

não obstante de confirmarem a validade da informação estatística e a metodologia empregues por LK.

Para Blumstein (2010), a determinação do custo-eficácia de um programa de EE consiste, numa primeira aceção, em separar os custos das ações de EE de outros custos, ou seja, devem ser alocados todos os custos do programa de EE na obtenção das poupanças energéticas mas não é apropriado alocar todos os custos dos participantes do programa uma vez que alguns deles são motivados por benefícios não energéticos (ex. menor ruído). Assim, é fundamental tentar destringir quais os benefícios energéticos dos não energéticos, o que, apresentando elevada complexidade, tende a criar um enviesamento a favor das ações de EE mais simples com benefícios não energéticos reduzidos, o que contraria a lógica de que “os benefícios não energéticos são elevados, geralmente excedendo o valor das poupanças energéticas”.

### 3.4.3. Sugestões de melhoria dos programas de DSM

Na opinião de Sarkar e Singh (2010), alguns dos programas de DSM foram capazes de alcançar os objetivos de curto prazo propostos, nomeadamente na redução dos picos de procura e no estímulo a poupanças energéticas. Contudo, na maioria, as funções de DSM das *utilities* não foram sustentadas ao longo do tempo, o que se deveu a vários fatores, entre os quais a falta de compromisso das *utilities* para com os programas de DSM (pela percebida falha de incentivos institucionais); mecanismos de regulação limitados de forma a permitirem às *utilities* recuperarem os custos dos programas por elas enveredados, e a perda de vendas de energia inerente à implementação dos mesmos programas; dificuldades de sustentação das funções de DSM devido a reestruturações das *utilities* ou do setor energético em questão; e preocupações concernentes com a equidade dos consumidores (designadamente se todos os consumidores finais que oneram a sobrecarga nas tarifas devido aos investimentos de EE beneficiam dos programas de DSM).

São apontados alguns caminhos para reduzir o enviesamento na mensuração das poupanças energéticas imputáveis a um programa de EE:

- Escolher métodos de avaliação de performance que sejam considerados “bons” e “seguir com eles”. No entanto, o atraso na obtenção dos resultados da avaliação de medidas ou de programas de EE provoca um atraso nos pagamentos de incentivos baseados no desempenho dos mesmos, o que “enfraquece a ligação entre incentivos e performance” (Blumstein, 2010).
- Em termos gerais, segundo Vine (2008), a utilização da avaliação dos resultados pode ser facilitada por procedimentos de análise a essa avaliação, pelo facto dos avaliadores e de quem

implementa os programas trabalhem em equipa, e pela tentativa de perceberem como as recomendações da avaliação são utilizadas por quem implementa os programas.

- A avaliação dos programas não consegue determinar com exatidão e precisão o contrafactual, isto é, existirá sempre uma substancial incerteza em relação ao que teria acontecido se não existissem programas de EE. Dada a dificuldade na determinação do contrafactual, devem-se tentar criar estimativas quantitativas que permitam reduzir a incerteza para gerir as expectativas em termos energéticos de determinada medida (Blumstein, 2010).

- Didden e D'haeseleer (2003) argumentam que um maior potencial de utilização racional de energia será alcançado se os decisores públicos escolherem para a implementação das medidas de EE um agente que “não sofra uma perda financeira devido à implementação das medidas de DSM”. Noutra aceção, Blumstein (2010) sugere a criação de uma organização adicional, por exemplo, de carácter não lucrativo, responsável por atividades relacionadas com a educação e de *marketing* para a sociedade.

- Como algumas características importantes dos programas de EE são difíceis de quantificar (ex. empenho dos agentes tanto do lado da oferta como da procura) é desejável a inclusão de alguns critérios qualitativos na avaliação da performance da *utility*, isto é, do programa de EE. Embora estes critérios não sejam quantificáveis podem ser classificados (ex. bom, mau), permitindo tornar a análise mais exata (Blumstein, 2010).

- Desde que a avaliação da performance continue a ser um fator central na determinação das compensações para as *utilities*, o regulador permanecerá com a capacidade de instigar melhorias de performance, quer seja através da alteração dos mecanismos de incentivo, quer por meio de ferramentas regulatórias como o aumento de supervisão dos programas ou pelo estímulo à competição entre os executantes de programas (Blumstein, 2010).

Em suma, os programas de EE devem ser dinâmicos de forma a incorporarem a informação relevante dos seus *stakeholders* (ex. consumidores), sem que com isso percam a visão a longo prazo na gestão do lado da procura, o que é “mais fácil de se dizer do que se fazer”. É essencial, pois, que os incentivos aos programas sejam frequentemente revistos para que estes se adaptem a novas circunstâncias e incorporem novos conhecimentos (Blumstein, 2010; Sarkar & Singh, 2010).

### 3.5. Síntese da literatura de DSM

Esta secção tem a finalidade de efetuar uma análise global da literatura estudada<sup>7</sup>, patente no quadro 3.7, de modo a inferir acerca das principais temáticas debatidas na área de DSM e de eventuais lacunas de investigação que possibilitem a realização de estudos futuros.

Quadro 3.7: Síntese da literatura analisada de DSM.

Autor	Objetivo	Metodologia	Conclusão
Auffhammer <i>et al.</i> (2008)	Demonstrar que a evidência empírica, destes autores e de Loughran & Kulick (2004), é consistente a informação de avaliações de programas de DSM já terminados nos EUA.	Abordagem econométrica semelhante à de Loughran & Kulick (2004).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As estimativas de poupanças de DSM reportadas pelas <i>utilities</i> não podem ser rejeitadas.</li> </ul>
Blumstein (2010)	Analisar as dificuldades com que os reguladores se confrontam na Califórnia relativamente ao problema do agente-principal	Análise qualitativa: estudo de caso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A avaliação dos programas não consegue determinar com precisão o contrafactual, havendo sempre uma substancial incerteza.</li> <li>• Os incentivos aos programas devem ser regularmente revistos e revisitados para que possam ser adaptados a novas condições/situações.</li> </ul>
Brennan (2010)	Desenvolver condições ótimas para subsídios para promover eficiência e tentar criar uma estrutura teórica de forma que possa ser utilizada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo teórico e testes com base no modelo elaborado.</li> <li>• Estudo de caso Califórnia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quando os preços da eletricidade são excessivos, os programas para promover a EE são ineficientes e são contra produtivos se não conseguirem mitigar as falhas dos comportamentos dos consumidores em escolher programas de EE quando os benefícios privados em fazê-lo excedem os custos.</li> <li>• Nenhum dos testes incorpora adequadamente, segundo o autor, as condições de otimização para o estabelecimento de subsídios.</li> </ul>
Didden & D'haeseleer (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir que agentes devem ser responsáveis pela implementação dos programas de DSM.</li> <li>• Distinguir diferentes estruturas conceptuais dos programas de DSM.</li> </ul>	Análise descritiva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os países devem escolher explicitamente como organizar as atividades de DSM para os diferentes grupos de consumidores.</li> <li>• Estrutura conceptual dos programas de DSM: artificial <i>versus</i> natural.</li> <li>• Algumas combinações de medidas de DSM têm resultados contra produtivos e ineficientes.</li> <li>• Uma grande fração do potencial dos programas de DSM poderia ser alcançado se os governantes/governos entregassem a responsabilidade de implementação das medidas de DSM a agentes não suscetíveis a perdas financeiras.</li> </ul>

<sup>7</sup> Nomeadamente artigos publicados em revistas científicas.

## Gestão do Lado da Procura

<p>Ehrhardt-Martinez et al. (2009)</p>	<p>Examinar como os decisores públicos e os agentes que implementam os programas de DSM podem ser motivados na persecução de uma alteração comportamental do ambiente de regulação.</p>	<p>Entrevistas, e documentação relativa a programas e projetos energéticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O potencial atual das poupanças energéticas originadas por alterações de comportamentos é grande, todavia tem sido frequentemente ignorado.</li> <li>• As estratégias de alteração de comportamentos têm sido reconhecidas como oferecendo um meio valioso para acelerar as poupanças energéticas, para aumentar o seu potencial e para expandir a longevidade e sustentabilidade das mesmas.</li> <li>• As estratégias e os programas de alteração de comportamentos podem contribuir para encurtar o grande <i>energy efficiency gap</i> que existe entre as poupanças energéticas potenciais e as verificadas.</li> </ul>
<p>Gillingham et al. (2006)</p>	<p>Rever a literatura sobre alguns tipos de políticas de EE: aplicação de <i>standards</i>, programas financeiros de incentivos, programas voluntários e de informação, e gestão da energia final por parte do governo dos EUA.</p>	<p>Estudo de casos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os <i>standards</i> segundo as estimativas existentes parecem ser custo-eficazes e têm tipicamente uma taxa positiva de benefícios associados à poupança energética.</li> <li>• A DSM das <i>utilities</i> também parece ser custo-eficaz para alguns dos estudos existentes, mas o grau de custos não contabilizados para os consumidores é elevado.</li> <li>• O custo eficácia dos programas de DSM é heterogéneo – assim, havendo alguns programas de baixo custo e com vastos benefícios, sugere-se que a eliminação dos programas com menor custo-benefício é benéfica.</li> </ul>
<p>Leonard &amp; Decker (2011)</p>	<p>Analisar a propensão que clientes, comerciais e industriais, de uma dada <i>utility</i> dos EUA têm em participar em programas voluntários de DSM, com a subida dos preços de eletricidade.</p>	<p>Análise probabilística, em que utilizou-se, de forma a incorporar na análise o tamanho das empresas, a unidade de medição “custos anuais de eletricidade por metro”, em vez do “habitual” KWh.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O custo da eletricidade é um fator importante na decisão de uma empresa entrar num programa voluntário de DSM.</li> <li>• Em termos globais, dado a amostra específica da <i>utility</i> analisada, um aumento de USD \$100.000 nos custos com eletricidade aumenta a probabilidade de participar num programa voluntário de DSM em 0,3%. Curiosamente, a magnitude do impacto marginal na tomada de decisão foi bastante reduzido, crendo-se haverem outros aspetos de DSM que são tomados em conta pelas empresas.</li> <li>• Outras conclusões: a propriedade da empresa (pública, privada ou de estrangeiros) não tem significância estatística mas se a empresa estiver noutros países já fica mais propensa a aderir a estes programas.</li> </ul>
<p>Linares &amp; Labandeira (2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rever conceitos económicos que estão na base das decisões tomadas em EE e de conservação de energia.</li> <li>• Discutir as políticas mais apropriadas para a promoção de EE e de conservação de energia.</li> </ul>	<p>Análise descritiva.</p>	<p>A EE e a conservação de energia são os fatores mais relevantes no que respeita à redução dos impactos ambientais do setor energético, do ponto de vista das alterações climáticas.</p>
<p>Llamas (2009)</p>	<p>Refletir sobre como as políticas de poupança energética e EE podem contribuir para o êxito dos objetivos ambientais e, em especial, para o compromisso de redução das emissões de GEE.</p>	<p>Análise descritiva.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O consumo de energia está altamente relacionado com as emissões de CO<sub>2</sub>, logo a poupança energética e a EE são essenciais para a redução das emissões de GEE.</li> <li>• EE vista como um meio para a melhoria ambiental – as políticas prioritárias devem ser as que influenciam diretamente a redução das emissões, por exemplo, quotas de emissão ou impostos sobre as emissões.</li> <li>• Os impostos e certificados brancos parecem ser melhores instrumentos económicos do que os <i>standards</i> e incentivos, que, apesar de serem mais populares, são contraproducentes dado que originam o <i>rebound effect</i> e o <i>free riding</i>.</li> </ul>

## Gestão do Lado da Procura

Loughran & Kulick (2004)	Testar se os gastos em DSM durante os anos 90 tiveram sucesso no aumento da eficiência elétrica nos EUA.	Utilizam uma (nova) abordagem econométrica para se dirigir ao problema dos <i>free riders</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As <i>utilities</i> tendem a exagerar nas poupanças energéticas e a subestimar os custos associados com os programas de DSM.</li> <li>• A DSM teve um efeito muito menor na vendas a retalho de eletricidade do que as estimativas reportadas pelas próprias <i>utilities</i>.</li> </ul>
Rutherford <i>et al.</i> (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar a dicotomia e simetrias entre as soluções de procura e oferta no que concerne à segurança energética.</li> <li>• Identificar formas de ultrapassar algumas barreiras à melhoria da eficiência no consumo.</li> </ul>	Estudo de caso da Nova Zelândia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É proposto um "<i>security market</i>" como mecanismo para promover os investimentos tanto do lado da oferta como da procura, e para promover a segurança do sistema elétrico.</li> <li>• Tal mercado poderia contribuir para a determinação da quantidade ótima de reservas energéticas, e para alcançar um equilíbrio eficiente entre as iniciativas do lado da oferta e procura.</li> </ul>
Sarkar & Singh (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar um conjunto de experiências de financiamento de EE em países em desenvolvimento para explorar os fatores-chave de várias abordagens programáticas e de instrumentos de financiamento que têm sido aplicados com sucesso.</li> <li>• Expor algumas ideias para acelerar a implementação de investimentos em EE nesses países.</li> </ul>	Estudo de casos.	Uma liquidez adequada nos principais mercados de países em desenvolvimento e a disponibilidade de modernas tecnologias de poupança energética são muitas vezes as questões institucionais que se tornam um desafio-chave para resolver o financiamento e implementação de programas de EE robustos.
Vine (2008)	Investigar como os resultados da avaliação dos programas são utilizados pelos agentes que os implementam	Entrevistas a mais de 50 agentes que executam os programas, avaliadores, e reguladores de programas de DSM, nos EUA e Canadá, através de 5 questões-chave.	O tipo de interesse e utilização das avaliações variam por funções operacionais (avaliadores <i>versus</i> agentes que executam os programas), maturidade do mercado de EE, contexto institucional (avaliação e implementação efetuadas dentro da mesma empresa ou em entidades separadas) e por exigências regulatórias e interesses de avaliação.

Como se pode constatar pelo exposto, a DSM é multidisciplinar, aumentando a complexidade do estudo desta temática, o que também é evidente na inclusão de múltiplos conteúdos na maioria dos artigos.

Tenta-se, ao longo da exposição, síntese e estudo da DSM abarcar os aspetos mais relevantes concernentes<sup>8</sup> à relação entre as poupanças energéticas derivadas da implementação de medidas dos programas de DSM com as vendas de energia elétrica das *utilities* (Loughran & Kulick (2004) e Auffhammer *et al.* (2008)), à dificuldade das entidades reguladoras em quantificarem o contrafactual e por esta via de estabelecerem uma estrutura ótima de incentivos às *utilities* (Blumstein (2010) e Brennan (2010)), às condições de financiamento dos programas

<sup>8</sup> Mencionando apenas alguns dos artigos científicos examinados.

de DSM (Sarkar & Singh (2010)), à importância da avaliação dos programas de DSM (Vine (2008)), à necessidade de se definirem quais os agentes que devem ser responsáveis pela implementação dos programas de DSM (Didden & D'haeseleer (2003)), à análise das diversas falhas e barreiras de mercado como também os possíveis instrumentos para as atenuar e mitigar (Gillingham *et al.* (2006), Linares & Labandeira (2010), Llamas (2009) e Rutherford *et al.* (2007)), e às questões comportamentais e económicas inerentes aos agentes, *utilities* ou consumidores, na adesão e desenvolvimento dos programas de DSM (Ehrhardt-Martinez *et al.* (2009) e Leonard & Decker (2011)).

Seria conveniente, assim, uma maior diversidade dos estudos de casos em termos de países, e mesmo a nível regional, que fizesse aumentar a documentação dos resultados obtidos por determinadas medidas ou programas de DSM, o que poderia ser muito útil na delimitação/implementação de (novas) medidas mais custo-eficazes e que sirvam os propósitos das sociedades. Por outro lado, seria interessante, mesmo com a enorme diversidade de abordagens à temática da DSM, tentar trabalhar-se em conjunto com a finalidade de estabelecer certos indicadores e metodologias que potenciem uma melhor comparação entre os diferentes países.

Em suma, a multidisciplinaridade da DSM requer uma constante investigação porque envolve, para além das questões económicas e financeiras, a análise dos comportamentos dos agentes, tendo que se assumir uma abordagem holística para uma maior e melhor perceção do potencial que a gestão do lado da procura por energia (elétrica) pode oferecer no estímulo às melhorias de EE, à promoção da eficiência na utilização de energia, à conservação energética e à mitigação das alterações climáticas que advêm da produção e do consumo energético.



## 4. Caracterização Socioeconómica e Energética Brasileira

Este capítulo tem por finalidade proceder ao estudo das características socioeconómicas, energéticas e elétricas do Brasil, de modo a possibilitar uma melhor contextualização da realidade em que os programas de EE brasileiros se inserem.

Releva-se o especial enfoque no setor elétrico brasileiro, uma vez que o objetivo deste trabalho é analisar a gestão do lado da procura de energia elétrica.

### 4.1. Caracterização Socioeconómica do Brasil

O Brasil é o maior país da América Latina, tendo uma extensão territorial de aproximadamente 8,5 milhões de km<sup>2</sup> (ANEEL, 2005) e uma população, em 2010, de mais de 196 milhões de pessoas (IBGE, 2012a).

É um dos “países BRICS”, grupo composto por 5 países com economias ainda emergentes mas com dimensões económica e política que os tornam potências mundiais<sup>9</sup> – apenas a título de exemplo, entre 2003 e 2007 o crescimento dos quatro países (BRIC) representou 65% da expansão do PIB mundial; em paridade de poder de compra, atualmente, o somatório dos PIBs dos BRICS já supera o dos EUA ou o da União Europeia (Ministério das Relações Exteriores, 2012).

Desde meados dos anos 90, o Brasil tem apresentado uma maior estabilidade económica e financeira derivada de um aperfeiçoamento do seu quadro macroeconómico (OCDE, 2011), como é evidenciado pelo crescimento contínuo do seu PIB em volume, patente no gráfico 4.1.

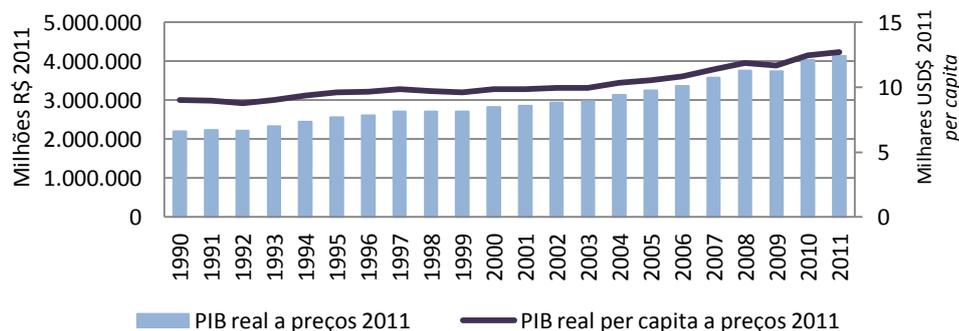


Gráfico 4.1: Evolução do PIB real, a preços de 2011 e em reais, e do PIB *per capita* em volume, a preços de 2011 e em dólares americanos, entre 1990 e 2011.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados de IPEA, 2012.

<sup>9</sup> Além do Brasil, fazem parte dos países BRICS a Rússia, Índia, China e África do Sul (que entrou para o grupo em 2011), sendo que antes da entrada do último país denominavam-se por BRIC.

O gráfico 4.1, que expressa a evolução tanto do PIB real como do PIB real *per capita*, evidencia que o crescimento da atividade económica tem conseguido ser quase sempre superior ao aumento da população residente<sup>10</sup>, produzindo uma riqueza “teórica” por habitante crescente, o que é perceptível pelo declive positivo da evolução do PIB em volume per capita<sup>11</sup>.

O PIB do Brasil sofreu uma queda, em termos reais, no ano de 2009 devido à crise financeira mundial<sup>12</sup>, voltando a um forte crescimento logo em 2010. No ano de 2011, todavia, verificou-se que o comportamento da economia brasileira evidenciou uma trajetória de desaceleração dos níveis de atividade<sup>13</sup> (EPE, 2011a), seja pela interdependência com o exterior como pelas medidas implementadas no 2º semestre de 2010 para controlar a inflação<sup>14</sup> (IPEA, 2011). Não obstante, desde 2009 o Brasil tem registado entradas vultuosas de capitais, alimentadas pelo crescimento dos investimentos diretos e de portefólio<sup>15</sup> (OCDE, 2011).

Noutra aceção, a procura interna deverá provavelmente continuar a sustentar a atividade económica brasileira mas as previsões indiciam uma progressiva atenuação da primeira, como reação à implementação de políticas macroeconómicas mais conservadoras (IPEA, 2011).

No que concerne aos aspetos sociais, a população brasileira registou um crescimento médio anual, entre 2000 e 2010, de 1,1% (IBGE, 2012b). Prova irrefutável do desenvolvimento social brasileiro é o facto do desemprego se situar num “patamar historicamente baixo” (IPEA, 2011), sendo que o progresso social também tem sido notável, com uma diminuição nítida da pobreza (OCDE, 2011), como se pode observar pelo gráfico 4.2.

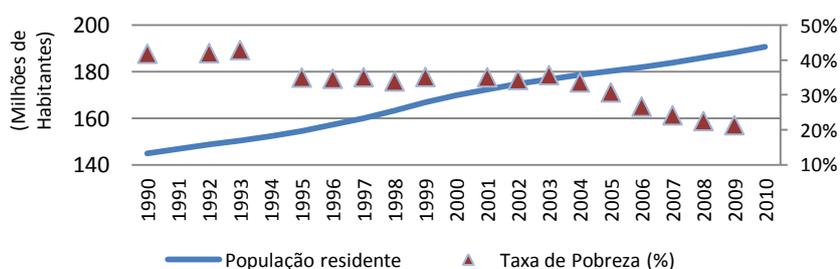


Gráfico 4.2: Evolução da população residente no Brasil e da taxa de pobreza, para o período 1990-2010. Fonte: IPEADATA, 2012 com dados de IPEA, 2012 e IBGE, 2012a.

<sup>10</sup> Ao se considerar que o PIB *per capita* é determinado pelo quociente entre o PIB e a população residente, um aumento deste indicador, *ceteris paribus*, significa que o primeiro cresceu pelo menos mais (ou decresceu menos) que a variável demográfica.

<sup>11</sup> Para tal contribuiu o facto de apenas se ter registado uma contração do PIB nos anos de 1990, 1992 e 2009.

<sup>12</sup> Que teve início nos mercados financeiros em agosto de 2007 (Taylor, 2008).

<sup>13</sup> O PIB registou crescimento nulo entre os 2º e 3º trimestres de 2011 (IPEA, 2011), registando um crescimento anual em volume de 2,7% (IPEADATA, 2012).

<sup>14</sup> Tais medidas tiveram como principal objetivo conter o ritmo de crescimento da economia, diante de um possível *gap* entre a oferta e a procura de bens e serviços (IPEA, 2011), uma vez que atualmente o principal desafio macroeconómico brasileiro é o controlo da inflação (OCDE, 2011).

<sup>15</sup> Releva-se a maior oferta pública inicial de sempre a nível mundial, efetuada pela Petrobras em 2010, no valor de 120.369 milhões de reais.

Uma maior incerteza no cenário internacional, a crescente interdependência do Brasil perante a economia mundial e o rápido envelhecimento da população<sup>16</sup> vão obrigar as autoridades a ampliarem o conjunto de instrumentos de que dispõem para enfrentar esses desafios. Um crescimento económico robusto e a continuação dos progressos sociais deverão ajudar o Brasil a convergir para o PIB *per capita* dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), permitindo a sua integração no grupo dos países de mais elevados rendimentos (OCDE, 2011).

### 4.2. Emissões de Dióxido de Carbono

As questões ambientais estão, cada vez mais, no cerne das preocupações dos países a nível internacional, com especial destaque para os que apresentam um maior amadurecimento das suas economias. As potenciais alterações climáticas, como o aumento da temperatura atmosférica, causadas essencialmente pela emissão de gases com efeito de estufa (GEE), estão entre os problemas que só com uma forte concertação global poderão ser minimizados (Castro & Dantas, 2010).

Geralmente o indicador utilizado para analisar o impacto económico, e por inerência energético, é a quantificação das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que é o GEE predominante em termos de emissões para a atmosfera.

O Brasil, em franco crescimento da sua atividade económica nas últimas duas décadas, como analisado na secção anterior, tem demonstrado também uma tendência de crescimento das suas emissões de CO<sub>2</sub> em quase todos os anos (gráfico 4.3), excetuando 2002, com uma redução de 0,7% em que a taxa de variação do PIB real no mesmo ano foi de 2,7%, e 2009, em que o decréscimo de emissões de CO<sub>2</sub> foi de maior amplitude, 4,1%, explicado pela contração do PIB em volume em 0,3%.

---

<sup>16</sup> A OCDE estima que o Brasil terá, em aproximadamente 20 anos, 20% da sua população com mais de 65 anos – dobro do valor atual –, contrastando, por exemplo, com os EUA, cujas previsões apontam para um horizonte temporal superior a 60 anos (OCDE, 2011).

## Caracterização Socioeconômica e Energética Brasileira

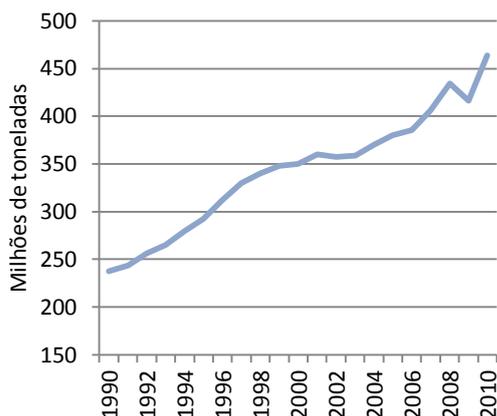


Gráfico 4.3: Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> no território brasileiro, no período entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de BP, 2011.

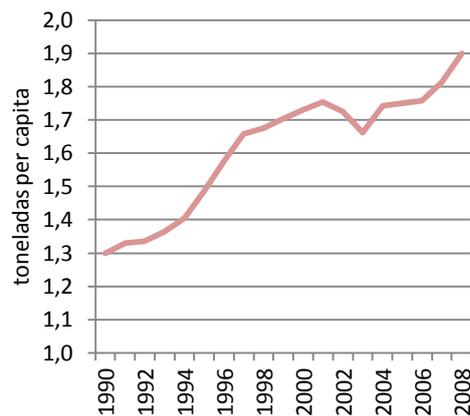


Gráfico 4.4: Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> *per capita*, no período entre 1990 e 2008.

Fonte: Dados de IEA, 2010a.

Ao se considerar a evolução de emissões de CO<sub>2</sub> por habitante residente no território brasileiro, expressa no gráfico 4.4, verifica-se que as emissões *per capita* apresentam uma configuração crescente, na medida em que a taxa de variação das emissões de CO<sub>2</sub> é superior ao crescimento da população para quase todos os anos, salvo 2002 e 2003, em que os decréscimos foram de 1,7% e 3,6% respectivamente. O declínio das emissões no biênio referido é explicado, em primeira ordem, pela redução em 0,7% das emissões de CO<sub>2</sub> totais nacionais, mesmo com crescimento da atividade econômica em ambos os anos. Para além disso, a população, nos dois anos referenciados, manteve uma variação positiva (1,3% e 1,1% respectivamente). Assim, uma possível explicação para a magnitude das reduções por habitante das emissões de CO<sub>2</sub> baseia-se no menor consumo de energia, causado em 2002 e induzido em 2003, pelo racionamento de energia elétrica que ocorreu em 2001-2002.

No que concerne à distribuição das emissões de dióxido de carbono por setor no Brasil em 2008, patente no gráfico 4.5, observa-se que os transportes são os maiores emissores de GEE, com um peso de 41% no total de emissões, seguidos pelas indústrias manufatureiras e construção (30%), e pela produção de eletricidade e calor, com uma representatividade de 11%, contrapondo com o setor residencial que foi o menos emissor, com um peso de apenas 4%. Sendo as emissões de CO<sub>2</sub> essencialmente provocadas pelo consumo de energia, o grande peso que os transportes e a indústria evidenciam demonstra a necessidade de conter, sem afetar a qualidade dos produtos e serviços energéticos, a evolução do consumo de energia por via de uma maior EE, encarando-a como um meio para a redução das emissões de GEE.

## Caracterização Socioeconómica e Energética Brasileira

Na perspetiva da oferta de energia, o peso agregado das duas rubricas energéticas<sup>17</sup> é de 19%, quase um quarto do total das emissões de CO<sub>2</sub>, o que reforça a importância da implementação de medidas de EE assim como de uma maior utilização de fontes renováveis “limpas”.

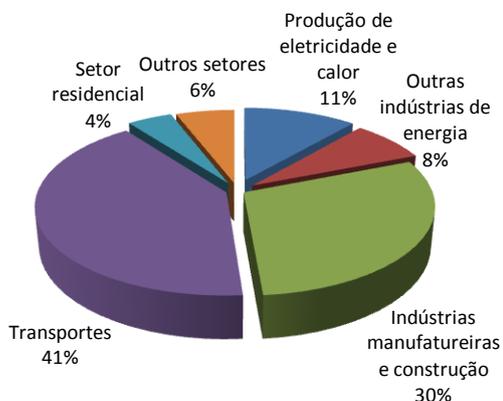


Gráfico 4.5: Distribuição das emissões de CO<sub>2</sub> por setor no Brasil em 2008.

Fonte: Dados de IEA, 2010a.

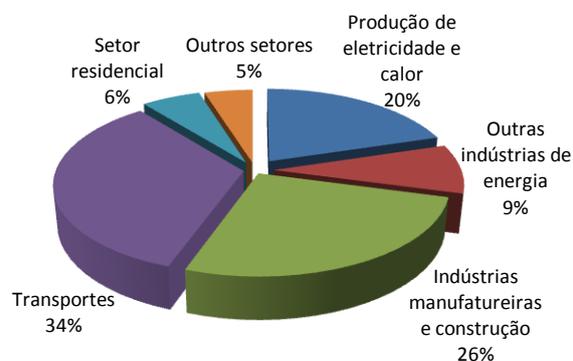


Gráfico 4.6: Distribuição das emissões de CO<sub>2</sub> por setor na América Latina em 2008.

Fonte: Dados de IEA, 2010a.

Procedendo a uma comparação das emissões de CO<sub>2</sub> por setor entre o Brasil e a América Latina, para 2008 (gráficos 4.5 e 4.6 respetivamente), é notório, na última, o menor peso do setor dos transportes e das indústrias manufatureiras e construção, com uma expressão conjunta de 60% *versus* 71% respetivos ao caso brasileiro.

Contrariamente, o setor energético da América Latina, em termos médios, apresenta um peso, nas emissões de CO<sub>2</sub>, 10 pontos percentuais (p.p.) acima do setor energético do Brasil, sendo que a rubrica que apresenta, no caso em questão, a maior diferença é a referente à produção de eletricidade e calor.

Como a análise agrega a produção de energia elétrica e de calor, não se pode determinar com precisão qual o peso efetivo do setor elétrico na emissão de CO<sub>2</sub>. Para além da clara predominância no território brasileiro da produção de energia elétrica através de fonte hídrica, ressalva-se a produção de eletricidade por biomassa e termonuclear, podendo induzir-se que a participação da produção elétrica na emissão de CO<sub>2</sub> é relativamente pequena. Este facto vai ao encontro do objetivo principal, seja do PEE ou do PROCEL, que é a conservação de energia e a redução de desperdícios, com um foco no adiamento de investimentos de expansão do SEB e não tanto na mitigação dos impactos climáticos gerados pela produção e consumo de energia elétrica.

<sup>17</sup> Produção de eletricidade e calor e outras indústrias de energia.

### 4.3. Matriz Energética

Sendo este trabalho incidente na energia elétrica, isto é no Setor Elétrico Brasileiro (SEB), o estudo da sua matriz energética torna-se essencial para enquadrar os recursos energéticos disponíveis no território nacional, como os importados, fundamentais na colmatação das necessidades energéticas quer em termos de energia primária como secundária – eletricidade, e, conseqüentemente, na determinação da matriz elétrica.

Ao analisar-se a evolução da constituição da matriz energética, ou seja da oferta interna de energia<sup>18</sup> (OIE) por fonte energética, expressa no gráfico abaixo, verifica-se que o petróleo e derivados é a rubrica de maior representatividade ao longo de todo o período 1990-2010, seguida, intervaladamente, pelas categorias energia hídrica e eletricidade, derivados da cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal, e gás natural.

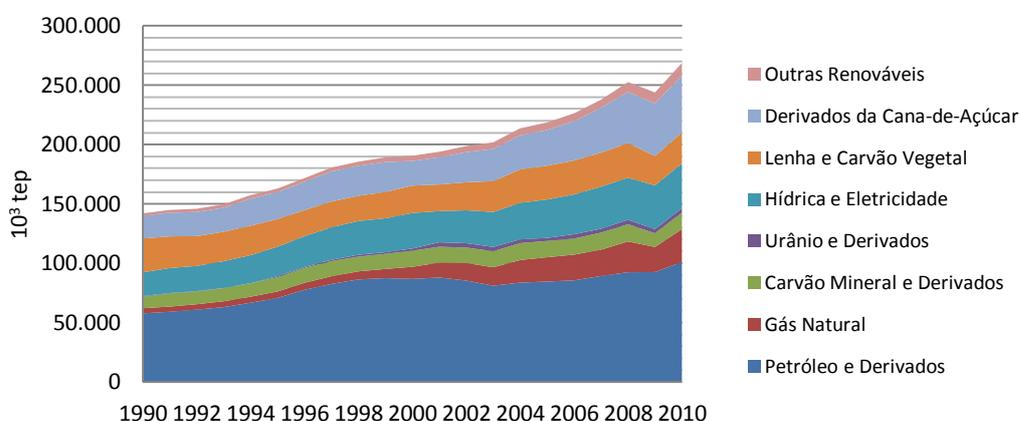


Gráfico 4.7: Evolução da oferta interna de energia por fonte energética entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Partindo do gráfico 4.7 e procedendo a uma análise estatística mais detalhada, torna-se pertinente subdividir o período em questão em três fases distintas. Sejam:

- Subperíodo 1990-1994, em que a rubrica lenha e carvão vegetal é a segunda maior fonte energética, sucedida pela hídrica e eletricidade, em que a primeira apresenta sucessivas taxas de variação anuais de produção negativas, registrando o inverso para a energia hídrica e elétrica;
- Subperíodo 1995-2006, marcado pela ascensão das fontes hídrica e eletricidade ao segundo lugar na participação da OIE, sendo que os derivados da cana-de-açúcar passaram a ocupar a terceira posição na matriz energética<sup>19</sup>;
- Subperíodo 2007-2010, em que a cana-de-açúcar e derivados passaram a representar o segundo maior peso na OIE, seguida da hídrica e eletricidade.

<sup>18</sup> Determinada a partir do somatório da produção interna de energia com as importações líquidas, subtraídas as perdas de todas as fontes disponíveis no território nacional.

<sup>19</sup> Com exceção para os anos de 1995 e 2000, em que a lenha e carvão vegetal ocuparam a terceira posição na OIE.

## Caracterização Socioeconômica e Energética Brasileira

Deste modo, constata-se que a energia hídrica e eletricidade têm, no período analisado, uma relevância assinalável no total da oferta interna de energia.

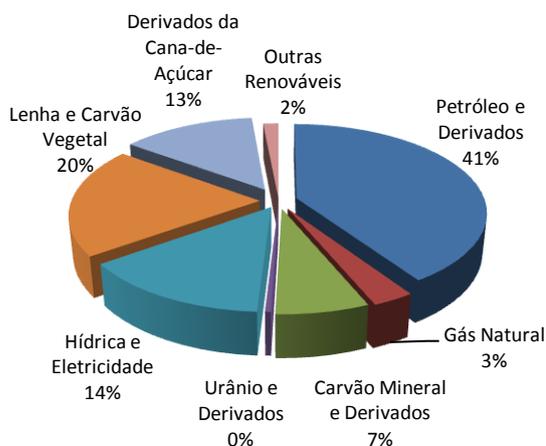


Gráfico 4.8: Composição, por fonte produtiva, da oferta de energia interna brasileira em 1990.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

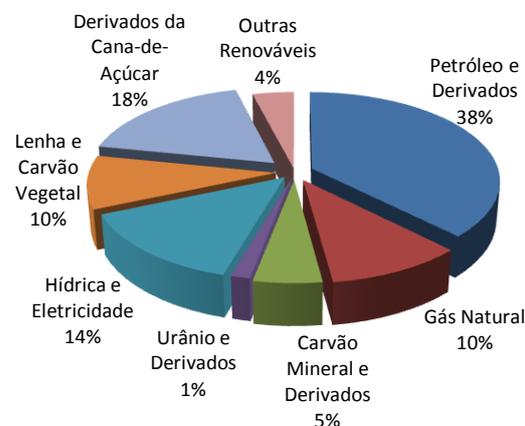


Gráfico 4.9: Composição, por fonte produtiva, da oferta de energia interna brasileira em 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Comparando a composição das matrizes energéticas, por fonte produtiva, em 1990 e em 2010, patentes nos gráficos 4.8 e 4.9 respectivamente, observa-se que o petróleo e derivados, mesmo com um decréscimo de 3p.p., continua a ser a fonte preponderante da OIE. Mais notória é a perda de importância das rubricas lenha e carvão vegetal, e carvão mineral e derivados que, em conjunto, registaram uma diminuição do seu peso de 27% para 15%, ou seja de 12p.p..

Por outro lado, há que mencionar o aumento do peso do gás natural em 7p.p. e dos derivados da cana-de-açúcar em 5p.p.. Por fim, salienta-se a manutenção do peso, nos anos 1990 e 2010, da rubrica hídrica e eletricidade, com 14%, o que corrobora a importância desta na matriz energética brasileira pelo facto de, mesmo com um grande crescimento da OIE ao longo das últimas duas décadas, continuar a apresentar a mesma expressividade.

No que respeita à produção de energia primária, esta apresenta uma trajetória claramente crescente (gráfico 4.10), com uma amplitude de evolução superior na última década em relação à primeira<sup>20</sup>, referindo-se que o impulso no crescimento da produção deu-se essencialmente a partir de 1996.

<sup>20</sup> A taxa de crescimento médio anual entre 2001 e 2010 foi 5,52%, enquanto no período 1991-2000 foi de 3,90%.

## Caracterização Socioeconômica e Energética Brasileira

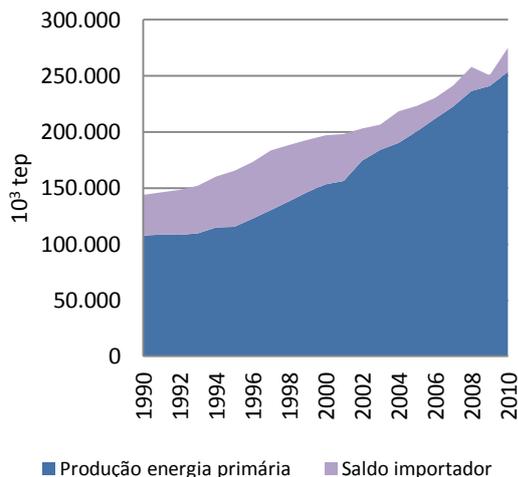


Gráfico 4.10: Evolução da produção de energia primária e do saldo importador entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

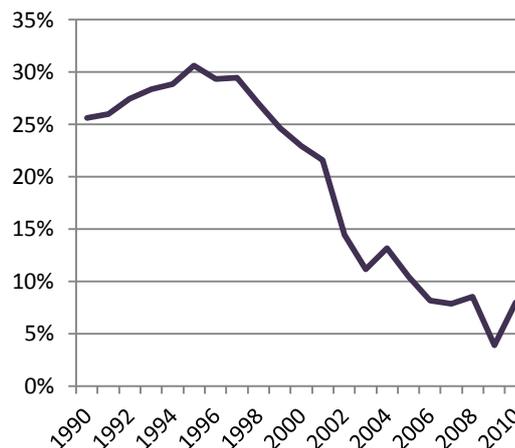


Gráfico 4.11: Evolução da dependência energética do exterior entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Pelo mesmo gráfico, também se observa que o saldo importador de energia segue uma tendência de decréscimo, perceptível pela diminuição, durante o período, da altura da área referente às importações energéticas líquidas.

Consequentemente, a redução progressiva do saldo importador de energia leva à diminuição da dependência energética do Brasil em relação ao exterior, o que é comprovado pela sua trajetória declinante, presente no gráfico 4.11, registrando valores consideravelmente baixos e com uma tendência claramente decrescente a partir de 2008, podendo concluir-se que, a curto e médio prazos, esta não será uma questão muito preocupante na delineação da política energética brasileira.

### 4.4. Matriz Elétrica

A evolução da matriz elétrica é claramente crescente no período compreendido entre 1990 e 2010, como evidenciada no gráfico 4.12<sup>21</sup>, sendo que a maior fonte produtora de eletricidade é indiscutivelmente a hídrica, seguida pelas importações de eletricidade<sup>22</sup> e, na última década, com um aumento da produção de energia elétrica por outras fontes, nomeadamente o gás natural e a biomassa.

<sup>21</sup> Para uma interpretação mais intuitiva, foram agregadas algumas fontes energéticas. A categoria “Biomassa” inclui a energia elétrica produzida através de lixívia, bagaço de cana e lenha; a categoria “Petróleo e Derivados” inclui óleo diesel e óleo combustível; a rubrica “Gás Natural” agrega gás natural e gás de coqueria; e a rubrica “Outros” integra “outras recuperações” e “outras secundárias”, e as fontes eólicas. A produção de eletricidade através de eólica foi incluída nesta categoria pelo facto de ser residual ao longo de todo o período.

<sup>22</sup> Salienta-se que grande parte das importações de eletricidade é proveniente de fonte hídrica, nomeadamente da energia elétrica produzida na parte paraguaia da central hidroelétrica de Itaipu.

## Caracterização Socioeconómica e Energética Brasileira

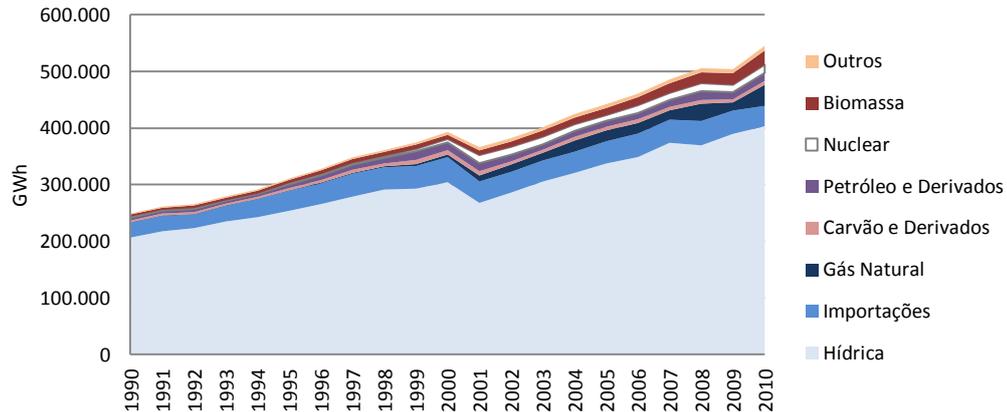


Gráfico 4.12: Evolução da matriz elétrica brasileira por fonte entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

É de relevar a forte quebra da produção total de eletricidade ocorrida em 2001, aproximadamente de 20.400 GWh (redução anual de 5,8%), essencialmente provocada por um decréscimo da produção por fonte hídrica em 36.527 GWh<sup>23</sup>, tendo sido atenuada pelo acréscimo de produção de energia elétrica essencialmente por fonte nuclear (com incremento de 8.233 GWh, que registou uma subida de 136,2% em relação ao ano transato) e de gás natural (cujo aumento cifrou-se nos 5.853 GWh, em que a sua variação em 2001 foi de 143,9%).

Torna-se interessante, dada a evolução da matriz elétrica acima representada, comparar a sua composição por fonte produtiva para o primeiro e último ano do período em análise, por intermédio dos gráficos 4.13 e 4.14. A principal relação a retirar é a diminuição do peso da fonte hídrica em 8,9p.p., mesmo com um aumento da sua produção, entre 1990 e 2010, de 146.543 GWh/ano. No sentido contrário, a evolução positiva da representatividade do gás natural, em 6,6p.p., e da biomassa em 3,2p.p.<sup>24</sup>. No caso da última fonte energética, destaca-se o seu grande potencial de utilização na produção de energia elétrica, com expectativas de um reforço da sua posição na matriz elétrica no futuro, uma vez que Castro e Dantas (2008) identificam um hiato entre a produção de bioeletricidade atual e o seu potencial de produção.

<sup>23</sup> Tal deveu-se, segundo o Governo Federal, aos baixos níveis de água nas albufeiras das centrais hidroelétricas resultantes da baixa pluviosidade em 2000 e 2001 (Bardelin, 2004).

<sup>24</sup> Que evidenciam, no período referenciado, taxas de variação totais da produção de eletricidade de 4.792,2% e 603,5% respetivamente.

## Caracterização Socioeconômica e Energética Brasileira

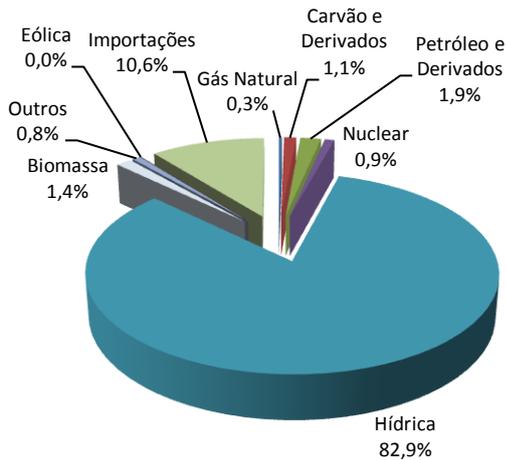


Gráfico 4.13: Matriz elétrica brasileira para o ano de 1990.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

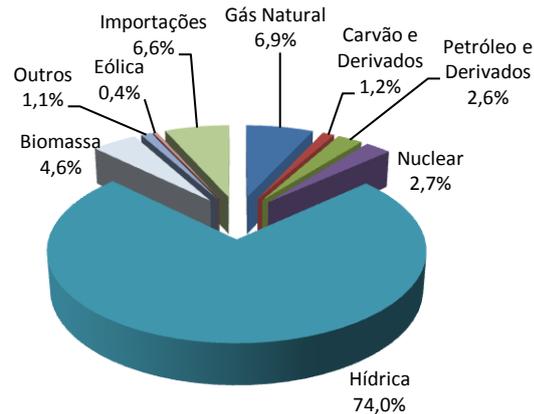


Gráfico 4.14: Matriz elétrica brasileira para o ano de 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Noutra aceção, ao se comparar os valores agregados das rubricas de combustíveis fósseis, como sejam o gás natural, o petróleo e o carvão, nota-se que evoluíram de um peso de 3,3% na matriz elétrica em 1990 para 10,7% em 2010, ou seja de 7,4p.p., enquanto, como já referido, a representatividade da produção de hidroeletricidade decaiu.

O exposto vai ao encontro das considerações de Castro *et al.* (2009), isto é, que o sistema elétrico brasileiro está a migrar rapidamente de uma base hidroelétrica, com produção termoelétrica como *backup*, para um sistema hidrotérmico, de base térmica no período seco. Esta situação poderá originar maiores preocupações com as emissões de GEE, uma vez que a matriz elétrica está a utilizar uma maior quantidade de recursos fósseis. Não obstante, a penetração intensiva da energia eólica de 1GW em 2011 para 8GW em 2016, em termos de capacidade instalada, tenderá a recolocar o gás natural com a função de *backup*.

Relativamente à capacidade instalada de produção de energia elétrica, cuja evolução entre 1990 e 2010 e composição em 2010 estão expressas respetivamente nos gráficos 4.15 e 4.16, ressalta-se a clara predominância das centrais hidroelétricas em todo o período, com um peso de 71,2% no total de potência instalada em 2010, perfazendo o valor de 80.703MW em 113.327MW totais. Destaca-se a central hidroelétrica de Itaipu Binacional, que é a maior deste género a nível mundial em termos de produção média anual e a segunda maior em termos de potência instalada com 14.000 MW<sup>25</sup>, repartida equitativamente pelo Brasil e pelo Paraguai, sendo que, dadas as menores necessidades de energia elétrica do último, o território brasileiro é o principal recetor da eletricidade proveniente desta central hidroelétrica.

<sup>25</sup> A central hidroelétrica com maior potência instalada é a *Three Gorges* na China, com 23.500 MW.

## Caracterização Socioeconómica e Energética Brasileira

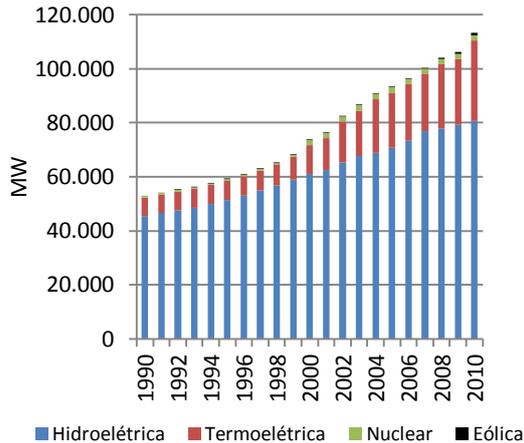


Gráfico 4.15: Evolução da capacidade instalada de produção de energia elétrica por fonte, entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

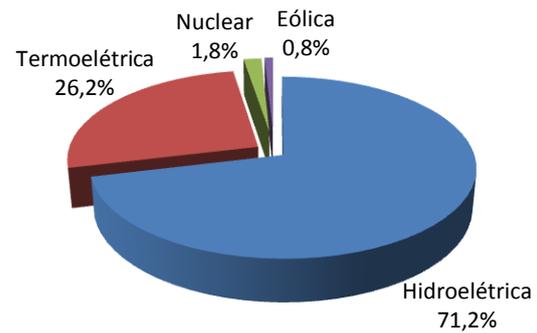


Gráfico 4.16: Distribuição da capacidade instalada por origem em 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

No caso da capacidade instalada das centrais termoelétricas, é notória uma evolução positiva, registando um crescimento total no período de 334,4% e 22.854 MW, com uma taxa de crescimento médio anual de 7,6%. A fase de maior impulsão da potência total instalada destas centrais ocorreu no período 1999-2004, com uma taxa de variação média anual de 18,3%, referindo-se também o incremento ocorrido em 2010. Nesse ano, as centrais termoelétricas representavam 26,2% do total da capacidade instalada, para além das centrais nucleares, com um peso de 1,8%, e das centrais eólicas, com uma (ainda) pequena expressividade, de 0,8%.

### 4.5. Setor Elétrico Brasileiro

O Setor Elétrico Brasileiro funciona sob concessão ou autorização do Estado brasileiro, sendo o serviço público, no segmento de mercado das *utilities*, que se encontra mais perto da universalidade, providenciando o acesso a energia elétrica a mais de 98% da população brasileira (ONS, 2012a).

#### 4.5.1. Estrutura e Funcionamento do SEB

Ao longo dos anos, o SEB passou por várias transformações<sup>26</sup>. O modelo atual do SEB surgiu da reforma ocorrida em 2004 que, entre outras modificações, reconheceu ao Estado a responsabilidade de planeamento do mesmo setor.

<sup>26</sup> Entre as quais o SEB passou por uma fase em que era exclusivamente controlado pelo Estado para outra, nos anos 90, em que ocorreu a privatização de várias empresas do setor.

O setor elétrico brasileiro é fortemente regulado, apresentando no seu cerne um conjunto de entidades que desempenham funções cruciais para o seu funcionamento, nomeadamente no que respeita à universalização do setor, à garantia de segurança no abastecimento e à promoção de tarifas justas (ANEEL, 2008a). A figura abaixo expressa um esquema do modelo institucional do SEB que engloba as principais entidades intervenientes no mesmo<sup>27</sup>, entre as quais destaca-se a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que é a entidade reguladora.

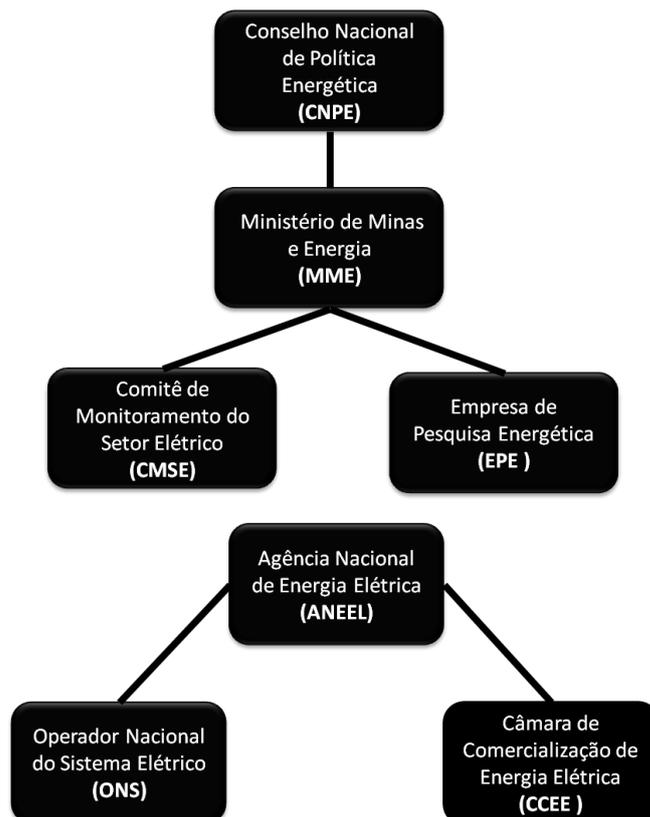


Figura 4.1: Esquema das principais entidades intervenientes no SEB.

Fonte: Adaptado de CCEE, 2011.

Para além das entidades representadas no esquema anterior, o SEB é constituído por outras mais tipicamente relacionadas com a sua atividade central, nomeadamente nas áreas de produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Menciona-se, a este propósito, a empresa estatal elétrica Eletrobras – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.<sup>28</sup>.

São de registar, nomeadamente na promoção de EE, outras entidades governamentais sejam, o Comité Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE), Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) e a Associação Brasileira de Eficiência Energética (ABEE).

<sup>27</sup> Vide Anexo I para maior detalhe acerca de cada uma das entidades.

<sup>28</sup> Vide Anexo I para uma descrição desta entidade.

No que respeita à distribuição de energia elétrica, existem dezenas de concessionárias e permissionárias<sup>29</sup> no território brasileiro, que são responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica aos consumidores localizados na sua área geográfica de concessão<sup>30</sup>, contudo, pode existir mais do que uma concessionária por Estado, como acontece, a título de exemplo, no Rio de Janeiro<sup>31</sup>.

No SEB existem dois tipos de consumidores – cativos, que não têm a possibilidade de optar por um fornecimento de energia elétrica por empresas externas à sua área de concessão, e os consumidores livres<sup>32</sup>, que podem escolher o seu fornecedor de energia elétrica sem ser a distribuidora que detém a área de concessão onde os mesmos estão inseridos, sendo que neste caso a distribuidora continua a facultar o acesso à rede de distribuição mas deixa de ser responsável pela venda de energia elétrica (Fugimoto, 2010).

O modelo de comercialização de energia elétrica no SEB distingue dois ambientes de contratação de energia elétrica, sejam o ambiente de contratação regulado (ACR) e o de contratação livre (ACL). No ACR todos os produtores de energia elétrica (incluindo os produtores independentes<sup>33</sup>) vendem energia para todas as distribuidoras por intermédio da CCEE através de leilões<sup>34</sup> e a energia comercializada neste ambiente de contratação é utilizada pelas distribuidoras para atender os seus consumidores finais (Clímaco, 2010). No ACL, por seu lado, a comercialização de energia elétrica ocorre por livre negociação entre produtores independentes, comercializadores, consumidores livres, importadores e exportadores através de contratos bilaterais (Florezi, 2009).

### 4.5.2. Leilões de Energia Elétrica

Os leilões de energia elétrica são efetuados numa data estabelecida pelo MME e realizados pela ANEEL e pela CCEE, através de uma portaria que fixa o preço máximo para o MWh, consoante a fonte energética seja hídrica ou térmica (ANEEL, 2008a).

---

<sup>29</sup> “Agente titular de permissão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica” (Neoenergia, 2011).

<sup>30</sup> Os direitos e obrigações das distribuidoras são estabelecidos num contrato de concessão celebrado com a União para a exploração do serviço público na respetiva área de concessão, isto é, na zona geográfica na qual cada uma detém o monopólio do fornecimento de energia elétrica (ANEEL, 2008a).

<sup>31</sup> Onde se regista a presença de duas grandes concessionárias: a Ampla – Energia e Serviços S.A. e a Light – Serviços de Eletricidade S.A..

<sup>32</sup> Consumidores com potência instalada acima de 3 MW ou 500 kW, com determinadas especificações (Fugimoto, 2010).

<sup>33</sup> “Pessoa jurídica ou consórcio de empresas titular de concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco” (ANEEL, 2004a).

<sup>34</sup> Promovidos pela ANEEL que pode delegar essa função à CCEE, estabelecendo-se contratos bilaterais regulados, em que as distribuidoras deverão adquirir a totalidade de suas necessidades de energia elétrica (Clímaco, 2010).

Nos leilões de energia elétrica o critério-base para a seleção das propostas é o do custo para os consumidores, ou seja, vence o leilão quem oferecer o menor preço pela venda da energia produzida numa central elétrica (ANEEL, 2008a).

Os leilões podem ser denominados por A-1<sup>35</sup>, A-3 e A-5 consoante a entrega de energia elétrica ocorra após a data de realização do leilão, num prazo de 1, 3 e 5 anos respetivamente. Os leilões A-1 dizem respeito à produção das centrais elétricas que já se encontram em operação, a denominada “energia velha”, enquanto os leilões A-3 e A-5 referem-se à produção de eletricidade por novos empreendimentos – “energia nova” (ANEEL, 2008a; Clímaco, 2010).

Para além destes, também existem os leilões de ajuste, em que as distribuidoras completam o volume necessário de carga para atender os seus clientes<sup>36</sup>; os leilões de reserva, em que a produção das centrais elétricas é contratada para operar caso haja escassez de produção das centrais convencionais; e os leilões de fontes alternativas, por exemplo de centrais eólicas (ANEEL, 2008a).

### 4.5.3. Sistema Interligado Nacional e Sistemas Isolados

O setor elétrico brasileiro é formado por um sistema interconectado de centrais elétricas, linhas de transmissão e ativos de distribuição que agrega a maior parte do território brasileiro, denominado por Sistema Interligado Nacional (SIN).

O SIN é um sistema de produção e transmissão de energia elétrica hidrotérmico de grande porte com predominância de centrais hidroelétricas, que se divide em quatro subsistemas: Norte, Nordeste, Sudeste-Centro Oeste e Sul (figura 4.2).



Figura 4.2: Mapa ilustrativo dos subsistemas do SIN e dos sistemas isolados.  
Fonte: Adaptado de EPE, 2011c.

<sup>35</sup> Lê-se “A menos 1”.

<sup>36</sup> Desde que não seja superior a 1% do volume total (ANEEL, 2008a).

## Caracterização Socioeconômica e Energética Brasileira

O Sistema Interligado Nacional agrega 96,6% de toda a capacidade de produção de energia elétrica do país, proveniente quer de fontes internas ou importações, relevando-se, no último caso, a energia oriunda da parte paraguaia da central hidroelétrica de Itaipu (ANEEL, 2008a).

A operacionalização do SIN é coordenada e controlada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). De entre os benefícios deste sistema integrado, salienta-se a possibilidade de troca de energia elétrica entre regiões<sup>37</sup> e o possível funcionamento das centrais hidroelétricas em complementaridade com as termoelétricas (ANEEL, 2008a).

Pelas suas dimensões e características, o SIN pode ser encarado como único a nível mundial (ONS, 2012b). A título de exemplo, e procedendo a uma extrapolação das dimensões do SIN para o continente europeu, como se pode observar pela figura 4.3, constata-se que o sistema elétrico brasileiro tem “dimensões continentais”.

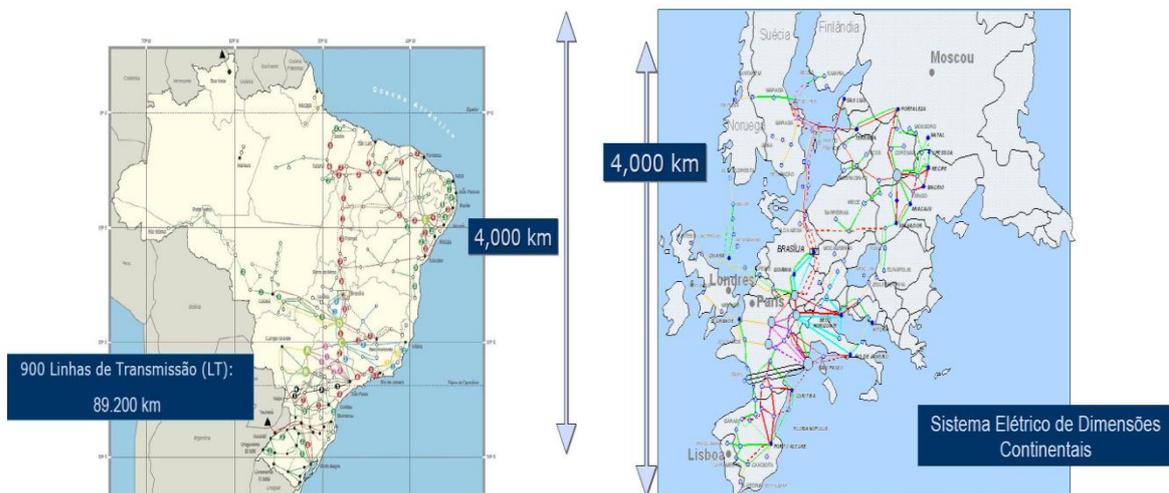


Figura 4.3: Comparação da dimensão geográfica do SIN relativamente a uma extrapolação do mesmo considerando o continente europeu.

Fonte: Adaptado de Fischler, 2010.

As dimensões do SIN<sup>38</sup> aumentaram ao longo do tempo à medida que se foram estabelecendo novas conexões ao sistema, num processo permanente de expansão que permitiu tanto a ligação de novas centrais hidroelétricas como a integração de novas regiões geográficas, sendo atualmente constituído por empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e de uma parte da região Norte (ANEEL, 2008a).

<sup>37</sup> Aspeto bastante pertinente, tendo em conta a predominância de centrais hidroelétricas em regiões com diferentes regimes hidrológicos. Ou seja, a integração permite que nas regiões em que as albufeiras das centrais hidroelétricas estejam mais cheias se envie energia elétrica para outras onde os níveis hídricos estejam mais baixos (ANEEL, 2008a).

<sup>38</sup> Em 2008, por exemplo, era composto por 89,2 mil quilômetros de rede (ANEEL, 2008a), como a figura 4.3 indica.

Porém, ainda existem alguns sistemas, de menores dimensões, que não estão ligados ao SIN e, como tal, não permitem trocas de energia elétrica entre as regiões geográficas, sendo designados por sistemas isolados<sup>39</sup>. Estes constituem 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país, são predominantemente térmicos<sup>40</sup> e situados no Norte<sup>41</sup>, fornecendo energia elétrica a aproximadamente 3% da população nacional (Eletrobras, 2012a; ONS, 2012b).

Os sistemas isolados têm custos de produção mais elevados relativamente ao SIN. Para além disso, acrescem custos para todos os consumidores de energia elétrica do país dado que o governo brasileiro criou a Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC)<sup>42</sup>, auferida por todos os cidadãos brasileiros, e que tem como finalidade garantir às populações dos sistemas isolados os benefícios usufruídos pelos consumidores do SIN (ANEEL, 2008a).

---

<sup>39</sup> A maioria dos sistemas isolados situa-se em regiões de difícil acesso, com florestas densas, o que dificulta a construção de linhas de transmissão que permitam a ligação com o SIN (ANEEL, 2008a).

<sup>40</sup> Essencialmente centrais termoelétricas a óleo *diesel* e óleo combustível, mas também centrais hidroelétricas de pequena dimensão e termoelétricas a biomassa (ANEEL, 2008a).

<sup>41</sup> Manaus é o sistema isolado mais relevante com uma representatividade de 50% do mercado total dos sistemas isolados (ANEEL, 2008a).

<sup>42</sup> Encargo setorial que subsidia a compra do óleo *diesel* e óleo combustível utilizado na produção de energia elétrica pelas centrais termoelétricas dos sistemas isolados (ANEEL, 2012).

## 5. Estudo do Consumo de Energia Elétrica

Este capítulo tem o intento de explorar o consumo de energia elétrica no Brasil para um conhecimento mais detalhado da realidade elétrica de forma a enquadrar melhor as medidas de DSM para a implementação de melhorias de EE como também para a promoção de uma maior eficiência na utilização final de energia elétrica.

Para tal, analisam-se o consumo de energia elétrica total, por região geográfica e por setores de atividade, dando especial ênfase ao industrial e ao residencial.

### 5.1. Consumo Global

A IEA prevê que o consumo de energia elétrica mundial continue a crescer nos próximos anos e a um ritmo mais célere do que qualquer outra forma de energia final, projetando um crescimento de aproximadamente 2,2% por ano entre 2008 e 2035<sup>43</sup>, em que os países que não fazem parte da OCDE serão responsáveis por mais de 80% desse aumento do consumo (IEA, 2010b).

O consumo total de energia elétrica no Brasil tem-se mostrado crescente entre 1990 e 2010 – gráfico 5.1 –, com uma evolução anual total, comparando o primeiro e o último ano, de 218.879 GWh, o que representa 104,5% do consumo de 1990, com uma taxa de variação média anual de 3,8%, superior aos valores do mesmo indicador tanto para o PIB como para a população (3,1% e 1,4% respectivamente)<sup>44</sup>.

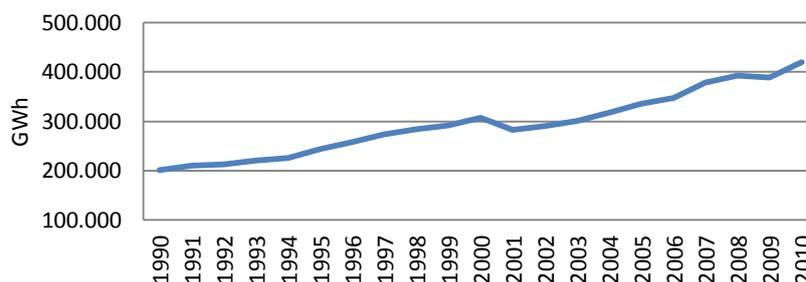


Gráfico 5.1: Evolução do consumo total de energia elétrica no Brasil entre 1990 e 2010.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

<sup>43</sup> Antecipa-se uma evolução do consumo de energia elétrica mundial de 16.819 TWh em 2008 para aproximadamente 30.300 TWh em 2035 (IEA, 2010b).

<sup>44</sup> Cálculos a partir de IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras, do IPEA e do IBGE.

## Estudo do Consumo de Energia

Registaram-se, no período em estudo, apenas dois anos com crescimento negativo do consumo de energia elétrica: em 2001, com variação anual de 7,9%, e em 2009, com uma diminuição de 1,1%, que coincidiram com anos em que houve uma diminuição do PIB *per capita* em volume<sup>45</sup>.

A redução do consumo de energia elétrica em 2001 é essencialmente explicada pela implementação de várias medidas de restrição do consumo, impostas pelo governo brasileiro em 2001-2002. O Brasil atravessou um período de racionamento de energia elétrica, que decorreu entre junho de 2001 e fevereiro de 2002, resultante de um grande diferencial entre a produção e consumo de energia elétrica. Este *gap* foi essencialmente causado pelos baixos níveis das albufeiras das centrais hidroelétricas em 2001 que não permitiram que a produção de energia elétrica conseguisse satisfazer o consumo, como também pela carência de investimentos adequados no que respeita à expansão do parque de produção de energia elétrica (Bardelin, 2004).

Neste período foram implementadas medidas de restrição ao consumo de energia elétrica<sup>46</sup> com o objetivo de reduzir o consumo para níveis compatíveis com a capacidade de produção existente. Estas medidas provocaram uma queda acentuada do consumo de energia elétrica durante o período do racionamento, abarcando, direta ou indiretamente, todos os setores da economia brasileira.

Do período de racionamento resultaram alguns aspetos positivos que se mantiveram para além do mesmo, nomeadamente a utilização de equipamentos de maior eficiência energética e a criação de uma base legal de incentivo à utilização dos mesmos, uma maior consciencialização da necessidade do uso racional da energia elétrica e da promoção da produção de eletricidade por fontes alternativas, particularmente através de energia eólica ou de biomassa (Bardelin, 2004). No entanto, as práticas de EE implementadas, especialmente o consumo eficiente de energia elétrica, sofreram um gradual abandono por parte da população em geral, pois em 2003 o consumo de energia elétrica encetou um crescimento expressivo (ANEEL, 2008a).

É inegável pela análise estatística da série representada, embora possa não ser perceptível em termos gráficos, que a taxa de crescimento médio anual entre 2001 e 2010 foi de 4,46%, superior, mesmo que ligeiramente, à correspondente ao período de 1990-2000, de 4,36%, o que demonstra que o consumo total de energia elétrica, após o racionamento de

---

<sup>45</sup> Cálculos a partir de IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras e do IPEA.

<sup>46</sup> Explicitadas na Resolução nº4, de 22 de maio de 2001, que dispõe sobre os regimes especiais de tarifação, limites de uso e fornecimento de energia elétrica, e medidas de redução de seu consumo (Presidência da República, 2001).

## Estudo do Consumo de Energia

energia elétrica, cresceu mais que antes, tanto que em 2004 o consumo total já tinha ultrapassado o registrado para 2000, nível máximo de consumo anual até então.

Outra elação de relevo é que a similaridade do declive da evolução do consumo de eletricidade antes e após o racionamento pode indiciar que, em termos globais e apenas considerando esta variável elétrica, não aparentam haver ganhos de EE na sociedade/economia brasileira, sendo, por outro lado, indiscutível a eficácia das políticas de conservação de energia durante o racionamento sem comprometer a evolução positiva do PIB seja em 2001 como em 2002 – 1,3% e 2,7% respetivamente. Todavia, ao incluírem-se as taxas de variação médias anuais do PIB (de 2,5% entre 1990-2010 e de 3,8% no período 2001-2010), constata-se que a economia brasileira teve um crescimento médio superior relativamente ao período antecedente ao racionamento de energia elétrica, com uma variação de 1,4p.p., enquanto o consumo de eletricidade registou um aumento das suas taxas de crescimento médio para os mesmos subperíodos de apenas 0,1p.p., o que mostra que a implementação de medidas de EE também teve uma eficácia notável, uma vez que o consumo de eletricidade contribuiu para um maior crescimento da atividade económica com uma taxa similar à verificada até ao período de racionamento, indo ao encontro do “fazer mais com o mesmo”.

No que concerne à descida do consumo total de eletricidade em 2009, esta pode ser essencialmente explicada pela instauração da ainda atual crise financeira internacional, cujas consequências manifestaram-se intensamente no comportamento do mercado de energia elétrica brasileiro, que poderiam ter assumido maiores repercussões se não fosse a forte procura interna, nomeadamente dos setores residencial e de serviços, por produtos e serviços e por energia elétrica (EPE, 2011d). Não obstante, com a crise econômica mundial foi necessário rever as projeções futuras do consumo de energia elétrica, sendo que nos anos imediatamente subsequentes a 2009 as expectativas de procura de energia elétrica decresceram (EPE, 2011d, 2011e; Leon *et al.*, 2010).

### 5.2. Consumo por Região Geográfica

O consumo de eletricidade no território brasileiro, de extrema importância, “é ainda muito deficitário em várias regiões, seja pela falta de acesso ou pela precariedade do atendimento. A grande extensão do território nacional, a distribuição geográfica dos recursos e as peculiaridades regionais” são importantes desafios para a delimitação e planeamento da gestão (do lado) da procura (ANEEL, 2005, p.145).

## Estudo do Consumo de Energia

Neste enquadramento, analisa-se o consumo de eletricidade por região geográfica (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Como é evidenciado pelo gráfico 5.2, a região do Sudeste é destacadamente a maior consumidora em todo o período compreendido entre 1990 e 2010, representando sempre mais de metade do consumo total de energia elétrica no Brasil. Releva-se, a este propósito, o facto de os Estados de São Paulo, do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, que são os três Estados de maior consumo total de eletricidade, pertencerem à região do Sudeste.

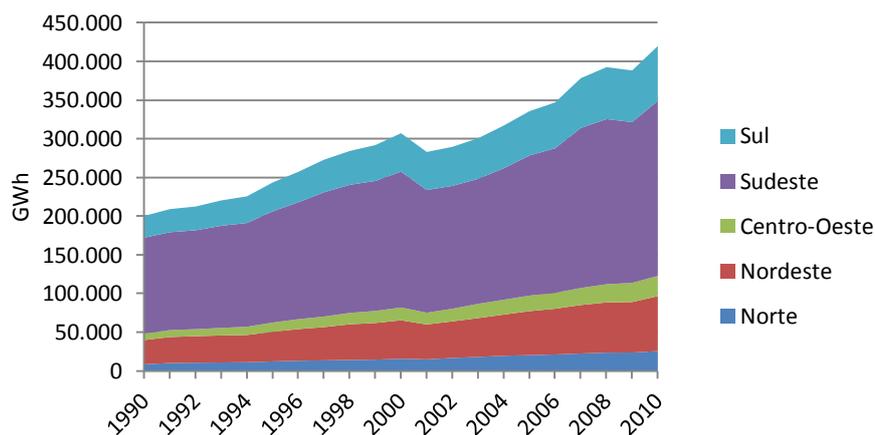


Gráfico 5.2: Evolução do consumo total de energia elétrica por região geográfica entre 1990 e 2010.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

Em termos absolutos, todas as regiões aumentaram o seu consumo entre 1990 e 2010, em que o maior acréscimo foi no Sudeste (gráfico 5.3), com uma variação de 102.175 GWh<sup>47</sup>, seguida pelo Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Norte, região em que o consumo de eletricidade evoluiu menos.

Por outro lado, ao se considerar as evoluções do consumo de energia elétrica para o mesmo período em termos relativos, a análise inverte-se na medida que as duas regiões geográficas, Centro-Oeste e Norte, com menor aumento do seu consumo em termos físicos (isto é, em GWh) foram as que apresentaram a maior taxa de variação global entre 1990 e 2010, enquanto o Sudeste foi a que registou a menor taxa de crescimento (gráfico 5.4).

<sup>47</sup> Enquanto a soma agregada das restantes regiões geográficas foi de 117.175 GWh.

## Estudo do Consumo de Energia

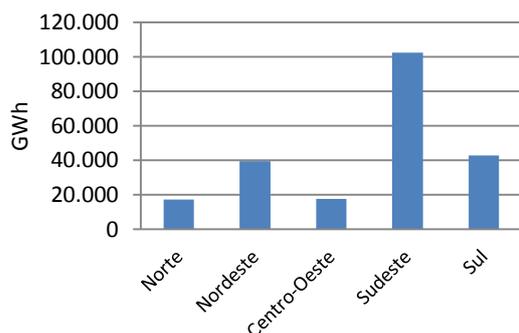


Gráfico 5.3: Variação em termos absolutos do consumo de energia elétrica por região geográfica entre 1990 e 2010.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

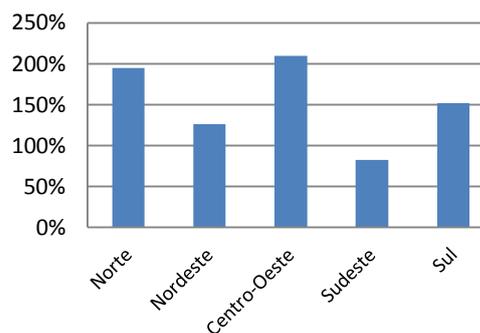


Gráfico 5.4: Variação em termos relativos do consumo de energia elétrica por região geográfica entre 1990 e 2010.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

As variações, absolutas e relativas, acima analisadas são explicadas pela representatividade de cada região geográfica no consumo total de energia elétrica no território brasileiro para os anos de 1990 e de 2010, expressas respetivamente nos gráficos 5.5 e 5.6.

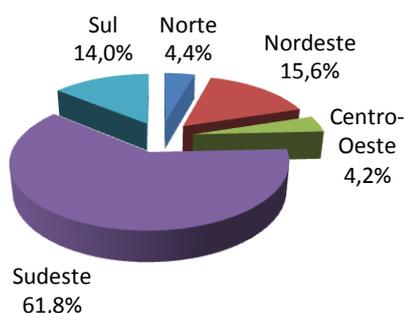


Gráfico 5.5: Distribuição do consumo total de energia elétrica por região geográfica em 1990.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

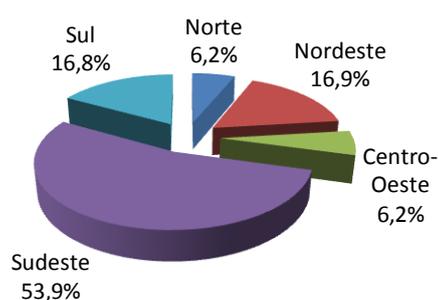


Gráfico 5.6: Distribuição do consumo total de energia elétrica por região geográfica em 2010.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

A análise conjunta dos gráficos acima mostra que nas últimas duas décadas o peso da região do Sudeste no consumo total de eletricidade decresceu 7,9p.p. e que foi assimilado pelas demais regiões geográficas, o que é dedutível pelo facto de a sua taxa de crescimento do consumo ter sido a menor entre 1990 e 2010 – gráfico 5.4. Não obstante, continua a representar 53,9% do consumo total de energia elétrica, mais do que todas as outras juntas.

No que concerne às outras regiões geográficas, o aumento dos seus pesos foi relativamente semelhante, sendo de 1,3p.p. para o Nordeste, que continua a ser a segunda região de maior consumo de energia elétrica<sup>48</sup>, aproximadamente 2p.p. para o Norte e Centro-Oeste, e 2,8p.p. para a região do Sul que, a manter-se a sua taxa de crescimento do consumo de

<sup>48</sup> Com um consumo total de eletricidade em 2010 de 70.996 GWh, enquanto a região do Sul registou 70.799 GWh (IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras).

## Estudo do Consumo de Energia

eletricidade superior à do Nordeste (gráfico 5.4), será em breve a segunda região geográfica de maior consumo<sup>49</sup>.

Para uma melhor percepção da realidade brasileira, a figura 5.1 representa o mapa do Brasil por região geográfica, apresentando também informações estatísticas sobre as mesmas.



Figura 5.1: Mapa do Brasil com informações por região geográficas para 2010.

Fonte: EPE, 2011c.

Os gráficos 5.7 a 5.10 refletem a compilação da informação presente na figura acima, referente ao ano de 2010, de forma a possibilitar uma análise mais intuitiva<sup>50</sup>.

Pelos gráficos 5.7 e 5.8 observa-se que a repartição da população residente e o número de clientes de energia elétrica no território brasileiro são relativamente similares por região geográfica.

<sup>49</sup> O que poderá ter mesmo acontecido já no ano de 2011.

<sup>50</sup> As informações referentes ao consumo residencial serão tratadas aquando da análise mais aprofundada deste setor.

## Estudo do Consumo de Energia

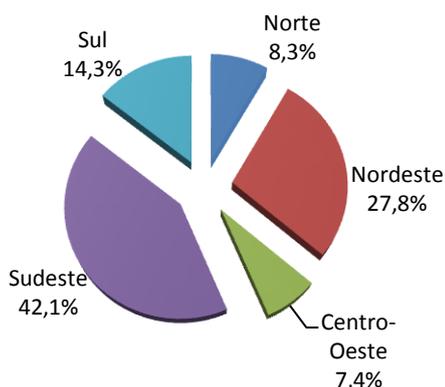


Gráfico 5.7: Distribuição da população residente por região geográfica em 2010.  
Fonte: Dados de EPE, 2011c.

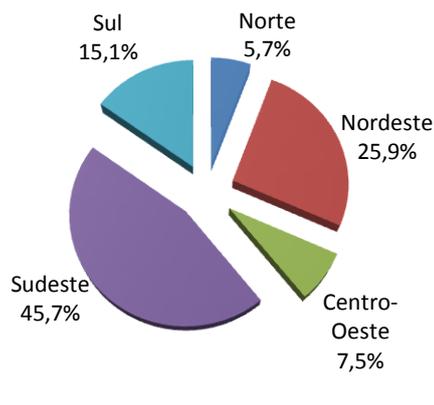


Gráfico 5.8: Distribuição do número total de clientes de energia elétrica por região geográfica em 2010.  
Fonte: Dados de EPE, 2011c.

O Sudeste é a região que regista a maior população, o que se reverte, por inerência, no número de clientes de energia elétrica – com pesos de 42,1% e de 45,7% respetivamente. É a região onde se constata a maior diferença entre o peso da população residente e a respetiva representatividade no número de clientes de eletricidade, em que o último é superior em 3,6p.p., o que poderá ser explicado pelo facto de nas grandes áreas metropolitanas (como por exemplo São Paulo e Rio de Janeiro) existir um menor número médio de consumidores afeto a cada cliente de eletricidade, isto é, de residirem menos pessoas por habitação comparativamente ao que verifica, em termos médios, nas outras regiões geográficas, e/ou um tecido comercial/industrial relativamente mais caracterizado por PMEs.

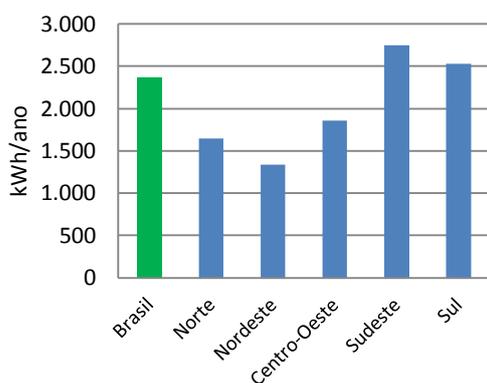


Gráfico 5.9: Consumo de energia elétrica *per capita* para o Brasil e para cada região geográfica em 2010.  
Fonte: Dados de EPE, 2011c.

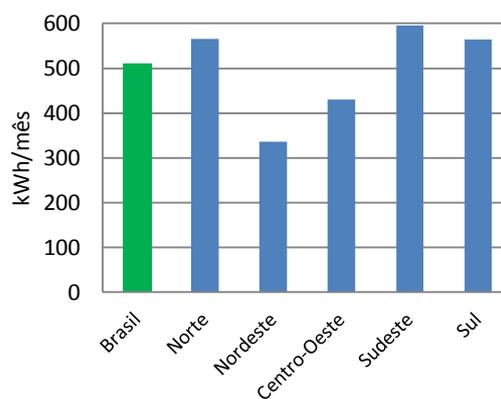


Gráfico 5.10: Consumo total médio de energia elétrica para o Brasil e para cada região geográfica em 2010.  
Fonte: Dados de EPE, 2011c.

Integrando os gráficos 5.9 e 5.10 na análise, conjuntamente com o estudo do consumo de energia elétrica por região geográfica em 2010 inerente ao gráfico 5.6, podem retirar-se algumas elações de relevo, sejam:

## Estudo do Consumo de Energia

i. Existem diferenciais de sensivelmente 11,8p.p. e 8,2p.p. entre o peso que a região do Sudeste regista, para 2010, no consumo total de energia elétrica, e o seu peso na população residente e no número de clientes de eletricidade, o que é facilmente explicado pelo facto de esta região apresentar os maiores valores tanto para o consumo *per capita* (gráfico 5.9) como de consumo total médio dos clientes de eletricidade, respetivamente (gráfico 5.10). Os valores destes indicadores podem indiciar o maior desenvolvimento desta região como também do poder de compra médio superior da população residente no Sudeste.

ii. A análise é contrária para o caso da região do Nordeste, em que o seu peso no consumo total de energia elétrica é 16,9%, como observável pelo gráfico 5.6, enquanto destaca-se na representatividade da população residente como do número de clientes de eletricidade – 27,8% e 25,9% (gráficos 5.7 e 5.8). Tal é explicado porque o Nordeste apresenta os valores mais baixos de consumo de energia elétrica *per capita* (gráfico 5.9), sendo menos de metade do que na região do Sudeste, como de consumo médio total (gráfico 5.10). Assim, a expressão do Nordeste no consumo justifica-se porque, embora com consumos médios e *per capita* baixos, tem uma representatividade de habitantes residentes que lhe permite, como por um efeito multiplicador, ainda se situar como a segunda região geográfica brasileira de maior consumo total de eletricidade.

iii. A região geográfica do Sul, cujo peso no consumo total de energia elétrica (16,8% – gráfico 5.6) é superior aos da população residente e do número de clientes de eletricidade – 14,3% e 15,1%, visível pelos gráficos 5.7 e 5.8 respetivamente, tem um consumo de eletricidade *per capita* que é o segundo mais elevado (atrás do respeitante ao Sudeste mas superior à média do Brasil) – gráfico 5.9 –, sendo que regista o terceiro maior consumo médio total<sup>51</sup> – gráfico 5.10. Em termos elétricos apresenta bastantes similitudes com a região do Sudeste, pelo que se tecem-se as mesmas considerações que para a região de maior consumo. Acrescenta-se, porém, que o Sul experienciou um crescimento no consumo de energia elétrica no período em estudo, pelo que seria interessante analisar outras variáveis específicas de cariz demográfico, social, económico, entre outras, para perceber até que ponto esta região, em termos médios, está a convergir para os valores da região do Sudeste.

iv. Por último, analisam-se as regiões do Norte e do Centro-Oeste em conjunto, visto que ambas apresentam pesos no consumo total de energia elétrica de aproximadamente 6%, como é ilustrado pelo gráfico 5.6. Enquanto os seus consumos de eletricidade *per capita* são relativamente próximos, ambos abaixo da média brasileira – gráfico 5.9, depara-se com uma

---

<sup>51</sup> A diferença no consumo médio total entre a região do Sul e a do Norte é de apenas 0,5 KWh/ano (Dados de EPE, 2011c).

divergência quando se comparam o peso de cada uma em termos da população residente e do número de clientes (gráficos 5.7 e 5.8 respetivamente):

iv.a No caso da região Norte, o peso do número de clientes de eletricidade é menor em 2,6p.p. do que o peso desta região na população residente, o que pode indicar que existem relativamente mais consumidores afetos, em termos médios, a cada cliente de energia elétrica. Por outro lado, pelo gráfico 5.10, regista-se o segundo maior consumo médio total de todas as regiões<sup>52</sup>, o que pode induzir uma forte presença de indústrias eletro-intensivas.

iv.b No que diz respeito à região do Centro-Oeste, o seu peso no consumo total de energia elétrica é aproximadamente similar à sua representatividade na população residente e no número de clientes de eletricidade, de 14,3% e 15% respetivamente – gráficos 5.7 e 5.8, sendo a região geográfica com o terceiro consumo *per capita* mais baixo (gráfico 5.9) e com o segundo menor consumo médio (gráfico 5.10), ambos abaixo da média brasileira, podendo-se deduzir, considerando que um maior consumo de eletricidade se correlaciona positivamente com a qualidade de vida, *ceteris paribus*, que é das regiões do Brasil que apresenta um desenvolvimento económico, social e/ou energético mais deficitário e, por este motivo, com maior potencial de desenvolvimento.

### 5.3. Consumo por Setor de Atividade

Após a análise por região geográfica, torna-se pertinente estudar o consumo de eletricidade por setor de atividade para perceber de que forma a gestão do lado de procura por energia elétrica pode definir as suas ações em relação ao tecido consumidor existente, quais os agentes consumidores que devem ser assumidos como prioridade e quais as medidas que melhor se adequam a cada caso específico, dadas as suas características e processo de desenvolvimento do consumo de eletricidade.

O gráfico 5.11 explicita a evolução do tecido consumidor brasileiro através da desagregação do consumo total de energia elétrica em quatro divisões setoriais, sejam a indústria, o setor residencial, o comercial e outros setores. A indústria é, explicitamente, o maior consumidor de eletricidade em todo o período definido entre 1990 e 2010, seguido pelo residencial, comércio e pela rubrica outros setores<sup>53</sup>.

---

<sup>52</sup> Vide nota de rodapé anterior.

<sup>53</sup> Os dois últimos alternaram de posições em 2000, tendo apresentado pesos iguais no biênio 1998-1999, passando o setor comercial a ser responsável por um maior consumo de energia elétrica comparativamente à rubrica respetiva a outros setores, facto que perdurou até ao final do período.

## Estudo do Consumo de Energia

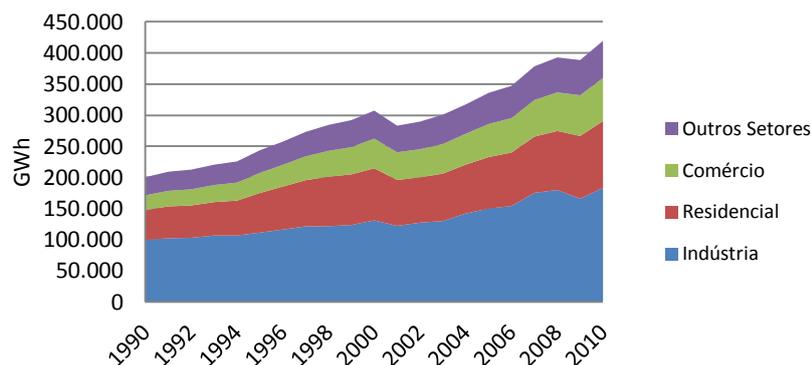


Gráfico 5.11: Evolução do consumo total de energia elétrica por setor de atividade entre 1990 e 2010.

Fonte: IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

Todos os setores apresentaram um forte crescimento no consumo de energia elétrica com taxas de variação globais entre 83,8% da indústria e 190,4% do comércio, o que não é de estranhar pois são, respetivamente, o maior e o menor setores considerados no gráfico acima<sup>54</sup>. Frisa-se também que o setor residencial foi o que registou o segundo maior aumento relativo e absoluto do seu consumo (com variações de 123,5% e de 59.238 GWh<sup>55</sup>), e a rubrica “outros setores” teve um crescimento do consumo total de eletricidade de 105,6%, correspondendo a uma diferença entre 1990 e 2010 de 30.642 GWh, evidenciando uma trajetória crescente menos esclarecida em relação aos demais, com vários anos em que se registaram descidas do consumo.

Considerando uma ainda maior desagregação do consumo de eletricidade por setor de atividade, espelhada no gráfico 5.12 com o peso de cada consumo de energia elétrica em cada ano<sup>56</sup>, repara-se numa primeira análise que, e à semelhança do gráfico 5.11, os três setores de maior relevo são o industrial, o residencial e o comercial. Não obstante, a mais-valia da inclusão do gráfico 5.12 é a decomposição do consumo de energia elétrica da rubrica “outros setores” do gráfico 5.11, nomeadamente a consideração dos setores agropecuário, público, energético e de transportes.

<sup>54</sup> Com evoluções nos seus consumos de eletricidade, tendo como referência os anos de 1990 e de 2010, de 83.709 GWh e 45.290 GWh respetivamente.

<sup>55</sup> Cálculos a partir IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

<sup>56</sup> Os gráficos 5.12, 5.13, 5.14 são elaborados com base nos dados disponíveis nas séries completas de EPE, 2011b, inconsistentes com os utilizados em análises anteriores, pelo que o seu estudo será em termos relativos.

## Estudo do Consumo de Energia

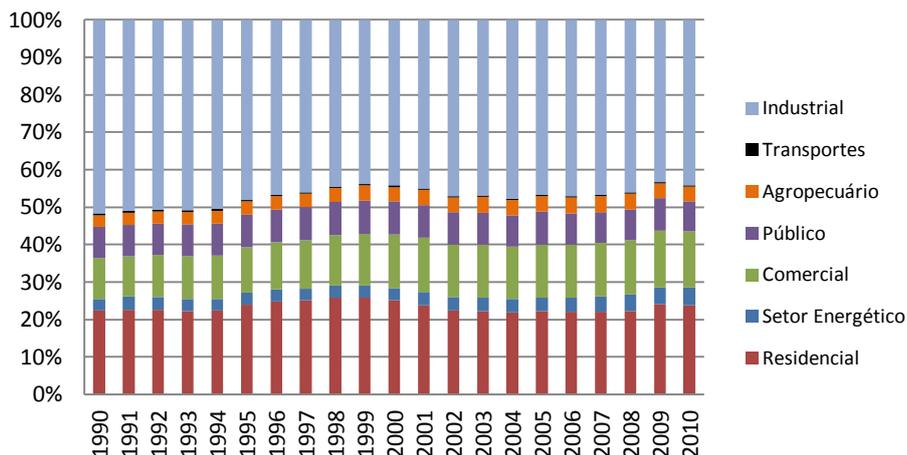


Gráfico 5.12: Evolução do peso no consumo total de energia elétrica por setor de atividade entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Analisando em conjunto os gráficos 5.12, 5.13 e 5.14, os últimos que apresentam a repartição do consumo total de energia elétrica por setor de atividade em 1990 e 2010 respectivamente, constata-se que o peso da indústria no consumo total de eletricidade decresceu 7,4p.p. justificado pelo facto de o consumo deste setor ter crescido menos que os demais entre 1990 e 2010.

O setor residencial é claramente o segundo maior consumidor, sendo de mencionar que o seu peso no consumo total de eletricidade, entre 1990 e 2010, apenas aumentou 1,4p.p., mostrando uma consolidação na estrutura de consumo energético. Para além disso, é importante frisar que este setor representa já quase um quarto do consumo total de energia elétrica no território brasileiro, o que enaltece a importância da classe doméstica quando da delimitação de políticas de promoção de melhorias de EE e de conservação de energia, isto é na gestão do lado da procura de eletricidade.

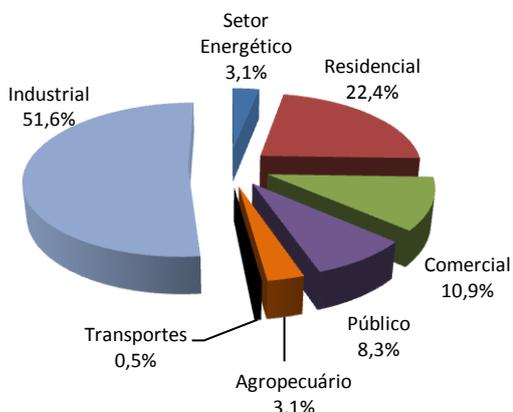


Gráfico 5.13: Distribuição do consumo total de energia elétrica por setor de atividade em 1990.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

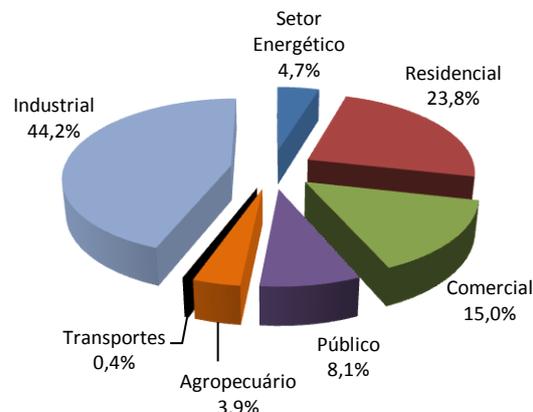


Gráfico 5.14: Distribuição do consumo total de energia elétrica por setor de atividade em 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

## Estudo do Consumo de Energia

O comércio registou o maior crescimento na sua representatividade no consumo total de eletricidade, 4,1p.p., visto que foi o setor que mais cresceu no período considerado<sup>57</sup>.

Noutra aceção, pela análise dos setores agropecuário, público, energético e dos transportes, menciona-se que todos mais que duplicaram o seu consumo de energia elétrica entre 1990 e 2010. Este crescimento fez aumentar o peso agregado destes setores no consumo total de energia elétrica.

O setor público viu o seu peso no consumo global de energia elétrica decrescer entre 1990 e 2010 – gráficos 5.13 e 5.14, mesmo tendo aumentado o seu consumo em aproximadamente 186%. Não é possível tecer considerações adicionais sem um estudo mais detalhado. Todavia, o facto de este setor ter um menor peso no consumo total de eletricidade em 2010 pode indicar que, talvez por intermédio de implementação de medidas de EE ou por uma utilização mais eficiente dos recursos energéticos disponíveis, o seu consumo de eletricidade esteja a crescer a um ritmo menor que os demais – assume-se, a este propósito, que a prestação de serviços públicos aumentou nas últimas duas décadas e que tal originou um incremento do consumo de eletricidade correspondente.

A subida em 0,8p.p. do peso na estrutura de consumo global de energia elétrica brasileira do setor agropecuário entre 1990 e 2010, que apresenta pesos de 3,1% e de 3,9% respetivamente, pode ser uma repercussão do aumento do valor monetário deste setor na economia, dadas as crescentes necessidades alimentícias de uma população sempre crescente no período referenciado, para além da possibilidade de exportação. Outra explicação para o aumento de 104,1% do consumo de energia elétrica deste setor nas últimas duas décadas é a utilização de equipamentos mais sofisticados que tenham uma base de funcionamento elétrica.

No caso do setor energético, a subida tanto do seu consumo de eletricidade como do seu peso na estrutura global de consumo desta energia secundária vem ao encontro das crescentes necessidades energéticas do país e o reconhecimento da energia elétrica como uma fonte rentável, seja em termos financeiros ou mesmo ambientais, no processo produtivo tanto de eletricidade como de outras fontes energéticas.

O setor dos transportes, residual tanto no início como no final do período analisado, viu a sua representatividade diminuída, mesmo com um crescimento do seu consumo, devido ao maior crescimento dos demais. Não obstante, crê-se que a médio e/ou longo prazos este peso irá subir consideravelmente pela introdução e proliferação dos veículos elétricos, tal se começa a evidenciar nas economias europeias.

---

<sup>57</sup> Perceptível no gráfico 5.12 pelo aumento da altura das barras verdes, correspondentes ao setor comercial, como explicitado na análise do gráfico 5.11.

## Estudo do Consumo de Energia

Dada a importância dos setores industrial e residencial na matriz de consumo de energia elétrica no Brasil<sup>58</sup>, vão ser analisados em maior detalhe.

### 5.3.1. Setor Industrial

#### 5.3.1.1. Análise por fonte produtiva

Como já mencionado, o consumo de energia elétrica da indústria cresceu mais de 80% entre 1990 e 2010, não obstante este setor viu o seu peso diminuído na estrutura global de consumo de eletricidade, para o período analisado.

A eletricidade é apenas uma das diversas fontes energéticas que o setor industrial utiliza. O gráfico 5.15 possibilita comparar a evolução do consumo total de energia da indústria com a representatividade da energia elétrica no mesmo<sup>59</sup>.

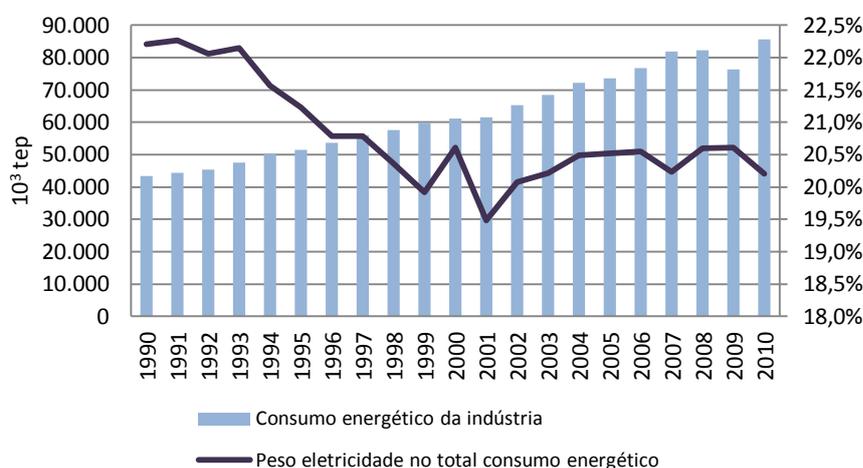


Gráfico 5.15: Evolução do consumo energético total no setor industrial e do peso da eletricidade no mesmo, entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Desde 1990 até 2000, embora tanto o consumo de eletricidade como o total de energia tenham aumentado em todos os anos, a taxa de variação do último foi superior, pelo que regista-se uma trajetória de clara diminuição da representatividade da eletricidade na matriz energética por fonte produtiva da indústria, quebrada em 2000 por um crescimento do consumo de energia elétrica de 5,9%, contra uma taxa de variação anual do consumo total de energia de 2,3%<sup>60</sup>.

<sup>58</sup> Como de resto acontece em Portugal (DGEG, 2012).

<sup>59</sup> Refere-se que os dados estatísticos das séries completas do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2011 referentes ao setor industrial são inconsistentes com a informação estatística também do BEN sobre os setores de atividade, nomeadamente os gráficos 5.12, 5.13 e 5.14. Tal como sucedido atrás, far-se-á uma análise em termos relativos.

<sup>60</sup> Não é aparente, somente por intermédio de análise estatística, a razão do diferencial de crescimento do consumo de eletricidade em relação ao do total de energia, pelo que ter-se-ia que enveredar num estudo mais pormenorizado do consumo energético e elétrico de cada segmento do setor industrial.

## Estudo do Consumo de Energia

Em 2001, ano do racionamento de energia elétrica, o consumo de eletricidade decresceu 5,0% na indústria, enquanto o consumo total energético deste setor aumentou 0,5%, tendo-se, por este motivo, registado um decréscimo do peso da energia elétrica. Esta descida do consumo de eletricidade foi mais que compensada por um aumento de aproximadamente 25% do consumo de bagaço de cana.

No ano seguinte, isto é em 2002, o consumo de eletricidade na indústria aumentou 9,5%, contudo o seu peso ficou num nível inferior ao de 2000 porque o consumo total de energia da indústria cresceu uns expressivos 6,3%. A partir de então, tanto o crescimento total energético do setor industrial como o respetivo consumo de energia aumentaram em todos os anos até 2009, sendo de apontar que, entre 2002 e 2008, só em 2007 é que o consumo de eletricidade não aumentou proporcionalmente mais que o consumo total energético.

Em 2009 regista-se o segundo ano, entre 1990 e 2010, com uma diminuição do consumo de eletricidade na indústria e o primeiro quando se considera o consumo energético total, em que ambos diminuíram 7,2%<sup>61</sup>. Tal é explicado porque “as consequências da crise financeira internacional manifestaram-se intensamente no comportamento do mercado de energia elétrica brasileiro, com forte retração do consumo industrial de eletricidade nos últimos meses de 2008 e ao longo do ano de 2009”<sup>62</sup> (EPE, 2011d, p.1).

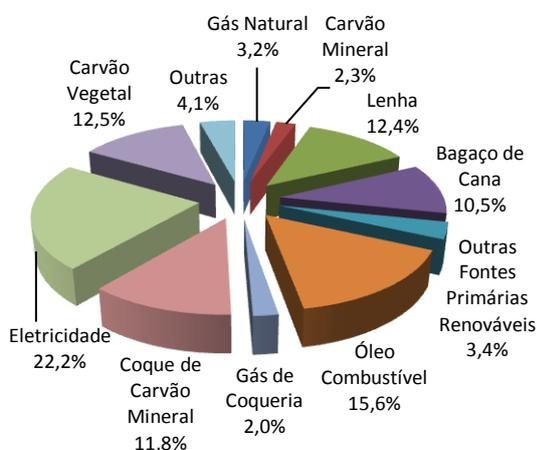


Gráfico 5.16: Repartição do consumo energético do setor industrial por fonte produtiva em 1990.  
Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

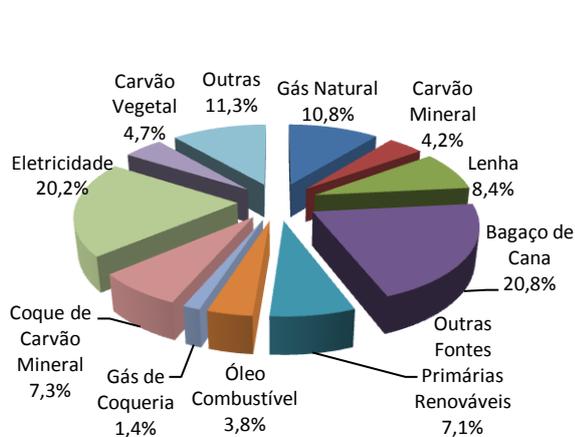


Gráfico 5.17: Repartição do consumo energético do setor industrial por fonte produtiva em 2010.  
Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Para uma melhor compreensão da evolução do consumo energético do setor industrial, os gráficos 5.16 e 5.17 expressam a repartição por fonte produtiva em 1990 e 2010 respetivamente. São explicitadas 11 rubricas de fontes energéticas utilizadas pelo setor

<sup>61</sup> Com o decréscimo relativo de ambos foi similar, o peso do consumo de energia elétrica no setor industrial manteve-se inalterado.

<sup>62</sup> O mesmo documento refere que alguns segmentos da metalurgia, “que dedicam parte da sua produção ao mercado externo como a indústria siderúrgica”, foram dos mais atingidos pela crise mundial, tanto a nível nacional quanto mundial (EPE, 2011d).

## Estudo do Consumo de Energia

industrial, entre as quais: eletricidade, carvão vegetal, outras<sup>63</sup>, gás natural, carvão mineral, lenha, bagaço de cana, outras fontes primárias renováveis, óleo combustível, gás de coqueria e coque de carvão mineral.

A principal relação é, tal como verificado no gráfico 5.15, o decréscimo da representatividade da eletricidade no consumo total de energia do setor industrial (22,2% e 20,2% respetivamente), deixando de ser a fonte energética mais importante, sendo remetida para o segundo lugar atrás do bagaço de cana.

O bagaço de cana, em apenas duas décadas, viu o seu peso quase duplicado na estrutura de consumo de energia da indústria (de 10,5% em 1990 para 20,8% em 2010), passando de sexta fonte energética mais consumida para se tornar a mais relevante. O crescimento da utilização desta fonte bioenergética pode ter-se devido aos baixos custos inerentes da sua “produção”, já que o Brasil é um país especialmente rico em biomassa. No entanto, tal apenas evidencia uma mudança de processos de produção de energia, e não de aumento (ou mesmo diminuição) da EE no setor industrial.

Por último, frisa-se, entre 1990 e 2010, o aumento do peso (e por inerência de consumo) do gás natural, com uma variação de 7,6p.p., das outras fontes primárias (3,7p.p.) e da rubrica respeitante a outras fontes energéticas (7,2p.p.). Por outro lado, regista-se uma redução generalizada do consumo de carvão mineral, de carvão vegetal, de lenha e de óleo combustível.

### 5.3.1.2. Análise por utilização final de energia elétrica

O estudo de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil<sup>64</sup>, efetuado em 2005, teve como objetivo recolher informações para formular uma adequada conceção do ponto de situação do mercado de EE no país, e do impacto que o período do racionamento despoletou no mesmo, para além de possibilitar a avaliação dos efeitos das ações praticadas pelo PROCEL, no que concerne à promoção de uma maior eficiência na utilização da energia elétrica (Eletrobras/PROCEL, 2008a).

A Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso efetuada para a classe industrial, de alta tensão, trivialmente designada por PPH para a indústria, inseriu-se no estudo supracitado e foi pioneira a nível nacional<sup>65</sup>.

---

<sup>63</sup> A categoria relativa às outras fontes inclui óleo *diesel*, gás liquefeito do petróleo, nafta, querosene, gás canalizado, “outras secundárias de petróleo e alcatrão”.

<sup>64</sup> Neste projeto, para além do estudo da classe industrial de alta tensão, foram analisadas as classes comercial e industrial de baixa tensão; comercial e poder público de alta tensão; e residencial, a última que é analisada mais à frente.

<sup>65</sup> Esta análise do PPH para a indústria é realizada de uma forma sintética, pois o estudo em questão é muito específico, excedendo o âmbito que se pretende neste trabalho.

## Estudo do Consumo de Energia

A metodologia aplicada, para caracterizar e quantificar a utilização da energia elétrica no setor industrial, foi a aplicação de questionários, de modo a possibilitar a avaliação dos desempenhos energéticos destes consumidores e dos resultados das ações de EE desenvolvidas, permitindo uma melhor delimitação das principais medidas de EE a implementar, pela Eletrobras como por outros agentes institucionais e de mercado (Eletrobras/PROCEL, 2008b).

A PPH para a indústria contou com uma amostra de 478 empresas<sup>66</sup>, incluindo essencialmente seis setores de atividade<sup>67</sup>: Alimentos e Bebidas, Têxtil, Produtos Químicos, Plásticos e Borracha, Minerais Não-Metálicos e Metalurgia Básica (Eletrobras/PROCEL, 2008b).

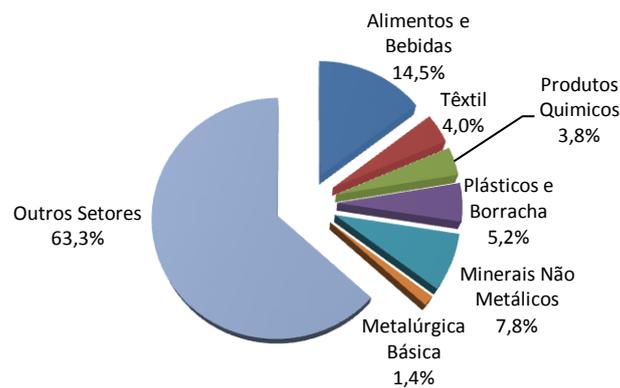


Gráfico 5.18: Representatividade na atividade económica dos setores da indústria abrangidos pela PPH na indústria no total de setores industriais brasileiros em 2005.

Fonte: Adaptado de Eletrobras/PROCEL, 2008b.

Pela análise do gráfico 5.18, constata-se que os seis setores da indústria integrados na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso da classe industrial representavam, em 2005, aproximadamente 36,7% do total de setores de atividade da indústria brasileira, sendo inegável a relevância destes setores no total da indústria. No entanto, destaca-se o peso da rubrica “outros setores”, de 63,3%, que não foram incluídos no estudo de PPH da indústria.

No que respeita à repartição do consumo de energia elétrica por uso final na indústria em 2005, patente no gráfico 5.19, verificou-se que, nos setores de atividade industrial analisados, a força motriz foi o tipo de utilização com maior representatividade (68,3%), seguida da eletrotermia (22,8%), iluminação (5,8%) e eletrólise (3,1%). Pode inferir-se, deste modo, que a força motriz e eletrotermia devem ser assumidas como prioritárias na implementação de medidas de melhorias da EE.

<sup>66</sup> Para uma amostra nacional inicialmente prevista de 1.000 empresas, foram abordadas cerca de 1.300. Foram entregues 718 questionários, obtendo-se uma participação efetiva de 68%, isto é, de 488 empresas do setor industrial. Dos questionários efetuados, 10 questionários não puderam ser aproveitados devido à falta de dados imprescindíveis ao estudo e à qualidade das informações prestadas. Dessa forma, a base de dados final contou com 478 empresas do setor industrial (Eletrobras/PROCEL, 2008a).

<sup>67</sup> O erro máximo das estimativas é de aproximadamente 4,4%, para um intervalo de confiança de 95% (Eletrobras/PROCEL, 2008a).

## Estudo do Consumo de Energia

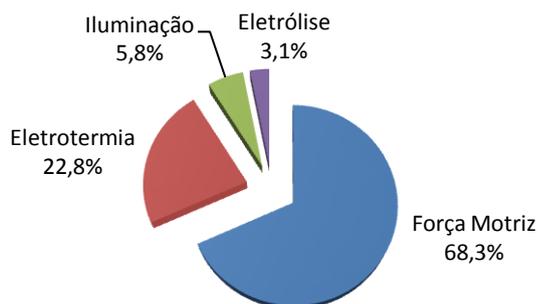


Gráfico 5.19: Distribuição do consumo de energia elétrica por uso final na indústria em 2005.

Fonte: Adaptado de Eletrobras/PROCEL, 2008b.

No que toca ao impacto do período de racionamento de 2001 nos setores analisados pela PPH indústria, registou-se que 53,8% das indústrias brasileiras inquiridas referiram ter sofrido algum tipo de racionamento no consumo de energia elétrica em 2001, como se pode observar pelo gráfico 5.20.

Salienta-se o facto de o setor de alimentos e bebidas ter sido o setor onde a percentagem de entrevistados, que afirmou ter sofrido racionamento de energia elétrica em 2001, foi a mais elevada, com 62,2%.

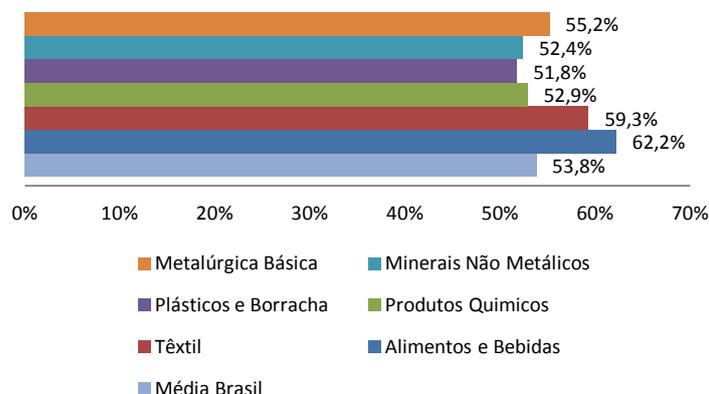


Gráfico 5.20: Percentagem de entrevistados, por tipo de indústria, que afirmaram ter sofrido algum tipo de racionamento de energia elétrica em 2001.

Fonte: Adaptado de Eletrobras/PROCEL, 2008b.

Neste contexto, releva-se também que as cinco medidas mais relatadas pela amostra de empresas, realizadas durante o período do racionamento, foram a alteração da produção (18,2%), a produção própria de eletricidade (15,9%), gestão energética (15,5%), alteração dos turnos de trabalho (13,6%) e eficiência energética (11,5%) (Eletrobras/PROCEL, 2008b).

Cabe destacar que os setores representados, segundo a Eletrobras/PROCEL (2008a, 2008b), ultrapassaram ou aproximaram-se do percentual médio de 20%, estabelecido pelo Governo, de redução no consumo de energia elétrica durante o período de racionamento.

## Estudo do Consumo de Energia

Em 2005, quando inquiridos acerca da hipótese de implementação de medidas de redução do consumo de energia elétrica, 20,7% dos entrevistados referiram ser possível reduzir o consumo de energia elétrica entre 5 a 10%, contrapondo com os 25,5% que declararam não ser possível reduzir o consumo, e com os 39,7% que não responderam à pergunta em questão (Eletrobras/PROCEL, 2008b). Estes valores indiciam a necessidade de diagnósticos energéticos e de aplicação de medidas de EE, no entanto seria importante a posse de informação mais recente de modo a averiguar se esta situação se manteve ou se as ações de EE entre tanto implementadas tiveram sucesso neste campo.

Para finalizar, evidencia-se o facto de 61,1% das indústrias participantes da PPH indústria em 2005 terem afirmado conhecer o Selo PROCEL, o que é um dado bastante relevante, confirmando o mérito das ações de informação enveredadas pelo PROCEL, especificamente pelo subprograma em questão.

Uma análise de importância acrescida, visto que o setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica, seria traçar a evolução dos indicadores referidos com informação mais recente e abrangendo mais empresas e setores de atividade.

### 5.3.2. Setor Residencial

O estudo do consumo de energia elétrica no setor residencial é bastante relevante dado que este setor tem evidenciado um aumento do seu peso na matriz elétrica brasileira<sup>68</sup>. O crescimento na classe residencial pode ser devido a um conjunto de fatores (Eletrobras/PROCEL, 2007a):

- A velocidade da transformação de uma sociedade industrial para uma de informação, e desta para uma sociedade de comunicação, em que muitos trabalhos podem ser elaborados nos, e a partir dos, domicílios;
- O aumento do nível de desemprego e, por consequência, da economia informal, transformando as residências em microempresas;
- A procura por conforto e lazer, e a maior facilidade na aquisição de equipamentos elétricos que estimulam o consumo;
- O aumento do tempo de permanência das pessoas nos seus domicílios;
- A existência de uma procura “contida” devido às desigualdades sociais, que se esperam atenuadas e mitigadas ao longo do tempo;
- A incorporação de novos consumidores, em função da universalização dos serviços de eletricidade, entre outros.

---

<sup>68</sup> Lembra-se a análise inerente aos gráficos 5.13 e 5.14.

## Estudo do Consumo de Energia

### 5.3.2.1. Análise por fonte produtiva

O consumo energético total do setor residencial evoluiu consideravelmente entre 1990 e 2010, com uma variação global de 31,5% – gráfico 5.21 – e uma taxa de crescimento médio anual de 1,4%.

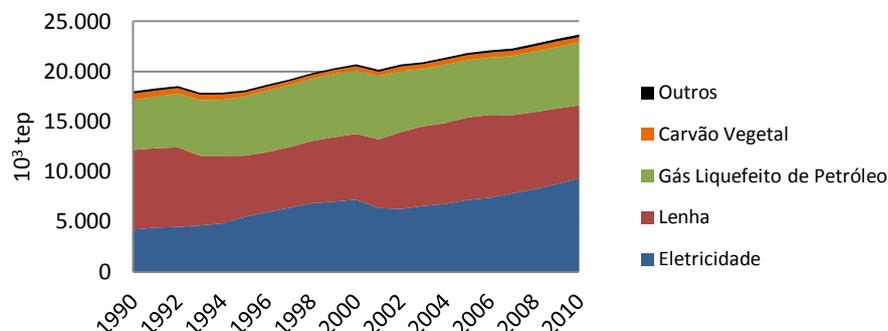


Gráfico 5.21: Evolução do consumo total de energia elétrica do setor residencial por fonte energética entre 1990 e 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

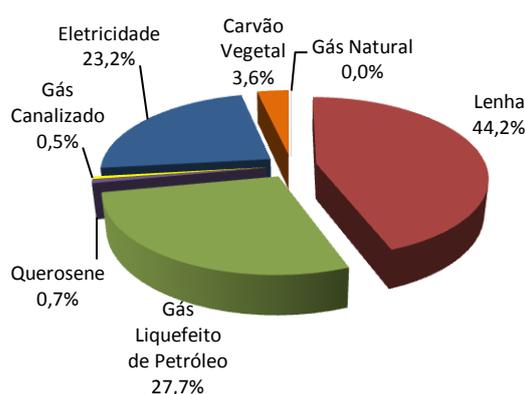


Gráfico 5.22: Distribuição do consumo total de energia elétrica do setor residencial por fonte produtiva em 1990.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

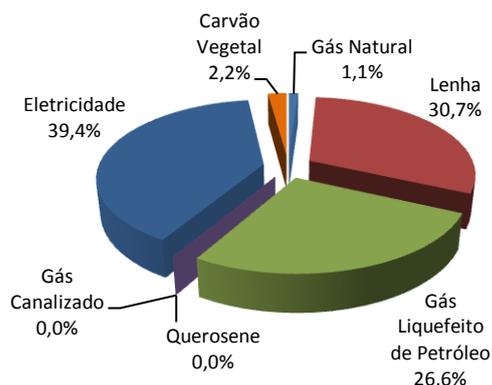


Gráfico 5.23: Distribuição do consumo total de energia elétrica do setor residencial por fonte produtiva em 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

Considerando as fontes energéticas consumidas pelo setor residencial brasileiro, incorporando também no estudo a distribuição do consumo total de energia em 1990 e 2010 por fonte energética, patentes respectivamente nos gráficos 5.22 e 5.23 são de frisar alguns aspectos.

Em primeiro lugar, a evolução do consumo total de energia sofreu decréscimos em apenas dois anos – 1993 (3,6%) e 2001 (2,6%), em que no primeiro ano deveu-se ao decréscimo da utilização de lenha de 12,6%, enquanto no último é mais do que justificado pelo decréscimo do consumo de eletricidade. Em 2002, mesmo com uma evolução negativa do consumo de

## Estudo do Consumo de Energia

energia elétrica, o consumo energético total anulou a diminuição verificada no ano transato com um crescimento da mesma amplitude, isto é, de 2,6%.

O consumo de energia elétrica do setor residencial sofreu uma variação global<sup>69</sup>, entre 1990 e 2010, de 123,5%<sup>70</sup>, superior ao crescimento relativo do consumo total de eletricidade que foi de 104,5%<sup>71</sup>. A eletricidade evoluiu de terceira fonte energética mais importante do setor residencial em 1990, com um peso de 23,3%, para o primeiro lugar destacado, com um peso de 39,4%, o que significou um aumento da sua importância nuns impressionantes 16,2p.p. em apenas duas décadas – gráficos 5.22 e 5.23. Refere-se também que a evolução do peso da eletricidade no consumo energético do setor residencial entre 1990 e 2010 é similar à evolução do consumo da fonte energética em questão expressa no gráfico 5.21<sup>72</sup>, ou seja, sempre crescente com decréscimo nos anos de 2001 e 2002. A diminuição do seu consumo em 2001 e 2002, de maior amplitude no primeiro ano (12,0% e 1,3% respetivamente<sup>73</sup>), o que pode ser explicado pelo período do racionamento de energia elétrica em questão ter terminado, segundo Bardelin (2004), logo no segundo mês de 2002.

Ao longo do período analisado, verifica-se que a lenha vai perdendo peso na matriz de consumo total de energia do setor residencial, passando de uma percentagem no consumo total energético de 44,2% em 1990 para 20,7% em 2010, isto é com um decréscimo de 13,5p.p., como se pode observar pelos gráficos 5.22 e 5.23 respetivamente.

Por último, as fontes energéticas consideradas na rubrica “Outros”<sup>74</sup> representam sempre um peso residual (de aproximadamente 1%). Da mesma forma, mas com uma representatividade considerável, o gás liquefeito de petróleo mantém-se relativamente estável, mesmo com uma diminuição ligeira entre 1990 e 2010, de 1,1p.p., na estrutura de consumo de energia do setor residencial por fonte energética – gráficos 5.22 e 5.23.

### 5.3.2.2. Análise por utilização final de energia elétrica

Analisado a elevada importância da energia elétrica na estrutura de consumo energético do setor residencial, procede-se ao estudo do consumo de eletricidade por utilização. Para tal, examina-se a informação extraída da figura 5.1 referente ao setor residencial, presente nos

---

<sup>69</sup> Cálculos efetuados tendo em consideração IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras, visto que, como salientado atrás, os dados do BEN, embora permitam uma maior desagregação do consumo por fonte produtiva, a informação relativa ao consumo de energia elétrica é inconsistente com a primeira. Assim, mantendo a consistência das análises anteriores, estuda-se o comportamento das variáveis em questão em termos relativos.

<sup>70</sup> Valor referido aquando da análise do gráfico 5.11.

<sup>71</sup> Como analisado no início do capítulo.

<sup>72</sup> Pelo exposto, considera-se não ser necessário a inclusão do gráfico da evolução do peso da eletricidade na matriz de consumo do setor residencial, tal como acontece na análise do setor industrial.

<sup>73</sup> Cálculos a partir de IPEADATA, 2012 com dados da Eletrobras.

<sup>74</sup> Para maior simplicidade de representação gráfica, a rubrica “Outros” inclui gás natural, querosene e gás canalizado.

## Estudo do Consumo de Energia

gráficos 5.24 a 5.27, sendo seguida de uma síntese e análise da “Pesquisa de Posse de Equipamentos e de Hábitos de Usos” – PPH – que se realizou no ano de 2005 para o setor residencial brasileiro.

O gráfico 5.24 evidencia a repartição do consumo de eletricidade do setor residencial por região geográfica, em que a região do Sudeste representa, em 2010, mais de metade do consumo de energia elétrica do setor residencial do território nacional<sup>75</sup>, similar quando considerado o consumo total de energia elétrica, em que a mesma região representa 53,9% – gráfico 5.6. Tal é explicado pelo facto desta região geográfica apresentar o segundo maior consumo residencial médio (gráfico 5.25), muito perto do Sul que é a que regista o maior valor, e de representar 47,1% do número total de consumidores residenciais do território brasileiro (gráfico 5.26).

O Nordeste é a segunda região de maior consumo de energia elétrica referente ao setor residencial (gráfico 5.24), como, à semelhança do paralelismo verificado para o Sudeste, do total de consumo de eletricidade (gráfico 5.6). Porém, quando se considera o consumo médio por domicílio, realiza-se que o Nordeste é a única região cujo valor é inferior à média do território brasileiro e, por conseguinte, é o que regista o menor consumo residencial unitário médio. No entanto, devido à elevada percentagem do número global de consumidores residenciais desta região no Brasil (gráfico 5.26), que funciona como um “efeito multiplicador”, a região em questão posiciona-se no segundo lugar do consumo global de energia elétrica do setor residencial.

A título de curiosidade, refere-se, como expresso no gráfico 5.27, que apenas o Sudeste e o Nordeste têm uma percentagem do número de clientes residenciais no total de clientes de energia elétrica superior à média brasileira, embora as diferenças percentuais entre os mesmos sejam reduzidas. Primeiro, reforça a importância destas regiões geográficas no que toca à sua representatividade (superior) na população residente e no número total de clientes de energia elétrica (gráficos 5.7 e 5.8 respetivamente). Em segundo, permite explicar, pelo menos parcialmente, ao se agregar a elevada percentagem de clientes residenciais e o seu baixo consumo médio (gráficos 5.27 e 5.25 respetivamente), o facto de o Nordeste apresentar o menor consumo médio total de todas as regiões geográficas, como o gráfico 5.10 evidencia.

---

<sup>75</sup> Segundo os dados estatísticos do BEN 2011, os três Estados de maior consumo de eletricidade no setor residencial pertencem à região do Sudeste - sejam por ordem decrescente: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, que representavam, em 2010, mais de 50,64% do consumo global desse setor no território brasileiro.

## Estudo do Consumo de Energia

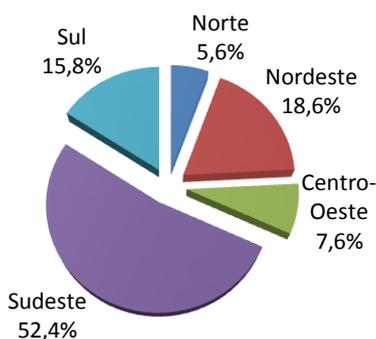


Gráfico 5.24: Estrutura do consumo de energia elétrica do setor residencial por região geográfica em 2010.

Fonte: Dados de séries completas de EPE, 2011b.

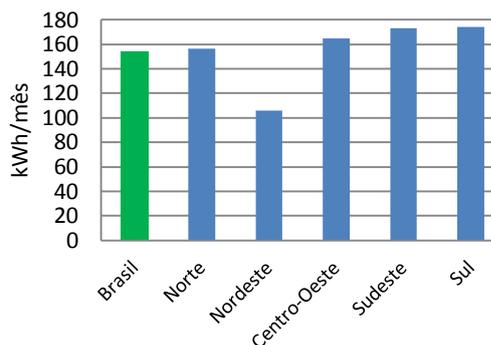


Gráfico 5.25: Consumo residencial médio de energia elétrica para o Brasil e para cada região geográfica em 2010.

Fonte: Dados de EPE, 2011c.

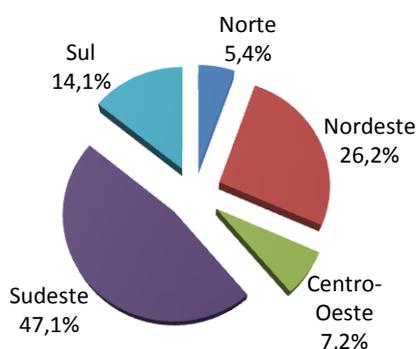


Gráfico 5.26: Distribuição do número de clientes residenciais de energia elétrica por região geográfica em 2010.

Fonte: Dados de EPE, 2011c.

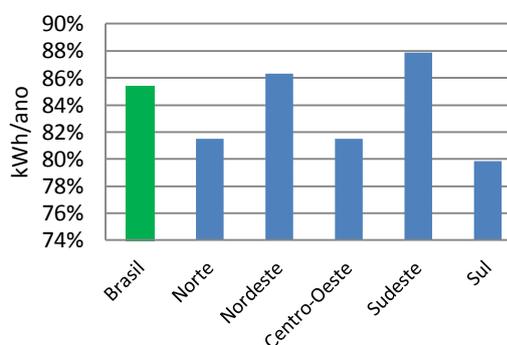


Gráfico 5.27: Percentagem do número de clientes residenciais no total de clientes de energia elétrica para o Brasil e para cada região geográfica em 2010.

Fonte: Cálculos a partir de dados de EPE, 2011c.

No que toca à região do Sul, o seu peso no consumo de energia elétrica no setor residencial por região geográfica (15,8% – gráfico 5.24) é superior à sua representatividade no que toca ao número de clientes de eletricidade (14,1% – gráfico 5.26), facilmente explicado por esta região apresentar o maior consumo residencial médio (gráfico 5.25)<sup>76</sup> e o segundo maior consumo per capita (gráfico 5.9). Não obstante, o Sul é a região que apresenta a menor percentagem de clientes residenciais no total de clientes de energia elétrica da mesma região (gráfico 5.27), indiciando uma presença relativa mais intensa de consumidores de energia elétrica de outros setores de atividade, como por exemplo indústria e/ou serviços. Contudo, como se pode constatar pelo gráfico 5.10, os outros setores de atividade presentes no Sul são relativamente menos intensivos em energia elétrica uma vez que esta região apresenta apenas o terceiro maior consumo médio total de eletricidade.

Na “disputa” pelo quarto lugar da região geográfica em termos de consumo de energia elétrica, o Centro-Oeste apresenta um setor residencial com uma dimensão superior, em

<sup>76</sup> Porém, apenas com uma diferença de 1,0 kWh/mês relativamente à região do Sudeste.

## Estudo do Consumo de Energia

consumo e em número de clientes, relativamente ao Norte (gráficos 5.24 e 5.26 respetivamente). Relembre-se que ambas as regiões apresentam o mesmo peso no consumo total de eletricidade (gráfico 5.6). De relevar também que, segundo os valores agregados analisados, o Centro-Oeste e o Norte apresentam consumos residenciais médios de energia elétrica relativamente próximos, embora com um pequeno ascendente do Centro-Oeste (gráfico 5.25), apresentando mesmo igual percentual do número de clientes de eletricidade no total (gráfico 5.27).

Toma-se agora em consideração o estudo mais recente de “Pesquisa de Posse de Equipamentos e de Hábitos de Usos”, realizado em 2005 no Brasil e comumente designado por PPH, para a classe residencial enquadrado no projeto de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil e implementado pela Eletrobras/PROCEL no âmbito do Programa de Eficiência Energética Brasileiro<sup>77</sup>(Eletrobras/PROCEL, 2007a).

Esta pesquisa de posse de equipamentos e de hábitos de uso na classe residencial foi sucessora das efetuadas em 1988 e 1997<sup>78</sup> pela Eletrobras/PROCEL e pela PUC-Rio<sup>79</sup>, e teve como objetivo “quantificar a tipologia de posse e obter a declaração da utilização de equipamentos elétricos, mediante aplicação, em campo, de questionários para a colheita de informações” (Eletrobras/PROCEL, 2007a, p.9).

Os gráficos 5.28 a 5.33, expostos a seguir, expressam a participação de diversas classes de eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica no Brasil, e nas regiões geográficas do Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul respetivamente. Devido ao facto de se tratar de valores referentes apenas a 2005, procede-se a uma análise sintética de forma a retirar as elações de maior relevo.

---

<sup>77</sup> Com um financiamento de 1,42 milhões de USD por parte do *Global Environment Facility* (GEF).

<sup>78</sup> Porém, com uma base metodológica distinta das anteriores.

<sup>79</sup> PUC-Rio: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

## Estudo do Consumo de Energia

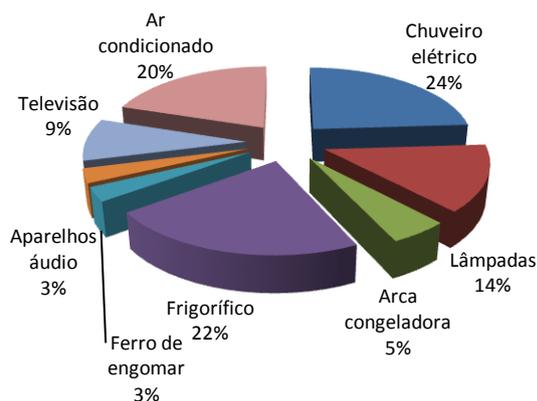


Gráfico 5.28: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica no Brasil.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

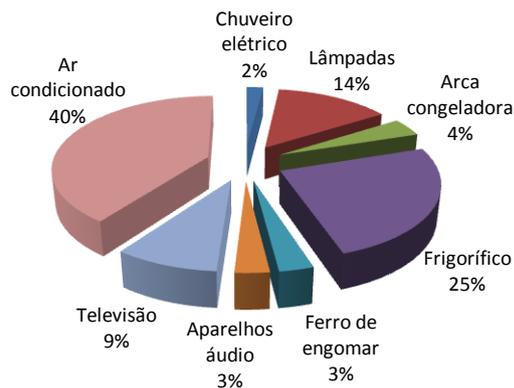


Gráfico 5.29: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Norte.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

Como se observa pelo gráfico 5.28, e tomando a média residencial brasileira de utilização de aparelhos que têm uma base de funcionamento elétrica, denota-se que os equipamentos que representam o maior peso médio nos domicílios brasileiros são, por ordem de importância, o chuveiro elétrico, que é responsável em média por 24% do consumo de eletricidade, o frigorífico (geladeira) – 22%, o ar condicionado (20%) e as lâmpadas (14%). Juntos perfazem aproximadamente 80% do consumo médio unitário do setor residencial no Brasil.

Para uma análise mais pormenorizada, analisam-se a participação dos eletrodomésticos no setor residencial para cada região geográfica.

No Norte, a utilização dos aparelhos elétricos, expressa no gráfico 5.29, demonstra uma enorme discrepância com a média brasileira, sendo de salientar o enorme peso do ar condicionado no total de consumo, que representa 40%, enquanto o chuveiro elétrico apresenta um peso residual de 2%, explicados pelo clima que é caracterizado por temperaturas relativamente mais elevadas que nas demais regiões geográficas. Como se pode verificar pelos gráficos seguintes, o Norte é a região que apresenta destacadamente tanto o maior peso do ar condicionado como a menor representatividade do chuveiro elétrico na estrutura de consumo de energia elétrica por utilização final. Esta diferença entre os valores respeitantes à região do Norte e da média brasileira é entendida quando se constata que a região geográfica em causa é a que tem a menor representatividade quando considerada a distribuição do número de clientes residenciais de energia elétrica por região geográfica em 2010 – gráfico 5.26.

## Estudo do Consumo de Energia

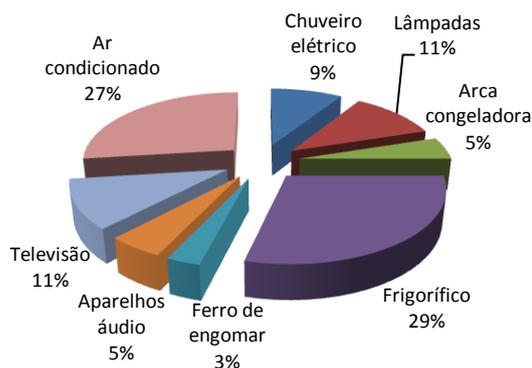


Gráfico 5.30: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Nordeste.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

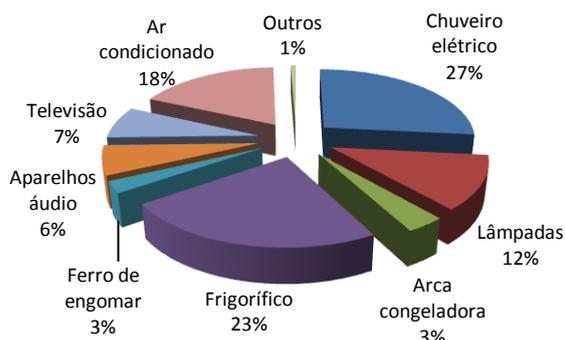


Gráfico 5.31: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Centro-Oeste.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

Na região do Nordeste a distribuição do consumo de energia elétrica por equipamentos (gráfico 5.30) é menos díspar que a do Norte em relação à média do setor residencial no Brasil, nomeadamente no que concerne ao ar condicionado e ao chuveiro elétrico. O primeiro aspeto deve-se à localização desta região geográfica, ou seja, é a região que apresenta as temperaturas mais elevadas a seguir ao Norte. Por outro lado, visto que o consumo total médio do setor residencial do Nordeste é o mais baixo (gráfico 5.10), pode aferir-se que há uma utilização relativamente menor dos eletrodomésticos de maior consumo e, conseqüentemente, os outros equipamentos têm um peso maior. É importante salientar que nesta análise não se infere sobre a “quantidade” de utilização mas sim a representatividade média que a utilização de cada aparelho elétrico tem no total do consumo médio por domicílio.

No que diz respeito à região Centro-Oeste, a relação mais importante a tecer é a semelhança que a participação média dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica desta região, como observável pelo gráfico 5.31<sup>80</sup>, apresenta relativamente à média residencial do território brasileiro.

<sup>80</sup> A rubrica “Outros” inclui micro-ondas e máquina de lavar roupa.

## Estudo do Consumo de Energia

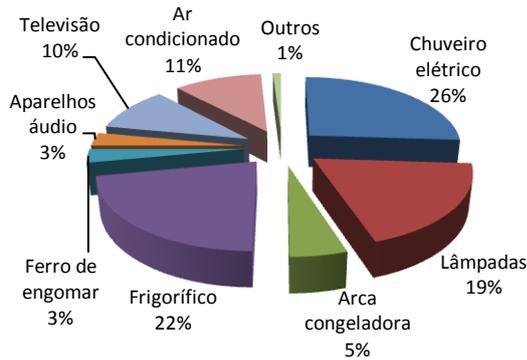


Gráfico 5.32: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Sudeste.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

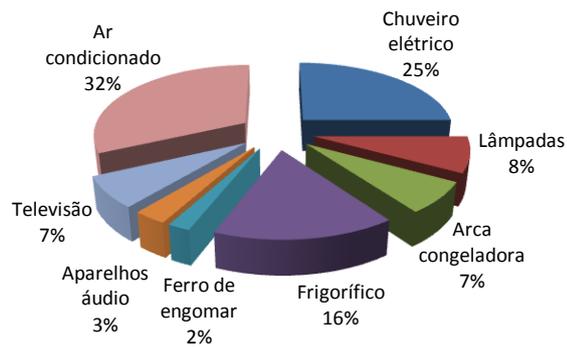


Gráfico 5.33: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial de energia elétrica na região Sul.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

À semelhança do que se verifica no Centro-Oeste, comparativamente às regiões geográficas Norte e Nordeste, a representatividade do ar condicionado no Sudeste é menor enquanto o peso do chuveiro vai aumentando à medida que a análise vai descaindo para as regiões mais a sul (gráfico 5.32)<sup>81</sup>. Aliás, é na região do Sudeste que o ar condicionado regista o menor peso no consumo médio de eletricidade residencial, enquanto as lâmpadas têm destacadamente o maior peso de todas as regiões, de 19% e contrapondo com os 11% da média residencial nacional (gráfico 5.28), indiciando que a população residente nesta região, com o segundo maior consumo elétrico médio residencial (gráfico 5.25), pode ter uma qualidade de vida relativamente superior uma vez que tem ao dispor um maior serviço energético e, por outro, pode ser indicador de um enorme potencial de EE e de poupanças energéticas na iluminação dos domicílios nesta região.

Por fim, o Sul, pelas razões inversas às invocadas para o Norte (e Nordeste), regista, como patente no gráfico 5.33, o segundo maior peso no ar condicionado e o terceiro maior quando considerado a utilização de chuveiro elétrico<sup>82</sup>. Por outro lado, é a região cuja utilização do frigorífico é a menor de todas as regiões (16%, enquanto a média nacional é de 22% - gráfico 5.28). Como analisado por intermédio do gráfico 5.25, é a região com o maior consumo residencial médio unitário, que é em grande parte explicado pelo peso agregado de utilização do ar condicionado e do chuveiro elétrico de 57% do total do consumo médio de energia elétrica por domicílio. Existe, assim, a necessidade de uma atenção especial, no setor residencial do Sul, para a promoção da EE e para uma utilização mais eficiente do ar condicionado e do chuveiro

<sup>81</sup> Vide nota de rodapé anterior.

<sup>82</sup> A seguir às regiões Centro-Oeste e Sudeste.

## Estudo do Consumo de Energia

elétrico<sup>83</sup>, sendo que no último uma das possibilidades é o aquecimento da água passar a ser por gás natural.

Em suma, esta diversidade na utilização dos diversos equipamentos elétricos entre as regiões geográficas do território brasileiro demonstra a importância fulcral de estabelecerem políticas e medidas adequadas às realidades de cada uma, de forma a otimizar a sua atuação na promoção da EE e da conservação de energia.

Considerando a análise por tipo de domicílio da amostra, para o Brasil, verifica-se que a grande maioria dos entrevistados residia em casas (85,4%), 14,3% em apartamentos e 0,3% noutro tipo de habitação. A média de moradores por domicílio, como se pode ver pelo gráfico 5.34, foi de 3,31 para o Brasil, sendo que o Norte apresentou o valor mais elevado (3,78), contrastando com o Centro-Oeste em que, por habitação, a média de moradores foi de 2,94.

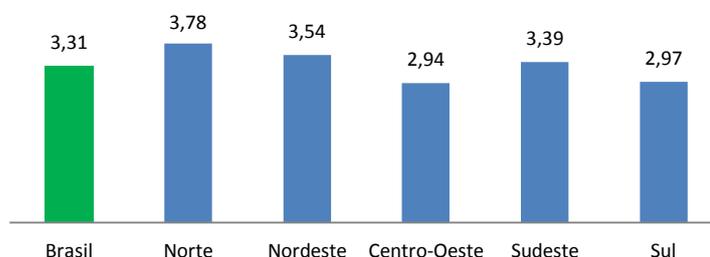


Gráfico 5.34: Média de moradores por domicílio no Brasil e por regiões geográficas em 2005.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

No que respeita à iluminação das residências em 2005, o Brasil apresentou a mesma posse média tanto para as lâmpadas incandescentes como para as fluorescentes, de 4,01 por domicílio. O Norte foi a região que apresentou o maior diferencial de posse média entre os dois tipos de lâmpadas<sup>84</sup>, a região do Sudeste foi a que registou maior uso médio de incandescentes (5,36)<sup>85</sup>, enquanto o Sul teve a maior utilização média de lâmpadas fluorescentes<sup>86</sup>. Seria interessante comparar os valores com outros mais recentes para traçar o progresso do processo de substituição por lâmpadas mais eficientes.

<sup>83</sup> Não obstante, Geller *et al.* (1998) afirmam que nos anos 90 do século transato, dadas as tarifas de eletricidade e o preço de alternativas para o aquecimento de água, os consumidores não tinham “vantagem económica” em substituir os chuveiros elétricos.

<sup>84</sup> Com posses médias de 4,98 de lâmpadas fluorescentes e 1,91 de lâmpadas incandescentes.

<sup>85</sup> Este facto vai ao encontro das elações retiradas na análise da repartição do consumo residencial médio de energia elétrica por tipo de eletrodoméstico – gráfico 5.32, isto é, a necessidade urgente de se promover a aquisição por parte dos consumidores, neste caso do Sudeste, de lâmpadas mais eficientes.

<sup>86</sup> O que fez com que, com um consumo médio unitário por domicílio bastante próximo do registado para a região do Sudeste (gráfico 5.25), o peso das lâmpadas no consumo de eletricidade fosse menor em 11p.p. (pela comparação entre os gráficos 5.32 e 5.33), reforçando a ideia que no Sudeste devem ser empreendidas medidas de substituição por lâmpadas energeticamente eficientes e que, por outro lado, as medidas levadas a cabo no Sul, concernentes à iluminação residencial, estão a ter resultados energéticos.

## Estudo do Consumo de Energia

Em relação ao aquecimento de água, nomeadamente a água para banho<sup>87</sup>, a fonte energética mais utilizada em 2005 pelos consumidores residenciais foi a energia elétrica com uma expressividade de 73,5%, com uma posse média de chuveiros elétricos de 0,89 e em que 73,1% dos domicílios tinham pelo menos um chuveiro elétrico.

Como é patente no gráfico 5.35, o Norte é a região brasileira que evidencia menor utilização do chuveiro elétrico (0,05), contrapondo com o Sudeste e o Sul que apresentam posses médias de 1,10 e 1.17, respetivamente.

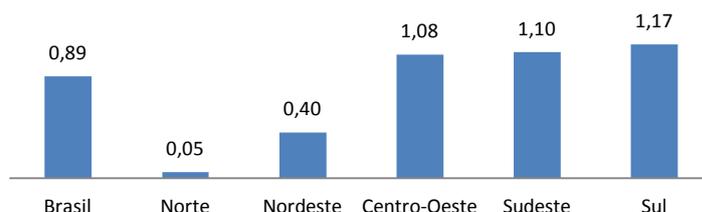


Gráfico 5.35: Posse média de chuveiros elétricos no Brasil e para as respectivas regiões geográficas em 2005.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007a.

É importante salientar que em 2005, apenas 4,0% dos brasileiros estavam predispostos a substituir o sistema de aquecimento de água elétrico para gás<sup>88</sup> e, além do mais, 53,9% dos indivíduos entrevistados consideraram o seu sistema de aquecimento de água (maioritariamente elétrico) energeticamente eficiente.

Em relação ao consumo na ponta, constatou-se que a clara maioria dos entrevistados afirmou migrar o seu consumo para períodos com menores tarifas (65,0%), pois, em 2005, 57,5% dos consumidores inquiridos consideravam que o peso da fatura da eletricidade no seu orçamento familiar era pesado (39,5%) ou muito pesado (18,0%).

Antes do racionamento de energia elétrica que decorreu entre 2001 e 2002, a medida mais referida (adotada por 77,4% dos domicílios) foi a de “desligar as lâmpadas acesas quando se ausenta de um ambiente por mais de 30 minutos”, seguida da medida “não guarda alimentos quentes na geladeira/freezer” (efetuada em 60,7% dos domicílios). Durante o racionamento, ambas as medidas continuaram a ser as mais relatadas por 88,6% e 75% dos inquiridos, respetivamente (Eletrobras/PROCEL, 2007a).

No que respeita à variação da qualidade de vida durante o racionamento, 41,8% dos entrevistados comunicaram não ter havido alteração na qualidade de vida devido ao racionamento, dos quais 25,7% afirmaram que aprenderam a viver com conforto e poupando dinheiro (Eletrobras/PROCEL, 2007a).

<sup>87</sup> De relevar que, em 2005, 18,2% da população brasileira não aquecia a água do banho.

<sup>88</sup> Refira-se que a região do Sudeste foi a que verificou uma maior percentagem de predisposição para substituição do sistema elétrico de aquecimento de água para gás.

## Estudo do Consumo de Energia

Segundo a PPH de 2005, 86,8% dos entrevistados admitiram que tomaram pelo menos uma medida para poupar energia elétrica. No entanto, uma grande parte dos entrevistados referiu que não possui os equipamentos analisados ou que continua a usá-los como antes do racionamento de energia elétrica em 2001 – nomeadamente no que respeita aos frigoríficos (83,6%), lâmpadas (57,0%) e aos chuveiros elétricos (50,6%).

O estudo evidenciou que o critério mais importante na aquisição de equipamentos elétricos foi o preço com uma pontuação de 9,24<sup>89</sup>, e depois o consumo energético com uma classificação de 8,77. Questionados sobre como identificavam o consumo energético dos eletrodomésticos, apenas 38,1% mencionaram a etiqueta do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e 15,1% o Selo PROCEL (Eletrobras/PROCEL, 2007a).

O conhecimento do Selo PROCEL por parte dos entrevistados em 2005 já era assinalável (48,4%), todavia a maioria dos entrevistados desconhecia-o, sendo de relevar que o Sul era, nesta data, a região melhor informada acerca do Selo PROCEL (com 58,0%). Porém, o conhecimento em relação às poupanças energéticas dos eletrodomésticos com Selo PROCEL foi bastante inferior, sendo de apenas 17,6% a nível nacional (por regiões, o Centro-Oeste e o Sudeste evidenciaram os valores mais elevados, de 22,2% e 22,0%, respetivamente). Tudo isto salienta a importância acrescida do Selo PROCEL mas também ressalta a necessidade de uma maior e melhor prestação de informação. Seria interessante estudar valores mais recentes para efetuar-se uma comparação e consequente avaliação da eficácia das medidas de informação levadas a cabo pelo PROCEL nos últimos anos.

---

<sup>89</sup> Numa escala de 1 a 10, em que 1 é muito pouco importante e 10 é muito importante.



## 6. Programas de Eficiência Energética Brasileiros

---

O Brasil possui, há pelo menos duas décadas, programas de EE reconhecidos internacionalmente (MME, 2011a): o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A partir de 2000, passou também a contar com o Programa de Eficiência Energética (PEE).

Neste capítulo são analisados os principais programas de EE e de conservação de energia brasileiros, com enfoque particular em dois que incidem na energia elétrica, sejam o PROCEL, gerido pela Eletrobras, e o PEE, da responsabilidade da ANEEL.

Inicia-se este capítulo com uma análise das principais fontes de financiamento do PROCEL e do PEE: Reserva Global de Reversão e Receita Operacional Líquida, respectivamente. Para cada um dos programas em estudo é efetuada uma abordagem institucional e operacional, seguida de uma análise estatística dos resultados obtidos em ambos os casos, tecendo-se algumas considerações e sugestões acerca dos mesmos.

### 6.1. Principais formas de financiamento dos programas de EE

#### 6.1.1. Reserva Global de Reversão

A Reserva Global de Reversão (RGR) é, tal como tem acontecido no passado, uma das maiores fontes de financiamento do SEB como um elevado encargo para os consumidores finais de energia elétrica, “que custa R\$ 2 mil milhões por ano na conta de luz dos brasileiros, que hoje já é uma das mais caras do mundo” (ABCE, 2011).

A RGR foi criada em 1957 pelo Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro, o qual, segundo o seu Artigo 33º, define que “a Reserva para Reversão tem por fim prover recursos para indemnizar o concessionário pela reversão dos bens e instalações do serviço, no fim da concessão”, sob a administração do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica – CNAEE<sup>90</sup> (Casa Civil da Presidência da República, 1957).

---

<sup>90</sup> O CNAEE foi criado em 1939 com a finalidade de estudar o problema da exploração e utilização da energia elétrica no Brasil, com enfoque na hídrica. A criação do CNAEE procurou colocar em prática as disposições contidas no Código de Águas de 1934, assumindo a finalidade principal de proporcionar uma atuação coordenada do Estado no âmbito da produção hidroelétrica, até então entregue quase exclusivamente à iniciativa privada. Na década de 1960, após a criação da Eletrobras e do Departamento Nacional de Águas e Energia, o CNAEE foi perdendo gradualmente suas funções, tendo sido extinto em 1969 (FGV/CPDOC, 2011).

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

Mais tarde, foi a Eletrobras que passou a gerir o fundo, em 1971<sup>91</sup>, correspondendo a uma fração de ativos das concessionárias de energia elétrica para expansão do sistema e melhoria da qualidade dos serviços. Segundo a legislação vigente<sup>92</sup>, a quota da RGR é fixada anualmente e é paga mensalmente em duodécimos pelas concessionárias de serviço público de energia elétrica à Eletrobras, que é a gestora dos recursos arrecadados para esse fim.

Em 1993, através da Lei nº 8.631, de 4 de março, o escopo de aplicação do fundo da RGR é alargado, passando a incluir, entre outros, o PROCEL por via do ponto 4 do Artigo 9º, cuja redação é a seguinte: “A Eletrobras destinará os recursos da RGR (...) à concessão de financiamento às empresas concessionárias, para expansão e melhoria dos serviços públicos de energia elétrica e para reativação do programa de conservação de energia elétrica, mediante projetos específicos” (Casa Civil da Presidência da República, 1993).

Outro marco legislativo importante da aplicação da RGR é a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, pela criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA<sup>93</sup>, pela prorrogação do prazo de extinção das quotas da RGR para o fim de 2010<sup>94 95</sup>, e pela definição de um enfoque mais alargado para a aplicação dos fundos retidos pela Eletrobras da RGR<sup>96</sup> – continuação do desenvolvimento e implantação de programas e projetos destinados ao combate ao desperdício e uso eficiente da energia elétrica<sup>97</sup>; disponibilização de fundos para instalações de produção a partir de fontes eólica, solar, biomassa e pequenas centrais hidroelétricas, assim como termoelétrica associada a pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e conclusão de obras já iniciadas de geração termonuclear<sup>98</sup>; entre outros (Casa Civil da Presidência da República, 2002).

A RGR é, sem dúvida, uma importante fonte de rendimento que tem financiado a expansão do setor elétrico – a arrecadação anual média da RGR nos últimos anos encontra-se na faixa de mil milhões de reais (MME, 2010).

A regulação da RGR é determinada pela ANEEL, mais concretamente pela Resolução nº 23, de 5 de fevereiro de 1999, sendo que o seu valor equivale a 2,5% dos investimentos efetuados pelas concessionárias de serviço público de energia elétrica em ativos vinculados à

---

<sup>91</sup> Através da Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971.

<sup>92</sup> Resolução ANEEL nº 23, de 5 de fevereiro de 1999.

<sup>93</sup> Art. 3º: “(...) com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidroelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional” (Casa Civil da Presidência da República, 2002).

<sup>94</sup> Revogando o artigo em causa da Lei nº. 9.648, de 27 de maio de 1998.

<sup>95</sup> A redação do Art. 8º, já revogada pela Medida Provisória nº 517, de 30 de dezembro de 2010, relata o seguinte: “A quota anual da Reserva Global de Reversão – RGR ficará extinta ao final do exercício de 2010, devendo a ANEEL proceder à revisão tarifária de modo a que os consumidores sejam beneficiados pela extinção do encargo”.

<sup>96</sup> Art. 23º da Lei em questão.

<sup>97</sup> Enquadrados no PROCEL.

<sup>98</sup> A construção da central nuclear Angra III será financiada, em parte, através de recursos oriundos do fundo da RGR (Abreu, 2011).

prestação do serviço de eletricidade e limitados a 3,0% de sua receita anual (ANEEL, 1999). Por meio da Medida Provisória nº 517, de 30 de dezembro de 2010, a RGR foi prolongada até 2035 (Casa Civil da Presidência da República, 2010).

Atualmente, a RGR tem como finalidade prover recursos para reversão, nacionalização, expansão e melhoria do serviço público de energia elétrica, para financiamento de fontes alternativas de energia elétrica, para estudos de inventário e viabilidade de aproveitamentos de potenciais hidráulicos, e para desenvolvimento e implementação de programas e projetos destinados ao combate ao desperdício e uso eficiente da energia elétrica (Controladoria-Geral da União, 2010).

Apesar da importância deste fundo para o desenvolvimento do SEB, constata-se que poucos recursos da RGR serviram à finalidade que inicialmente motivou a sua criação (ABCE, 2011), o que, aliado aos encargos auferidos pelos consumidores de energia elétrica que contrastam com os baixos custos de geração, têm gerado bastante controvérsia. Segundo o Presidente da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – ABRADDEE, a RGR aumentou mais de 100% entre 2010 e 2011 (CELESC, 2011) e que, segundo a mesma associação, se a RGR fosse extinta possibilitaria uma redução de 2% nas tarifas de eletricidade para os consumidores (ABCE, 2011).

Se, por um lado, o Presidente do instituto Acende Brasil, Dr. Claudio Sales, destacou que a RGR não tem motivos para continuar a existir “até porque depois da aplicação de recursos em diversos programas, ainda sobra dinheiro” (Ordoñez & Paul, 2010), o Ministro de Minas e Energia, Dr. Edison Lobão, afirmou que a RGR corresponde a “um custo mínimo sobre os custos totais e tem uma destinação fundamental”, e que será mantida enquanto não estiver descartada a possibilidade de as concessões do setor serem encerradas para realização de novos leilões, ao invés de haver renovação<sup>99</sup> (Bitencourt, 2011).

### 6.1.2. Receita Operacional Líquida

A Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000<sup>100</sup>, criou a obrigatoriedade das empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica de aplicar um percentual mínimo da sua Receita Operacional Líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética (PEE). Tal é corroborado pela Resolução Normativa nº 300, de 12 de fevereiro de 2008, cuja redação salienta a obrigatoriedade da “aplicação de recursos, pelas concessionárias ou *permissionárias* do serviço

---

<sup>99</sup> Referindo-se às concessões relacionadas com as empresas de geração, transmissão e distribuição com o fim da vigência dos contratos previsto para os próximos anos. De acordo com a legislação vigente, tais empreendimentos deveriam retornar à União para que fossem realizadas novas licitações, pois já teriam sofrido uma renovação.

<sup>100</sup> Promulgada pelo então Presidente Fernando Henrique Cardoso.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

público de distribuição de energia elétrica, em PEE, de acordo com o regulamento estabelecido pela ANEEL” (ANEEL, 2008b).

A regulamentação, pela Lei nº 12.212/2010, que sucedeu à Lei nº 9.991/2000 indicando os novos percentuais de investimento por parte das empresas distribuidoras de energia elétrica, estende-se tanto às empresas distribuidoras (D), como às empresas produtoras de eletricidade (G) e às incumbidas pela transmissão de energia elétrica (T).

Para efeitos contábilísticos, a ROL determina-se, segundo a Resolução nº 316, de 13/05/2008<sup>101</sup> e seguindo o indicado no Manual do Programa de Eficiência Energética (MPEE), pela diferença entre as receitas e rendimentos operacionais da empresa, e os gastos e despesas operacionais da mesma (ANEEL, 2008c). Os parâmetros mais concretos do cálculo da ROL são explicitados no quadro seguinte<sup>102</sup>:

Quadro 6.1: Parâmetros contábilísticos que integram o cálculo da determinação da ROL.

<b>Receitas</b>	Fornecimento de energia elétrica Oferta de energia elétrica Disponibilização do sistema de transmissão e distribuição Outras receitas e rendimentos operacionais
<b>Deduções</b>	Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS Contribuição para o Financiamento da <i>Seguridade Social</i> – COFINS Quota para a Reserva Global de Reversão – RGR Investigação & Desenvolvimento – I&D <sup>103</sup> Eficiência Energética – EE Quota de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC Entre outros
<b>Não integram o cálculo</b>	Arrendamento e alugueis Doações, contribuições vinculadas ao serviço concedido Ganhos na alienação de materiais Outras receitas não originárias da atividade delegada pelo poder concedente

Fonte: Adaptado de Sanches, 2009.

Um aspeto a relevar é que somente as empresas distribuidoras de energia elétrica têm obrigatoriedade de investir uma parte dos seus resultados operacionais em PEE, tal como é evidenciado no quadro 6.2.

<sup>101</sup> Em vigor a partir de 21/05/2008.

<sup>102</sup> São utilizados os termos da legislação brasileira.

<sup>103</sup> No Brasil designa-se por Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Quadro 6.2: Aplicação da ROL no SEB, segundo a Lei n.º 12.212/2010.

Segmento	Lei 12.212/2010 <sup>104</sup>							
	Vigência: 21/01/2010 a 31/12/2015				A partir de 01/01/2016			
	P&D	PEE	FNDCT	MME	P&D	PEE	FNDCT	MME
D	0,20%	0,50%	0,20%	0,10%	0,30%	0,25%	0,30%	0,15%
G	0,40%		0,40%	0,20%	0,40%		0,40%	0,20%
T	0,40%		0,40%	0,20%	0,40%		0,40%	0,20%

Fonte: ANEEL, 2011a; Presidência da República, 2010 .

O contrato de concessão firmado pelas empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica com a ANEEL estabelece obrigações e encargos perante o poder concedente. Uma dessas obrigações consiste em aplicar anualmente o montante mínimo de 0,5% da sua ROL em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica (isto é, em projetos de PEE), para além da obrigatoriedade de redirecionar capital oriundo da sua ROL para outros fins:

- 0,20% em I&D;
- 0,20% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); e
- 0,10% para o MME.

Pode observar-se que as todas as empresas da cadeia de valor do setor elétrico têm que, no total, investir sempre 1% da sua ROL (facto que já consta desde a aplicação da Lei nº 9.991/2000). Ao longo do tempo, o que se tem verificado é uma reordenação da aplicação do percentual da Receita Operacional Líquida.

## 6.2. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

As crises do petróleo dos anos 70<sup>105</sup> desencadearam uma maior preocupação no que concerne ao consumo de energia, que fomentou investimentos em projetos de EE e de fontes alternativas de energia, cujo objetivo era o alargamento do leque de opções energéticas com vista à diminuição da dependência do petróleo e seus derivados, aumentando a segurança energética nacional.

No Brasil, o Programa Conserve, criado em 1981, constituiu o primeiro esforço de relevo na conservação de energia, visando a promoção da EE na indústria, o desenvolvimento de

<sup>104</sup> Alterou os pontos I e III do artigo 1.º da Lei n.º 9.991/2000.

<sup>105</sup> No início da década de 70, a procura internacional de petróleo começou a exceder a produção, levando a que, em 1973-1974, a OPEP tenha quadruplicado os preços do crude e, em 1979-1980, a mesma organização tenha votado uma nova subida dos preços do barril do petróleo, o que teve impactos bastante negativos nos países importadores desta matéria-prima.

produtos e processos energeticamente mais eficientes, e o estímulo para a substituição de importações de equipamentos elétricos (Eletrobras/PROCEL, 2008c).

Em face de uma conjuntura econômica adversa na década de 80, caracterizada por elevadas taxas de inflação e de juros, gerou-se um período de difícil expansão do SEB, sendo que a solução estratégica encontrada residiu na implementação de uma política de conservação do uso de energia elétrica, que acabou por se refletir na criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – designado por PROCEL (Eletrobras/PROCEL, 2008c).

O PROCEL foi criado em 1985<sup>106</sup> pelos Ministérios de Minas e Energia, e da Indústria e Comércio, coordenado pelo primeiro e gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobras, com a finalidade de integrar as ações referentes à conservação da energia elétrica no Brasil.

Em 1991, o PROCEL foi transformado em programa de Governo, tendo abrangência e responsabilidade ampliadas, assumindo como objetivo promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica para eliminar desperdícios e reduzir tanto os custos como os investimentos setoriais.

Atualmente, a missão do PROCEL é “promover a eficiência energética, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e da eficiência dos bens e serviços, reduzindo os impactos ambientais” (Eletrobras/PROCEL, 2012). Isto é, as ações de EE do PROCEL procuram atenuar o crescimento da procura de energia, assim como o crescimento necessário da oferta, dado que estas têm como consequência a promoção e/ou incentivo ao uso de equipamentos e instalações energeticamente mais eficientes e, portanto, de menor consumo.

Considerando que, quanto mais elevado for o nível de atividade econômica, maior será o consumo da energia<sup>107</sup> e, portanto, com impactos ambientais (negativos) superiores, os benefícios resultantes do programa também se revertem no aumento da segurança no abastecimento de energia, na contribuição para a eficiência econômica e na redução de possíveis danos ambientais causados pela expansão do setor elétrico<sup>108</sup> (Eletrobras/PROCEL, 2007b).

A atuação do PROCEL almeja, em primeira instância, o adiamento de investimentos no setor elétrico (principalmente na produção) e a consequente diminuição dos impactos ambientais, uma vez que a poupança energética evita maiores índices de emissão de GEE (Eletrobras/PROCEL, 2011a), mesmo considerando que tais emissões são relativamente reduzidas, comparativamente com o espectro mundial, dada a predominância da produção por

---

<sup>106</sup> Através da Portaria Interministerial nº 1.877.

<sup>107</sup> Assumindo-se uma correlação positiva entre o PIB e o consumo energético.

<sup>108</sup> Refira-se, a título de exemplo, o caso das albufeiras (reservatórios) das barragens para a produção de energia elétrica das (grandes) centrais hidroelétricas.

fonte hidroelétrica no Brasil. Para tal, o PROCEL trabalha tanto na promoção da eficiência junto dos consumidores<sup>109</sup> como na redução de perdas nos sistemas de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, com uma abrangência nacional.

O PROCEL opera no financiamento ou cofinanciamento de projetos de EE levados a cabo por entidades municipais, estaduais e federais, empresas privadas, universidades, institutos de investigação, entre outros. Funciona, deste modo, como um articulador entre várias entidades, atuando sempre em parceria com as mesmas. Tais projetos têm diversas finalidades, entre as quais (Geller *et al.*, 2000):

- I&D;
- Educação e qualificação de recursos humanos;
- Teste e certificação de equipamentos e laboratórios;
- *Marketing*;
- Implementação de medidas de conservação de energia;
- Apoio a ESCOs;
- Criação ou colaboração na elaboração de legislação;
- Promoção e desenvolvimento de programas de DSM.

O programa engloba várias linhas de atuação, que abarcam diferentes áreas, sendo dividido nos seguintes subprogramas<sup>110</sup>:

PROCEL Avaliação	- Resultados das Ações de EE
PROCEL Edifica	- EE em Edificações
PROCEL Educação	- Informação e Cidadania
PROCEL EPP	- EE nos Prédios Públicos
PROCEL GEM	- Gestão Energética Municipal
PROCEL Indústria	- EE Industrial
PROCEL Info	- Centro Brasileiro de Informação de EE
PROCEL Marketing	- Conscientização e Informação
PROCEL Reluz	- EE na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica
PROCEL Sanear	- EE no Saneamento Ambiental
PROCEL Selo	- EE em Equipamentos

---

<sup>109</sup> Sejam residenciais, industriais, comerciais e de serviços, e públicos.

<sup>110</sup> Apresentados por ordem alfabética.

### 6.2.1. Estrutura Organizacional

Como supramencionado, a gestão do PROCEL está afeta a uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobras. Assim, no organograma da Eletrobras, o PROCEL está sob a tutela da Direção (Diretoria) de Transmissão (DT)<sup>111</sup>. Caracteriza-se por apresentar dois departamentos e respectivas divisões, como observável a seguir, cuja estrutura organização se mantém imutável desde 2008.

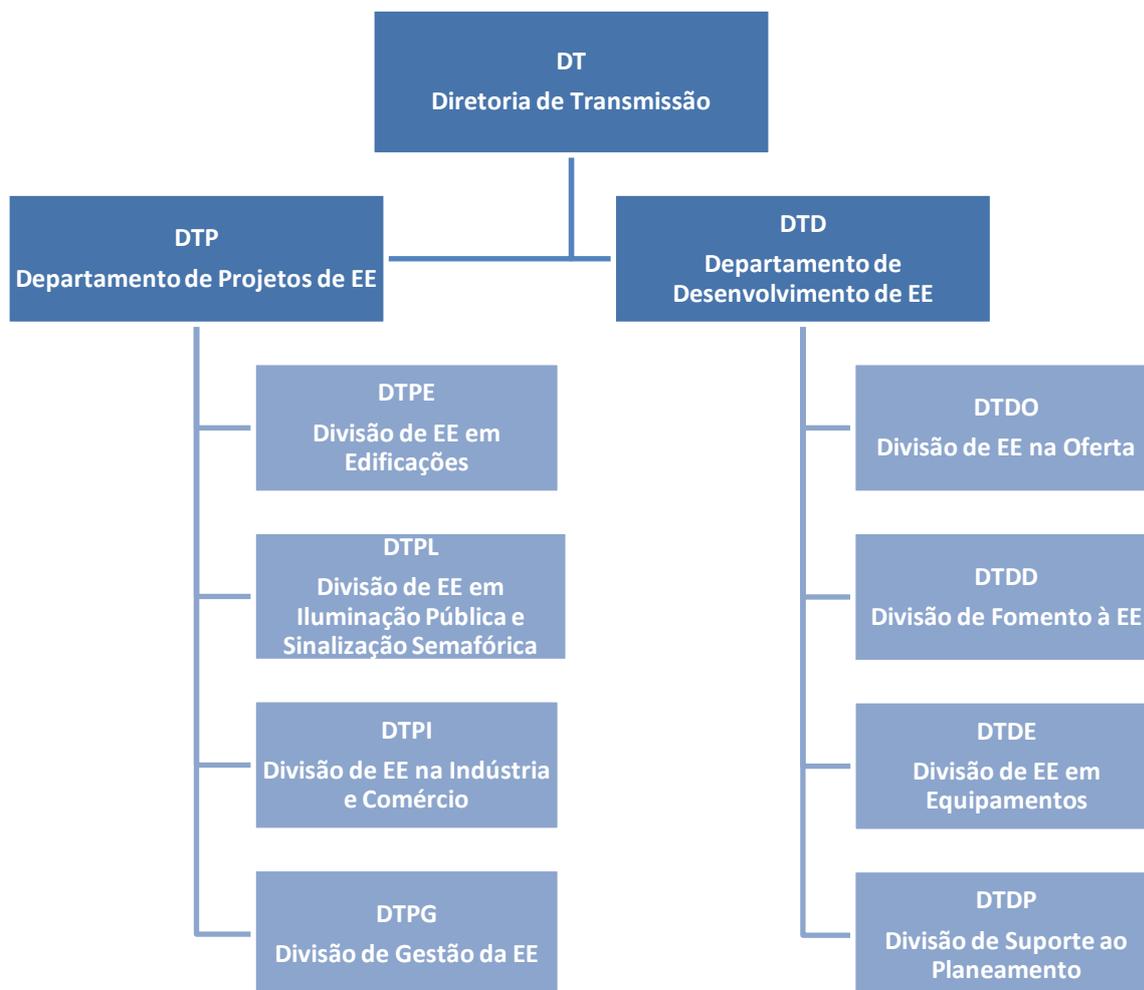


Figura 6.1: Organograma da Secretaria Executiva da Eletrobras encarregue do PROCEL.

Fonte: Adaptado de Eletrobras/PROCEL, 2010.

As divisões do Departamento de Projetos de EE – DTP atuam em projetos direcionados para o desenvolvimento da EE nos segmentos público e privado, tais como: PROCEL Reluz, PROCEL Sanear, PROCEL GEM, PROCEL Edifica, PROCEL EPP e PROCEL Indústria. Por sua vez, as divisões integrantes do Departamento de Desenvolvimento de EE – DTD têm enfoque nas ações de planeamento e de suporte técnico aos projetos do PROCEL, englobando a promoção de

<sup>111</sup> Até ao primeiro trimestre de 2011, a gestão do PROCEL esteve sobre a alçada da Diretoria de Tecnologia, sendo que, segundo o Eng.º Emerson Salvador, a alteração resultou apenas de uma reestruturação organizacional da empresa, não tendo afetado o funcionamento do programa.

tecnologias eficientes e a disseminação da informação – PROCEL Selo, PROCEL Marketing e PROCEL Info –, mudanças de hábitos e capacitação acadêmica – PROCEL Educação –, bem como a avaliação dos resultados do PROCEL – PROCEL Avaliação (Eletrobras/PROCEL, 2010).

O Diretor de Transmissão, que tem a seu cargo a gestão e administração do Eletrobras/Procel, é, deste 2011, o Eng.º José António Muniz Lopes<sup>112</sup>, que sucedeu a Ubirajara Rocha Meira<sup>113</sup>.

Enquanto as divisões do DTP têm uma atuação mais focalizada, dado o âmbito dos projetos que desenvolvem, os subprogramas a cargo das divisões do DTD apresentam um carácter transversal aos demais subprogramas do PROCEL como um todo.

A operacionalização do PROCEL está centralizada num único edifício no Rio de Janeiro e tem, atualmente, 72 colaboradores, todos pertencentes aos quadros de pessoal da Eletrobras, sendo remunerados pela mesma. Segundo o Eng.º Emerson Salvador, há uma clara e forte aposta na qualificação do capital humano da Eletrobras/PROCEL, como se comprova pelas elevadas habilitações académicas do quadro de pessoal do programa, patente no gráfico seguinte (Salvador, 2011).

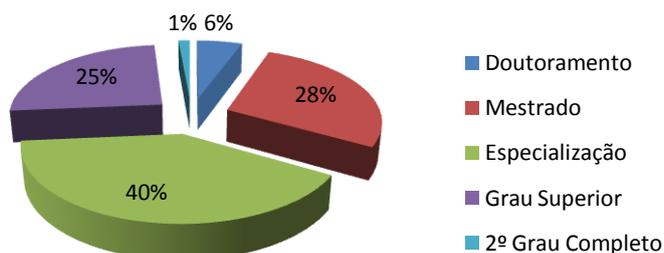


Gráfico 6.1: Distribuição Relativa dos Colaboradores do Eletrobras/PROCEL por Qualificação Acadêmica em 2011<sup>114</sup>.

Fonte: Dados de Salvador, 2011.

### 6.2.2. Financiamento do programa

Na prossecução da sua missão, o PROCEL investe recursos oriundos principalmente do orçamento da própria Eletrobras e da Reserva Global de Reversão (MME, 2011a), salientando-se que, no PROCEL, os recursos da RGR são alocados nos subprogramas Reluz, Sanear e EPP. Não obstante, o PROCEL também recorre a financiamento de entidades nacionais e internacionais, desde que os propósitos das mesmas sejam consonantes com os seus objetivos.

<sup>112</sup> Antes de ocupar atualmente este cargo, presidiu à Eletrobras no triénio de 2008 a 2011.

<sup>113</sup> Na altura dirigia a Diretoria de Tecnologia.

<sup>114</sup> Vide nota de rodapé anterior.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

Atualmente o PROCEL não recorre a outros fundos setoriais, mas já contou com recursos doados pelo GEF, no período de 2002 a 2006, para investir na implementação de uma carteira de projetos relevantes para a área de EE no Brasil. Vale a pena destacar também que, o PROCEL conta com o apoio da Agência Internacional de Cooperação Alemã GIZ, que não oferece recursos financeiros, mas contribui com recursos humanos com o intuito de alavancar os projetos desenvolvidos pelo Programa (Salvador, 2011).

O gráfico 6.2 apresenta a evolução dos investimentos efetuados no PROCEL desde 1986 até 2010, em valores nominais, verificando-se que os fundos foram provenientes maioritariamente da RGR<sup>115</sup>, seguindo-se os alocados pela Eletrobras<sup>116</sup> e, por fim, os afetos ao Projeto de Eficiência Energética para o Brasil que tiveram a participação da Eletrobras e do GEF<sup>118</sup>, no período de 2003 a 2006.

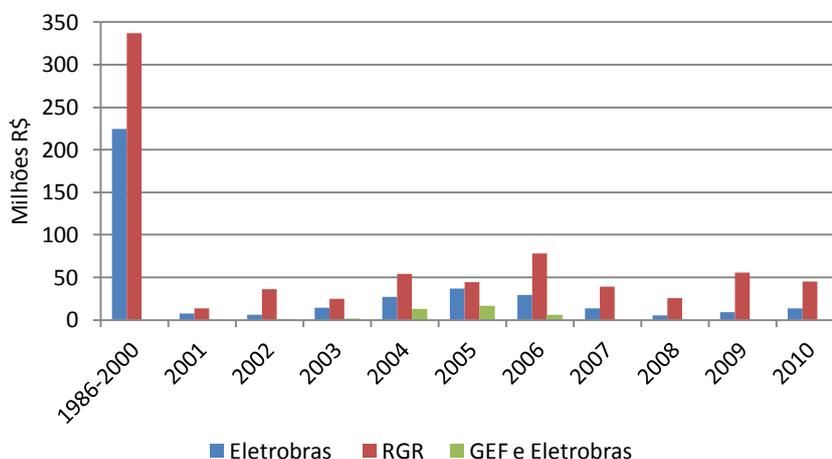


Gráfico 6.2: Evolução dos investimentos efetuados no PROCEL, no período 1986-2010.  
Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011b.

No que respeita ao financiamento proveniente da RGR, pela observação do gráfico 6.3, constata-se que a sua participação no financiamento total do PROCEL, para o quadriênio representado, é sempre superior a 74% (chegando mesmo a atingir os 86,12% em 2009). Tal poderá justificar-se à luz que a liberação de recursos da RGR para um determinado projeto implica obrigatoriamente que a entidade promotora tenha uma contrapartida de 25% do investimento total; consequentemente, a Eletrobras/PROCEL é responsável por 75% do montante total.

<sup>115</sup> Conforme Leis N.º 5.655/71 e N.º 10.438/02 (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

<sup>116</sup> Oriundos de Estudos e Projetos (EP), recursos financeiros ordinários da Eletrobras e do Fundo de Desenvolvimento Tecnológico (FDT), conforme Resolução da Diretoria Executiva da Eletrobras, de 1979 (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

<sup>117</sup> Os investimentos da Eletrobras referem-se somente aos recursos orçados do PROCEL efetivamente realizados em cada ano, não considerando os gastos com recursos humanos e infraestruturas da mesma entidade para gerir o programa (Eletrobras/PROCEL, 2010).

<sup>118</sup> Representa um investimento de US\$ 11,9 milhões do GEF e o remanescente oriundo da Eletrobras (Eletrobras/PROCEL, 2010).

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

No entanto, há a salientar que em 2010 houve uma quebra na tendência crescente registrada no triênio anterior, o que eventualmente também pode ter sido fruto da incerteza existente quanto à prorrogação do fundo em questão no final de 2010. Segundo o Eng.<sup>o</sup> Emerson Salvador: “Há várias razões para ocorrer uma variação no valor total de investimentos anuais da RGR no PROCEL. Como exemplo, pode-se citar os atrasos na execução dos projetos e na liberação dos recursos perante às obrigações legais (certidões negativas de débito, etc.), bem como a dependência da procura por financiamento de projetos financiados pela Eletrobras/PROCEL” (Salvador, 2011).

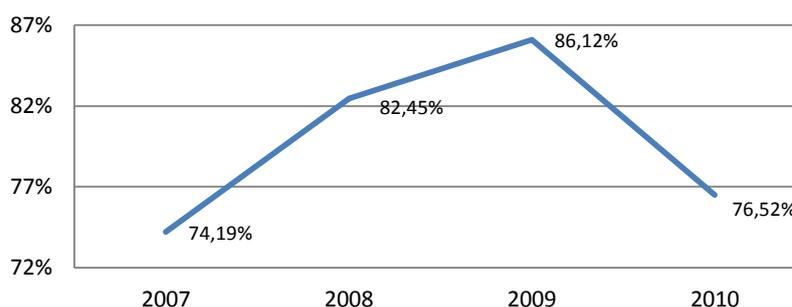


Gráfico 6.3: Evolução da percentagens de investimentos através da RGR no total de investimentos realizados no PROCEL.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2008, 2009, 2010, 2011b.

### 6.2.3. Subprogramas do PROCEL

#### 6.2.3.1. PROCEL Avaliação

O PROCEL realiza anualmente a mensuração e divulgação das suas ações, resultados obtidos e investimentos realizados, na forma institucional do PROCEL Avaliação, que, como explicitado anteriormente, contabiliza recursos financeiros da Eletrobras, assim como de terceiros, proveniente de fundos setoriais e organismos internacionais.

Desde 2005 foi implementada uma avaliação sistemática dos resultados do PROCEL, centrada na revisão e aperfeiçoamento, e realizada em parceria com a Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, registrando-se ainda a participação várias instituições, entre as quais: MME, Centro de Pesquisa de Energia Elétrica - CEPTEL, EPE, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Universidade de Campinas - UNICAMP, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC Rio e associações de fabricantes (Eletrobras/PROCEL, 2008c).

De uma forma abrangente, o PROCEL Avaliação agrega a informação dos projetos e ações dos demais subprogramas do PROCEL, procedendo ao respectivo tratamento da

informação para posterior divulgação. Para além disso, assume um carácter crítico e didático, pois, com o objetivo de melhorar a qualidade das avaliações anuais, fornece recomendações a serem implementadas pelos subprogramas do PROCEL nos anos subsequentes. Uma das suas ações mais conhecidas é a publicação anual do Relatório de Resultados do PROCEL.

### 6.2.3.2. PROCEL Edifica

O Programa Nacional de EE em Edificações (PROCEL Edifica) surgiu em 2003 através da Eletrobras/PROCEL e apresenta como objetivos o desenvolvimento de atividades com vista à divulgação e à aplicação dos conceitos de EE em edifícios, o apoio à viabilização da Lei de Eficiência Energética<sup>119</sup> no que respeita aos edifícios eficientes e a contribuição para a expansão, de forma energeticamente sustentável, do setor habitacional do país, reduzindo os custos operacionais na construção e utilização dos imóveis (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

Segundo dados apresentados no Portal do PROCEL Info, o consumo de energia elétrica nos edifícios corresponde a aproximadamente 45% do consumo faturado no Brasil. O PROCEL estima que haja um potencial de redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de EE em edificações (Eletrobras/PROCEL, 2012).

O PROCEL Edifica promove o uso racional da energia elétrica nos edifícios desde a sua fundação, com o objetivo de incentivar a conservação de energia e o uso eficiente dos recursos naturais nos edifícios, de forma a potenciar a redução dos desperdícios e o impacto sobre o meio ambiente.

Para conduzir as suas atividades, conforme proposto no plano de ação do subprograma, o PROCEL Edifica tem atuado em cinco vertentes: capacitação, tecnologias, disseminação, subsídios à regulamentação, e habitação e EE.

Salienta-se que, em 2009, ocorreu o lançamento da primeira Etiqueta de EE em Edificações, em parceria com o INMETRO, incidindo sobre edifícios comerciais, públicos e de serviços, denominada por Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Eletrobras/PROCEL, 2010). A seguir é demonstrada a respetiva etiqueta, que certificou o edifício da Faculdade de Tecnologia Nova Palhoça – FATENP.

---

<sup>119</sup> Lei nº 10.295/2001: Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências (Casa Civil da Presidência da República, 2001).

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros



Figura 6.2: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para Edifícios.

Fonte: FATENP, 2009.

No ano seguinte, em 2010, deu-se o lançamento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para edifícios residenciais.

Segundo o Relatório Executivo de Resultados do PROCEL 2010, foram concedidas certificações a 54 edifícios residenciais<sup>120</sup> e 18 a instalações comerciais, públicas e de serviços (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

### 6.2.3.3. PROCEL Educação

O PROCEL Educação é um projeto interdisciplinar da Eletrobras/PROCEL e do MME, em parceria com o Ministério da Educação, que é realizado através das concessionárias de energia elétrica a operar no Brasil, e de outros agentes.

Este programa foi estabelecido em 1989 e, atualmente, tem como propósito agregar, ao processo educativo formal do país, informações complementares com vista à difusão das medidas de conservação de energia entre professores e estudantes dos diferentes níveis de ensino. Atua na educação básica<sup>121</sup> e na formação profissional (níveis técnico, superior e pós-

<sup>120</sup> Distribuídos por 5 edifícios, 48 unidades individuais de habitação e 1 área comum de condomínios (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

<sup>121</sup> Desde 1995, a metodologia “A natureza da paisagem - Energia: recurso da vida” é a metodologia reconhecida pela ANEEL nos projetos educacionais executados pelas concessionárias de energia elétrica com recursos do PEE (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

graduação), assim como na implementação de redes de laboratórios e centros de investigação em EE<sup>122</sup> (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

Este subprograma do PROCEL, para além de envolver as comunidades, também abrange o setor industrial, comercial e hoteleiro, promovendo a sensibilização dos mesmos para as questões da EE e para o desenvolvimento de ações comunitárias para um uso racional de energia.

Em 2010, o PROCEL Educação investiu R\$ 3.755.461,98 em projetos de educação para EE, através de contratos e parcerias com universidades e outras instituições (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

É, pois, um subprograma transversal aos demais, sendo de extrema relevância para a sensibilização e consciencialização para hábitos de consumo mais eficientes e sustentáveis, seja por parte dos consumidores coletivos como dos individuais. Demonstra um potencial enorme, visto que os ensinamentos de comportamentos energeticamente eficientes podem difundir-se por um fator multiplicativo, em termos geográficos como temporais. Por isso mesmo, torna-se muito difícil mensurar, em termos físicos, o impacto das medidas e ações deste subprograma.

#### 6.2.3.4. PROCEL EPP

O Programa de EE em Prédios Públicos – PROCEL EPP – foi iniciado em 1997 pela Eletrobras/PROCEL com o objetivo de impulsionar a poupança e a utilização racional de energia elétrica nos edifícios públicos no Brasil (a nível federal, estatal e municipal), por meio de ações de investigação tecnológica, de divulgação dos conceitos de EE e de modernização dos sistemas de utilização final da eletricidade nessas instalações (Eletrobras/PROCEL, 2011c).

O PROCEL EPP promove diversas ações, entre as quais o apoio aos agentes envolvidos na administração de prédios públicos, a promoção de projetos, o suporte à normalização e à implementação de infraestruturas, e o apoio às concessionárias de energia elétrica em projetos de EE<sup>123</sup>.

---

<sup>122</sup> Até ao ano de 2010, o PROCEL Educação já tinha habilitado 44 laboratórios para ensino e investigação.

<sup>123</sup> A título de exemplo, em 2009, o subprograma em questão concluiu os projetos de melhoramento dos sistemas de iluminação e climatização do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis e da Base Naval do Rio de Janeiro – BNRJ. Noutra vertente, em 2010, desenvolveu um *software* para registo dos prédios públicos e dos seus administradores (Eletrobras/PROCEL, 2010, 2011b).

### 6.2.3.5. PROCEL GEM

O Programa de EE em Gestão Energética Municipal (PROCEL GEM) foi implementado em 1996 e procura sensibilizar os municípios brasileiros para a importância da eficiente utilização da energia elétrica nos seus serviços, isto é, para que estes despendam menos recursos financeiros com eletricidade.

Este subprograma do PROCEL coopera com o administrador público municipal para uma maior eficiência na gestão e uso da energia elétrica das unidades de consumo referentes à prefeitura (prédios públicos, serviços de saneamento, iluminação pública, etc.), tendo como objetivos melhorar a gestão da energia elétrica (compras, manutenção, revisão tarifária), identificar oportunidades de poupança de energia elétrica, potenciar a redução de desperdícios, fomentar o uso de equipamentos mais eficientes, e incentivar uma maior consciencialização dos benefícios de uma utilização eficiente de energia pelos utilizadores (Eletrobras/PROCEL, 2008c).

O PROCEL GEM, em 1998, concebeu a Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica (RCE), através de uma parceria com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAN), com o intuito de facilitar o acesso das prefeituras a informações técnicas e de incitar a troca de experiências entre administrações locais. Tal iniciativa tem dado frutos, expressos pelo crescente número de municípios aderentes à RCE nos últimos anos nas várias regiões do Brasil, totalizando atualmente 941 (Eletrobras/PROCEL, 2011b)– gráfico 6.4.

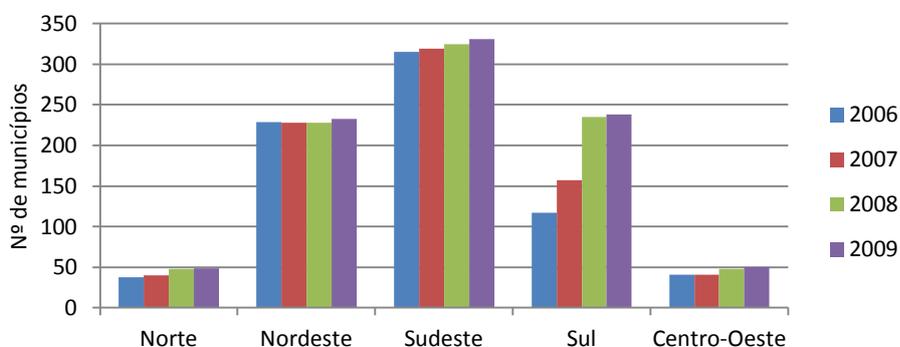


Gráfico 6.4: Evolução do número de municípios aderentes à RCE entre 2006 e 2009, por região.  
Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2007, 2008, 2009, 2010.

Assume, portanto, a finalidade de melhorar a gestão da eletricidade por parte dos municípios e de aumentar a conservação energética a nível local, tendo por base um conjunto de ações, entre as quais se destacam: a elaboração de um planeamento da gestão elétrica municipal; a divulgação de informações e a formação dos técnicos das prefeituras; a redução dos gastos em eletricidade por via da mitigação dos desperdícios; a promoção da manutenção e da gestão adequada dos equipamentos e das instalações de modo a aumentar a vida útil dos mesmos; a introdução de sistemas e equipamentos mais eficientes; e a “promoção” dos

municípios mais eficientes nas suas regiões de forma a acionar um efeito contágio para os demais<sup>124</sup> (Eletrobras/PROCEL, 2011c).

Desde a sua criação, e até 2010, o PROCEL GEM atuou em 328 municípios de 17 Estados, possibilitando uma poupança energética total de 63,85 milhões de kWh (Eletrobras/PROCEL, 2011a). Refira-se que, em 2009, o PROCEL GEM ultrapassou o montante de R\$ 3,5 milhões investidos (Eletrobras/PROCEL, 2010).

### 6.2.3.6. PROCEL Indústria

O PROCEL, em 1989, começou a atuar nos setores do comércio e indústria. O programa de EE na Indústria (PROCEL Indústria) surgiu em meados de 2001 e almeja fornecer um suporte técnico aos diversos segmentos industriais no que concerne à melhoria do desempenho energético nas suas instalações.

O subprograma em questão foca-se em projetos de otimização de sistemas motrizes, que são responsáveis por cerca de 60% do consumo de energia elétrica na classe industrial<sup>125</sup>, apresentando igualmente o maior potencial de perdas elétricas (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

O critério de seleção das empresas privilegia o potencial de poupança energética, a motivação da administração para a implementação das medidas recomendadas pelo projeto e o potencial efeito de arrastamento no segmento industrial em que estão incluídas (Eletrobras/PROCEL, 2010).

Para as grandes indústrias interessadas em participar, após seleção, são implementadas uma panóplia de medidas potenciadoras de EE, por técnicos das próprias empresas previamente qualificados pelo PROCEL, definidas tendo em consideração as características das instalações.

No que respeita às micro e pequenas empresas, o PROCEL Indústria atua em parceria com o SEBRAE-RJ (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Rio de Janeiro<sup>126</sup>), de modo a implementar ações de EE.

Com efeito, a gestão energética (mais alargada e incisiva) surge como um instrumento fundamental, o que permite à própria empresa contabilizar os consumos de energia, a EE dos seus equipamentos e as perdas inerentes a cada processo produtivo, possibilitando reduzir, por esta via, os custos de produção e os impactos ambientais, aumentando a produtividade e, por consequência, os lucros.

Do ponto de vista público, o sucesso de uma maior EE na indústria fará com que, por um lado, as suas necessidades energéticas sejam menores e, por outro, se criem práticas produtivas

---

<sup>124</sup> Um exemplo de registo foi a criação do Prémio PROCEL – Cidade Eficiente em Energia Elétrica.

<sup>125</sup> Na PPH da indústria, elaborada em 2005, a força motriz representava 68,3% do consumo total de eletricidade na indústria (considerando os setores industriais incluídos no estudo).

<sup>126</sup> Para o Estado do Rio de Janeiro.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

e logísticas mais sustentáveis, o que diminui a urgência da implementação de incentivos económicos, por intermédio de subsídios, para a promoção de tecnologias mais limpas, ou de impostos para penalizar comportamentos ambientalmente negativos, o que contrairia a atividade económica. O PROCEL Indústria indaga, deste modo, colaborando em parceria com diversas associações, a diminuição do consumo elétrico destes setores e o adiamento dos investimentos necessários à expansão do sistema elétrico brasileiro.

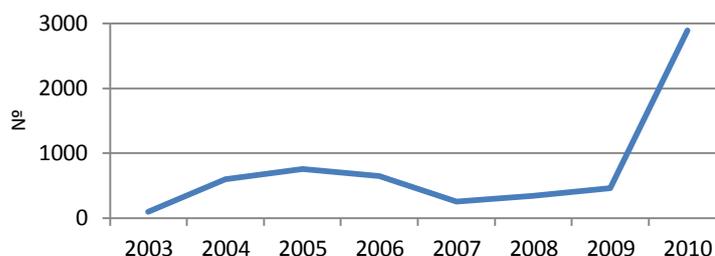


Gráfico 6.5: Número de técnicos e engenheiros das indústrias participantes qualificados pelo PROCEL Indústria.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011b.

Destaca-se a atuação do PROCEL Indústria junto das federações estaduais de indústria através da qualificação de professores universitários, consultores, técnicos e engenheiros. Neste sentido, como é observável no gráfico acima, procedeu-se a uma forte aposta na vertente de qualificação de capital humano, sendo que até 2009 o PROCEL Indústria já tinha qualificado 3.160 técnicos e engenheiros, num total de 788 indústrias, sendo que os valores de 2009 representam um crescimento de 21% em relação ao ano transato (Eletrobras/PROCEL, 2010). Outro aspeto a salientar é que, só em 2010, o PROCEL Indústria qualificou 2.895 técnicos e engenheiros, valor quase igual ao acumulado até então (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

### 6.2.3.7. PROCEL Info

O Centro Brasileiro de Informação de EE (PROCEL Info) foi constituído pela Eletrobras/PROCEL com o foco de constituir e divulgar uma base de conhecimento em EE, e facilitar a integração e a colaboração entre os agentes que atuam na área de EE, nacionais ou internacionais.

O principal resultado deste subprograma é o Portal PROCEL Info<sup>127</sup>, criado em 2006, que foi o primeiro portal de internet brasileiro exclusivo sobre EE, tendo a particularidade de possibilitar o acesso a uma base de informação alargada sobre a temática em questão (Eletrobras/PROCEL, 2010).

<sup>127</sup> Disponível em <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp>.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

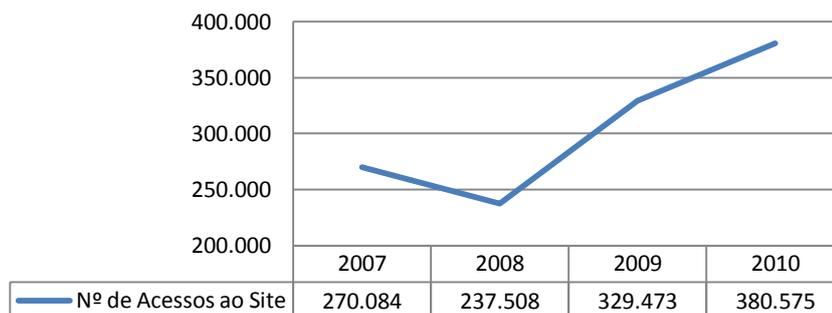


Gráfico 6.6: Evolução do número de acessos realizados ao Portal Info, entre 2007 e 2010.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2008, 2009, 2010, 2011b.

A importância deste portal de internet tem vindo claramente a aumentar ao longo do tempo, como é evidenciado no gráfico 6.6, em que, salvo em 2008, regista-se um aumento de acessos, por ano, em relação ao transato.

#### 6.2.3.8. PROCEL Marketing

O PROCEL *Marketing* desenvolve ações visando apoiar o PROCEL a ampliar a sua visibilidade e consciencializar a sociedade sobre a eficiente utilização de energia, divulgando os resultados e objetivos do programa para toda a sociedade (Eletrobras/PROCEL, 2008c). O PROCEL passou a incluir o *marketing* como uma das suas diretrizes em 1994. Até então, desde a sua criação, em 1985, o enfoque era predominantemente tecnológico (Eletrobras/PROCEL, 2009)<sup>128</sup>.

Uma estratégia que vem sendo adotada é a de desenvolver, para cada público-alvo específico, uma abordagem apropriada de comunicação, para além das genéricas, como as campanhas publicitárias, que têm o objetivo de promover ações realizadas e aumentar o nível de conhecimento do Prémio PROCEL e principalmente do Selo PROCEL (Eletrobras/PROCEL, 2008c).

O trabalho para a divulgação dos princípios de conservação e uso eficiente da energia tem sido conduzido pela Eletrobras/PROCEL através das seguintes ações: o Prémio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia<sup>129</sup>, o atendimento ao cliente, a veiculação de informações sobre EE na comunicação social, entre outras (Eletrobras/PROCEL, 2010).

<sup>128</sup> A atuação do PROCEL, até 1994, não contemplava a vertente de *marketing* no planeamento das suas ações (Eletrobras/PROCEL, 2008c).

<sup>129</sup> Estabelecido em 1993, o Prémio PROCEL tem o objetivo de reconhecer e premiar representantes dos diversos segmentos da sociedade que se destacam na elaboração de projetos, ou na implementação de ações direcionadas para o combate ao desperdício de energia, incidindo nas seguintes categorias: transportes; comércio e serviços; empresas do setor energético; imprensa; micro, pequenas e médias empresas; órgãos e empresas da administração pública; indústria; e edificações. A partir de 2007 o Prémio PROCEL passou a ser realizado bianualmente (Eletrobras/PROCEL, 2010).

#### 6.2.3.9. PROCEL Reluz

O Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (PROCEL Reluz) foi criado em 2000 pela Eletrobras/PROCEL, com o apoio do MME, e desenvolvido pelas concessionárias de energia elétrica com a participação das prefeituras.

Este subprograma, com um plano de ação consideravelmente vasto, tem por intuito o estímulo ao desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública, contribuindo desta forma para uma maior valorização dos espaços públicos urbanos e para um aumento da segurança da população.

No âmbito do PROCEL Reluz são desenvolvidos os seguintes tipos de projetos (Eletrobras/PROCEL, 2012):

- Melhoria, remodelação e expansão dos sistemas de iluminação pública;
- Melhoria dos sistemas de sinalização semafórica;
- Iluminação especial<sup>130</sup>;
- Iluminação de áreas públicas desportivas;
- Inovação tecnológica na iluminação pública.

Os municípios interessados em participar em projetos do PROCEL Reluz devem dirigir-se às concessionárias locais de energia elétrica para que estas solicitem financiamento à Eletrobras, nomeadamente através do recurso à RGR<sup>131</sup>. No que diz respeito ao financiamento de projetos, a Eletrobras só participa até 75% do valor total de cada projeto, sendo o restante da responsabilidade das prefeituras, concessionárias e/ou do Governo de Estado (Eletrobras/PROCEL, 2010).

O PROCEL Reluz, com a implementação dos seus projetos, pretende aumentar a EE na iluminação pública e, conseqüentemente, trazer benefícios tanto para as concessionárias (a título exemplificativo, através da redução de perdas, da melhoria das condições operacionais, do aumento da disponibilidade de carga para satisfazer o consumo de novos clientes e de conferir uma maior confiança no fornecimento de energia elétrica), como para os municípios (por meio, por exemplo, de uma maior contribuição para a segurança pública, do aumento da qualidade da iluminação pública, da diminuição dos gastos em eletricidade e da melhoria das condições noturnas dos espaços públicos) – tal favorece a imagem das cidades, designadamente no que toca às atividades de turismo, comércio, desporto e lazer (Eletrobras/PROCEL, 2011c). Tudo isto acarreta benefícios para a população em geral, seja pelo efeito direto das medidas como pela criação de externalidades positivas, conferindo sobretudo uma maior segurança e qualidade de vida às comunidades e criando uma cultura de utilização eficiente e racional de eletricidade.

---

<sup>130</sup> Por exemplo, em praças, monumentos e fachadas.

<sup>131</sup> De acordo com o Manual de Instruções do PROCEL Reluz.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

Este subprograma do PROCEL abrange todo o território brasileiro e assenta especialmente em projetos que visam melhorar os sistemas de iluminação pública através da substituição de lâmpadas incandescentes, mistas ou a vapor de mercúrio por lâmpadas mais eficientes<sup>132</sup>, sem que essa troca provoque um menor nível de iluminação.

Um marco de registo ocorreu no ano de 2009, consistindo na implementação do primeiro projeto de EE em sistemas de sinalização semafórica, em que se procedeu à substituição de lâmpadas incandescentes por sistemas de lâmpadas LED, verificando-se uma redução de 90% da potência total instalada (Eletrobras/PROCEL, 2010).

As ações implementadas em 2010, pelo respetivo programa, permitiram verificar uma poupança de eletricidade de 29,88 milhões de kWh e uma redução da procura nas *peak hours* de 6.823 kW. Estas ações incidiram na substituição de mais de 89 mil pontos de iluminação pública em 10 municípios, nas cinco regiões geográficas brasileiras, e resultaram de investimentos de aproximadamente R\$ 33 milhões, dos quais R\$ 24,8 milhões foram financiados pela Eletrobras através da RGR e o remanescente como contrapartida dos beneficiários (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

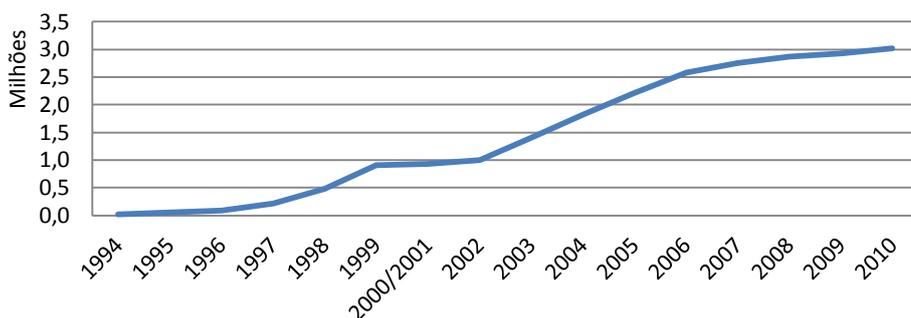


Gráfico 6.7: Evolução do número acumulado de pontos de iluminação pública substituídos, no período 1994-2010.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011c.

Segundo os diversos relatórios de atividades do PROCEL, no período 1994 a 2010 foram substituídos cerca de 3 milhões de pontos de iluminação pública (gráfico 6.7<sup>133</sup>), contribuindo para o aumento da qualidade de vida em várias cidades. O gráfico 6.8, por seu lado, demonstra que, entre 2004 e 2010, foi na região do Sudeste (maior população) que se substituiu a esmagadora percentagem de pontos de iluminação pública (exceto em 2009), sendo que a região do Centro-Oeste, em termos médios, é a segunda no que concerne à substituição de pontos de iluminação pública, para o período referenciado, apresentando mesmo o maior valor

<sup>132</sup> Vapor de sódio a alta pressão ou LED – *Light-Emitting Diode*.

<sup>133</sup> Devido a uma inconsistência dos valores acumulados apresentados no relatório do PROCEL para o ano de 2010, somaram-se os valores acumulados inscritos no relatório de 2009 com os referentes a 2010, para a obtenção dos valores acumulados em 2010.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

para 2009. De referir também o peso residual da região Norte, excetuando os 7% registados em 2009.

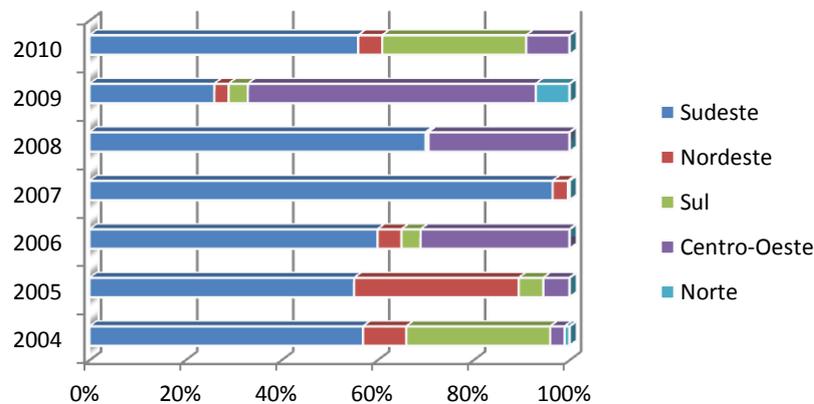


Gráfico 6.8: Evolução da distribuição regional dos pontos de iluminação pública que sofreram ação do PROCEL Reluz, no período 2004-2010.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011c.

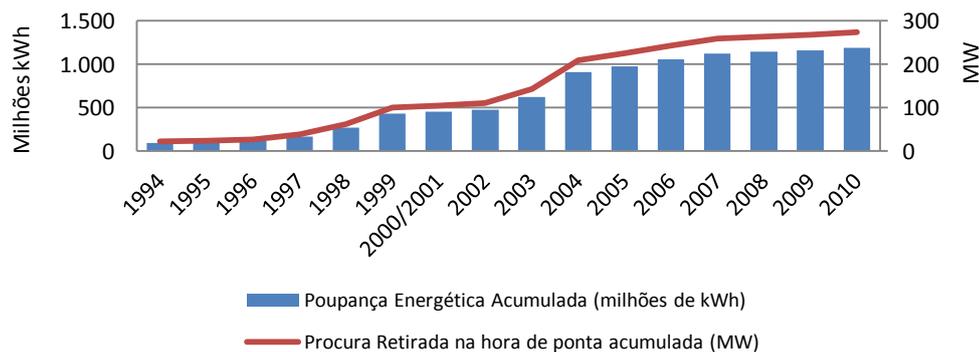


Gráfico 6.9: Evolução dos valores acumulados da poupança energética e da procura retirada da ponta originadas pelas ações do PROCEL Reluz, no período 1994-2010.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011c.

A consequência natural do esforço do PROCEL Reluz, evidenciado no gráfico 6.7, repercute-se numa cada vez maior poupança energética acumulada, assim como em um impacto acumulado crescente na redução da procura na ponta, gráfico 6.9<sup>134</sup>, demonstrando o importante papel que o subprograma do PROCEL em questão assume no quotidiano dos consumidores de energia elétrica, por via da introdução de equipamentos energeticamente mais eficientes, como no lado da oferta, contribuindo para uma menor pressão sobre os decisores públicos no planeamento elétrico nacional por via de adiamento de investimentos para a expansão da capacidade instalada do SEB.

<sup>134</sup> Vide nota de rodapé anterior.

**6.2.3.10. PROCEL Sanear**

O Programa de EE em Saneamento Ambiental (PROCEL Sanear) foi implementado pela Eletrobras/PROCEL em 2003, agindo em parceria com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) e com o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), ambos sob direção da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), que por sua vez está vinculada ao Ministério das Cidades.

Contudo, embora o PROCEL já desenvolvesse atividades no setor do saneamento desde 1996, apenas com o surgimento do PROCEL Sanear é que passou a abordar-se a EE no setor de saneamento ambiental, não somente no que respeita ao uso eficiente de energia elétrica mas também no que concerne à gestão da utilização da água e sua conservação (Eletrobras/PROCEL, 2012).

Neste setor, a energia elétrica requerida nos processos das empresas de saneamento é fonte de preocupação dado o seu elevado peso na estrutura de custos operacionais das mesmas, podendo ser mesmo a variável mais significativa. Tal aspeto assume proporções bastante superiores quando se verifica que o setor do saneamento no Brasil tem que se expandir bastante, numa ótica de universalização de acesso a este serviço, tornando urgente uma maior eficiência nos processos operacionais (Eletrobras/PROCEL, 2010).

Este programa, atualmente, evidencia como principais objetivos a difusão da prática de ações que promovam o uso eficiente tanto de eletricidade como de água nos sistemas de saneamento ambiental (abrangendo os consumidores); o incentivo à utilização dos recursos hídricos de forma eficiente, como estratégia de prevenção de escassez de água destinada à produção de energia hidroelétrica; e a contribuição para a universalização dos serviços de saneamento ambiental, de modo a acarretarem menores custos para a sociedade e incorporando benefícios adicionais nas áreas da saúde e do ambiente (Eletrobras/PROCEL, 2012).

De forma a alargar o financiamento para os projetos de EE em saneamento, foi aprovado, em 2005, o acesso à linha de financiamento dos mesmos com recursos da RGR (Eletrobras/PROCEL, 2010).

#### 6.2.3.11. PROCEL Selo

O Selo PROCEL de Economia de Energia, ou apenas Selo PROCEL, foi implementado em 1993, através de Decreto Presidencial, sendo desenvolvido pela Eletrobras, por intermédio do PROCEL, em colaboração com o INMETRO – entidade que realizou o PBE –, e cujo principal resultado é a criação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), sendo que a parceria entre ambas as instituições também se estende ao desenvolvimento do PBE.

Em 1998 foi criado o Selo PROCEL INMETRO de Desempenho, parceria desenvolvida entre o PROCEL e o INMETRO, cujo objetivo era certificar exclusivamente equipamentos de iluminação, sendo atribuído anualmente aos produtos nacionais ou estrangeiros etiquetados pelo PBE. Estes produtos deveriam cumprir os níveis mínimos de eficiência e qualidade delimitados pelo PROCEL<sup>135</sup>. De entre as categorias de equipamentos que recebiam o Selo de Desempenho, podem-se citar as lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares, reservatórios térmicos, motores elétricos de indução e reatores eletromagnéticos para lâmpadas tubulares ou a vapor de sódio. (Eletrobras/PROCEL, 2012).

Em 2005, no âmbito da Comissão de Análise Técnica do Selo PROCEL<sup>136</sup>, foi aprovada a unificação do Selo PROCEL de Economia de Energia e do Selo PROCEL INMETRO de Desempenho. Assim, a partir de 2006, no tocante ao formato do Selo e a sua nomenclatura, todos os equipamentos contemplados passaram a utilizar o Selo PROCEL de Economia de Energia como padrão (Eletrobras/PROCEL, 2010).

O Selo PROCEL emergiu com o intento de indicar aos consumidores quais os equipamentos e eletrodomésticos disponíveis no mercado nacional<sup>137</sup> que revelam os melhores índices de EE dentro de cada categoria, propiciando-lhes, desta forma, uma poupança monetária na fatura de eletricidade. Além disso, esta certificação estimula a produção e a comercialização de produtos mais eficientes, do ponto de vista energético, potenciando um maior desenvolvimento tecnológico e minimizando os impactos ambientais (Eletrobras/PROCEL, 2010). Isto é, o Selo PROCEL é uma forma simples de transmitir aos consumidores a qualidade dos equipamentos elétricos, “traduzindo” a informação expressa na ENCE, que poderá não ser compreensível para muitos cidadãos brasileiros<sup>138</sup> – figura 6.3.

---

<sup>135</sup> Até o ano de 2005, o Selo PROCEL de Desempenho era atribuído a algumas categorias de equipamentos, que, ao serem submetidos a testes de desempenho laboratoriais, deveriam atingir um índice mínimo de EE ou um máximo de consumo de energia pré-estabelecido, além de atender a outras condições inerentes de cada categoria.

<sup>136</sup> Constituída pela Secretaria Executiva do PROCEL, com a finalidade de estabelecer os critérios técnicos e indicar os equipamentos premiados com o Selo PROCEL, com representantes de diversas entidades (Eletrobras/PROCEL, 2010).

<sup>137</sup> São abrangidos, pois, tanto os produtos nacionais como os importados.

<sup>138</sup> Os painéis solares (coletores solares) também são abrangidos pelo Selo PROCEL e, a título de curiosidade, o Eng.<sup>o</sup> Emerson Salvador mencionou que este tipo de equipamentos é rotulado com um selo semelhante aos demais produtos consumidores de energia, o que é caricato na medida que os painéis solares são aparelhos de produção energética. Estão a ser desenvolvidos rótulos adequados. Não obstante, a aplicação do Selo PROCEL, símbolo já

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

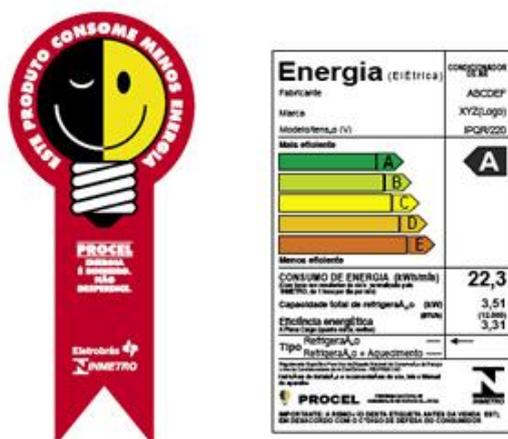


Figura 6.3: Selo PROCEL de Economia de Energia e ENCE, respectivamente.  
Fonte: PROCEL, 2011.

Para que sejam certificados com o Selo PROCEL, os equipamentos são testados em laboratórios indicados pelo INMETRO e classificados de acordo com a sua EE (classificação de A a G), em que apenas a classificação “A” permite que os aparelhos sejam distinguidos com o Selo, por apresentarem maior EE<sup>139</sup>. Presentemente, esta certificação é concedida a, citando apenas alguns dos aparelhos que representam uma substancial parcela do consumo de eletricidade no Brasil, frigoríficos, arcas congeladoras e ar condicionados<sup>140</sup> (Eletrobras/PROCEL, 2012). Tanto o Selo PROCEL como a ENCE devem estar afixados nos produtos em exposição nos pontos de venda, de modo a orientar facilmente o consumidor no ato da compra (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

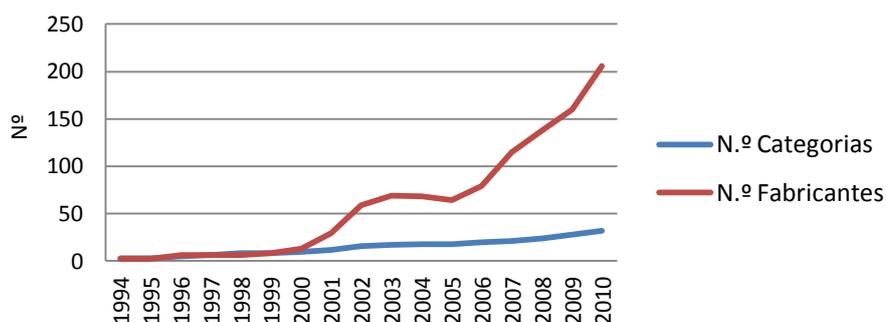


Gráfico 6.10: Evolução temporal do número de categorias e de fabricantes de equipamentos elétricos com o Selo PROCEL.  
Fonte: Adaptado de Eletrobras/PROCEL, 2010, 2011a.

conhecido por muitos brasileiros, tem o intuito de evidenciar os produtos energeticamente mais eficientes, como é o caso dos painéis solares.

<sup>139</sup> Normalmente, os produtos contemplados com o Selo PROCEL são caracterizados por pertencerem à categoria A da ENCE.

<sup>140</sup> Os parâmetros avaliados para cada equipamento constam nos Critérios Específicos para Concessão do Selo PROCEL, que, por sua vez, estão descritos no Regulamento do Selo PROCEL de Economia de Energia 2010. A adesão das empresas ao Selo PROCEL é voluntária.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

Tem havido uma forte aposta do PROCEL na certificação de equipamentos energeticamente mais eficientes, como se verifica pela tendência crescente do número de categorias de equipamentos elétricas já abrangidas pelo Selo PROCEL, patente no gráfico 6.10, como pela clara tendência de aumento do número de fabricantes participantes neste processo.

Em 2010, o Selo PROCEL passou a contar com mais 4 categorias de equipamentos, tendo estendido a 32 o número de categorias de equipamentos candidatos a obter o Selo PROCEL, perfazendo um total de 206 fabricantes e 3.778 modelos (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

Como se constata pelo gráfico 6.11, as principais classes de equipamentos que mais contribuem para os resultados energéticos alcançados pelo Selo PROCEL são as da iluminação, e dos refrigeradores e *freezers*<sup>141</sup>.

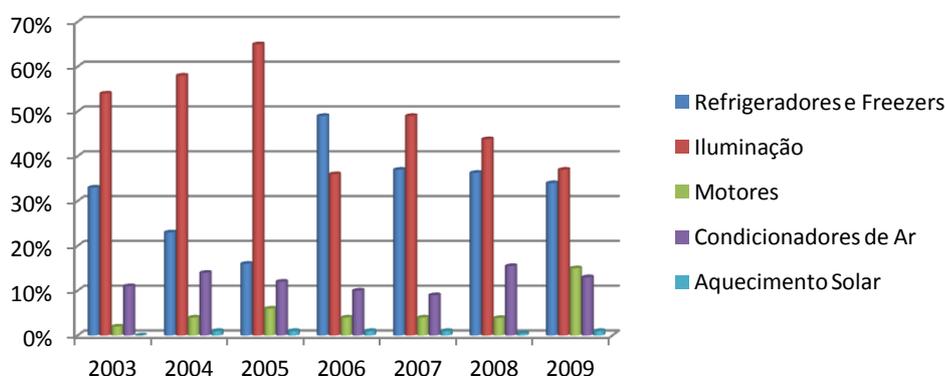


Gráfico 6.11: Resultados energéticos do Selo PROCEL por classe de equipamentos.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011b.

Os resultados energéticos do Selo PROCEL em 2010 totalizaram 6,13 mil milhões de kWh de energia poupada e 2.418 MW de procura retirada do horário de ponta (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

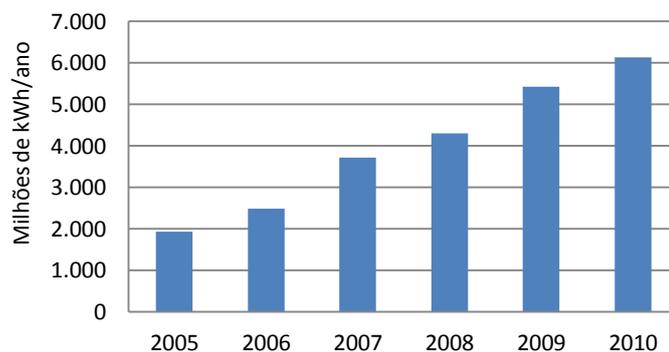


Gráfico 6.12: Evolução da poupança energética agregada induzida pelo Selo PROCEL.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011b.

<sup>141</sup> Frigoríficos e congeladores.

Em termos agregados, como é evidenciado pelo gráfico 6.12, o Selo PROCEL tem vindo a apresentar resultados sempre crescentes na prossecução de uma poupança energética superior, sendo que o valor de energia economizada alcançado por este subprograma em 2010 é mais de 200% superior ao registado em 2005.

### 6.2.4. Análise Global do PROCEL

As ações de EE do PROCEL permitem acompanhar o crescimento da procura de energia sem que a oferta tenha que aumentar na mesma proporção.

Desde 1986, a Eletrobras investiu mais de R\$ 1,18 mil milhões em ações do PROCEL em EE, sendo aproximadamente R\$ 388 milhões em recursos ordinários da Eletrobras<sup>142</sup>, R\$ 755 milhões da RGR e R\$ 37 milhões oriundos de fundos internacionais, entre os quais, por exemplo, o GEF (Eletrobras/PROCEL, 2010, 2011b).

Segundo o PNEf (MME, 2011a), o PROCEL possibilitou uma economia de energia acumulada, entre 1986 e 2008, de 32,9 TWh, reduzindo a procura na ponta em aproximadamente 9.538 MW. Esta poupança de energia equivale a uma economia de R\$22.8 mil milhões em novos investimentos.

O PROCEL estimou os resultados globais acumulados fruto das ações realizadas para o período de 1986 a 2010, em que se destacam (Eletrobras/PROCEL, 2010, 2011a)<sup>143</sup>:

- Economia energética de 55 mil milhões de kWh, que corresponde sensivelmente à energia necessária no fornecimento de 24,34 milhões de residências durante um ano<sup>144</sup>, ou o equivalente à energia provisionada por uma central hidroelétrica de aproximadamente 10.678 MW de capacidade durante um ano<sup>145</sup>.

- Redução agregada da procura na ponta de 14.054 MW.

Na determinação económica dos custos e dos benefícios das ações praticadas pelo PROCEL, considerou-se uma estimativa de custo de investimento de US\$ 1.500/kW<sup>146</sup>. A partir deste, foram estimados os resultados totais acumulados para o mesmo período, relevando-se um adiamento de investimentos em cerca de R\$ 27 mil milhões, correspondente à prorrogação de investimentos na expansão do sistema elétrico de 9.105 MW e um retorno do investimento em estudos e projetos de EE na ordem de 24 para 1 (Eletrobras/PROCEL, 2010).

<sup>142</sup> Refere-se somente aos recursos orçamentados pela Eletrobras efetivamente investidos em cada ano.

<sup>143</sup> Na determinação dos valores foram somados os valores acumulados até 2009, apresentados no relatório do PROCEL de 2009, com os valores respeitantes ao ano de 2010.

<sup>144</sup> Considera-se um consumo médio de energia por residência no Brasil de 152 kWh por mês, segundo análise da EPE em 2009.

<sup>145</sup> Estimativa baseada num fator de capacidade típico de 56%, incluindo 15% de perdas médias nos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica – cálculo efetuado pelo PROCEL.

<sup>146</sup> Valor estimado pela multiplicação dos custos unitários das diversas fontes energéticas com as respetiva ponderação tendo em consideração a matriz energética brasileira em 2009, sendo da responsabilidade do PROCEL.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

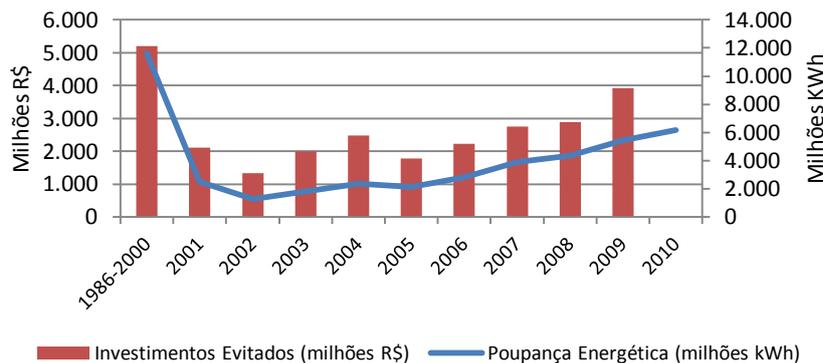


Gráfico 6.13: Evolução temporal da poupança energética (1986-2010) e dos investimentos evitados (1986-2009), decorrentes das ações do PROCEL.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011b.

O gráfico 6.13 patenteia uma tendência crescente quer da poupança energética<sup>147</sup> quer dos investimentos evitados, demonstrando um impacto cada vez mais acentuado da atuação do PROCEL tanto a nível energético como financeiro<sup>148</sup>. Denota-se uma tendência crescente<sup>149</sup>, o que comprova o empenho e a eficácia cada vez maior das medidas e ações implementadas pelo programa em questão, o que vai de encontro com o seu objetivo pois “os benefícios gerados pelo programa podem ser contabilizados tanto pela economia de energia quanto pelos investimentos evitados na expansão do setor elétrico, que se revertem em benefícios para a sociedade” (Eletrobras/PROCEL, 2005, p.7).

Não obstante da aplicação gradual de recursos nos projetos do PROCEL e dos resultados cada vez mais expressivos (tanto energéticos como de adiamento de investimentos), a percentagem anual das poupanças energéticas alcançadas no consumo total de energia elétrica no Brasil, embora demonstrando uma tendência positiva, representa um peso com uma expressividade ainda limitada – gráfico 6.14. Para o período em análise, 2003 a 2010, o valor bruto das poupanças energéticas cresceu a uma taxa (aproximadamente de 239%) superior à da percentagem das mesmas no consumo total de eletricidade no Brasil (que foi de 194%), indicando a necessidade de ainda maiores esforços para que as poupanças energéticas consigam suplantarem o crescimento da procura por energia elétrica, potenciando, deste modo, uma redução no consumo global de eletricidade no Brasil.

<sup>147</sup> Os cálculos das estimativas de poupanças de energia foram determinados pelo PROCEL com base em informação estatística da EPE. Para maior detalhe *vide* (Eletrobras/PROCEL, 2010).

<sup>148</sup> São apresentados os valores dos investimentos em termos nominais.

<sup>149</sup> Embora não representado, registou-se um decréscimo no volume de investimentos evitados para o ano de 2010, que é explicado por uma alteração na metodologia no mesmo ano (Eletrobras/PROCEL, 2011b). Pelo facto de não ser explicitada a fórmula do novo cálculo ou a conversão dos valores presentes nos relatórios do PROCEL dos anos anteriores, optou-se, para representar um maior intervalo temporal, não incluir o valor dos investimentos evitados para 2010.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

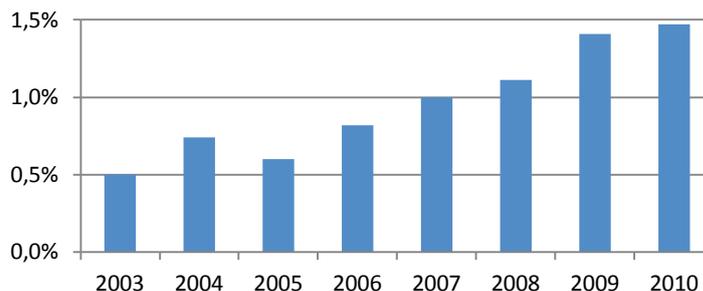


Gráfico 6.14: Evolução entre 2003 e 2010 da porcentagem anual das poupanças energéticas no consumo total de energia elétrica no Brasil, resultante das atividades do PROCEL.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011b.

Posto isto, o PROCEL pode ser considerado como uma importante via institucional, enquadrado na política energética nacional, na promoção tanto da eficiência como da conservação energética. Desde a sua criação, a sua ação tem sido contínua, aspeto que é mencionado como um dos fatores críticos do seu sucesso. Atualmente, tem uma intervenção muito abrangente, seja a nível geográfico – estando presente em todo o país –, como em termos da magnitude e número das suas linhas de atuação, em cuja criação dos vários subprogramas foi crucial.

Como observável no gráfico 6.15, os resultados energéticos do PROCEL devem-se essencialmente, no período entre 2003 e 2009, às ações no âmbito do subprograma PROCEL Selo, com um peso claramente crescente, assumindo o valor de 99,02% em 2009, sendo que os demais apresentam pesos residuais. Tal explicar-se-á, principalmente, pelo facto supramencionado de haver cada vez mais equipamentos com o Selo PROCEL e os resultados deste subprograma advirem da venda de equipamentos elétricos com a referida certificação. Para 2010, os subprogramas que mais contribuíram para os resultados do PROCEL foram o PROCEL Indústria, o PROCEL Reluz e o PROCEL Selo, sendo que para os restantes subprogramas não foram estimados resultados, pois as metodologias para tal avaliação estão em processo de desenvolvimento<sup>150</sup> (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

<sup>150</sup> Regista-se a ausência de dados sobre a representatividade dos subprogramas do PROCEL nos resultados para 2010.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

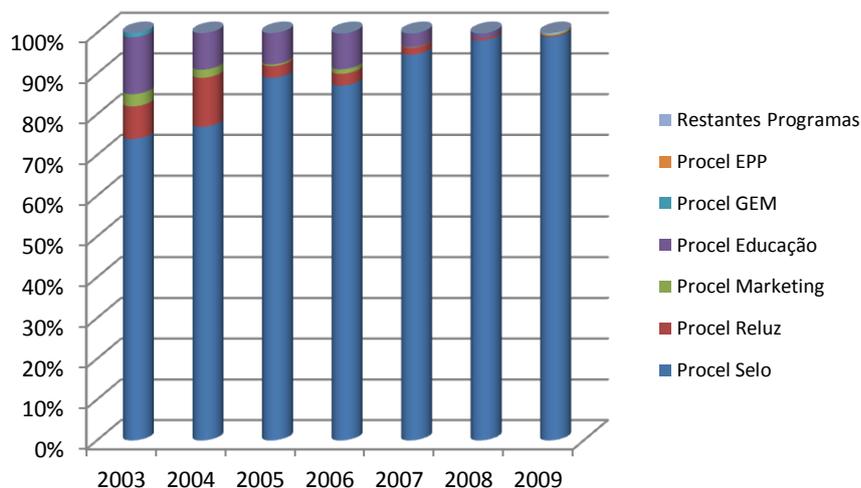


Gráfico 6.15: Evolução entre 2003 e 2009 dos resultados energéticos das ações por subprograma do PROCEL.

Fonte: Dados de Eletrobras/PROCEL, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.

Não obstante do seu mérito, reconhecido tanto nacional como internacionalmente, há que mencionar alguns pontos-chave que, a serem aperfeiçoados, trariam indubitavelmente um maior valor acrescentado, por intermédio de uma maior eficiência, aos projetos em que o PROCEL está incluído.

Os *sites* “oficiais” do PROCEL, nomeadamente o Portal PROCEL Info e o próprio *site* do PROCEL, são importantes fontes de informação e de comunicação aos seus utilizadores (sejam estudantes, docentes, investigadores, empresários, entidades do setor elétrico, ou a população em geral) de elevado destaque. Contudo, crê-se que o potencial dos mesmos não está a ser totalmente explorado, uma vez que as informações neles explicitadas, nalguns casos, não se encontram atualizadas<sup>151</sup>, e noutros a informação é divergente entre ambos os sítios de internet.

No que diz respeito aos projetos enveredados pelo PROCEL, há que tecer algumas considerações:

- Para efeitos de análise dos resultados de cada subprograma, e por inerência do PROCEL como um todo, seria benéfico a discriminação da atuação específica de cada subprograma e em cada projeto – montantes investidos, metodologia aplicada, comparação entre os resultados obtidos e os perspetivados, entre outros. Para além disso, a informação estatística completa do funcionamento do PROCEL deveria ser disponibilizada publicamente.
- Falta de explicitação dos critérios de separação dos projetos entre os subprogramas, e de como os últimos interagem entre si em termos operacionais, financeiros e logísticos.

<sup>151</sup> No entanto, o *site* do PROCEL Info apresenta diariamente a “Newsletter PROCEL Info”, com notícias e informações, brasileiras e internacionais, relacionadas com EE.

- Necessidade de uma maior uniformização e normalização na apresentação dos resultados nos relatórios para os diferentes anos, para possibilitar uma (melhor) comparabilidade.

- Uma parcela significativa dos resultados divulgados pelo PROCEL tem por base estimativas, algumas delas sem a indicação da metodologia aplicada. Embora se reconheça que, em certos casos, por exemplo no subprograma PROCEL Educação, a mensuração seja crítica, é essencial uma precaução acrescida de forma a não enviesar a avaliação dos resultados e, conseqüentemente, o impacto das ações levados a cabo na sociedade<sup>152</sup>.

- Reduzida colaboração e interação, segundo os dados disponíveis publicamente, entre os três principais programas de EE brasileiros – PROCEL, PEE e CONPET.

Debelados ou melhorados os pontos acima referidos, potencializar-se-ia, como maior volume de informação disponível publicamente, estudos técnicos e acadêmicos que representariam certamente uma mais-valia para o sucesso do PROCEL, seja no estímulo ao debate e na inovação em vários campos (económico, tecnológico, etc.).

Um fator importante que justifica e estimula a política desenvolvida sob o âmbito do PROCEL é o potencial adiamento dos investimentos no SEB, contribuindo para o redirecionamento das linhas de financiamento para outros segmentos e setores da economia, tendo em conta que o capital de longo prazo no Brasil é escasso e caro.

O PROCEL assume-se, atualmente e cada vez mais, na persecução de uma maior EE, como um “parceiro” de confiança para com os consumidores individuais, o comércio e a indústria e o meio ambiente.

### 6.3. Programa de Eficiência Energética

Os investimentos no Programa de Eficiência Energética (PEE) são regulamentados, controlados e avaliados pela ANEEL.

O objetivo do PEE é demonstrar à sociedade a importância e a viabilidade económica de ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de melhoria da EE de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para tal, procura maximizar-se os benefícios públicos da energia poupada e da procura evitada no âmbito deste programa. Ambiciona-se, portanto, a transformação do mercado de energia elétrica, seja através do estímulo do desenvolvimento de

---

<sup>152</sup> No relatório do PROCEL referente a 2010 é mencionado que certas metodologias estão em fase de desenvolvimento.

novas tecnologias como da criação de hábitos racionais de uso da energia elétrica (ANEEL, 2008c).

Atualmente, a regulamentação do PEE é exercida pela Lei nº 12.212/2010 e pela Resolução Normativa nº 300, de 12 de fevereiro de 2008, que aprovou o Manual do Programa de Eficiência Energética (MPEE) (ANEEL, 2008b), elaborado em 2008 pela Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética (SPE), apresentando-se como um guia determinativo de procedimentos, dirigido às empresas distribuidoras de energia elétrica.

No MPEE definem-se a estrutura e a forma de apresentação dos projetos, os critérios de avaliação e de fiscalização, e o tipo de projetos que podem ser realizados com recursos do PEE. Apresentam-se, também, os procedimentos para contabilização dos custos e apropriação dos investimentos realizados. Isto é, são expressos os procedimentos e aspectos técnicos e contábilísticos que concernem aos PEEs das empresas em questão.

### 6.3.1. Tipologia dos Projetos de PEE

No que diz respeito aos projetos enquadrados no PEE das empresas distribuidoras de energia elétrica, salienta-se que os planos de investimentos poderão ser atualizados anualmente e deverão conter a previsão da distribuição dos investimentos, em valores monetários, por tipo de projeto<sup>153</sup> (ANEEL, 2008c).

No âmbito do PEE, a ANEEL estabelece uma tipologia de projetos passíveis de serem financiados com recursos redirecionados para este programa, apresentados a seguir sinteticamente e com objetivos transversais que se compreendem como o desenvolvimento de ações de (conscientização para a) conservação e uso racional de energia (ANEEL, 2008c):

- Projeto Educacional: Dirigido à formação de uma cultura cívica para a conservação e uso racional de energia, com enfoque no público escolar e em comunidades constituídas por consumidores de rendimento reduzido<sup>154</sup> (ANEEL, 2008c). “A metodologia do PROCEL nas escolas deve ser preferencial<sup>155</sup>, mas não obrigatória<sup>156</sup>. Deverão ser justificados os casos em que a empresa adote uma metodologia própria” (ANEEL, n.d.), sendo que o mesmo documento

---

<sup>153</sup> Informações adicionais podem ser incluídas, tais como a quantidade de equipamentos, número de consumidores que serão atendidos, entre outros.

<sup>154</sup> Os projetos educacionais devem ter como público-alvo as escolas de ensino básico. Ações educacionais focadas em comunidades carentes devem ser realizadas no âmbito dos projetos de EE destinados a comunidades de baixo rendimento (ANEEL, n.d.).

<sup>155</sup> Durante o ano de 2010, as concessionárias distribuidoras de energia elétrica investiram, aproximadamente, R\$ 30 milhões dos recursos do PEE para a realização de projetos educacionais, com base na metodologia desenvolvida pelo PROCEL Educação, em todas as regiões do país (Eletrobras/PROCEL, 2011b).

<sup>156</sup> As concessionárias enfrentam dificuldades na implementação da metodologia do PROCEL nas escolas, “uma vez que as Secretarias de Educação já têm uma agenda farta e critérios próprios para avaliar quais projetos de terceiros serão recebidos nas escolas” (Haddad, 2010).

corroborar que a ANEEL recomenda que seja utilizada a metodologia do PROCEL de modo a exigir menos “recursos e trabalho para a distribuidora”<sup>157</sup>.

- Projeto de Gestão Energética: Destinado a melhorar a gestão energética na administração pública federal, estadual e municipal.
- Projetos do Poder e Serviço Públicos: Enveredado em instalações de serviço público, visando a melhoria da EE nos equipamentos utilizados, nos sistemas de abastecimento de água, no saneamento e demais serviços públicos.
- Projetos de Comércio e Serviços, e Industrial: Realizado em instalações comerciais, industriais e no setor de serviços, com ações de combate ao desperdício de energia e melhoria da EE de equipamentos, processos e usos finais.
- Projeto de atendimento a Comunidades de Baixa Renda: Inclui a substituição de equipamentos ineficientes<sup>158</sup>, ações educacionais e regularização de consumidores clandestinos. Além dos consumidores residenciais, poderão ser abarcadas entidades de carácter filantrópico (associações de bairro, creches, escolas, hospitais públicos e afins), desde que não exerçam uma atividade com fins lucrativos e estejam localizadas geograficamente nas comunidades atendidas<sup>159 160</sup>.
- Projeto Residencial: Executado em unidades consumidoras residenciais, incluindo o fornecimento para uso comum de prédio ou conjunto de edificações, com predominância de unidades consumidoras residenciais (isto é, de residências particulares), com ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de troca por equipamentos elétricos mais eficientes.
- Projeto Rural: Efetuado em unidades consumidoras localizadas em áreas rurais e onde a atividade económica predominante seja a agricultura/pecuária, atuando sobre os processos e métodos de produção rural, como substituição de bombas e motores por equipamentos de maior rendimento e EE.
- Projeto pelo Lado da Oferta: Somente poderão ser incluídos no PEE do SEB projetos com enfoque na EE pelo lado da oferta destinados à melhoria do fator de carga do sistema eléctrico por meio da redução e/ou deslocamento da *peak hour* e pela introdução de novas modalidades tarifárias que estimulem a mudança de hábito dos consumidores.

<sup>157</sup> Todavia, assinala-se a ausência de indicadores de impacto das medidas neste tipo de projetos (Haddad, 2010).

<sup>158</sup> Lâmpadas, frigoríficos, chuveiros eléctricos, etc.

<sup>159</sup> Não obstante, pequenas unidades de comércio localizadas nas sociedades alvo do investimento poderão ser envolvidas nos projetos de baixa renda desde que haja recuperação de pelo menos 50% dos investimentos realizados com recursos do PEE.

<sup>160</sup> No caso dos projetos de baixa renda, devido à característica de se englobar um número expressivo de unidades consumidoras, as ações de M&V deverão ser realizadas por amostragem (aleatória).

- Projeto-Piloto: Projeto promissor, inédito ou inovador, ao qual se ambiciona uma ampliação da sua escala de execução. Contudo, não deverão ser incluídos custos respeitantes ao I&D tecnológico.
- Projeto Prioritário: De grande relevância e abrangência, concebido no âmbito da política nacional de EE, sendo que os critérios e procedimentos para elaboração, execução e avaliação serão definidos em regulamento específico<sup>161</sup>.
- Projeto Cooperativo: Desenvolvido em parceria, por duas ou mais empresas distribuidoras de energia elétrica<sup>162</sup>, em que os benefícios auferidos na área de concessão (quer diretos como indiretos) de cada empresa participante deverão ser proporcionais às suas parcelas de investimento.

A Lei nº 9.991/2000 estabelece, para todos os projetos integrantes do PEE, a obrigatoriedade de utilização de equipamentos ou eletrodomésticos com o Selo PROCEL, nos casos em que estes estejam disponíveis (Eletrobras/PROCEL, 2010), sendo referido no MPEE os casos dos sistemas de refrigeração e dos aquecedores solares (ANEEL, 2008c).

### 6.3.2. Estruturação, M&V e Fiscalização dos Projetos de PEE

As empresas distribuidoras de energia elétrica devem apresentar uma proposta para a avaliação dos resultados do projeto em termos de economia de energia e redução da procura na ponta, a qual deve contemplar a comparação dos valores estimados com os resultados realmente obtidos – isto é, contendo a informação das metas de poupança de energia e de redução da procura na ponta, com base nos valores verificados no (pré-) diagnóstico realizado.

A ANEEL explicita algumas imposições almejando a maximização das externalidades positivas para o mercado, para os consumidores e para o meio ambiente que advirão dos projetos de PEE – são disso exemplo (ANEEL, 2008c):

- Não poderão ser incluídas as ações da sua própria responsabilidade e inerentes à atividade de prestação de serviço público de distribuição de energia (ex. extensão da rede secundária).
- Os preços de aquisição de materiais, equipamentos, serviços e mão-de-obra devem ser avaliados pela média dos preços praticados pelo mercado, nas regiões onde os projetos serão executados.

---

<sup>161</sup> As distribuidoras com mercado de energia vendida inferior a 1.000 GWh por ano poderão aplicar a totalidade dos recursos do PEE em projetos deste âmbito.

<sup>162</sup> Potenciando economias de escala, complementaridade de competências, aplicação das melhores práticas, e promovendo desta forma produtividade e qualidade superiores dos projetos realizados.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

- Como custos elegíveis do PEE que a concessionária acarreta, podem ser considerados os custos de administração e de *marketing*; de formação de pessoas; inerentes à participação de quadros da distribuidora em seminários e *workshops* relacionados com os PEEs; de aquisição de equipamentos necessários para a medição dos resultados; entre outros. Tal constitui um incentivo económico para os promotores dos projetos de PEE. Porém, a soma destes custos não pode ultrapassar 5% do valor do projeto, sendo que este valor deverá ser considerado no cálculo da Relação Custo-Benefício (RCB) – principal indicador de avaliação dos projetos de PEE.

- Para garantir que a parcela de recursos onerada pelos consumidores no processo de uma EE superior seja revertida num benefício “próprio”, serão permitidos apenas projetos executados na área de concessão das empresas do serviço público de distribuição de energia elétrica<sup>163</sup>.

- Nos projetos que envolvam substituição de equipamentos de baixa eficiência por equipamentos mais eficientes, todos os equipamentos retirados de operação devem ser descartados, segundo regras estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. O MPEE assegura também que, perante situações específicas em que a concessionária esteja impossibilitada de realizar diretamente a recolha dos equipamentos, deverá garantir, por meio de cláusula contratual, que os mesmos não poderão ser reutilizados, passando a unidade consumidora beneficiada no projeto a estar responsabilizada por tal.

A ANEEL estabelece, *a priori*, diferentes padrões de exigência de aceitabilidade dos projetos de PEE, no que concerne à avaliação inicial necessária, tendo em consideração o seu plano de ação:

- Projetos com avaliação inicial detalhada: Para os projetos-piloto, do lado da oferta, educacionais e de gestão energética, inclusive Gestão Energética Municipal (GEM);

- Projetos com avaliação inicial simplificada: Quando se tratar de um projeto de grande relevância mas com RCB superior a 0,8 – a concessionária deverá justificar a relevância do mesmo e as razões pelas quais excede o valor limite de RCB.

- Projetos sem avaliação inicial: São projetos já consagrados, amplamente realizados pelas concessionárias e/ou empresas de conservação de energia – ESCOs, com práticas de execução consolidadas e boa previsibilidade nos resultados<sup>164</sup>. São exemplos os projetos Residencial, Baixa Renda, Industrial, Comércio e Serviços, Poder Público, Serviços Públicos, e Rural.

---

<sup>163</sup> Poderão, eventualmente, registar-se parcerias entre concessionárias – Projeto Cooperativo.

<sup>164</sup> Os projetos são passíveis de alteração conforme necessidade durante a sua execução, desde que estejam dentro dos critérios e regras definidos no MPEE (ANEEL, n.d.).

### Contrato de Desempenho

Todos os projetos de EE cujo beneficiário tenha fins lucrativos devem ser efetuados mediante um contrato de desempenho, celebrado entre o cliente e a concessionária/*permissionária* visando à execução de ações de EE (ANEEL, 2008b), de modo que o valor do investimento realizado seja recuperado pela redução nos gastos com energia elétrica<sup>165</sup> (ANEEL, 2008c).

Os valores recuperados por meio de contrato de desempenho voltam para a Conta de Eficiência Energética das distribuidoras de eletricidade e passam a fazer parte das obrigações futuras de investimento em projetos de EE, nos termos do MPEE.

Desde janeiro de 2011, a concessionária ou *permissionária* que acumular na sua Conta de Eficiência Energética um montante (que ainda não foi aplicado em PEE) superior à soma da retenção referente aos últimos dois anos estará sujeita às penalizações previstas, sendo esse limite de três vezes o montante médio retido e redirecionado para PEE dos últimos três anos para as concessionárias ou *permissionárias* com mercado de energia elétrica inferior a 1.000 GWh por ano (ANEEL, 2008c).

### Medição & Verificação

Cada projeto, aquando da sua implementação, deverá ser acompanhado por um plano de medição e verificação (M&V), definido pela empresa previamente, com a explicitação dos itens de controlo que serão utilizados, facultando a comparabilidade dos resultados efetivamente obtidos com as metas previstas.

A proposta para as medições deverá ser baseada no Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance (PIMVP)<sup>166</sup>, que fornece uma visão geral das melhores práticas atuais disponíveis para a verificação dos resultados da EE e projetos de energias renováveis em instalações comerciais e industriais (ANEEL, 2008c).

A especificação das metodologias de medição pode fornecer diretrizes para os agentes envolvidos no que confere à seleção da abordagem de M&V que melhor se aplique ao projeto<sup>167</sup>, ao reconhecimento das necessidades tecnológicas específicas, ao aumento da sensibilidade do risco entre comprador e vendedor, às garantias de responsabilidade na execução dos projetos, para além de auxiliar a ANEEL na verificação e acompanhamento dos programas. Se, por um lado, a metodologia de M&V dos resultados poderá ser, a critério da empresa, realizada por

---

<sup>165</sup> Nos projetos onde haja a recuperação de investimentos através de contrato de desempenho, o plano de medição e verificação será objeto de negociação entre as partes envolvidas.

<sup>166</sup> Em inglês, *International Performance Measurement & Verification Protocol* – Disponível no site da *Efficiency Valuation Organization* (EVO).

<sup>167</sup> Na apresentação do projeto à ANEEL deverão constar qual ou quais das quatro metodologias disponíveis no PIMVP (opções A, B, C ou D) foi ou será escolhida.

terceiros, por outro, a validação dos critérios adotados pela entidade avaliadora ficará a cargo da ANEEL, que poderá designar um agente credenciado para realizá-la<sup>168</sup> (ANEEL, 2008c).

A poupança energética ou redução da procura são determinadas pela comparação dos consumos, ou procura, mensurados (e mensuráveis) de energia, antes e após a implementação de um programa de economia de energia (isto é, de PEE), seguindo a equação básica (geral) explicitada pelo PIMVP (EVO, 2007):

$$\text{Economia de energia} = \text{Consumo Energia Inicial} - \text{Consumo Energia Pós} - \text{PEE} \pm \text{Ajustes}$$

O termo “Ajustes”, nesta equação geral, incorpora uma componente temporal do consumo energético (em dois períodos de tempo, *ceteris paribus*). Os ajustes são derivados de factos físicos identificáveis – geralmente, os fatores que afetam a utilização de energia são: clima, ocupação, turnos de trabalho, produtividade total das instalações (da empresa) e o manuseamento de equipamentos – podem reverter em ajustes positivos ou negativos (EVO, 2007).

A poupança energética, medida em MWh/ano, e a redução da procura no horário de ponta, medida em kW, são os principais indicadores quantitativos nos projetos de EE<sup>169</sup>.

### Critérios de Avaliação

Existem diversos critérios para a avaliação económica dos projetos, aplicáveis aos direcionados ao consumo final, como àqueles do lado da oferta, focados na melhoria do fator de carga. Não obstante, todos os projetos devem ter a sua RCB calculada sob a ótica da sociedade.

Se um projeto incorporar mais do que um objetivo operacional (iluminação, refrigeração, etc.), cada um desses fins deverá ter a sua RCB calculada. A RCB global do projeto (que não pode exceder, salvo casos particulares e com a devida justificação, o valor de 0,80)<sup>170</sup> é determinada por meio da média ponderada das RCBs individuais, cujas ponderações serão definidos pela participação percentual da energia poupada em cada uso final<sup>171</sup>.

De uma forma genérica, a RCB é definida pelo quociente entre os custos e os benefícios anualizados. No que concerne aos últimos, é-lhes imputada o somatório da energia poupada, numa base anual, atingido pela redução de perdas, pela produção descentralizada e/ou pela substituição por equipamentos elétricos energeticamente mais eficientes.

---

<sup>168</sup> Os custos de M&V são incluídos no orçamento de PEE.

<sup>169</sup> As estimativas destes valores devem estar expressas no plano inicial de cada projeto, a ser entregue à ANEEL.

<sup>170</sup> Significa que, para um determinado projeto, os custos nunca poderão ser mais do que 80% dos benefícios que se antecipam pela realização do projeto em causa.

<sup>171</sup> O limite da RCB já deve contemplar as margens de erro. Dessa forma, os diagnósticos dos projetos devem ser executados de “forma conservadora”, de modo que tais variações não excedam o limite permitido (ANEEL, n.d.).

Mais especificamente, a RCB pode ser definida pela expressão abaixo<sup>172</sup> (ANEEL, 2008c):

$$RCB = \frac{CT \times FRC}{EE \times CE}, \text{ em que } FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \text{ ou seja } RCB = \frac{\sum \text{Custos Atualizados}}{\sum \text{Benefícios Atualizados}}$$

Sejam:

- CT – Custo Apropriado do Projeto (R\$)<sup>173</sup>;
- FRC – Fator de Recuperação de Capital, influenciado pelas Taxa de Juro/Desconto Anual –  $i$  – e Vida Útil do(s) Equipamento(s) –  $n$ ;
- EE – Energia Elétrica Conservada (MWh/ano);
- CE – Custo Evitado de Energia (R\$/MWh).

A RCB é calculada pelo quociente entre custos e benefícios. Deste modo, para que um projeto seja rentável, os benefícios têm que ser superiores aos custos, logo a RCB é menor que 1. Dito de outra forma, um projeto é tanto pior quanto maior for a RCB e para que tenha racionalidade económica no máximo os custos podem ser iguais aos benefícios desse projeto (RCB=1).

De forma análoga, induz-se que, no caso de projetos plurianuais, a RCB resulte do quociente entre o valor atualizado dos custos e o valor atualizado dos benefícios. A taxa de desconto (anual) a ser considerada na avaliação financeira é de, no mínimo, 8%<sup>174</sup>. Se o projeto englobar equipamentos com vidas úteis diferentes<sup>175</sup>, o investimento anualizado do projeto será composto pelo somatório dos investimentos anualizados correspondentes a cada equipamento e a sua respetiva vida útil.

Os “custos evitados”<sup>176</sup> incorporam as poupanças (monetárias) decorrentes do adiamento de investimentos na expansão do sistema elétrico (custo da procura evitada) e/ou da redução de despesas operacionais (custo da energia economizada)<sup>177</sup>. Com o intuito de quantificar os custos totais evitados, multiplicam-se os valores da procura e da energia evitadas pelos respetivos “custos unitários evitados” (ANEEL, 2008c).

Em projetos que não se aplicam critérios como a RCB, Redução da Procura de Ponta e Energia Economizada, entre outros parâmetros de M&V, recorre-se, visto que “todos os projetos deverão apresentar metodologia de avaliação, monitorização e verificação de resultados”, a

<sup>172</sup> Sofrerá alterações para se coadunar às especificidades, objetivos e tipologia dos projetos.

<sup>173</sup> Resulta do somatório do “custo apropriado” de todos os componentes do projeto, sejam, por exemplo, planeamento, mão-de-obra, material utilizado, equipamentos envolvidos, entre outros.

<sup>174</sup> A taxa de desconto tem por base o Plano Nacional de Energia – PNE 2030, “Taxa de desconto aplicada na avaliação das alternativas de expansão”.

<sup>175</sup> A vida útil de cada equipamento é estabelecida com base nos dados fornecidos pelo próprio fabricante, sendo que se considera uma depreciação dos ativos tangíveis através de um método linear.

<sup>176</sup> Variável “CE” da fórmula geral de determinação da RCB.

<sup>177</sup> São considerados como custos (de procura e de energia), no atendimento de uma unidade consumidora, os incorridos em todo o sistema “eletricamente” a montante da mesma, inclusive aqueles do segmento onde a mesma se encontra ligada – produção, transmissão e distribuição.

“figuras de mérito” na avaliação dos resultados consoante o tipo de projeto considerado. Por exemplo, os projetos educacionais deverão ser avaliados por meio de técnicas que meçam, por exemplo, alguns dos seguintes aspetos: duração dos benefícios, impactos sociais, contribuição para mudança de hábito, contribuição para transformação de mercado, benefícios ambientais, obtenção de informações confiáveis para planeamento e gestão, abrangência do projeto (quantidade de pessoas beneficiadas), número de alunos, duração das aulas e avaliação do conteúdos programáticos, entre outros, cuja definição tem em conta a especificidade do objetivo do projeto e do caso analisado (ANEEL, 2008c).

Entra-se, pelo exposto, num campo de mensuração, logo de avaliação dos objetivos propostos, com uma carga de subjetividade assinalável visto que, neste tipo de projetos, o objetivo reside num paralelismo entre a transmissão de práticas sustentáveis e a sensibilização para a adoção de medidas mais eficientes. A aprendizagem (isto é, a “satisfação” dos objetivos traçados), independentemente do “grau de sucesso”, não tem um horizonte temporal definido (pode estender-se, em última análise, a várias gerações, seja na utilização de práticas como numa consciência de conservação de energia), o que inviabiliza quase por completo estimativas que se tomem como representativas e/ou fiáveis da mensuração que se está a (tentar) proceder – dificuldade de atestar a casualidade direta entre as ações dos mesmos e as potenciais reduções de consumo de recursos energéticos (Haddad, 2010). Põe-se, deste modo, um problema de enviesamento da própria avaliação dos projetos.

### Fiscalização dos projetos

A fiscalização é uma atividade formal e documentada cujo propósito é assegurar que as empresas distribuidoras de energia elétrica<sup>178</sup> cumpram com a obrigatoriedade da realização dos investimentos mínimos em EE conforme o estabelecido no contrato de concessão, na legislação vigente e nos projetos aprovados – este cumprimento implica em atingir as metas físicas e financeiras dos projetos. Todavia, constatada uma infração, sujeita à imposição de penalização, o procedimento adotado pela ação fiscalizadora está regulamentado pela Resolução ANEEL nº 63, de 12 de maio de 2004<sup>179</sup> (ANEEL, 2008b).

---

<sup>178</sup> Tanto concessionárias como *permissionárias*.

<sup>179</sup> Segundo o resumo do diploma: “Aprova procedimentos para regular a imposição de penalidades aos concessionários, *permissionários*, autorizados e demais agentes de instalações e serviços de energia elétrica, bem como às entidades responsáveis pela operação do sistema, pela comercialização de energia elétrica e pela gestão de recursos provenientes de encargos setoriais.” - Os Artigos 3.º ao 7.º da mesma Resolução definem as várias infrações e respetivas consequências (ANEEL, 2004b).

A fiscalização dos projetos de EE<sup>180</sup> tem como objetivos a verificação do cumprimento das “aplicações mínimas exigidas por lei”, a verificação e avaliação da metodologia aplicada e dos resultados atingidos (no que concerne à EE alcançada), e a identificação dos fatores que prejudicam ou que possam reduzir o potencial da execução dos projetos de PEE.

### 6.3.3. Análise dos Resultados

No *site* da ANEEL é disponibilizado apenas um ficheiro com dados estatísticos acerca dos projetos de PEE, acessível pelo *link* denominado “Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL”<sup>181</sup> (ANEEL, 2011b), com “informações [que] refletem a previsão de investimentos em Projetos de Eficiência Energética” a partir de 2008, ano em que se implementou a mais recente versão do MPEE. A ANEEL isenta-se da responsabilidade pelos dados apresentados visto que as informações “são de responsabilidade das empresas de energia elétrica”, facto que é de difícil compreensão visto que a publicação encontra-se no seu *sítio* de internet.

Posto isto, e embora a escassez de informação estatística publicamente disponível, analisa-se a base de dados acima referida, respeitante ao quadriénio 2008-2011.

Contudo, no gráfico 6.16 é expressa a evolução do número de projetos e dos montantes de investimentos aprovados respeitantes aos ciclos de PEE anteriores, isto é, entre o primeiro ciclo 1998-1999 e o de 2006-2007. Pode constatar-se que, para ambas as variáveis em análise, é patente uma tendência crescente atingindo o seu máximo no ciclo 2004-2005, sendo que daí para diante decresceram. Refere-se, também, que, embora o decréscimo verificado nos últimos dois ciclos, os valores, tanto para o número de projetos como para o montante de investimentos aprovados, são superiores no último ciclo comparativamente com os registados no ciclo 1998-1999.

---

<sup>180</sup> Realizada tanto pela equipa do PEE da ANEEL/SFE como por consultores *ad hoc* na sede da empresa distribuidora e/ou nos locais onde os projetos estão a ser executados.

<sup>181</sup> A última atualização data de 06/09/2011.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

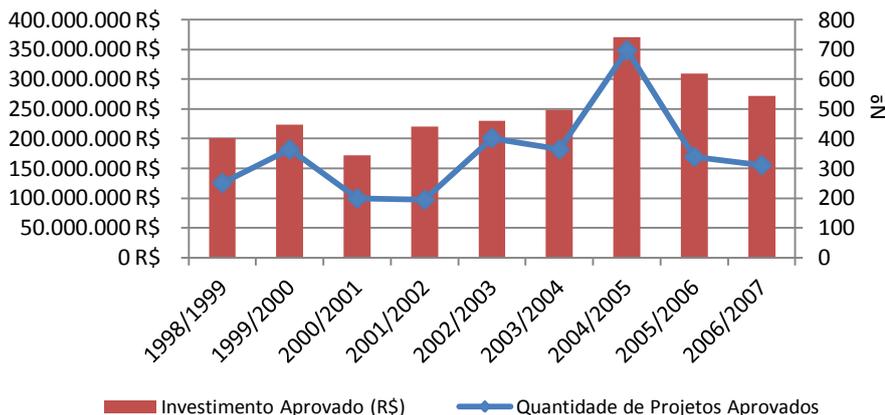


Gráfico 6.16: Evolução do número de projetos e montante de investimentos aprovados nos ciclos anteriores do PEE, no período de 1998 a 2007

Fonte: Dados de Pompermayer, 2010.

Dada a existência de incoerências nos dados apresentados no ficheiro “Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL”, procederam-se a algumas correções, presentes no Anexo II.1, de modo a permitir a análise estatística.

A análise estatística inicia-se com os valores totais para o período compreendido entre 2008 e 2011, presentes no quadro abaixo.

Quadro 6.3: Síntese dos valores globais do PEE entre 2008 e 2011.

<b>Número de Empresas Distribuição de Energia Elétrica</b>	75
<b>Número de Projetos</b>	829
<b>RCB ponderada pelos montantes investidos</b>	0,608
<b>Energia Economizada Global (MWh/ano)</b>	1.931.188,08
<b>Procura Retirada da Ponta Global (KW)</b>	644.455,03
<b>Montantes Totais Investidos</b>	R\$ 2.133.889.300,82
<b>Período Médio dos Projetos (dias)</b>	404
	1 ano, 1 mês e 14 dias

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

Existem algumas relações importantes a realçar para o quadriénio 2008-2011: foram aprovados 829 projetos (média de aproximadamente 207 por ano), sendo que alguns ainda se encontram a decorrer, por 75 distribuidoras de energia elétrica (das 93 elegíveis pela ANEEL (2011b)), em que os investimentos totais ascenderam a R\$ 2,134 mil milhões, prevendo-se uma poupança energética anual global na ordem dos 1,931 milhões de MWh.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

Outro aspecto relevante é a duração média de realização dos projetos<sup>182</sup>, que ronda 1 ano, 1 mês e 14 dias<sup>183</sup>, o que evidencia uma envergadura operacional considerável dos mesmos.

No que concerne à Relação Custo-Benefício dos projetos de PEE, para o cálculo dos valores médios das RCBs ponderaram-se pelos montantes totais investidos em cada projeto, chegando-se ao valor médio para o quadriênio de 0,608, através da seguinte fórmula:

$$RCB \text{ ponderada} = \frac{\sum RCB \text{ ponderadas} - \sum RCB \text{ ponderadas com valor} > 1}{\text{Montantes totais investidos} - (\text{Montantes inv. de RCB} = 0 + \text{Montantes investidos de RCB} > 1)}$$

Não obstante, e por intermédio da mesma fórmula, determinaram-se as RCBs médias anuais ponderadas pelos montantes totais investidos nos projetos, sendo que apresentam uma tendência crescente, o que pode indiciar rendibilidades dos investimentos em EE cada vez maiores – gráfico 6.17<sup>184</sup>.

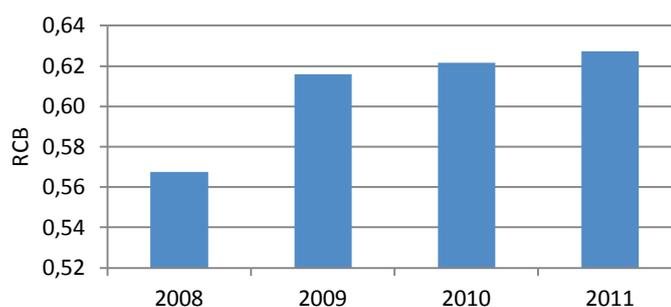


Gráfico 6.17: Evolução temporal das RCBs médias anuais ponderadas pelos montantes totais investidos de 2008 a 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

No que toca ao número e montantes totais investidos nos projetos, presentes no gráfico 6.18, constata-se um decréscimo dos montantes totais investidos a partir de 2009, enquanto o número de projetos iniciados em cada ano apresenta uma tendência crescente, excetuando para 2011. Para ambas variáveis, no que respeita ao ano de 2011, há que destacar que ainda só estão disponíveis dados referentes a projetos até a data de 06/09/2011.

<sup>182</sup> Para o cálculo do período médio dos projetos, foram retirados os projetos com período negativo (16) ou nulo (2).

<sup>183</sup> A equivalência entre “404 dias” e “1 ano, 1 mês e 14 dias” foi tendo em conta o ano com 360 dias (ano comercial) e o mês com 30 dias.

<sup>184</sup> O quadro de cálculo auxiliar (quadro 10.1) encontra-se no Anexo II.2.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

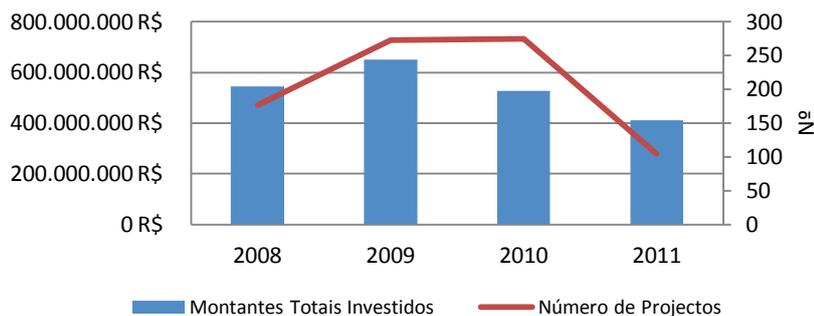


Gráfico 6.18: Evolução temporal do número e dos montantes totais investidos nos projetos de PEE, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

Noutra aceção, considerando a energia poupada e procura retirada da ponta nos projetos de PEE, presentes no gráfico seguinte, releva-se a clara tendência crescente tanto da energia economizada por ano como da procura retirada da ponta (em 2011 existe um decréscimo mas mesmo com um trimestre cujos projetos ainda não foram inscritos, os valores aproximam-se já dos registados para 2010), o que vai ao de encontro à tendência anual crescente das RCBs médias ponderadas (gráfico 6.17), demonstrando uma maior eficácia dos projetos de PEE operacionalizados. Outro facto a realçar é que, contrapondo os gráficos 6.18 e 6.19, apesar dos montantes investidos terem diminuído nos últimos anos (atingindo o máximo em 2009), isso não se reflete, bem pelo contrário, nos resultados alcançados pelos projetos de PEE, o que evidencia uma cada vez maior eficiência na utilização dos recursos monetários investidos<sup>185</sup>.

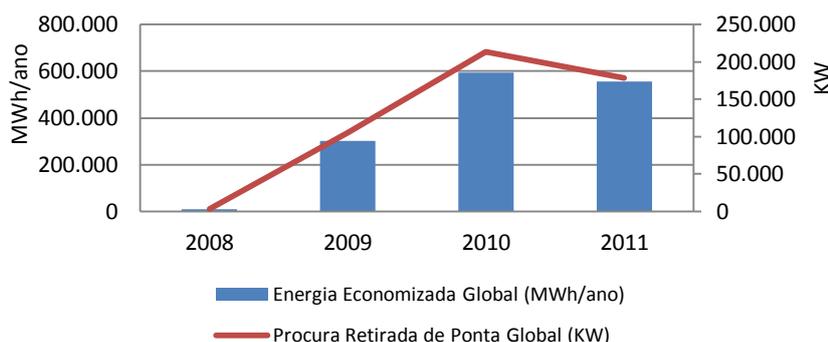


Gráfico 6.19: Evolução temporal da energia economizada e da procura retirada de ponta nos projetos de PEE, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

O investimento dos projetos de PEE é essencialmente suportado pelas empresas distribuidoras de energia elétrica – gráfico 6.20, representando aproximadamente 95% dos montantes totais investidos entre 2008 e 2011.

<sup>185</sup> Dados estatísticos explicitados no quadro 10.2 do Anexo II.2.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

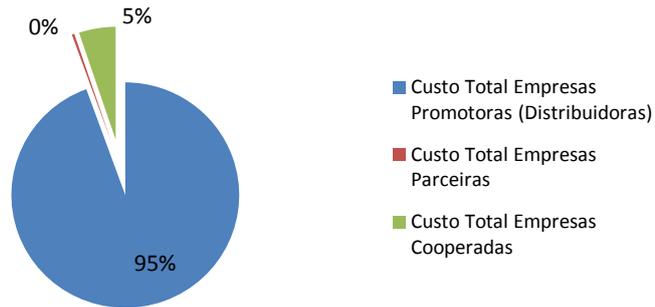


Gráfico 6.20: Distribuição, em termos globais, da fonte de financiamento dos projetos de PEE, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

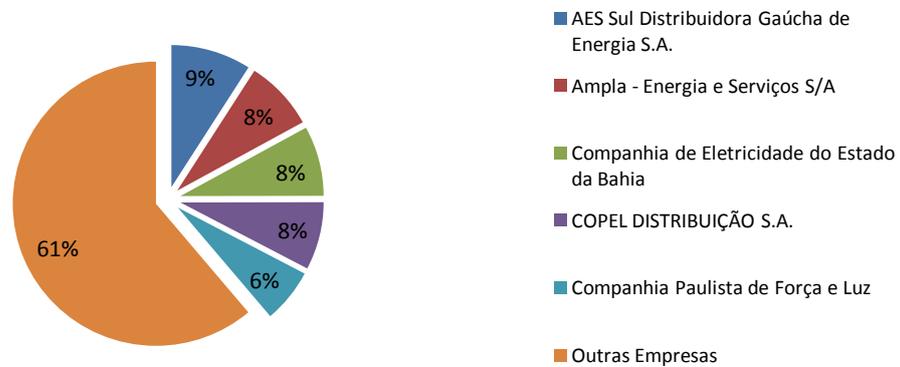


Gráfico 6.21: Peso do número de projetos por empresa de distribuição de energia elétrica, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

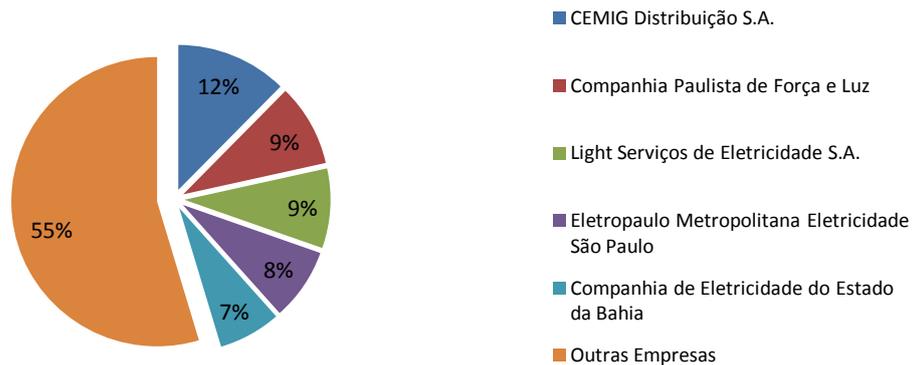


Gráfico 6.22: Peso dos montantes totais investidos por empresa de distribuição de energia elétrica, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

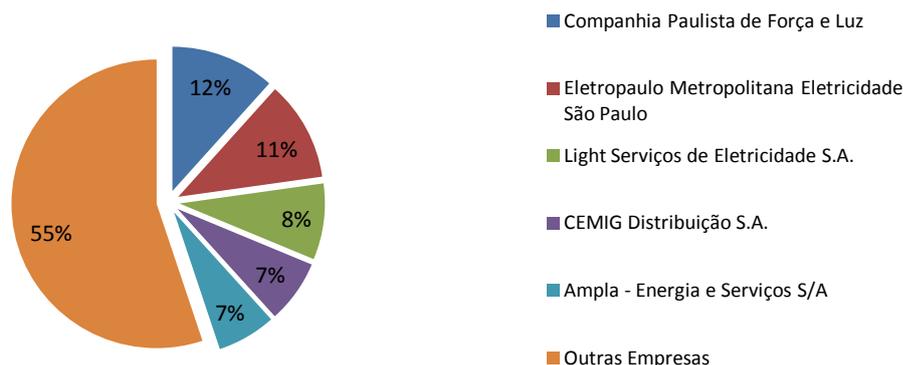


Gráfico 6.23: Peso da energia economizada global por empresa de distribuição de energia elétrica, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

Pretendeu-se analisar o peso das cinco maiores empresas de distribuição de energia elétrica, quer a nível do número total de projetos (gráfico 6.21), como dos montantes totais investidos (gráfico 6.22), como da energia total economizada por ano (gráfico 6.23). Como se observa nos gráficos 6.21, 6.22 e 6.23:

- Peso das 5 Empresas com maior número de projetos no total: 38,84%
- Peso das 5 Empresas com maior valor agregado investido em projetos no total: 45,37%
- Peso das 5 Empresas com maior energia economizada global no total: 44,89%

Para qualquer um dos casos, as cinco empresas distribuidoras com maior expressão para cada variável apresentam um peso conjunto muito elevado no total, sendo de assinalar novamente que a base de dados da ANEEL contempla 75 empresas de distribuição de energia elétrica. Por outro lado, é necessário referir que nenhuma delas se encontra simultaneamente no “top 5” dos casos apresentados.

Esta análise poderá indiciar a heterogeneidade na dimensão das empresas de distribuição de energia elétrica, como das necessidades de investimento das respetivas áreas de concessão. Contrapondo com o quadro 6.4, constata-se que apesar de quase todas as maiores empresas distribuidoras nas variáveis analisadas concernentes aos projetos de PEE constarem nas listas das cinco maiores empresas de distribuição de energia elétrica, associadas da ABRADDEE<sup>186</sup>, variam no lugar e na lista (por consumidor ou por consumo de energia elétrica). Por exemplo, a Light – Serviços de Eletricidade, S.A., enquanto na análise do PEE encontra-se no terceiro lugar no peso dos montantes totais investidos e da energia economizada global, no que diz respeito ao número de consumidores e ao respetivo consumo, nas listas da ABRADDEE, ocupa em ambos o 5º lugar.

<sup>186</sup> No número de consumidores em dezembro de 2010 e no consumo de energia elétrica total em 2010.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

Quadro 6.4: Cinco maiores empresas de distribuição de energia elétrica, associadas da ABRADEE, no número de consumidores em dezembro de 2010 e no consumo de energia elétrica total em 2010.

Nº de Consumidores Dez/2010	Consumo energia elétrica em 2010 (GWh)
CEMIG	AES ELETROPAULO
AES ELETROPAULO	CEMIG
COELBA	COPEL
COPEL	CPFL PAULISTA
LIGHT	LIGHT

Fonte: Dados ABRADEE, 2012.

Analisando a tipologia dos projetos de PEE, através dos pesos do número e dos montantes investidos nos totais referentes, gráficos 6.24 e 6.25 respetivamente, destacam-se, em ambos os casos, as tipologias “Poder Público” e a “Baixa Renda”, sendo que o primeiro regista, para o quadriénio em questão, o maior número de projetos, enquanto a segunda tipologia evidencia-se claramente no que concerne aos montantes totais investidos, o que vai de encontro com o facto de a ANEEL exigir que as concessionárias e *permissionárias* aplicassem, no mínimo, 50% da obrigação legal de investimento em PEE em projetos voltados a comunidades de baixo rendimento (ANEEL, 2008c) até à entrada em vigor da Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010, em que as concessionárias e *permissionárias* de distribuição de energia elétrica têm que aplicar, no mínimo, 60% dos recursos dos seus programas de eficiência para unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social (Presidência da República, 2010)<sup>187</sup>.

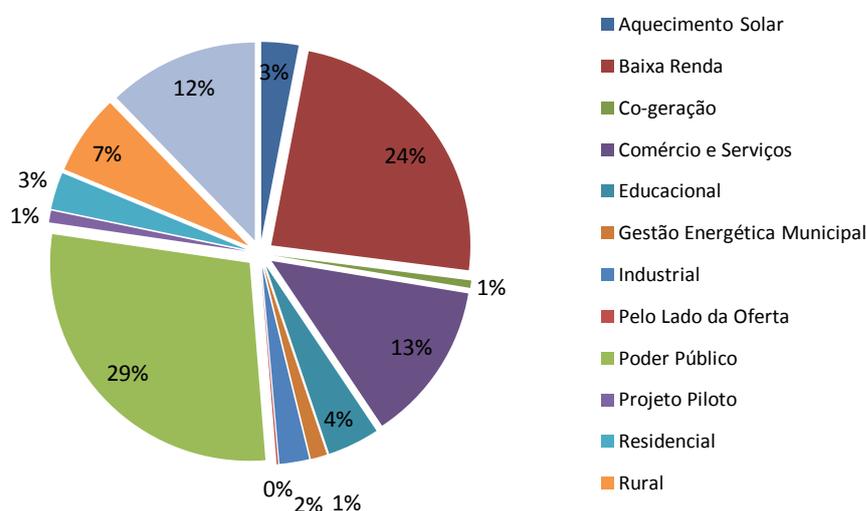


Gráfico 6.24: Peso do número total de projetos de PEE segundo a sua tipologia, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

<sup>187</sup> Haddad (2010) aponta que este percentual obrigatório induz as empresas distribuidoras a investirem mais (que o mínimo) para não correrem o risco de entrarem em incumprimento – “o percentual obrigatório induz as concessionárias ao uso de 100% da verba para a baixa renda”. Enaltece igualmente que projetos em entidades sem fins lucrativos deveriam assumir prioridade uma vez que nos projetos de “Baixa Renda” só um segmento dos consumidores obtém benefícios dos investimentos.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

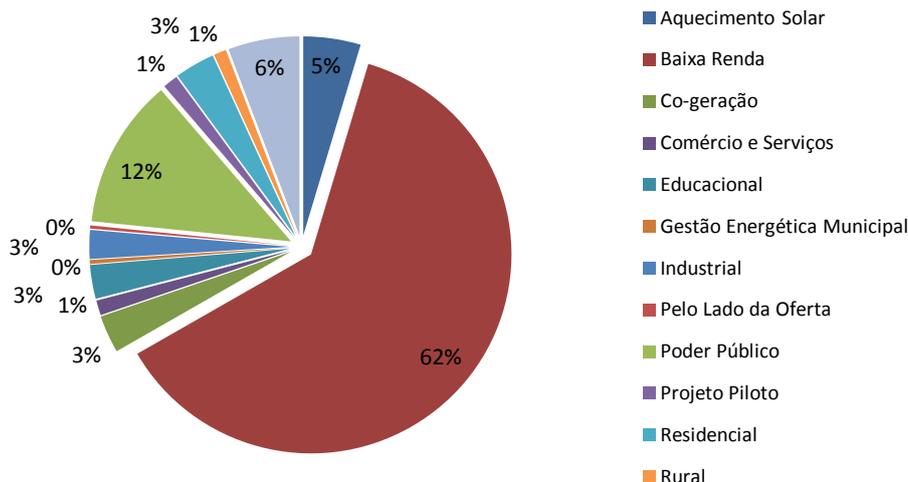


Gráfico 6.25: Peso dos montantes totais investidos nos projetos de PEE segundo a sua tipologia, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

Quanto à tipologia de uso final, a análise é efetuada, à semelhança de até aqui, em termos relativos, de modo a possibilitar uma melhor percepção do PEE<sup>188</sup>.

Pelos gráficos 6.26 (peso do número total de projetos de PEE por tipo de uso final) e 6.27 (peso da energia economizada anual em projetos de PEE por tipo de uso final) verifica-se que os tipos de uso final predominantes, no que diz respeito ao número de projetos, são, por ordem decrescente do seu peso, a iluminação, a refrigeração e o condicionamento de ar<sup>189</sup>. Por outro lado, considerando o peso da energia economizada anual em projetos de PEE por tipo de uso final, nota-se a igual predominância da iluminação, seguida das categorias “outros” e refrigeração. Denotar apenas que, neste caso, o condicionamento de ar representa um valor residual de aproximadamente 2%, o que contrasta com a sua representatividade de 15% no peso do número total de projetos. Releva-se também o reduzido peso da categoria da indústria (aproximadamente apenas 2% e 3%, respetivamente).

<sup>188</sup> Os dados da ANEEL, por uso final e por equipamento (análises seguintes), são incoerentes em termos de número de projetos com a base de dados geral. Todavia, vão ser analisados visto que, numa abordagem relativa, podem ser relevantes para um conhecimento mais pormenorizado dos projetos elegíveis e enveredados do PEE.

<sup>189</sup> Numa perspetiva de fiabilidade e consonância, utilizaram-se os termos empregues pela ANEEL.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

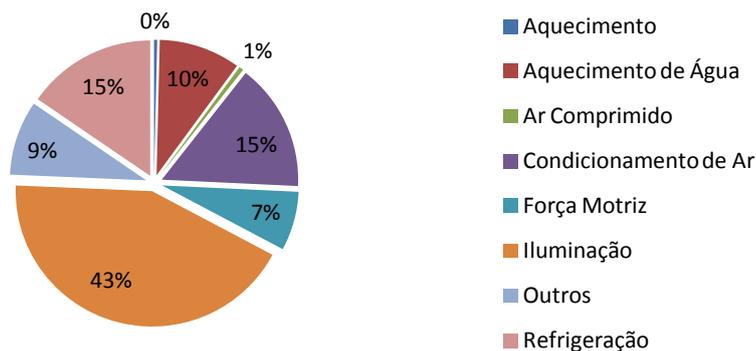


Gráfico 6.26: Peso do número total de projetos de PEE por tipo de uso final, entre 2008 e 2011

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

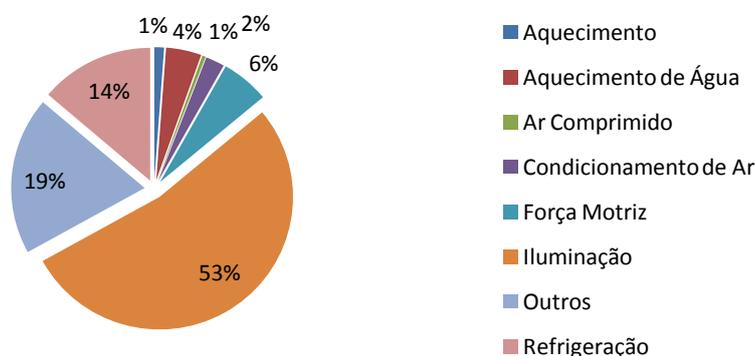


Gráfico 6.27: Peso da energia economizada anual em projetos de PEE por tipo de uso final, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

Uma análise cruzada entre os tipos de projeto e de uso final, representados pelo quadro 10.3 no Anexo II.2, possibilita perceber quais os principais usos finais para cada categoria de projeto. A título de exemplo, para a Baixa Renda verifica-se a predominância, em termos de número de projetos, da iluminação e da refrigeração; enquanto no Poder Público destacam os seguintes tipos de usos finais: iluminação e condicionamento de ar.

Através da análise do gráfico 6.28, que diz respeito ao peso do número de projetos por tipo de equipamento, observa-se que a categoria de tipo de equipamento “Outros”<sup>190</sup> é a que tem maior expressividade, seguida das LFC (lâmpadas fluorescentes compactas) e das LFT (lâmpadas fluorescentes tubulares), o que vai de encontro com a importância da iluminação expressa anteriormente.

Procedeu-se igualmente à análise cruzada entre os tipos de projeto e de equipamento, representados pelo quadro 10.4 no Anexo II.2, que possibilita perceber quais os principais usos finais para cada categoria de projeto. Por exemplo, na Baixa Renda são predominantes, em

<sup>190</sup> Por uma questão de simplificação da representação gráfica, foram incluídas, devido à sua importância residual, na categoria "Outros": Autoclave, Bebedouro, Bomba de Calor, Compressor, Painele Fotovoltaico, Tanque de Expansão.

## Programas de Eficiência Energética Brasileiros

número de projetos, os tipos de equipamentos “geladeira” e lâmpadas fluorescentes compactas (LFC).

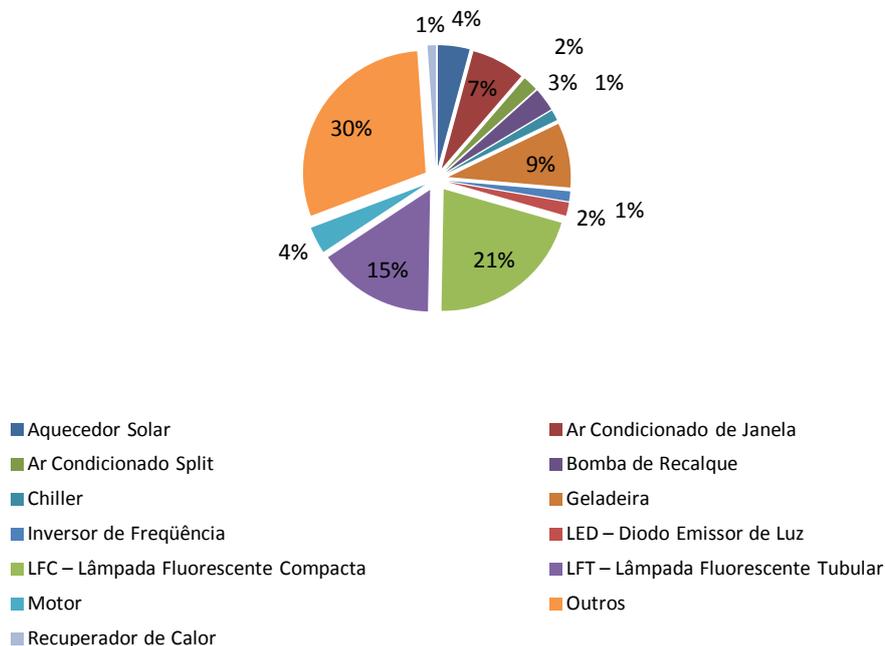


Gráfico 6.28: Peso do número de projetos por tipo de equipamento, entre 2008 e 2011.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011a.

### 6.3.4. Análise Global do PEE

Surge a necessidade de tecer alguns comentários sobre o rigor científico do ficheiro “Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL”, onde está explicitada a informação sobre os projetos enquadrados no PEE, que se espera superior: não está padronizado e existem dados que claramente estão incorretos.

É de ressaltar, igualmente, a ausência de um maior esclarecimento sobre as metodologias aplicadas na avaliação dos projetos e sobre os resultados da fiscalização por parte da ANEEL, colocando “em causa” a eficácia real dos projetos realizados no âmbito do PEE.

Haddad (2010)<sup>191</sup>, num *workshop* organizado pela ANEEL<sup>192</sup>, refere que a falta de critérios específicos e regras claras em relação a fiscalização dificultam a realização do PEE, sugerindo que se instigue a elaboração de uma proposta de projeto para analisar a viabilidade dos mesmos. O membro da EXCEN vai mais longe, afirmando que “qualquer bom projeto requer levantamento, análises, medições, simulações, comparações, etc., antes de ser efetivamente

<sup>191</sup> Membro do Centro de Excelência de Eficiência Energética, na UNIFEI – EXCEN. “Os centros de excelência têm como principais objetivos desenvolver e acompanhar a implementação de estudos de otimização energética em consumidores de energia, bem como conceber e difundir ferramentas educacionais avançadas em eficiência energética” (Eletrobras/PROCEL, 2011a).

<sup>192</sup> Denominado “Elaboração de metodologia que permita mensurar, verificar e avaliar os resultados decorrentes de ações de Eficiência Energética dos Programas de Eficiência Energética - PEE das concessionárias distribuidoras de eletricidade”, que decorreu no dia 17/09/2010.

concebido como tal. Hoje, trabalha-se com dados preliminares, utilizando medições e dados amostrais, com forte participação de informações colhidas junto aos Clientes e dados nem sempre palpáveis, o que nem sempre permite os melhores resultados”.

No que concerne à M&V, (Haddad, 2010; Haddad & Salume, 2010) tecem algumas sugestões para o aperfeiçoamento do PEE:

- A execução dos projetos deve seguir as regras do PIMVP adaptadas à realidade brasileira, com um plano de M&V desenvolvido e aprovado pela ANEEL, segundo as áreas previstas no PEE.
- A ANEEL deveria inserir no MPEE exemplos práticos de aplicação de M&V, seguindo os critérios do PIMVP, para cada uso típico final/tipo de projeto.
- A ANEEL deveria inserir especificações básicas dos instrumentos a serem utilizados, bem como das metodologias de medições aplicáveis.

Noutra aceção, as empresas de distribuição de energia elétrica enunciam algumas dificuldades na fiscalização dos projetos de PEE, sejam (Haddad & Salume, 2010):

- A inexistência ou mesmo falta de critérios específicos e claros para a mensuração dos resultados e na auditoria contabilística e financeira.
- A preocupação das distribuidoras da avaliação e análise subjetiva que será exercida pelos fiscais da ANEEL.
- O longo período que intermedeia a execução dos projetos e a respetiva fiscalização.

Outro facto a assinalar é a ausência de disponibilização de informação sobre o funcionamento do PEE antes da sua última reforma, em 2008<sup>193</sup>. Algo a ser considerado pela ANEEL, numa ótica de incentivo à maximização dos resultados, isto é das externalidades positivas sociais, deveria ser o estímulo à participação de agentes externos à mesma (sejam estudantes, docentes, investigadores), pelo aumento da transparência da informação inerente ao PEE, fomentando, por esta via, a inovação processual, económica e tecnológica.

Não obstante de alguns aspetos menos positivos concernentes ao funcionamento do PEE, essencialmente derivados da escassez de informação disponível publicamente, é indubitável a sua atuação muito importante seja ao nível elétrico como social, dada a focalização de pelo menos 60% dos recursos das empresas distribuidoras de energia elétrica em consumidores de baixo poder de compra (isto é, de baixo rendimento).

Todavia, a aplicação compulsória de 60% dos recursos do PEE no segmento de baixa renda limita ainda mais a disponibilidade de recursos a serem aplicados noutros segmentos que apresentam bons resultados em termos de EE (Haddad, 2010).

---

<sup>193</sup> Excetuando as versões anteriores do MPEE, presentes no *site* da ANEEL.

### Programas de Eficiência Energética Brasileiros

Como se pode observar pelo gráfico 6.29, a evolução do peso das poupanças energéticas anuais dos projetos de PEE no consumo total de energia elétrica no Brasil para o período compreendido entre 2008 e 2010, denota uma tendência positiva, no entanto, os seus valores são praticamente residuais, situando-se abaixo dos 0,16% mesmo para o ano de 2010.

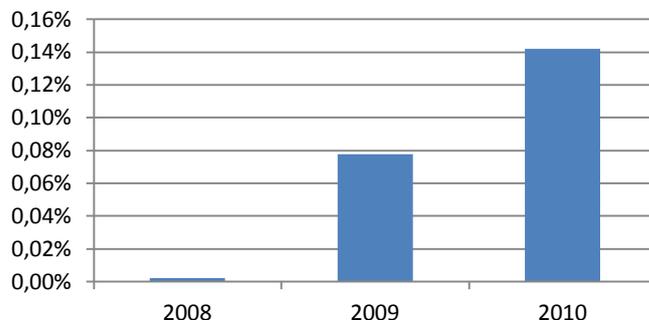


Gráfico 6.29: Evolução do peso das poupanças energéticas anuais dos projetos de PEE no consumo total de energia elétrica no Brasil para os anos de 2008 a 2010.

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011 e de IPEADATA, 2012.

Assim, embora o PEE apresente uma evolução positiva das suas poupanças energéticas, é necessário “ir mais além”, dado que o seu impacto no consumo de energia elétrica ainda é pouco significativo. Não obstante, é necessário salientar a importância dos projetos PEE junto das populações mais desfavorecidas, contribuindo para melhoras as condições de vida das mesmas. “O PEE pode ser uma fonte de indicadores para o setor elétrico, mas também para outros setores, como humano, social e ambiental” (Haddad, 2010, p.9).

## 7. Políticas de Eficiência Energética Brasileiras: no bom caminho?

Este capítulo tem por finalidade efetuar uma explanação do modelo econométrico estimado e retirar elações dos resultados por ele apresentados. Pretende-se também articular as diferentes temáticas tratadas ao longo deste trabalho e, assim, poder inferir-se acerca das ações implementadas pelos programas de EE e de conservação de energia no Brasil, PROCEL e PEE, e de futuras medidas de DSM que possam ser aplicadas pelos mesmos.

### 7.1. Ensaio Metodológico

#### 7.1.1. Análise da literatura para estudos similares

Tendo em consideração que a estimação econométrica realizada pretende traçar uma relação entre o consumo de energia elétrica e o PIB *per capita* no Brasil, e que esta temática encontra-se bastante desenvolvida na literatura da área, particularmente no que concerne à investigação acerca da relação causal entre consumo de energia e PIB, é pertinente realizar um quadro síntese (quadro 7.1) com alguns resultados de estudos científicos existentes.

Quadro 7.1: Síntese de resultados de alguns estudos científicos no estudo das relações entre consumo de energia e de eletricidade com o PIB.

Autor/Ano	País/Período	Variáveis	Correlação e Causalidade
Apergis e Payne (2010)	América do Sul (1980-2005)	Consumo de energia (E), PIB real (PIBr)	E → PIBr (de curto e longo prazos)
Chang e Carballo (2011)	<b>Brasil (1971-2005)</b> Colômbia (1971-2005) Venezuela (1971-2005)	Consumo de energia (E) PIB real (PIBr)	<b>E → PIBr (de curto prazo)</b> E → PIBr (de curto prazo) PIBr → E (de curto prazo)
Chen <i>et al.</i> (2007)	China (1971-2001) Índia (1971-2001)	Consumo de eletricidade (El), PIB real (PIBr)	Não existe causalidade PIBr → El (de curto prazo)
Chontanawat <i>et al.</i> (2006)	<b>Brasil (1971-2000)</b> China (1971-2000) Colômbia (1971-2000) Índia (1971-2000) Venezuela (1971-2000)	PIB real <i>per capita</i> (PIBr pc), Consumo de energia <i>per capita</i> (E pc)	<b>PIBr pc ↔ E pc</b> Não existe causalidade E pc → PIBr pc Não existe causalidade PIBr pc → E pc
Ferguson <i>et al.</i> (2000)	Argentina (1971-1995) <b>Brasil (1971-1995)</b> Colômbia (1971-1995) China (1971-1995) Índia (1971-1995) México (1971-1995) Venezuela (1971-1995)	Consumo de eletricidade <i>per capita</i> (El pc), PIB real <i>per capita</i> (PIBr pc)	Correlação negativa <b>Correlação positiva</b> Correlação positiva Correlação positiva Correlação positiva Correlação positiva Correlação negativa

### Políticas de Eficiência Energética Brasileiras: no bom caminho?

Gadelha (2004)	<b>Brasil (1980-2004)</b>	Consumo de eletricidade (EI), PIB real (PIBr)	EI → PIBr
Ghosh (2002)	Índia (1950-1997)	Consumo de eletricidade <i>per capita</i> (EI pc), PIB real <i>per capita</i> (PIBr pc)	PIBr pc → EI pc
Pao e Tsai (2010)	BRIC (1990-2005)	PIB real (PIBr) Consumo de energia (E)	PIBr ↔ E
Shiu e Lam (2004)	China (1971-2000)	Consumo de eletricidade (EI), PIB real (PIBr)	EI → PIBr
Wolde-Rufael (2005)	Africa do Sul (1971-2001)	Consumo de energia <i>per capita</i> (E pc), PIB real <i>per capita</i> (PIBr pc)	Não existe causalidade
Yoo e Kwak (2010)	Argentina (1975-2006) <b>Brasil (1975-2006)</b> Colômbia (1975-2006) Venezuela (1975-2006)	Consumo de eletricidade <i>per capita</i> (EI pc), PIB real <i>per capita</i> (PIBr pc)	EI pc → PIBr pc (curto prazo) <b>EI pc → PIBr pc (curto prazo)</b> EI pc → PIBr pc (curto prazo) EI pc ↔ PIBr pc (curto prazo)

→ Sentido unidirecional da causalidade

↔ Causalidade bidirecional

A literatura estabelece quatro tipos de relação causal entre o consumo de energia (elétrica) e o crescimento económico, com implicações importantes para a política energética/elétrica:

i. Causalidade unidirecional do consumo de eletricidade para o crescimento económico implica que restrições na utilização de energia elétrica podem afetar negativamente a evolução da atividade económica enquanto o aumento no consumo pode aumentar o crescimento do PIB (Apergis & Payne, 2010; Chang & Carballo, 2011).

ii. Causalidade unidirecional do crescimento económico para o consumo de eletricidade sugere que uma política de conservação de energia elétrica pode ser implementada com pouco ou nenhum impacto no crescimento económico. Nesta situação, as políticas de conservação de energia são uma hipótese “win-win” porque, além de não terem impactos negativos na atividade económica, contribuem favoravelmente para a segurança energética do país uma vez que um incremento no crescimento económico induzirá um aumento do consumo de eletricidade (Ghosh, 2002).

iii. Causalidade bidirecional entre o crescimento económico e consumo de eletricidade, o que significa que ambas as variáveis determinam e são afetadas uma pela outra. Os efeitos de uma política de conservação de energia elétrica têm implicações positivas e negativas, como analisado nos dois primeiros casos (Pao & Tsai, 2011).

iv. Ausência de uma relação causal implica que o consumo de eletricidade não está correlacionado com o crescimento económico significando que nem políticas de conservação ou mesmo de incentivo ao consumo de energia elétrica terão impactos na evolução da atividade económica (S. Chen *et al.*, 2007).

Pode-se referir que, no geral, os estudos deste âmbito revelam diversos resultados consoante vários fatores, entre os quais a metodologia realizada, as variáveis selecionadas, a fonte da informação estatística, o intervalo da amostra, etc., o que dificulta a análise e consequente comparação dos estudos para o mesmo país e entre outros países. Não obstante, a diversidade de processos metodológicos enveredados e, consequentemente, de resultados obtidos confere um valor acrescentado superior à literatura, possibilitando, com estudos mais pormenorizados da mesma, inferir-se sobre o efeito que a metodologia aplicada, como também do período amostral considerado, têm no estabelecimento de correlações e causalidades entre as variáveis analisadas.

Pela análise efetuada, verifica-se que a maioria dos estudos infere acerca da relação causal entre o consumo de energia e PIB real<sup>194</sup> mas, de um modo geral, os resultados obtidos são heterogéneos. Destaca-se, para o Brasil, o facto de, para Chang & Carballo (2011), a causalidade ser unidirecional, no sentido do consumo de energia para o PIB real<sup>195</sup>, enquanto para Chontanawat *et al.* (2006) verifica-se a existência de uma causalidade bidirecional entre as variáveis em questão<sup>196</sup>, resultado também obtido por Pao & Tsai (2010) para o grupo dos países BRIC<sup>197</sup>, e por Apergis e Payne (2010) para a América do Sul, que contrastam com as conclusões do estudo econométrico de Wolde-Rufael (2005) de ausência de causalidade entre o consumo de energia e o crescimento económico na América do Sul.

Tomando como referência a relação do crescimento económico e do consumo de eletricidade e considerando os resultados alcançados por Ferguson *et al.* (2000), constata-se que o Brasil apresenta uma correlação positiva, já esperada, entre o consumo de eletricidade *per capita* e o PIB real *per capita*, resultado que se mantém para a generalidade dos países da América Latina. No entanto, para a Argentina e Venezuela registou-se a existência de correlações negativas entre as variáveis mencionadas. Releva-se o facto de, neste estudo, não se ter inferido sobre uma possível relação de “causa-efeito” das variáveis mencionadas mas sim a correlação entre a evolução das mesmas.

No que concerne à relação causal entre o consumo de eletricidade e a atividade económica, Gadelha (2004) e Yoo e Kwak (2010) obtêm resultados similares, em que a primeira variável “causa” a última. Ressalta-se que Yoo e Kwak (2010) atingem resultados semelhantes para outros países da América Latina (Argentina, Colômbia e Venezuela) na relação de

---

<sup>194</sup> Não obstante de no Quadro 7.1 estarem explicitados mais estudos sobre a relação entre o consumo de eletricidade e o PIB real, dado ser o foco deste trabalho.

<sup>195</sup> Regista-se um resultado semelhante para a Colômbia mas uma causalidade no sentido inverso na Venezuela, ambos também países da América Latina.

<sup>196</sup> Todavia, à que mencionar que os resultados de Chontanawat *et al.* (2006) são distintos entre os diversos países considerados.

<sup>197</sup> Brasil, Rússia, Índia, China.

causalidade entre o consumo de eletricidade *per capita* e o PIB real *per capita*, o que contrasta com os resultados obtidos por Chontanawat *et al.* (2006) quando analisaram a causalidade entre o consumo de energia *per capita* e o PIB real *per capita*, seja na relação de causa-efeito para o Brasil como na diferença nos resultados para os outros países da América Latina em estudo.

No que respeita à Índia, segundo o estudo enveredado por Ghosh (2002), o PIB real *per capita* causa o consumo de eletricidade *per capita*, similar ao obtido por Chen *et al.* (2007), sendo que ambos registaram relação causal unidirecional no sentido de o PIB real *per capita* influenciar o consumo de eletricidade.

Tomando como referência os resultados de Gadelha (2004) e de Yoo e Kwak (2010), que refletem uma relação causal unidirecional do consumo de eletricidade para o PIB real, têm sérias implicações nas políticas de conservação de energia elétrica porque estas irão afetar negativamente o desenvolvimento socioeconómico do Brasil (Chontanawat, 2008; Ghosh, 2002).

A solução que se coloca perante o exposto, é implementar medidas de política que reduzam o consumo de eletricidade sem afetar os benefícios individuais inerentes. Para Ghosh (2002) e Pao & Tsai (2010) algumas das opções a serem consideradas para que as políticas de conservação de energia elétrica não prejudiquem a atividade económica brasileira são a racionalização das tarifas dos consumidores, melhorias de EE dos equipamentos elétricos, reduzir as perdas na transmissão e distribuição de eletricidade, e DSM.

### **7.1.2. Modelo Econométrico**

Procedeu-se a uma estimação econométrica com a principal finalidade de captar o impacto que os programas PEE e PROCEL têm evidenciado no consumo global de energia elétrica no Brasil, variável dependente do estudo, como também de analisar uma possível correlação da mesma com o PIB real *per capita*, para o período compreendido entre 1971 e 2010, tendo-se estabelecido a seguinte relação:

$$Cons\_Elet = f(PIBr\_pc, Progs\_EE)$$

Para tal, usou-se uma estimação pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ)<sup>198</sup> simples, do tipo *log-log*<sup>199</sup>, com o auxílio do software econométrico Gretl.

---

<sup>198</sup> Comumente conhecido como OLS – *Ordinary Least Squares*.

<sup>199</sup> Tanto a variável dependente como as variáveis explicativas apresentam-se sob a forma de logaritmos, exceto a variável *Progs\_EE<sub>t</sub>*.

O modelo final obtido é explicitado pela equação 1, onde  $u_t$  representa os termos dos resíduos e  $\beta_i$ , com  $i=1,2$ , os coeficientes das variáveis explicativas.

$$d\_l\_Cons\_Elet_t = \beta_0 + \beta_1 d\_l\_PIBr\_pc_t + \beta_3 Progs\_EE_t + u_t \quad \text{Eq. 1}$$

### 7.1.2.1. Variáveis da estimação econométrica

A estimação econométrica em questão engloba 40 observações, para o período entre 1971 e 2010.

As variáveis explicativas selecionadas são o Produto Interno Bruto *per capita*, a preços constantes de 2011, e uma variável *dummy* representativa dos programas de EE brasileiros. De entre um conjunto mais amplo de variáveis testadas, opta-se por apenas se evidenciar as discriminadas visto que os resultados das estimações de diversos modelos com a inclusão de outras variáveis explicativas revelarem uma não significância estatística.

As variáveis explicada e explicativas são apresentadas no quadro 7.2, bem como as respetivas fontes dos dados.

Quadro 7.2: Descrição e fonte das variáveis utilizadas na estimação econométrica.

$d\_l\_Cons\_Elet_t$	Consumo de energia elétrica total do Brasil (GWh) Fonte: IPEADATA ( <a href="http://www.ipeadata.gov.br/">http://www.ipeadata.gov.br/</a> )
$d\_l\_PIBr\_pc_t$	Produto Interno Bruto <i>per capita</i> , a preços constantes de 2011 (USD) Fonte: IPEADATA ( <a href="http://www.ipeadata.gov.br/">http://www.ipeadata.gov.br/</a> )
$Progs\_EE_t$	Variável <i>dummy</i> com início em 1993 até ao final do período da amostra

A escolha das variáveis residuiu num processo criterioso de seleção em que se pretendeu incluir, para além da variável dependente de cariz energético, que é o consumo de energia elétrica global do Brasil, um indicador que permitissem abarcar a perspetiva socioeconómica. As razões para a fundamentação da seleção das variáveis referidas, listam-se seguidamente:

- Consumo de Eletricidade,  $d\_l\_Cons\_Elet_t$ : este estudo incide na gestão do lado da procura de energia elétrica no SEB e, como tal, esta variável apresenta-se como fulcral para analisar tanto a eficácia dos programas de EE e de promoção da eficiência no consumo de energia elétrica, como da relação da mesma com outras variáveis de cariz socioeconómico. A opção pelo consumo total de energia elétrica no território brasileiro prende-se com o objetivo da linha de investigação seguida, ou seja, poder aferir-se se as iniciativas levadas a cabo de EE, de promoção na utilização mais eficiente de eletricidade e de conservação da mesma tiveram

impacto, em termos globais, na evolução do consumo total da fonte de energia secundária em questão. A inclusão do impacto mencionado ao nível das diversas regiões geográficas não foi possível por ausência de informação, mais concretamente na atuação/resultados dos programas em PIB *per capita* de cada região ao longo do período analisado.

- Produto Interno Bruto real *per capita*,  $d\_PIBr\_pc_t$ : indicador que relaciona a atividade económica e a população, sendo que a sua inclusão teve a pretensão de estudar a correlação de uma variável socioeconómica com a evolução do consumo de energia elétrica. Em primeiro lugar, a escolha por uma variável cuja evolução fosse em volume é crucial para expurgar os efeitos da inflação, que no Brasil apresenta valores elevados, sendo que esta iria enviesar a análise dada a consideração de um período de 40 anos. Em segundo lugar, a disseminação do PIB *per capita*<sup>200</sup>, nas duas variáveis que lhe dão origem, para além de as estimações econométricas não terem apresentado resultados econométricos satisfatórios, não permitiria um estudo econométrico de uma variável simultaneamente de cariz social/demográfica como económica<sup>201</sup>. Crê-se que esta variável proporciona uma imagem consistente da realidade brasileira dado a forte procura interna de B&S e de energia elétrica – (no que concerne à inclusão da evolução da população residente na análise).

- Programas de EE,  $Progs\_EE_t$ : teve o intuito de estudar o impacto da atuação dos programas PEE e PROCEL na atenuação da evolução do consumo de energia elétrica no Brasil, começando em 1993 porque foi o ano de implementação do subprograma do PROCEL (PROCEL Selo) que mais contribui para as poupanças energéticas. Para além de 1993, foram consideradas outras datas para o início da variável *dummy*: o ano de criação do PROCEL, 1985, e 1991, quando o PROCEL foi convertido em programa de Governo; no entanto, foram preteridas porque o programa em questão encontrava-se, pelo menos de um ponto de vista prático, numa fase inicial e, como tal, com poupanças energéticas pouco (ou nada) significativas. Finalmente, foi equacionada a possibilidade, dado que pretende-se uma análise conjunta do PEE e do PROCEL, iniciar a *dummy* no ano de criação do PEE (2000), contudo coincidiria com o período de racionamento do consumo de energia elétrica ocorrido em 2001, o que enviesaria a análise pretendida.

---

<sup>200</sup> Dado pelo rácio entre o PIB (real) e a população residente.

<sup>201</sup> A não consideração do nº de clientes de energia elétrica em detrimento da população residiu em três aspetos: a ausência de informação estatística da primeira variável; o facto da variabilidade/incerteza do nº de consumidores afetos a cada cliente de eletricidade; por último, este tipo de análise não teria em conta o consumo de eletricidade da indústria, setor de atividade que regista o maior consumo.

### 7.1.2.2. Processo econométrico

Na formulação do modelo, para além de se proceder à análise da qualidade da estimação realizada, foram também testadas as infrações básicas, nomeadamente a existência de multicolinearidade, autocorrelação dos erros e heterocedasticidade. Analisa-se também a estacionaridade das variáveis<sup>202</sup> e a possível endogeneidade das variáveis explicativas, de forma a permitir inferir acerca da consistência e robustez do modelo estimado.

A estimação econométrica efetuada pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) é do tipo log-log de modo a simplificar a interpretação do coeficiente da variável explicativa  $d\_PIBr\_pc_t$ , permitindo uma análise através de elasticidades, tendo-se mostrado também mais satisfatória nos resultados obtidos.

Evidencia-se o facto que, ao longo da análise, considera-se essencialmente o *p-value* em detrimento dos valores críticos para cada estatística, visto ser uma análise mais intuitiva.

## 7.2. Análise da Estimação Econométrica

Nesta secção pretende-se apresentar as várias etapas que levaram à formulação do modelo econométrico selecionado para estudar a relação entre as variáveis explicativas PIB real *per capita* e a *dummy* referente aos programas de EE brasileiros com o consumo de eletricidade no Brasil.

Da estimação econométrica realizada através do *software* GRETL, resultou a seguinte regressão linear, cujo output é expresso no Anexo III.1:

$$d\_l\_Cons\_Elet_t = 0,0646503 + 0,589652 d\_PIBr\_pc_t - 0,0384694 Progs\_EE_t$$

$$(0,00737115) \quad (0,131109) \quad (0,01005)$$

$R^2 = 0,496007$

### 7.2.1. Qualidade da Estimação Econométrica

No que concerne ao estudo qualitativo do modelo estimado, verifica-se a significância estatística simultânea de todos os coeficientes do modelo para um nível de confiança de 5%. Pelo teste de significância global, obteve-se um *p-value* inferior a 0,05 (Anexo III.1), o que conduziu à rejeição da hipótese nula ( $H_0$ )<sup>203</sup>, aferindo-se deste modo que se está perante um modelo não restrito.

<sup>202</sup> Exceto da variável *dummy*.

<sup>203</sup> Teste de significância global

$H_0$ : Modelo Restrito:  $d\_l\_Cons\_Elet_t = \beta_0 + u_t$

$H_A$ : Modelo Não Restrito:  $d\_l\_Cons\_Elet_t = \beta_0 + \beta_1 d\_l\_PIBr\_pc_t + \beta_2 Progs\_EE_t + u_t$ .

Pelos testes de significância individual dos coeficientes, explicitados no Anexo III.1 constatou-se que todas as variáveis explicativas contidas no modelo (incluindo também a parte autónoma) são estatisticamente significativas na determinação da variável dependente  $d\_l\_Cons\_Elet_t$ . Pois, como o  $p$ -value foi inferior a 0,05 para cada um dos coeficientes da estimação ( $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2$ ) rejeitou-se a hipótese nula<sup>204</sup>, sendo que todos apresentam significância estatística para um intervalo de confiança de 95%.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que mede o grau de explicação das variáveis independentes sobre a variável dependente, evidencia um valor relativamente baixo, de 0,496007, tendo em conta que as séries temporais, por norma, apresentam coeficientes de determinação elevados. Este valor de  $R^2$  indica que a explicação da variável dependente deve-se em apenas 49,6% ao efeito das variáveis explicativas incluídas no modelo, o que poderá indiciar a necessidade de introduzir outras variáveis explicativas no modelo<sup>205</sup>, ou de ampliar o intervalo temporal da amostra (o número de observações da amostra pode não ser suficiente)<sup>206</sup> (Wooldridge, 2005).

### 7.2.2. Estudo de possíveis infrações aos pressupostos do MMQ

Na estimação pelo MMQ a hipótese de independência das variáveis explicativas é essencial. A ausência de multicolinearidade implica que nenhuma das variáveis explicativas seja correlacionada com qualquer uma das outras variáveis explicativas (Gujarati, 2004).

A existência de multicolinearidade entre as variáveis explicativas pode ter várias consequências de acordo com o grau de correlação entre as variáveis, contudo estas não alteram as propriedades estatísticas dos estimadores, ou seja, permanecem BLUE – *Best Linear Unbiased Estimators* (Gujarati, 2004).

Para analisar a multicolinearidade das variáveis explicativas, aplicou-se o teste VIF (“Fatores de Inflacionamento da Variância”)<sup>207</sup>, tendo-se registado a ausência de multicolinearidade pois para cada uma das variáveis explicativas obteve-se um  $VIF < 10$  (Anexo III.2)<sup>208</sup>.

Por outro lado, a presença de heterocedasticidade é uma das possíveis infrações relativas ao termo de erro, nomeadamente, quando não se verifica a hipótese de variância constante do termo de erro, ou seja a homoscedasticidade da estimação. Esta infração conduz a

<sup>204</sup> Teste de significância Individual:  $H_0: \beta_i = 0; H_A: \beta_i \neq 0$ .

<sup>205</sup> Foi estudada a inserção de mais variáveis na estimação, no entanto tal não se mostrou, do ponto de vista da significância estatística individual e global do modelo, satisfatório.

<sup>206</sup> Para as variáveis em questão, não se conseguiu alargar o período amostral devido à ausência de dados.

<sup>207</sup> Nome do teste em questão que consta do *output* do mesmo.

<sup>208</sup> Normalmente considera-se que um  $VIF > 10$  pode ser indicador de multicolinearidade elevada, implicando um  $R^2$  entre as variáveis explicativas superior a 0,90.

que os estimadores do MMQ deixem ser eficientes, ou seja, continuam a ser não viesados e consistentes mas já não são os de mínima variância. A heterocedasticidade afeta consideravelmente as propriedades estatísticas dos estimadores, seja na validade dos testes como dos intervalos de confiança (Gujarati, 2004).

De modo a detetar se o modelo estimado apresentava heterocedasticidade aplicou-se o teste de White (Anexo III.3), assumindo-se como hipótese nula o modelo ser homocedástico<sup>209</sup>. Pela análise dos resultados deste teste, concluiu-se que a variância do termo de erro não está correlacionada com as variáveis explicativas, ou seja, o modelo estimado é homoscedástico visto que não se rejeitou  $H_0$  pois o *p-value* foi de 0,666419, isto é superior a 0,05.

A independência dos erros é outro fundamento bastante relevante para se poder aplicar o MMQ. Sob esta hipótese, um acontecimento aleatório num determinado período de tempo não afeta as observações seguintes. A infração deste pressuposto sucede quando ocorre autocorrelação dos erros, tendo consequências similares às mencionadas para a heterocedasticidade, designadamente, os estimadores do MMQ deixam de ser os de variância mínima (Gujarati, 2004).

No caso deste pressuposto, aplicou-se o teste de Breush-Godfrey para deteção de autocorrelação dos erros de primeira ordem (Anexo III.4), registando-se que na estimação realizada não existe autocorrelação dos termos de erros. Assim, não se rejeitou a hipótese nula de independência dos termos de erro, por oposição à hipótese alternativa de autocorrelação dos erros.

Para além das análises já referidas, efetuou-se também um teste para deteção de má especificação da forma funcional do modelo estimado, através do teste de erro de especificação da regressão – RESET (Anexo III.6), tendo constatado-se que a forma funcional do modelo foi apropriadamente especificada, na medida em que se registou um *p-value* de 0,552.

Por fim, realizou-se o teste de Chow para atestar acerca da estabilidade do modelo estimado e possibilitar a deteção de mudanças estruturais ao longo do período de estimação. Através do mesmo, verificou-se a não existência de qualquer quebra estrutural, especificamente para 1989, ano que o programa econométrico utilizado estabeleceu como ponto intermédio do período amostral, como observável no Anexo III.5.

---

<sup>209</sup> Teste de White:

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$  (Homoscedasticidade);  $H_A: \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \neq 0$  (Heteroscedasticidade).

### 7.2.3. Estacionaridade das variáveis

O pressuposto essencial de uma análise de regressão múltipla é que as séries temporais utilizadas sejam estacionárias para que as inferências estatísticas sejam válidas. O processo estocástico de uma série cronológica é aquele cuja distribuição de probabilidade conjunta permanece estável ao longo do tempo (Gujarati, 2004).

As séries cronológicas em níveis, na maioria dos casos, apresentam uma tendência crescente e/ou decrescente (*trend*) e por isso são não estacionárias (no mínimo, a média varia ao longo do tempo). O *trend* pode ser determinístico (não aleatório), que é o caso de uma tendência constante ao longo do tempo; por outro lado, pode ser estocástico, que é o caso de uma tendência variante ao longo do tempo (Gujarati, 2004).

Para estudar a estacionaridade das variáveis, considerou-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF)<sup>210</sup>.

Pela análise do gráfico 7.1 observa-se que a variável dependente, consumo de energia elétrica na forma logarítmica, denota uma clara tendência crescente, revelando a possibilidade da série ser estacionária em tendência. No entanto, analisando a estacionaridade em nível da variável em questão através do teste ADF (Anexo III.7), comprovou-se que esta variável é não estacionária para o teste com constante e tendência. Assim sendo, procedeu-se ao estudo da estacionaridade para as primeiras diferenças da variável ( $d_l\_Cons\_Elet_t$ ). Pela visualização do gráfico 7.2, evidencia-se a possibilidade da variável em primeiras diferenças ser estacionária com constante, facto que foi corroborado pelo teste de ADF com constante, dado ter-se rejeitado a hipótese nula de raiz unitária. Deste modo, a variável  $l\_Cons\_Elet_t$  é integrada de ordem 1, ou seja,  $l\_Cons\_Elet_t \sim I(1)$ .

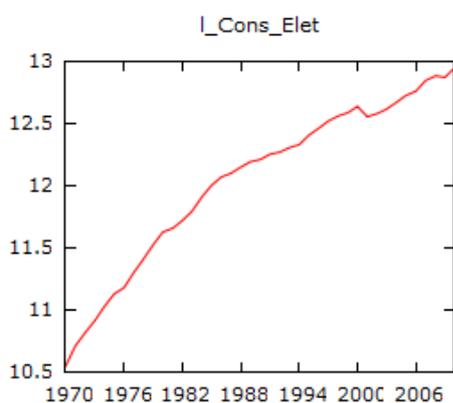


Gráfico 7.1: Evolução da variável  $l\_Cons\_Elet_t$  no período entre 1970 e 2010.

Fonte: *Output* do GRETL.

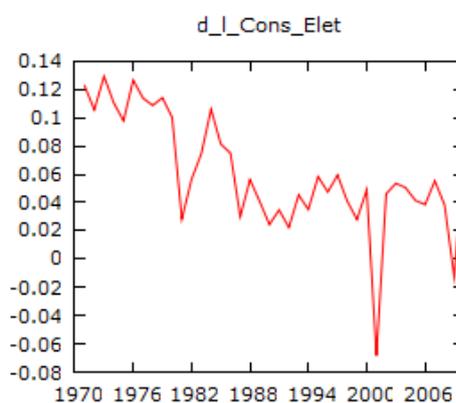


Gráfico 7.2: Evolução da variável  $d_l\_Cons\_Elet_t$  no período entre 1970 e 2010.

Fonte: *Output* do GRETL.

<sup>210</sup> Sob as hipóteses:  $H_0: \delta^* = 0$  (raiz unitária, não estacionaridade);  $H_A: \delta^* < 0$  (estacionaridade).

No que diz respeito à evolução da variável explicativa PIB real *per capita* em logaritmo, patente no gráfico 7.3, salienta-se a tendência crescente da referida variável<sup>211</sup>, o que poderá indicar a existência de estacionaridade em nível para o teste com tendência. Partindo para a análise do teste ADF com constante e tendência para a variável em nível ( $l\_PIBr\_pc_t$ ), assinala-se que a dita variável é estacionária em nível. Contudo, observando o comportamento da variável logaritmizada e em primeiras diferenças pelo gráfico 7.4, denota-se uma relativa estabilização dos seus valores, o que eventualmente indicará que a mesma variável pode ser estacionária para o teste com constante. Através da aplicação do correspondente teste, verifica-se que a variável é estacionária para as primeiras diferenças no teste com constante, tendo-se considerado a variável  $l\_PIBr\_pc_t$  integrada de ordem 1, ou seja,  $l\_PIBr\_pc_t \sim I(1)$ .

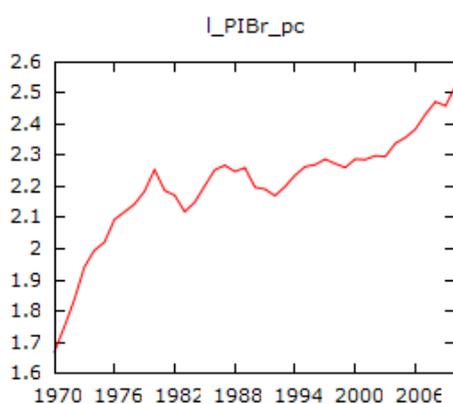


Gráfico 7.3: Evolução da variável  $l\_PIBr\_pc_t$  no período entre 1970 e 2010.

Fonte: *Output* do GRET.L.

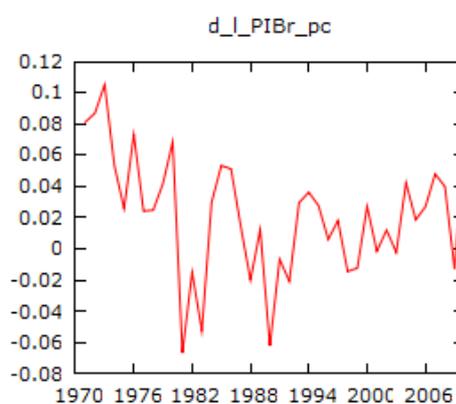


Gráfico 7.4: Evolução da variável  $d\_l\_PIBr\_pc_t$  no período entre 1970 e 2010.

Fonte: *Output* do GRET.L.

Não se estuda a estacionaridade da variável  $Progs\_EE_t$  por ser uma variável *dummy*.

Em suma, tanto a variável dependente como a variável  $l\_PIBr\_pc_t$  são estacionárias da mesma ordem, não colocando em causa a aplicação do método dos mínimos quadrados e permitindo que as inferências estatísticas sejam válidas.

#### 7.2.4. Modelo de variáveis instrumentais

Nos modelos econométricos estruturais de uma equação, as variáveis explicativas são a causa que explica a variação da variável dependente, ou seja, a variável endógena reflete o efeito provocado pela variação das variáveis explicativas (Gujarati, 2004).

Uma das hipóteses básicas iniciais da regressão MMQ admite a ausência de correlação das variáveis explicativas com o termo de erro,  $Cov(X_i, u) = 0$ , tornando assim as variáveis explicativas exógenas. A infração da hipótese da exogeneidade das variáveis explicativas torna

<sup>211</sup> No entanto evidencia-se a existência de algumas quebras na evolução da variável durante o período temporal em estudo.

impróprio o método MMQ uma vez que os estimadores obtidos são enviesados  $E(\hat{b}) \neq b$ , e não consistentes ( $\rho \lim_{t \rightarrow \infty} \hat{b} \neq b_i$ ), ou seja, deixam de ser BLUE (Gujarati, 2004).

Assim, é essencial testar a hipótese da exogeneidade dos regressores que consiste em analisar a hipótese de correlação entre uma ou mais variáveis explicativas e o termo de erro, por intermédio do teste de Hausman<sup>212</sup>.

Neste caso, procedeu-se a uma estimação pelo modelo das variáveis instrumentais de modo a comprovar se, de facto, o modelo MMQ é o mais adequado para a estimação comparativamente com o modelo de variáveis instrumentais. Pela análise da estimação pelo modelo das variáveis instrumentais (ANEXO III.8), e do teste de Hausman, constata-se que não se rejeita a hipótese nula (hipótese de exogeneidade das variáveis explicativas), ou seja, as estimativas através do MMQ são consistentes, podendo aplicar-se o MMQ para estimar a equação estrutural.

Em síntese, salienta-se que a estimação pelo MMQ é preferível à estimação alternativa pelo método das variáveis instrumentais dado que permite a obtenção de estimadores mais consistentes<sup>213</sup>.

### 7.3. Análise conjunta dos programas PROCEL e PEE com os resultados da estimação econométrica

A estimação efetuada através do método dos mínimos quadrados considera-se bastante satisfatória, pelas razões e testes atrás referidos e explicitados, nomeadamente pelo facto das variáveis serem estacionárias da mesma ordem, do modelo ser homoscedástico, de se registar ausência de autocorrelação dos erros e de multicolinearidade, e pelo facto da variável explicativa  $d\_PIBr\_pc_t$  ser exógena em relação ao termo de erro.

Deste modo, através dos valores dos coeficientes das variáveis explicativas da estimação realizada podem-se retirar várias relações. Para facilitar a interação da análise com os valores da estimação econométrica efetuada, a última é novamente reproduzida<sup>214</sup> no quadro 7.3.

---

<sup>212</sup> Sob as hipóteses:

$H_0: \text{Cov}(X_i, u_t) = 0$  (hipótese de exogeneidade);  $H_A: \text{Cov}(X_i, u_t) \neq 0$  (hipótese de endogeneidade).

<sup>213</sup> No entanto, bastaria que uma das variáveis explicativas fosse endógena para que não se poder estimar o modelo pelo MMQ.

<sup>214</sup> Cujo *output* do *software* econométrico se encontra no Anexo III.1.

## Políticas de Eficiência Energética Brasileiras: no bom caminho?

Quadro 7.3: Estimativa pelo MMQ para o período 1971-2010 (40 observações), em que a variável dependente é  $d\_l\_Cons\_Elet_t$ .

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>valor p</i>	
<i>Const</i>	0,0646503	0,00737115	<0,00001	***
<i>d\_l\_PIBr\_pc<sub>t</sub></i>	0,589652	0,131109	0,00007	***
<i>Progs\_EE<sub>t</sub></i>	-0,0384694	0,01005	0,00048	***

Pela análise da parte autónoma do modelo (constante), verifica-se que, considerando todos os coeficientes das variáveis explicativas nulos, o consumo de energia elétrica aumenta 6,47%. Refira-se que o valor registado é elevado, comparativamente aos dos coeficientes das variáveis explicativas, o que poderá demonstrar que existem outras variáveis que explicam o consumo de energia elétrica para além das incluídas na estimação. Este resultado, de certa forma, vai ao encontro do baixo valor do coeficiente de determinação do modelo ( $R^2$ ), pois a regressão obtida não explica totalmente a variação total da variável dependente. Todavia, releva-se o facto que o maior valor acrescentado desta estimação reside na análise de uma alteração do padrão de consumo global de energia elétrica.

No que concerne à variável  $d\_l\_Cons\_Elet_t$ , o seu coeficiente indica que um aumento de 1% no PIB real *per capita* causa um aumento de 0,59% no consumo de energia elétrica, *ceteris paribus*. Este resultado, para além de demonstrar uma correlação positiva entre o consumo de energia elétrica ( $d\_l\_Cons\_Elet_t$ ) e o PIB *per capita* ( $d\_PIBr\_pc_t$ ), permite inferir que o PIB real *per capita* apresenta uma relação de causa-efeito com o consumo de energia elétrica. A correlação positiva entre o consumo de energia elétrica e o PIB *per capita* é corroborada na literatura, a título de exemplo por Ferguson *et al.* (2000), e pode ser explicada pelo facto de os países em desenvolvimento necessitarem de aumentar o seu crescimento energético para fomentarem o seu desenvolvimento tanto económico como social (Geller *et al.*, 2004).

Considerando a relação causal unidirecional entre o crescimento económico e o consumo de eletricidade no Brasil, dado que no modelo aplicado não se pode inferir a causalidade no sentido contrário entre as variáveis em questão devido à exogeneidade da variável  $d\_PIBr\_pc_t$ , repara-se que é semelhante ao resultado obtido por Ghosh (2002) quando analisou a relação do consumo de energia elétrica e a atividade económica na Índia.

Contrariamente aos resultados de Ghosh (2002), não se pode discutir qual o impacto das políticas de conservação no PIB real. Não obstante, afere-se que o crescimento económico induzirá um incentivo no consumo de eletricidade, dada a correlação positiva entre ambos, o que coloca um problema aos decisores públicos que reside no *trade-off* entre crescimento

económico, e o aumento da segurança no aprovisionamento energético e do adiamento dos investimentos do SEB.

Na opinião dos autores deste trabalho, as melhorias de EE, a par de uma maior eficiência na utilização final de energia, desempenharão um papel preponderante ao, em primeiro lugar, contribuir para atingir ambos os objetivos e, numa segunda aceção, aproximar as duas metas políticas que à partida pareciam ser contraditórias. Neste sentido, a DSM apresenta-se como um veículo de valor acrescentado na persecução dos objetivos dos decisores públicos, isto é, reduzir o consumo de energia elétrica sem afetar os benefícios individuais da sociedade.

Crê-se que a promoção da EE e da eficiência na utilização, tendo como base a estimação econométrica desenvolvida contribuirá favoravelmente para o crescimento económico e possibilitará que as inerentes taxas de crescimento do PIB passem a ser superiores às da evolução do consumo de energia elétrica, possibilitando, por conseguinte, a definição de uma política nacional única e abrangente com um fogo simultâneo na criação de riqueza de uma forma energética e economicamente eficiente.

Em relação à variável *dummy*, representativa do impacto dos programas de EE brasileiros ( $Progs\_EE_t$ ) constata-se que o seu coeficiente refere que a mudança de regime<sup>215</sup> em 1993 levou a uma redução média de 3,85% no consumo de eletricidade no Brasil, *ceteris paribus*<sup>216</sup>. Por outras palavras, os resultados econométricos evidenciam que houve uma mudança do comportamento na evolução do consumo de energia elétrica ( $d\_l\_Cons\_Elet_t$ ) a partir de 1993 e até ao final do período da amostra, sendo que a variável referente aos programas de EE apresenta uma correlação negativa com o consumo de energia elétrica (com significância estatística a 5%), o que apoia a ideia inicial da contribuição destes programas na atenuação do crescimento da procura por eletricidade, seja por via de uma maior informação por parte dos consumidores como da proliferação de equipamentos eletricamente mais eficientes.

No que diz respeito ao PROCEL, é evidente a grande abrangência deste programa no que toca à tipologia de projetos em que está envolvido, atuando em parceria com outras entidades. Apresenta um carácter agregador e tem um âmbito essencialmente institucional funcionando como um centro de disseminação de informação para os consumidores em geral através de uma extensa rede de colaboradores e entidades, originando externalidades positivas que vão muito para além do setor elétrico. Denota-se uma evolução positivamente crescente dos resultados do PROCEL em termos de poupanças energéticas, destacando-se a contribuição do subprograma

---

<sup>215</sup> A variável em causa deixou de assumir valores nulos, passando a assumir valores anuais iguais à unidade.

<sup>216</sup> O facto de o PEE ter entrado em vigor apenas em 2000, e a série analisada iniciar-se em 1971 pode explicar a fraca correlação negativa obtida (-0,0385), embora estatisticamente válida. Por este motivo, procederam-se a diversas estimações com períodos amostrais mais reduzidos, todavia com resultados francamente insatisfatórios.

PROCEL Selo (99% em 2009). Em 2010, as estimativas das poupanças energéticas alcançadas pelo programa representaram cerca de 1,4% do consumo total de energia elétrica brasileiro.

O PEE evidencia um carácter predominantemente operacional, focando-se na conservação de energia elétrica, relevando como principais alvos das suas ações os setores da indústria e residencial, especialmente a classe residencial de menores rendimentos (“baixa renda”). Este programa é controlado pela ANEEL, tendo um forte cariz social, em que no mínimo 60% do volume de investimentos deve ser em “baixa renda”, registando poupanças energéticas com tendência positiva tal como se assinala para a RCB dos projetos executados ou em implementação. Todavia, os resultados energéticos deste programa são residuais face ao consumo total de energia elétrica no Brasil, representando apenas 0,14% em 2010 (contrastando com os 0,0022% em 2008).

Segundo o Prof. Dr. Nivalde de Castro, estes resultados refletem a diminuta participação deste segmento de consumidores, de baixo poder de compra, no total de consumo nacional de energia elétrica. No entanto, o PEE tem uma componente social muito significativa, na medida em que permite a manutenção de famílias com poucos recursos na classe das tarifas sociais contribuindo assim para a política de inclusão social do governo brasileiro.

Em termos de importância, isto é, na poupança energética anual, o impacto do PROCEL é muito superior ao do PEE. A importância do PROCEL é já considerável, examinando as suas poupanças energéticas anuais em relação ao consumo total de eletricidade no Brasil, sendo que o peso das poupanças energéticas que advém da sua atuação está sempre a aumentar desde 2003. O mesmo tem sucedido para o PEE, em que as RCBs médias anuais<sup>217</sup> também têm sido sempre crescentes entre 2008 e 2010. Assim, denota-se que ambos os programas têm-se mostrado cada vez mais eficazes, sendo que no PEE esse aumento de eficácia é tanto financeira como energética.

Para possibilitar a análise da eficácia das políticas de EE e de promoção da eficiência no consumo, não se podem somar os resultados energéticos de ambos os programas porque existe duplicação de contabilizações. A título de exemplo, há uma duplicação entre os resultados do PEE e do PROCEL, em que um dos fatores de poupanças energéticas assinaladas no PEE advém da troca por equipamentos mais eficientes com Selo PROCEL; por outro lado, as poupanças desses mesmos equipamentos (comparativamente com os *standards* de mercado) são contabilizadas na determinação das ações do PROCEL, neste caso mais precisamente do PROCEL Selo. A razão atrás mencionada foi uma das impulsionadoras para proceder ao estudo

---

<sup>217</sup> Ponderadas pelos montantes de investimentos totais – cálculo efetuado a partir dos dados estatísticos tornados públicos.

econométrico do impacto dos programas de EE e de conservação de energia em termos globais no consumo de energia elétrica (por meio de uma variável *dummy*).

No que concerne à participação dos programas em questão em ações orientadas para a indústria, é de referir que o PROCEL em 2010, por intermédio do seu subprograma PROCEL Indústria, formou um número de técnicos e engenheiros quase igual ao somatório de todos os que tinha formado nos anos anteriores, o que pode indicar uma forte aposta deste programa no setor industrial. Por outro lado, evidencia-se o baixo peso da indústria em termos de ações do PEE, representando apenas 2% no número total de projetos realizados e 3% no montante total investido. Assim, apesar da importância da indústria, seja a nível económico como também a nível de consumo de energia elétrica (uma vez que é o setor de atividade de maior consumo de energia elétrica), é clara a escassa aposta do PEE (mais concretamente das empresas distribuidoras), que contrasta com a tendência crescente da envolvimento do PROCEL Indústria. É, pois, necessário ir mais longe na aplicação de medidas de promoção de EE e de eficiência no consumo de energia elétrica neste setor de atividade (Eletrobras/PROCEL Indústria, 2009).

Os resultados são múltiplos e positivos, seja a nível de redução de custos e aumento da competitividade, em termos individuais, como de um ponto de vista social, no adiamento de aumento da potência instalada, que se pode assumir como um elemento importante já que, como mencionado, o setor industrial é o que representa maior percentagem de consumo de eletricidade.

Uma possível sugestão passaria por as empresas distribuidoras poderem reter parte dos benefícios neste tipo de projetos, pois atualmente e à semelhança do que aconteceu no passado, sem incentivos económicos, as empresas distribuidoras, no seu conjunto, registam poucas medidas deste tipo. Lembra-se que, no PEE, se a entidade beneficiária tiver fins lucrativos, é necessário a concessionária fazer um contrato de desempenho, em que no final o investimento nesses projetos retorna à conta de eficiência (ANEEL, 2008c). Incentivos ou métodos para reduzir o risco de posse percebido de melhorias de EE são necessários para as empresas adotarem abordagens ativas suplementares de aprendizagem para aumentarem a sua EE (Rutherford *et al.*, 2007), o que neste caso também é válido para os agentes de mercado do lado da oferta.

O PROCEL e o PEE, por inerência dos seus campos de atuação, acabam por ser complementares, pelo que deveriam existir mais sinergias entre os mesmos de modo a alavancarem os benefícios sociais. Para além disso, considerando que ambos são financiados por intermédio do funcionamento do setor elétrico (essencialmente através das tarifas dos

consumidores) deveriam aproximar mais as suas linhas de atuação para poderem usufruir de uma maior abrangência geográfica e assumindo níveis superiores de eficiência econômica.

#### 7.4. Análise Global da Gestão do Lado da Procura de Energia Elétrica

Para Sarkar e Singh (2010), algumas das principais barreiras que afetam em maior amplitude os países em desenvolvimento, para além das “tradicionais” barreiras comuns à generalidade dos mercados energéticos, são a falta de consenso acerca das melhores práticas para promover a EE; a carência de soluções, projeto a projeto, para responder aos desafios; o excesso de confiança nos programas modelo de EE dos países desenvolvidos, que devem ser “guias” mas necessitam de adaptações às situações específicas de cada país; a falta de dados de EE (ex. indicadores com qualidade que se sejam reconhecidos internacionalmente); governação pobre em EE; o mercado de EE de dimensão reduzida; e a falta de instituições e de capacidade logística.

Considerando os principais instrumentos de gestão do lado da procura explicitados no capítulo 3, elabora-se o quadro 7.4 que pretende cruzar a atuação do PEE e do PROCEL com alguns dos instrumentos de DSM explicitados, nomeadamente os *standards* de equipamentos, incentivos, programas de informação e mecanismos obrigatórios<sup>218</sup>.

Quadro 7.4: Correspondência dos programas PROCEL e PEE com alguns instrumentos de DSM.

Instrumentos de DSM	PEE	PROCEL
<i>Standards</i> de Equipamentos	X	X
Incentivos		X
Programas de Informação		X
Mecanismo Obrigatório	X	

Pela observação do quadro, verifica-se que o PROCEL, sendo um programa de informação, também agrega em si outros instrumentos de DSM, como sejam a utilização de incentivos e de *standards* de equipamentos elétricos. O PROCEL desempenha essencialmente o papel de programa de informação por via dos subprogramas PROCEL *Marketing* e PROCEL Educação, quer por meio de campanhas de sensibilização de todas as faixas etárias da população através de palestras nas escolas, empresas e comunidades, pela entrega de prémios para

<sup>218</sup> Os últimos não são considerados, na literatura analisada, como sendo instrumentos de DSM para minimizar e/ou eliminar falhas e barreiras de mercado.

estimular as ações de EE e de conservação de energia tanto de empresas como de outras entidades (públicas ou privadas), entre outras ações desenvolvidas<sup>219</sup>.

Este programa também utiliza incentivos, por exemplo, há alguns anos atrás era concedido um determinado montante monetário aquando da troca de equipamentos antigos pouco eficientes por aparelhos novos energeticamente eficientes (Salvador, 2011).

No que concerne aos *standards* de equipamentos elétricos, o PROCEL, por via do Selo PROCEL juntamente com o INMETRO e o PBE, têm vindo a certificar vários aparelhos, como por exemplo frigoríficos, arcas congeladoras e ar condicionados, notando-se uma evolução positiva do número de categorias de equipamentos elétricos abarcados e do número de fabricantes que aderiram ao processo. Atualmente a certificação energética abrange uma grande panóplia de aparelhos – a título de exemplo, a etiquetagem de painéis solares já é efetuada, mas de carácter voluntário, contudo estima-se que dentro em breve passe a ser obrigatória (Eletrobras/PROCEL, 2012). Assim, espera-se que gradativamente novos equipamentos terão os seus índices de eficiência mínimos ou níveis máximos de consumo de energia definidos, o que certamente se refletirá nos valores do consumo futuro de energia elétrica (Eletrobras/PROCEL, 2007a).

Por outro lado, o PEE tem um âmbito bastante distinto do PROCEL, sendo um mecanismo obrigatório para as distribuidoras de energia elétrica, que têm a obrigatoriedade de investir 0,5% da sua ROL em projetos de PEE, em que 60% desse montante deve ser dirigido a projetos de “baixa renda”. Refira-se que o facto deste programa da ANEEL incidir maioritariamente em projetos de baixa renda faz com que o efeito *free rider* das medidas implementadas seja reduzido.

Crê-se que o carácter social do âmbito do PEE poderia ser favorecido por sinergias (acrescidas) com os outros programas de eficiência energética brasileiros, entre os quais o PROCEL. Não obstante, importa salientar que, apesar de existirem poucas sinergias ambos os programas, os projetos de PEE utilizam equipamentos com Selo PROCEL (ex. aquecedores, equipamento de refrigeração, etc.) e ambos os programas participam conjuntamente em alguns projetos educacionais.

Em relação aos projetos de PEE na indústria, constata-se que os montantes investidos nestes tipos de projetos são reduzidos, o que pode ser explicitado pelo facto de as concessionárias não terem incentivos financeiros e/ou energéticos nos contratos performance com os seus clientes de energia elétrica. Tal induz, considerando a inexistência de problemas de carga, que a concessionária não tenha interesse em diminuir as suas vendas por intermédio da sua ação na redução do consumo, ainda mais tratando-se de grandes clientes. “A experiência

---

<sup>219</sup> Destaca-se, entre outros, a elaboração de manuais escolares sobre EE e conservação de energia.

tem mostrado que as distribuidoras se interessam mais com a gestão dos Programas de Eficiência Energética quando as mesmas passam a reconhecer nessa atividade oportunidades para auferirem ganhos económicos, principalmente quando existem incentivos tarifários". Haddad e Salume (2010) referem, neste seguimento, que se as empresas distribuidoras partilharem ganhos económicos dos contratos de desempenho teriam mais incentivos para os desenvolverem e, deste modo, potenciando poupanças energéticas superiores em relação ao cenário atual.

Em suma, as políticas de EE brasileiras têm evoluído de uma forma bastante positiva nos últimos anos, com especial destaque para as ações empreendidas pelo PROCEL e pelo PEE e para as consequentes poupanças energéticas alcançadas. Todavia, é necessário seguir o trajeto iniciado e reforçar a aposta na promoção de EE e de conservação de energia elétrica, adaptando os programas a novas realidades e novos desafios que vão surgindo ao longo do tempo, pois a implementação dos programas de DSM é difícil e requer um foco dedicado de longo prazo (Sarkar & Singh, 2010).



## 8. Considerações Finais

---

A gestão energética do lado da procura tem estado na ribalta devido não só aos compromissos de Quioto bem como por potenciar benefícios significativos em termos económicos, ambientais e de segurança energética, sendo de extrema relevância o estudo do impacto da implementação das medidas na utilização final de eletricidade por parte dos programas de DSM (Didden & D'haeseleer, 2003).

A EE é reconhecida como uma das formas mais custo-eficazes para aumentar a segurança de aprovisionamento energético de um país, reduzir a respetiva dependência dos combustíveis fósseis e para aumentar a competitividade da indústria. Seguindo esta lógica, Ang *et al.* (2010) são perentórios a afirmar que a EE desempenha um “papel vital” num país para que o mesmo tenha sucesso no cumprimento dos seus objetivos estratégicos de competitividade económica, de segurança energética e de sustentabilidade ambiental.

A literatura faz uma clara distinção entre EE e conservação de energia, em que a primeira diz respeito à adoção de uma dada tecnologia que reduz o consumo energético total sem alteração dos padrões de consumo, enquanto uma política de conservação de energia implica somente a alteração do comportamento dos consumidores (Oikonomou *et al.*, 2009).

Embora a larga abrangência dos programas e políticas de promoção da EE, estes tendem a centrar-se em algumas categorias gerais, enquadrados na gestão do lado da procura, entre os quais *standards* de equipamentos, programas de incentivos financeiros, e programas voluntários e de informação (Gillingham *et al.*, 2006).

Não obstante, as medidas de conservação de energia normalmente proporcionam apenas uma redução temporária da procura em resposta a preços elevados ou outras pressões externas. A menos que haja uma alteração permanente de comportamentos, a qual é difícil de alcançar, a maioria das poupanças energéticas desvanecem-se ao longo do tempo conforme os utilizadores voltam aos seus padrões de utilização final de energia “iniciais”, isto é, antes das iniciativas de DSM (Rutherford *et al.*, 2007).

É fundamental, pelo exposto, uma DSM com um carácter de longo prazo e simultaneamente dinâmica para melhor se adequar às alterações das condições de mercado e das realidades de implementação das ações de política energética, nomeadamente no lado da procura. A implementação de uma estrutura institucional de sucesso para a EE tem que ter em conta o contexto nacional de capacidade técnica e de gestão, a nova legislação e regras para promover o investimento em EE, o nível de integração entre a EE e outros objetivos energéticos

## Considerações Finais

e ambientais, os mecanismos de financiamento, e a importância de estimular a participação do setor privado (Rutherford *et al.*, 2007; Sarkar & Singh, 2010).

Os programas de DSM têm o potencial para desempenhar um importante papel na mitigação de impactos ambientais associados com o encontro com a procura crescente de eletricidade, como permitem o adiamento da ampliação da capacidade instalada. Avaliações e informações reportadas pelas *utilities* indicam que os programas DSM são altamente custo-eficazes (Auffhammer *et al.*, 2008; Rutherford *et al.*, 2007).

A este propósito, Blumstein (2010) e Vine (2008) realçam a importância da avaliação mais transparente e rigorosa dos programas de DSM, seja numa ótica de possibilitar a determinação do seu custo-eficácia de um modo mais fiável, como também pelo carácter evolutivo que estes programas devem assumir para uma melhor adequação às preferências dos consumidores ao longo do tempo.

Se na Europa as políticas de promoção de EE já não são recentes, no Brasil a situação é distinta. É o maior país da América Latina em termos económicos, populacionais e de dimensão geográfica, sendo ainda um país em desenvolvimento com rendimentos *per capita* inferiores aos dos países da OCDE (Geller *et al.*, 2004). O Brasil tem uma oferta de energia elétrica única, nomeadamente a abundância de recursos hídricos que representam aproximadamente 80% da sua matriz elétrica, e disponibilidade de outras fontes energéticas, fósseis e renováveis (Castro *et al.*, 2009). Outros autores, tais como Volpi *et al.* (2006), salientam que, todavia, a elevada dependência hídrica tem causado impactos negativos nos rios e nas comunidades adjacentes, tal como torna o país mais vulnerável a quebras de produção de energia elétrica, as quais preveem-se que aumentem devido às alterações climáticas.

É pertinente salientar, mais uma vez, a elevada participação da hidroeletricidade no total das fontes utilizadas para a produção de energia elétrica no Brasil, na medida que o sistema de produção de energia elétrica funciona com a produção hídrica na base. Segundo dados da IEA (2011), o Brasil em 2009 foi o segundo maior produtor de hidroeletricidade, representando 11,7% do total mundial. Não obstante, nos últimos anos, tem-se vindo a notar uma migração deste sistema de produção essencialmente hídrico (apenas com centrais termoelétricas funcionando como *backup*) para um sistema hidrotérmico, em que as centrais termoelétricas funcionam na base (do sistema) durante a estação seca. No entanto, relevam-se os elevados investimentos na expansão da capacidade produtiva de eletricidade através de fonte eólica, cuja produção, devido à sazonalidade climática anual, é complementar à proveniente de fontes hídricas (Castro *et al.*, 2011; Castro & Dantas, 2010; Castro *et al.*, 2010).

## Considerações Finais

No que respeita ao consumo global de energia elétrica, verificou-se uma tendência crescente no período compreendido entre 1990 e 2010, com uma taxa de variação média anual de 3,8%, superior tanto à taxa de variação média anual do PIB real como à da população. É importante referir que, para o período analisado, o consumo global de energia elétrica apenas registou decréscimos em dois anos, nomeadamente em 2001, derivado da implementação de medidas de restrição ao consumo (primeiro ano do período de racionamento de energia elétrica), e em 2009, devido à crise financeira internacional – em que ambos coincidiram com diminuições do PIB *per capita* em volume.

Em termos do consumo de energia elétrica por região geográfica, constata-se que o Sudeste é destacadamente a região de maior consumo, representando mais de 50% do consumo total de energia elétrica no território brasileiro. Por sua vez, os setores de atividade de maior expressividade no consumo de eletricidade são, em primeiro lugar, a indústria e, a seguir, o residencial. Para cada um destes setores foram analisadas as correspondentes PPHs, elaboradas em 2005, permitindo constatar algumas situações que podem ser melhoras e/ou evitadas através da implementação de medidas de EE e de estímulo à conservação de energia. Não obstante, seria pertinente realizar dentro em breve um novo estudo de modo a comparar os resultados obtidos e traçar a evolução dos comportamentos dos consumidores resultante das medidas implementadas e em curso, como delinear futuras ações de DSM para os consumidores de eletricidade.

A experiência mundial das últimas décadas indica que os programas de EE geralmente implicam benefícios múltiplos e positivos para os países, consumidores de energia e para o ambiente (Sarkar & Singh, 2010). Neste momento, o Brasil dispõe de dois programas principais de EE e de conservação de energia com enfoque na energia elétrica, nomeadamente o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985 por determinação do Ministério de Minas e Energia, gerido pela Eletrobras e que inclui atualmente onze subprogramas; e o Programa de Eficiência Energética (PEE), criado em 2000, mecanismo obrigatório para as empresas distribuidoras de energia elétrica e que se encontra sob a tutela da ANEEL, entidade reguladora do SEB.

O PROCEL é essencialmente um programa de informação, com uma extensa linha de atuação e que age essencialmente por meio de parcerias para chegar aos consumidores finais. O PEE, por seu lado, assume um carácter mais operacional e atua com especial foco nos consumidores residenciais de baixo poder de compra, contudo também desenvolve projetos noutros segmentos de consumidores de eletricidade, entre os quais a indústria. Ambos os programas têm vindo a aumentar a sua importância em termos de poupanças energéticas,

## Considerações Finais

sendo que os resultados agregados já começam a assumir alguma representatividade no consumo total de energia elétrica, de aproximadamente 1,61% em 2010. Note-se também que o PROCEL apresenta poupanças energéticas muito superiores às realizadas pelo PEE.

Este trabalho teve como objetivo analisar as ações de promoção de EE, mais concretamente no que respeita à energia elétrica, tomadas pelo PROCEL e PEE. Por intermédio de uma estimação econométrica, examinou-se o impacto que estes programas têm obtido no consumo de energia elétrica no Brasil no período compreendido entre 1993 e 2010.

A metodologia aplicada permitiu atestar uma mudança no padrão do consumo total de energia elétrica no Brasil, crendo-se que os programas de EE, com especial ênfase para o PROCEL, têm desempenhado um papel bastante importante tanto na informação aos consumidores como na promoção de comportamentos e de aquisição e/ou utilização de equipamentos elétricos mais eficientes. Devido à complementaridade do PEE e do PROCEL, esta metodologia permitiu analisar o impacto conjunto, evitando possíveis duplicações de contabilização das poupanças energéticas entre os programas. Não foi possível, contudo, mensurar fatores que possam enviesar a análise, como por exemplo os efeitos *free rider*, de *spillover* e/ou um possível *rebound effect* a nível macroeconómico.

Seria interessante, no seguimento desta linha de investigação, procurar replicá-la com âmbitos mais específicos, isto é, por região geográfica ou estado, de forma a determinar com maior detalhe a viabilidade dos investimentos do PROCEL e do PEE, analisados isoladamente ou em termos agregados. Porém, esta sugestão estará condicionada à escassez de informação. Não obstante, crê-se que traria valor acrescentado à discussão sobre a eficiência e a eficácia das ações específicas de gestão do lado da procura por energia elétrica no Brasil.

Para a maximização do potencial de poupanças energéticas do PEE e do PROCEL, seria benéfica uma maior interação entre os mesmos de forma a gerar e/ou nutrir sinergias já existentes. Sugere-se ainda a continuação dos programas de informação aos consumidores (como por exemplo o Selo PROCEL), o prosseguimento dos esforços enveredados no que respeita aos *standards* dos equipamentos elétricos – visto ser um mecanismo eficaz para atingir poupanças energéticas, opinião partilhada por Augustus de Melo e Jannuzzi (2010) –, a continuação da substituição de equipamentos menos eficientes (como acontece nos projetos de PEE), e uma maior dinamização das entidades públicas inerentes ao SEB acerca da importância que a EE representa para o país, sendo de relevar a urgência de uma maior aposta na promoção da EE na indústria, setor que representa a maior fração do consumo de energia elétrica no Brasil.

No que concerne à relação entre o crescimento económico e o consumo de eletricidade, verificou-se uma relação causal unidirecional da primeira para a segunda variável, o que implica

## Considerações Finais

que o crescimento económico tenderá a aumentar o consumo de energia eléctrica. No entanto, crê-se que uma gestão do lado da procura, através da alteração dos padrões de consumo, do estímulo a melhorias de EE e da promoção de eficiência na utilização final de energia potenciará a redução das taxas de evolução do consumo de eletricidade relativamente às concernentes do crescimento económico, mantendo o Brasil numa trajetória de desenvolvimento, social e eléctrico, eficiente e sustentável.

Para Sarkar e Singh (2010), são muitas vezes as questões institucionais que se tornam um desafio-chave para resolver o financiamento e implementação de programas de DSM robustos, entre as quais uma liquidez adequada e a disponibilidade de modernas tecnologias de EE. Uma das medidas que poderia ser aplicada passa pelo estabelecimento de diferentes tarifários para o setor residencial de forma a transferir o consumo de eletricidade destes consumidores das *peak hours* para outros horários, ou seja para alterar os padrões de consumo, tal como Pao e Tsai (2011) sugerem.

No caso da indústria, e dada a sua elevada importância na estrutura nacional de consumo de energia eléctrica, poder-se-ia estimular uma maior utilização de contratos de performance, no âmbito do PEE, entre as empresas de distribuição de eletricidade e as empresas do setor de atividade em questão, através da possibilidade das primeiras poderem assimilar parte dos benefícios financeiros dos mesmos, tendo assim incentivo em utilizar este mecanismo de promoção de EE e de eficiência no consumo de eletricidade.

Conclui-se, apesar de serem passíveis de serem introduzidos ajustamentos, seja no PROCEL como no PEE, que os mesmos, pelo seu carácter social, de informação, e de promoção da EE e de uma maior eficiência na utilização final de energia, são de extrema importância em tornar o país mais eficiente, sustentável e competitivo. Desta forma, a gestão do lado da procura afirma-se indubitavelmente como um veículo de valor acrescentado na persecução dos objetivos dos decisores públicos brasileiros, com impacto nas faturas de energia eléctrica, no aumento da competitividade geral do tecido empresarial e industrial, como confere benefícios futuros no adiamento de investimentos do setor eléctrico brasileiro.



## 9. Referências Bibliográficas

---

- ABCE. (2011). Fim da Reserva Global de Reversão faria preço da cobrança cair 2 %. Brasília. Acesso em 20 de junho de 2011 em <http://www.abce.org.br/arquivos/fimdaresevaglobal.htm>
- ABRADEE. (2012). Dados de Mercado das Empresas Distribuidoras Associadas. Acesso em 9 de janeiro de 2012 em [http://www.abradee.com.br/dados\\_mercado.asp](http://www.abradee.com.br/dados_mercado.asp)
- ANEEL. (1999). *Resolução ANEEL n° 23, de 5 de Fevereiro de 1999*. Brasília: Regulamenta a Fixação da Reserva Global de Reversão - RGR.
- ANEEL. (2004a). *Resolução Normativa n° 109, de 26 de outubro de 2004*. Institui a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica.
- ANEEL. (2004b). *Resolução Normativa N° 63, de 12 Fevereiro de 2008*. Brasília: Regula a imposição de penalidades aos concessionários e demais agentes pela comercialização de energia eléctrica e pela gestão de recursos provenientes de encargos setoriais.
- ANEEL. (2005). Aspectos Socioeconômicos. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Brasília. Acesso em 7 de fevereiro de 2012 em <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>
- ANEEL. (2008a). *Atlas de Energia Elétrica do Brasil - 3ª Edição*. Brasília. Acesso em 1 de Fevereiro de 2012 em [http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1687](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1687)
- ANEEL. (2008b). *Resolução Normativa N° 300, de 12 Fevereiro de 2008*. Brasília: Estabelece critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética, e dá outras providências.
- ANEEL. (2008c). *Manual do Programa de Eficiência Energética*. ANEEL. Brasília. Acesso em 14 de junho de 2011 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>
- ANEEL. (2011a). Site ANEEL - Pesquisa e Desenvolvimento. Acesso a 12 de fevereiro de 2012 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=75>
- ANEEL. (2011b). Site ANEEL - Eficiência Energética. Acesso em 12 de fevereiro de 2012 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>
- ANEEL. (2012). Agência Nacional de Energia Elétrica. Acesso em 7 de junho de 2011 em <http://www.aneel.gov.br/>
- ANEEL. (n.d.). Perguntas Mais Frequentes do PEE. Acesso em 14 de junho de 2011 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>
- Abreu, I. (2011). Reserva Global de Reversão financia Angra 3. Acesso em 17 de janeiro de 2012 em <http://anranews.blogspot.com/2011/01/rgr-financia-angra-3.html>

## Referências Bibliográficas

- Ang, B. W., Mu, A. R., & Zhou, P. (2010). Accounting frameworks for tracking energy efficiency trends. *Energy Economics*, 32(5), 1209-1219.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 32(6), 1421-1426.
- Auffhammer, M., Blumstein, C., & Fowlie, M. (2008). Demand-Side Management and Energy Efficiency Revisited. *The Energy Journal*, 29(3), 91-104.
- Augustus de Melo, C., & Jannuzzi, G. D. M. (2010). Energy efficiency standards for refrigerators in Brazil: A methodology for impact evaluation. *Energy Policy*, 38(11), 6545-6550.
- Awerbuch, S., & Deehan, W. (1995). Do consumers discount the future correctly? A market-based valuation of residential fuel. *Energy Policy*, 23(1), 57-69.
- BP. (2011). *BP Statistical Review of World Energy June 2011*. London. Acesso em 15 de fevereiro de 2012 em [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2011.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf)
- Bardelin, C. (2004). *Os efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Berkhout, P. H. G., Muskens, J. C., & Velthuisen, J. W. (2000). Defining the rebound effect. *Energy Policy*, 28(6-7), 425-432.
- Bertoldi, P., & Rezessy, S. (2008). Tradable white certificate schemes: fundamental concepts. *Energy Efficiency*, 1(4), 237-255.
- Bitencourt, R. (2011). RGR deve existir enquanto for cogitado fim das concessões, diz Lobão. *Jornal Valor Online*. Brasília. Acesso em 15 de julho de 2011 em <http://economia.uol.com.br/ultimas-noticias/valor/2011/05/05/rgr-deve-existir-enquanto-for-cogitado-fim-das-concessoes-diz-lobao.jhtm>
- Blumstein, C. (2010). Program evaluation and incentives for administrators of energy-efficiency programs: Can evaluation solve the principal/agent problem? *Energy Policy*, 38(10), 6232-6239.
- Brennan, T. J. (2010). Optimal energy efficiency policies and regulatory demand-side management tests: How well do they match? *Energy Policy*, 38(8), 3874-3885. Elsevier.
- Bush, R. (1995). Editorial: Demand-Side Management Evolves. *Transmission & Distribution World*, 47(4), 6.
- CCEE. (2011). Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Acesso em 13 de dezembro de 2011 em <http://www.ccee.org.br>
- CELESC. (2011). Abradee esclarece os índices de reajustes nas contas de luz. Acesso em 6 de agosto de 2011 em

## Referências Bibliográficas

- [http://portal.celesc.com.br/portal/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=452 &Itemid=34](http://portal.celesc.com.br/portal/home/index.php?option=com_content&task=view&id=452&Itemid=34)
- Casa Civil da Presidência da República. (1957). *Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957*. Rio de Janeiro: Regulamenta os serviços de energia elétrica e cria a Reserva para Reversão.
- Casa Civil da Presidência da República. (1993). *Lei nº 8.631, de 4 de Março de 1993*. Brasília: Dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas para o serviço público de energia elétrica, extingue o regime de remuneração garantida, foi ampliada a finalidade da RGR para financiar o PROCEL e dá outras providências.
- Casa Civil da Presidência da República. (2001). *Lei nº 10.295, de 17 de Outubro de 2001*. Brasília: Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências.
- Casa Civil da Presidência da República. (2002). *Lei nº 10.438, de 26 de Abril de 2002*. Brasília: Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia.
- Casa Civil da Presidência da República. (2010). *Medida Provisória nº 517, de 30 de Dezembro de 2010*. Brasília: Dispõe sobre a incidência do imposto sobre a renda nas operações que especifica, dispõe sobre a extinção do Fundo Nacional de Desenvolvimento, e dá outras providências.
- Castro, N. J. de, Brandão, R., Marcu, S., & Dantas, G. (2011). Mercados de energia em sistemas elétricos com alta participação de energias renováveis. Texto de Discussão do Setor Elétrico nº 31. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Castro, N. J. de, & Dantas, G. (2008). Bioenergia no Brasil e na Europa: uma análise comparativa. *VII Agrener GD*. GESEL/IE/UFRJ. Fortaleza. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/>
- Castro, N. J. de, & Dantas, G. (2010). O Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro e o Contexto Mundial de Mudanças Climáticas. Working Paper. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Castro, N. J. de, Dantas, G., Leite, A., Brandão, R., & Timponi, R. R. (2010). Considerações sobre as Perspectivas da Matriz Elétrica Brasileira. Texto de Discussão do Setor Elétrico nº 19. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Castro, N. J. de, Martini, S., Brandão, R., Dantas, G., & Timponi, R. R. (2009). A Importância das Fontes Alternativas e Renováveis na Evolução da Matriz Elétrica Brasileira. *V Seminário de Geração e Desenvolvimento Sustentável - Fundación MAPFRE*. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/>
- Chandler, J. (2009). A Preliminary Look at Electric Efficiency Potential. *The Electricity Journal*, 23(1), 85-91.
- Chang, C.-chih, & Carballo, C. (2011). Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, 39(7), 4215-4221.

## Referências Bibliográficas

- Chen, S., Kuo, H., & Chen, C. (2007). The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries. *Energy Policy*, 35(4), 2611-2621.
- Chontanawat, J. (2008). Modelling Causality between Electricity Consumption and Economic Growth in Asian Developing Countries. *Second International Association for Energy Economics (IAEE) Asian Conference: Energy Security and Economic Development under Environmental Constraints in the Asia-Pacific Region*. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.business.curtin.edu.au/files/Chontanawat.pdf>
- Chontanawat, J., Hunt, L. C., & Pierse, R. (2006). Causality between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 Non-OECD Countries. Discussion Paper SEEDS 113. Guildford.
- Clímaco, F. (2010). *Gestão de Consumidores Livres de Energia Elétrica*. Universidade de São Paulo.
- Controladoria-Geral da União. (2010). Fundos do Setor Elétrico. *Prestação de Contas Anual do Presidente da República*. Brasília. Acesso em 15 de agosto de 2011 em <http://www.cgu.gov.br/Publicacoes/PrestacaoContasPresidente/2010/Arquivos/4.04.pdf>
- DGEG. (2012). *Energia em Portugal - Principais Números*. Acesso em 15 de fevereiro de 2012 em <http://www.dgge.pt/>
- Didden, M. H., & D'haeseleer, W. D. (2003). Demand Side Management in a competitive European market: Who should be responsible for its implementation? *Energy Policy*, 31(13), 1307-1314.
- EPE. (2011a). *Boletim de Conjuntura Energética: 2º trimestre 2011 - Nota técnica DEA 17/11 (Série Estatísticas Energéticas)*. Rio de Janeiro. Acesso em 4 de janeiro de 2012 em <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>
- EPE. (2011b). *Balanço Energético Nacional 2011 - Ano Base 2010*. Rio de Janeiro. Acesso em 1 de fevereiro de 2012 em <https://ben.epe.gov.br/>
- EPE. (2011c). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2011*. Rio de Janeiro. Acesso em 1 de fevereiro de 2012 em <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>
- EPE. (2011d). *Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos: 2011-2020 - Nota Técnica DEA 03/11 (Série Estudos de Energia)*. Rio de Janeiro. Acesso em 15 de fevereiro de 2012 em [http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%25C3%25A9rie Estudos de Energia/20110222\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%25C3%25A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20110222_1.pdf)
- EPE. (2011e). *Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos: 2012-2021 - Nota Técnica DEA 16/11 (Série Estudos da Demanda)*. Rio de Janeiro. [http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Estudos\\_27.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Estudos_27.aspx)
- EVO. (2007). *Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance: Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água - Volume 1 (Vol. 1)*. São Francisco. Acesso em 5 de janeiro de 2012 em [http://www.evo-world.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=272&Itemid=279](http://www.evo-world.org/index.php?option=com_content&task=view&id=272&Itemid=279)

## Referências Bibliográficas

- Ehrhardt-Martinez, K., Laitner, J. A. S., & Keating, K. M. (2009). *Pursuing Energy-Efficient Behavior in a Regulatory Environment: Motivating Policymakers, Program Administrators, and Program Implementers*. Berkeley. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em [http://uc-icie.org/downloads/Motivating\\_Policymakers\\_rev.pdf](http://uc-icie.org/downloads/Motivating_Policymakers_rev.pdf)
- Eletrobras. (2011). *Relatório de Sustentabilidade do Sistema Eletrobras 2010*. Rio de Janeiro. Acesso em 31 de janeiro de 2012 em <http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?Team=%7B4A2B5B3C-751A-4E38-86A7-D6085CEE347B%7D#2010>
- Eletrobras. (2012a). Sistemas Isolados - Site Eletrobras. Acesso em 15 de janeiro de 2012 em <http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS79364694PTBRIE.htm>
- Eletrobras. (2012b). Quem Somos - Site Eletrobras. Acesso em 31 de janeiro de 2012 em <http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS482AEFCFPTBRIE.htm>
- Eletrobras/Cepel. (2011). *Relatório de Gestão do Exercício de 2010*. Rio de Janeiro. Acesso em 1 de fevereiro de 2012 em <http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?View=%7BACABF1E4-5C9F-4FD9-827D-35841B86BCCE%7D#2009>
- Eletrobras/PROCEL. (2004). *Avaliação dos Resultados do PROCEL 2003*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de agosto de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%257BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%257D>
- Eletrobras/PROCEL. (2005). *Avaliação dos Resultados do PROCEL 2004*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de agosto de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%7D>
- Eletrobras/PROCEL. (2006). *Avaliação dos Resultados do PROCEL 2005*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de agosto de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%7D>
- Eletrobras/PROCEL. (2007a). *Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Ano Base 2005 - Classe Residencial, Relatório Brasil*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de dezembro de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B4A5E324F-A3B0-482A-B1CD-F75A2A150480%7D>
- Eletrobras/PROCEL. (2007b). *Resultados do PROCEL 2006*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de agosto de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%7D>
- Eletrobras/PROCEL. (2008a). *Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Ano Base 2005: Classe Industrial - Alta Tensão*. Rio de Janeiro. Acesso em 6 de dezembro de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7BB59A4A3D-0885-4F63-9E79-5E76F31D33CE%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>

## Referências Bibliográficas

- Eletrobras/PROCEL. (2008b). *Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Ano Base 2005: Classe Industrial - Alta Tensão (Sumário Executivo)*. Rio de Janeiro. Acesso em 6 de dezembro de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%257B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%257D&Team=&params=itemID=%257BB59A4A3D-0885-4F63-9E79-5E76F31D33CE%257D;&UIPartUID=%257B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%257D>
- Eletrobras/PROCEL. (2008c). *Resultados do PROCEL 2007*. Rio de Janeiro. Acesso em 21 de junho de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%257BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%257D>
- Eletrobras/PROCEL. (2009). *Resultados do PROCEL 2008*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de agosto de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%7D>
- Eletrobras/PROCEL. (2010). *PROCEL 2009*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de agosto de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%257BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%257D>
- Eletrobras/PROCEL. (2011a). *Resultados do PROCEL 2010 - Sumário Executivo*. Rio de Janeiro. Acesso em 12 de agosto de 2011 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%7D>
- Eletrobras/PROCEL. (2011b). *Resultados do PROCEL 2010*. Rio de Janeiro. Acesso em 7 de janeiro de 2012 em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%257BEC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B%257D>
- Eletrobras/PROCEL. (2011c). PROCEL. Acesso em 8 de agosto de 2011 em <http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp>
- Eletrobras/PROCEL. (2012). PROCEL Info. Acesso em abril de 2012 em <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp>
- Eletrobras/PROCEL Indústria. (2009). Eficiência Energética na Indústria: O que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional. *CNI - Confederação Nacional da Indústria*. Brasília. Acesso em 19 de junho de 2011 em <http://www.cni.org.br/portal/data/files/FF808081234E24EA0123627A07156F8E/Eficiencia.pdf>
- Eto, J., Stoft, S., & Belden, T. (1997). The theory and practice of decoupling utility revenues from sales. *Utilities Policy*, 6(1), 43-55.
- FATENP. (2009). Selo PROCEL Edifica. Acesso em 20 de agosto de 2011 em <http://www.colegiofatenp.com.br/index.php?cmd=selo-procel>
- FGV/CPDOC. (2011). Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica – CNAEE. Acesso em 6 de agosto de 2011 em <http://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/AEraVargas1/anos37-45/EstadoEconomia/ConselhoAguaEnergia>

## Referências Bibliográficas

- Ferguson, R., Wilkinson, W., & Hill, R. (2000). Electricity use and economic development. *Energy Policy*, 28(13), 923-934.
- Fischler, A. (2010). O Apoio do BNDES a Energias Renováveis. Rio de Janeiro. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em [http://www.olade.org/electricidad/Documents/ponencias/Dia 26 de mayo/Sesion 2/A\\_Fischler O apoio do BNDES a Energias Renovables.pdf](http://www.olade.org/electricidad/Documents/ponencias/Dia 26 de mayo/Sesion 2/A_Fischler O apoio do BNDES a Energias Renovables.pdf)
- Florezi, G. (2009). *Consumidores Livres de Energia Elétrica uma Visão Prática*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Fugimoto, S. K. (2010). *Estrutura de Tarifas de Energia Elétrica - Análise Crítica e Proposições Metodológicas*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Gadelha, S. (2004). Consumo de Eletricidade e Crescimento Econômico no Brasil. Secretaria do Tesouro Nacional. Brasília.
- Geller, H., Almeida, M., Lima, M., Pimentel, G., & Pinhel, A. (2000). Update on Brazil's national electricity conservation program (PROCEL). *Energy for Sustainable Development*, IV(2), 38-43.
- Geller, H., & Attali, S. (2005). *The Experience with Energy Efficiency Policies and Programmes in IEA Countries: Learning from the Critics*. Paris. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em [http://www02.abb.com/db/db0003/db002698.nsf/ca7e93ab03030d22c12571380039e8fc/0912873430b22467c12571da0032d460/\\$FILE/The+Experience+With+Energy+Efficiency+Policies+and+Programmes+in+IEA+Countries.pdf](http://www02.abb.com/db/db0003/db002698.nsf/ca7e93ab03030d22c12571380039e8fc/0912873430b22467c12571da0032d460/$FILE/The+Experience+With+Energy+Efficiency+Policies+and+Programmes+in+IEA+Countries.pdf)
- Geller, H., Jannuzzi, G. D. M., Schaeffer, R., & Tolmasquim, M. T. (1998). The efficient use of electricity in Brazil: progress and opportunities. *Energy Policy*, 26(11), 859-872.
- Geller, H., Schaeffer, R., Szklo, A., & Tolmasquim, M. T. (2004). Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. *Energy Policy*, 32(12), 1437-1450.
- Ghosh, S. (2002). Electricity consumption and economic growth in India. *Energy Policy*, 30, 125-129.
- Gillingham, K., Newell, R., & Palmer, K. (2006). Energy Efficiency Policies: A Retrospective Examination. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1), 161-192.
- Greening, L. A., Greene, D. L., & Difiglio, C. (2000). Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey. *Energy Policy*, 28(6), 389-401.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics* (4rd Editio.). McGraw-Hill.
- Haddad, J. (2010). Consulta Pública: Análise das Contribuições Recebidas. *Elaboração de metodologia que permita mensurar, verificar e avaliar os resultados decorrentes de ações de Eficiência Energética dos PEE das concessionárias distribuidoras de electricidade*. Brasília: ANEEL. Acesso em 15 de novembro de 2011 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>
- Haddad, J., & Salume, G. N. (2010). Avaliação do PEE. *Elaboração de metodologia que permita mensurar, verificar e avaliar os resultados decorrentes de ações de Eficiência Energética*

## Referências Bibliográficas

- dos PEE das concessionárias distribuidoras de electricidade (Vol. 47). Brasília: ANEEL. Acesso em 8 de setembro de 2011 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>
- Hannesson, R. (2009). Energy and GDP growth. *International Journal of Energy Sector Management*, 3(2), 157-170.
- Herring, H. (1999). Does energy efficiency save energy? The debate and its consequences. *Applied Energy*, 63(3), 209-226.
- Herring, H. (2006). Energy efficiency - a critical view. *Energy*, 31(1), 10-20.
- IBGE. (2012a). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Site. Acesso em 12 de janeiro de 2012 em <http://www.ibge.gov.br/home/>
- IBGE. (2012b). Censo Demográfico 2000-2010: Taxa de Crescimento da População Brasileira. Acesso em 15 de janeiro de 2012 em <http://www.ibge.gov.br/home/>
- IEA. (2010a). *IEA Statistics: CO2 Emissions from Fuel Combustion 2010 Edition Highlights*. Paris: OECD Publishing. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.iea.org/>
- IEA. (2010b). *World Energy Outlook 2010*. Paris. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.iea.org/>
- IEA. (2011). *Key World Energy Statistics 2011*. Paris. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.iea.org/>
- IPEA. (2011). *Carta de Conjuntura nº 15, dezembro 2011*. Rio de Janeiro. Acesso em 20 de janeiro de 2012 em [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/cc15\\_completa5\\_final2.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/cc15_completa5_final2.pdf)
- IPEA. (2012). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Acesso em 3 de março de 2012 em <http://www.ipea.gov.br/portal/>
- IPEADATA. (2012). IPEADATA. Acesso em 7 de janeiro de 2012 em <http://www.ipeadata.gov.br/>
- Jonsson, D. K., Gustafsson, S., Wangel, J., Höjer, M., Lundqvist, P., & Svane, Ö. (2011). Energy at your service: highlighting energy usage systems in the context of energy efficiency analysis. *Energy Efficiency*, 4(3), 355-369.
- Khatib, H. (2011). IEA World Energy Outlook 2010 - A comment. *Energy Policy*, 39(5), 2507-2511.
- Leon, N., Pessanha, J. F. M., & Sobrinho, J. R. (2010). Projeção de mercado de energia elétrica para a revisão tarifária durante a crise econômica de 2008/09.
- Leonard, J. M., & Decker, C. S. (2011). Determinants of voluntary electricity demand management program participation. *Utilities Policy*, 20(1), 17-21. Elsevier Ltd.
- Linares, P., & Labandeira, X. (2010). Energy efficiency: Economics and Policy. *Journal of Economic Surveys*, 24(3), 573-592.

## Referências Bibliográficas

- Llamas, P. L. (2009). Eficiencia Energética y Medio Ambiente. *Economía Y Medio Ambiente*, (847), 75-92.
- Loughran, D. S., & Kulick, J. (2004). Demand-Side Management and Energy Efficiency in the United States. *The Energy Journal*, 25(1), 19-43.
- MME. (2010). *Plano Nacional de Eficiência Energética - Premissas e Diretrizes Básicas na Elaboração do Plano (Consulta Pública)*. Brasília. Acesso em 10 de junho de 2011 em [http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf\\_-\\_Premissas\\_e\\_Dir.\\_Basicas.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf_-_Premissas_e_Dir._Basicas.pdf)
- MME. (2011a). *Plano Nacional de Eficiência Energética - Premissas e Diretrizes Básicas*. Brasília. Acesso em 12 de dezembro de 2011 em [http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2011/Plano\\_Nacional\\_de\\_Eficia\\_ncia\\_Energxtica\\_-\\_PNEf\\_-\\_final.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2011/Plano_Nacional_de_Eficia_ncia_Energxtica_-_PNEf_-_final.pdf)
- MME. (2011b). Ministério de Minas e Energia. Acesso em 13 de dezembro de 2011 em <http://www.mme.gov.br/mme>
- Metcalf, G. E. (2008). An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level. *The Energy Journal*, 29, 1-26.
- Ministério das Relações Exteriores. (2012). BRICS - Agrupamento Brasil-Rússia-Índia-China-África do Sul. Acesso em 7 de janeiro de 2012 em <http://www.itamaraty.gov.br/temas/mecanismos-inter-regionais/agrupamento-brics>
- Mundaca, L., & Neij, L. (2009). A multi-criteria evaluation framework for tradable white certificate schemes. *Energy Policy*, 37(11), 4557-4573.
- Neoenergia. (2011). *Glossário do Setor Elétrico*. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.neoenergia.com/section/glossario.asp>
- OCDE. (2011). *Estudos Econômicos da OCDE - Brasil*. Acesso em 10 de janeiro de 2012 em <http://www.slideshare.net/luizdenis/estudos-econmicos-da-ocde-brasil-out2011>
- ONS. (2011). Operador Nacional do Sistema Elétrico. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em <http://www.ons.org.br>
- ONS. (2012a). SEB - Site ONS. Acesso em 15 de janeiro de 2012 em [http://www.ons.org.br/institucional/modelo\\_setorial.aspx](http://www.ons.org.br/institucional/modelo_setorial.aspx)
- ONS. (2012b). SIN - Site ONS. Acesso em 15 de fevereiro de 2012 em <http://www.ons.org.br>
- Oikonomou, V., Becchis, F., Steg, L., & Russolillo, D. (2009). Energy saving and energy efficiency concepts for policy making. *Energy Policy*, 37(11), 4787-4796.
- Ordoñez, R., & Paul, G. (2010). Governo deve prorrogar taxa de 1957 nunca utilizada para sua finalidade. *Jornal O Globo Online*. Rio de Janeiro. Acesso em 15 de dezembro de 2011 em [http://www.acendebrasil.com.br/archives/files/20101219\\_OGlobo2.pdf](http://www.acendebrasil.com.br/archives/files/20101219_OGlobo2.pdf)

## Referências Bibliográficas

- Pao, H., & Tsai, C. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*, 38(12), 7850-7860.
- Pao, H., & Tsai, C. (2011). Modeling and forecasting the CO2 emissions , energy consumption , and economic growth in Brazil. *Energy*, 36(5), 2450-2458.
- Pompermayer, M. L. (2010). Resultados dos Programas de Eficiência Energética. *Elaboração de metodologia que permita mensurar, verificar e avaliar os resultados decorrentes de ações de Eficiência Energética dos PEE das concessionárias distribuidoras de electricidade*. Brasília: ANEEL. Acesso em 6 de janeiro de 2012 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>
- Presidência da República. (1961). *Lei nº 3.890-A, de 25 de Abril de 1961*. Brasília: Autoriza a União a constituir a empresa Centrais Elétricas Brasileiras S. A. - ELETROBRÁS, e dá outras providências.
- Presidência da República. (1997). *Lei nº 9.478, de 6 de Agosto de 1997*. Brasília: Dispõe sobre a política energética nacional, as actividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências.
- Presidência da República. (2000). *Decreto nº 3.520, de 21 de junho de 2000* (pp. 3-6). Brasília: Dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE e dá outras providências.
- Presidência da República. (2001). *Resolução nº 4, de 22 de maio de 2001*. Brasília: Dispõe sobre regimes especiais de tarifação, limites de uso e fornecimento de energia elétrica e medidas de redução de seu consumo.
- Presidência da República. (2004). *Lei nº 10.847, de 15 de Março de 2004*. Brasília: Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências.
- Presidência da República. (2010). *Lei nº 12.212, de 20 de Janeiro de 2010*. Brasília: Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica.
- Rutherford, J. P., Scharpf, E. W., & Carrington, C. G. (2007). Linking consumer energy efficiency with security of supply. *Energy Policy*, 35(5), 3025-3035.
- Salvador, E. (2011, 8 de agosto). Entrevista ao Eng. Emerson Salvador, Gerente da Divisão de Eficiência Energética na Oferta do PROCEL. Rio de Janeiro.
- Sanches, J. R. (2009). Pesquisa & Desenvolvimento e Eficiência Energética. *Workshop de Apresentação da nova Regulamentação dos Programas de P&D e Eficiência Energética*. Brasília: ANEEL. Acesso em 6 de janeiro de 2012 em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>
- Sarkar, A., & Singh, J. (2010). Financing energy efficiency in developing countries - lessons learned and remaining challenges. *Energy Policy*, 38(10), 5560-5571.
- Schleich, J. (2009). Barriers to energy efficiency: A comparison across the German commercial and services sector. *Ecological Economics*, 68(7), 2150-2159.

## Referências Bibliográficas

- Shiu, A., & Lam, P.-L. (2004). Electricity consumption and economic growth in China. *Energy Policy*, 32(1), 47-54.
- Silva, C. V. da. (2011). Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro. *VI SISEE - Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica*. Foz do Iguaçu.
- Sorrell, S., O'Malley, E., Schleich, J., & Scott, S. (2004). *The Economics of Energy Efficiency: Barriers to Cost-Effective Investment*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, Inc.
- Sutherland, R. J. (1996). The economics of energy conservation policy. *Energy Policy*, 24(4), 361-370.
- Taylor, J. B. (2008). The Financial Crisis and the Policy Responses: An Empirical Analysis of What Went Wrong. Working Paper 14631. Cambridge. Acesso em 15 de fevereiro de 2012 em <http://www.nber.org/papers/w14631>
- Vera, I., & Langlois, L. (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy*, 32(6), 875-882.
- Vine, E. (2008). Strategies and policies for improving energy efficiency programs: Closing the loop between evaluation and implementation. *Energy Policy*, 36(10), 3872-3881.
- Volpi, G., Jannuzzi, G. D. M., & Gomes, R. (2006). A sustainable electricity blueprint for Brazil. *Energy for Sustainable Development*, 10(4), 14-24.
- Wolde-Rufael, Y. (2005). Energy demand and economic growth: The African experience. *Journal of Policy Modeling*, 27(8), 891-903.
- Wooldridge, J. M. (2005). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (3rd Edition). Thomson.
- Yoo, S.-H., & Kwak, S.-Y. (2010). Electricity consumption and economic growth in seven South American countries. *Energy Policy*, 38(1), 181-188.



## 10. Anexos

---

### **Anexo I – Principais Entidades Intervenientes no SEB**

Neste anexo estão patentes as principais entidades intervenientes no SEB ao nível de supervisão, planeamento, investigação, coordenação, regulação, operacionalização e funcionamento – expressas por ordem alfabética.

#### **Agência Nacional de Energia Elétrica**

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi instituída em 1996, pela Lei nº 9.427 de 26 de dezembro e constituída em 1997 através do Decreto nº 2.335 que estabeleceu as suas diretrizes, funções, e o princípio de descentralização pelo qual se rege, que permite à agência reguladora propagar a sua ação pelo país (ANEEL, 2012).

A ANEEL iniciou a sua atividade em dezembro de 1997 (Silva, 2011), está vinculada ao MME e apresenta autonomia administrativa e financeira (MME, 2011a), tendo como missão: proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade (ANEEL, 2012).

Esta entidade tem a incumbência de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica; servir de mediadora de conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes os consumidores; estimular a competição entre os operadores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; assegurar tarifas justas, a qualidade dos serviços prestados e a universalização dos serviços (CCEE, 2011).

#### **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica**

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) foi instituída e regulamentada em 2004, através da Lei nº 10.848 e do Decreto nº 5.177 respetivamente, tendo iniciado a sua atividade em 10 de novembro do mesmo ano.

A CCEE veio substituir o Mercado Atacadista de Energia (MAE), tendo incorporado as suas funções e estrutura (tanto organizacional como operacional), como consequência do novo “marco regulatório” para o setor elétrico estabelecido em 2004 pelo governo brasileiro (CCEE, 2011).

## Anexos

Esta entidade possui como missão propiciar o ambiente para as atividades e operações de comercialização de energia, promovendo soluções adequadas às necessidades do mercado com integridade, transparência e confiança (CCEE, 2011).

A CCEE apresenta entre outras funções, as de: apurar o Preço de Liquidação de Diferenças (PLD), utilizado para valorizar as transações realizadas no mercado de curto prazo; contabilizar os montantes de energia elétrica comercializados; efetuar a liquidação financeira dos valores decorrentes das operações de compra e venda de energia elétrica realizadas no mercado de curto prazo; e realizar leilões de compra e venda de energia em Ambiente de Contratação Regulada (ACR), por delegação da ANEEL (CCEE, 2011). Esta entidade desempenha, assim, um papel estratégico para viabilizar as operações de compra e venda de energia elétrica, registrando e gerindo os contratos estabelecidos entre produtores, comercializadores, distribuidores e consumidores livres.

### **Comité de Monitoramento do Setor Elétrico**

O Comité de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) foi instituído em 2004 através da Lei nº 10.848, tendo o papel de acompanhar e avaliar a continuidade e a segurança do fornecimento “eletro-energético”<sup>220</sup> em todo o território brasileiro<sup>221</sup>. Este órgão surgiu no âmbito do MME e está sob sua coordenação direta.

O CMSE tem como principais propósitos acompanhar o desenvolvimento das atividades de produção, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica, gás natural e petróleo e seus derivados; avaliar as condições de abastecimento e de atendimento; realizar periodicamente a análise integrada de segurança de abastecimento e de atendimento; identificar dificuldades e obstáculos que afetem a regularidade e a segurança de abastecimento e expansão dos setores de energia elétrica, gás natural e petróleo e seus derivados; e elaborar propostas de ajustamentos e ações preventivas que visem a manutenção ou restauração da segurança no abastecimento e no atendimento dos mesmos setores, encaminhando-as, quando necessário, para o CNPE (MME, 2011b).

### **Conselho Nacional de Política Energética**

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) foi instituído em 1997 pelo Presidente da República<sup>222</sup>, através do art. 2º da Lei nº 9.478 de 6 de agosto, vinculado à Presidência da

---

<sup>220</sup> Energia elétrica e energia proveniente de gás natural, petróleo e seus derivados.

<sup>221</sup> Todavia, a informação expressa na página de internet do CSME acerca das suas funções é divergente relativamente à expressa no *site* da CCEE. Segue-se o primeiro.

<sup>222</sup> Fernando Henrique Cardoso.

República e presidido pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, com a finalidade de funcionar como um órgão consultivo do Presidente da República nos assuntos relacionados com a política energética (Presidência da República, 1997).

O estabelecimento definitivo do CNPE ocorreu apenas em 2000, quando foi publicado o Decreto nº 3.520 de 21 junho, que veio regulamentar a sua estrutura e funcionamento.

O CNPE apresenta como principais funções formular políticas e diretrizes de acordo com os princípios e objetivos de política energética estipulados no art. 1º da mesma lei, nomeadamente para promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do Brasil, assegurar o fornecimento de energia às zonas mais remotas, rever frequentemente as matrizes energéticas aplicadas às diversas regiões do país, estabelecer diretrizes para programas específicos (de utilização de gás natural, álcool, outras biomassas, carvão e energia termonuclear) e estabelecer diretrizes para a importação e exportação de petróleo e de gás natural (Presidência da República, 1997, 2000).

### Eletrobras

A criação da empresa Centrais Elétrica S.A. – Eletrobras foi outorgada em 1961 pela Lei nº 3.890-A<sup>223</sup> de 25 de abril, sendo implementada em 1962, tendo como função promover estudos, projetos de construção e operação de centrais elétricas, linhas de transmissão e subestações destinadas ao abastecimento (Presidência da República, 1961), assim como a celebração de contratos de comercialização de energia elétrica no Brasil (Eletrobras/Cepel, 2011).

A Eletrobras é uma empresa de economia mista e de capital aberto, controlada pelo Governo Federal brasileiro<sup>224</sup> e voltada para o desenvolvimento do SEB, tendo como missão atuar nos mercados de energia de forma integrada, rentável e sustentável, ambicionado ser, com o horizonte temporal de 2020, o “maior sistema empresarial global de energia limpa<sup>225</sup>” (Eletrobras/Cepel, 2011), sendo que atualmente já é a maior *holding* do setor elétrico assim como o maior conglomerado empresarial de energia limpa da América Latina (Eletrobras, 2011).

Na condição de *holding*, a Eletrobras controla grande parte dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil por intermédio de seis subsidiárias, sejam: Eletrobras Chesf, Eletrobras Furnas, Eletrobras Eletrosul, Eletrobras Eletronorte, Eletrobras CGTEE e Eletrobras Eletronuclear. Além de principal acionista dessas empresas, a Eletrobras, em nome do governo brasileiro, detém metade do capital de Itaipu Binacional (Eletrobras, 2011). A

---

<sup>223</sup> Autorizou a União a constituir a Eletrobras e deu outras providências (Presidência da República, 1961).

<sup>224</sup> Possui o controle acionista com 52% das ações ordinárias da empresa (Eletrobras/Cepel, 2011).

<sup>225</sup> O conceito de energia limpa adotado pela Eletrobras representa a energia elétrica produzida com baixa emissão de carbono (Eletrobras, 2011).

capacidade geradora da Eletrobras, incluindo metade da potência de Itaipu pertencente ao Brasil, é de 42.080 MW, correspondentes a 37% do total nacional. As suas linhas de transmissão têm 58.361 km de extensão, representando cerca de 57% do total das linhas do Brasil (Eletrobras, 2011).

Noutra vertente de atuação, a Eletrobras implementa e gere programas sociais e setoriais, por delegação do seu acionista maioritário, o qual lhe faculta o suporte financeiro. Neste sentido, a Eletrobras é a gestora de uma carteira de fundos setoriais, composta pela Reserva Global de Reversão (RGR), pela Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), pela Conta de Consumo de Combustível (CCC) e pela Utilização do Bem Público (UBP). Nesta mesma linha, fornece suporte a programas estratégicos do governo, como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), o programa Luz Para Todos e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), financiados com recursos da RGR e da CDE, que também contribuem para o financiamento de obras de geração e transmissão de energia elétrica (Eletrobras/Cepel, 2011).

Desde 1996, que a Eletrobras tem atuado no desenvolvimento de ações de EE na oferta de energia elétrica, iniciando suas atividades em projetos voltados ao aumento da EE de unidades geradoras de centrais hidráulicas. Atualmente, as ações estão mais direcionadas à melhoria dos sistemas alternativos de produção de energia. Além disso, as empresas de distribuição de energia elétrica, que fazem parte do Sistema Eletrobras, já implementaram Programas de Eficiência Energética regulamentados pela ANEEL, promovendo a substituição de equipamentos usados por equipamentos novos com Selo PROCEL.

Desde a sua criação, a Eletrobras tem contribuído decisivamente para a expansão da oferta de energia elétrica e o desenvolvimento do país (Eletrobras, 2012b).

### **Empresa de Pesquisa Energética**

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) foi instituída pela em 2004 pela Lei nº 10.847 de 15 de março e criada no mesmo ano pelo Decreto nº 5.184 de 16 de agosto, esta empresa está vinculada ao MME.

A EPE apresenta a finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, entre outras (Presidência da República, 2004).

A EPE tem a seu cargo a realização de estudos e projeções da matriz energética brasileira, a execução de estudos que proporcionem o planejamento integrado de recursos

energéticos, o desenvolvimento de estudos que propiciem o planeamento de expansão da geração e da transmissão de energia elétrica para diferentes horizontes temporais (curto, médio e longo prazos), a realização de análises de viabilidade técnico-económica e sócio ambiental para empreendimentos de energia elétrica e de fontes renováveis, assim como a obtenção de licença ambiental prévia para aproveitamentos hidrelétricos e de transmissão de energia elétrica (Presidência da República, 2004).

De entre os principais estudos elaborados e publicados pela EPE destacam-se o Balanço Energético Nacional (BEN), o Plano Decenal de Energia (PDE) e o Plano Nacional de Energia (PNE).

### **Ministério de Minas e Energia**

O Ministério de Minas e Energia (MME) foi criado em 1960, pela Lei nº 3.782 de 22 de julho, foi extinto em 1990 através da Lei nº 8.028 e por fim voltou a ser instituído em 1992 pela Lei nº 8.422.

Em 2003, foi definido o âmbito de atuação do MME, por meio da Lei nº 10.683, sendo responsável pelos assuntos respeitantes às áreas da geologia, recursos minerais e energéticos; aproveitamento da energia hidráulica; mineração e metalurgia; petróleo, combustível e energia elétrica (MME, 2011b).

A estrutura organizacional do MME foi determinada em 2004 pelo Decreto nº 5.267, tendo sido criadas cinco secretarias:

- Secretaria Executiva;
- Secretaria de Planeamento e Desenvolvimento Energético;
- Secretaria de Energia Elétrica;
- Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis;
- Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral.

O MME é o órgão do Governo Federal responsável pela condução das políticas energéticas do país, em que as suas principais funções implicam a formulação e implementação de políticas para o setor energético, de acordo com as diretrizes definidas pelo CNPE. O MME é responsável por estabelecer o planeamento do setor energético nacional, monitorar a segurança do fornecimento do SEB e definir ações preventivas para restauração da segurança de fornecimento energético no caso de desequilíbrios conjunturais entre oferta e procura (CCEE, 2011).

Ao MME encontram-se vinculadas algumas entidades, entre as quais a Eletrobrás e a Petrobras, a ANEEL e a Agência Nacional do Petróleo (ANP).

### **Operador Nacional do Sistema Elétrico**

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) surgiu em 1998, através da Lei nº 9.648 e foi regulamentado pelo Decreto nº 2.655 do mesmo ano, com a finalidade de operar, supervisionar e controlar a produção de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), e gerir a rede básica de transmissão de energia elétrica no Brasil (ONS, 2011).

Esta entidade tem como missão operar o Sistema Interligado Nacional (SIN) de forma integrada, com transparência, equidade e neutralidade, de modo a garantir a segurança, a continuidade e a otimização do fornecimento de energia elétrica no país (ONS, 2011). Dos objetivos estratégicos do ONS, destacam-se com maior relevância para este trabalho, o objetivo de dispor dos recursos para a gestão da segurança “eletro-energética” do SIN e o de aumentar a capacidade para prevenção e gestão de situações de crise.

O ONS, entre outras funções, é responsável por atender os requisitos de carga, otimizar custos, e coordenar e controlar as operações das instalações de produção e transmissão de energia elétrica no SIN, sob fiscalização e regulação da ANEEL (CCEE, 2011).

## Anexo II – PEE

### Anexo II.1 – Correções ao ficheiro “Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL”

#### Identificação das Empresas

Visto que uma mesma empresa é descrita com nomes diferentes, para análise das empresas distribuidoras de energia elétrica considerou-se o código das mesmas, atribuído no ficheiro em análise.

#### Datas dos Projetos

- Quando não foi discriminado o dia do mês, considerou-se:
  - Data início do projeto: dia 1 do respetivo mês;
  - Data final do projeto: dia 30 ou 31, consoante o mês;
- As datas que apresentavam o ano “100x”, por exemplo, foram corrigidas para “200x”
- As datas que estavam visivelmente incorretas, por exemplo, 31/04 (abril só tem 30 dias) foram corrigidas para o último dia do mês: 30/04.

#### Relação Custo-Benefício (RCB)

Para o cálculo da RCB por empresa ou a RCB global de todos os projetos, não foram considerados os projetos com RCB nula (44 projetos) nem com um valor superior à unidade (11 projetos), uma vez que, no caso dos últimos e segundo o Manual do Programa de Eficiência Energética, a “RCB [tem que ser] inferior a 1,0” (ANEEL, 2008c), sendo que os montantes investidos nos projetos em questão também não foram contabilizados.

## Anexo II.2 – Quadros Auxiliares para a análise estatística do PEE

Quadro 10. 1: Fatores de correção para cálculo da RCB ponderada pelos montantes totais investidos entre 2008 e 2011: Evolução Temporal e Valores Totais.

	2008	2009	2010	2011	TOTAIS
RCB=0: Montantes Investidos	R\$ 49.787.213,17	R\$ 29.495.152,08	R\$ 7.387.062,14	R\$ 16.225.166,24	R\$ 102.894.593,63
RCB>1: RCB ponderada	R\$ 1.693.765.881,98	R\$ 907.268.029,98	R\$ 489.312.750,34	R\$ 0,00	R\$ 3.090.346.662,30
RCB>1: Montantes Investidos	R\$ 12.793.447,34	R\$ 26.535.558,97	R\$ 22.199.237,80	R\$ 0,00	R\$ 61.528.244,11
RCB Ponderada pelos montantes investidos para cada ano	R\$ 1.967.030.132,32	R\$ 1.273.414.210,12	R\$ 798.869.142,40	R\$ 247.940.871,27	R\$ 4.287.254.356,11

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011.

Quadro 10. 2: Quadro síntese da evolução temporal, para o quadriênio 2008-2011, do número e montantes totais investidos, das RCBs anuais médias, da energia economizada e da procura retirada da ponta global.

	2008	2009	2010	2011
Número de Projetos	176	273	275	105
Montantes Totais Investidos	R\$ 544.136.517,20	R\$ 650.651.048,97	R\$ 527.702.150,06	R\$ 411.399.584,59
RCB ponderada pelos montantes investidos	0,567	0,616	0,621	0,627
Energia Economizada Global (MWh/ano)	8.465,75	301.837,39	595.567,22	556.028,52
Procura Retirada de Ponta Global (KW)	3.060,86	105.422,71	213.859,37	178.774,99

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011.

Quadro 10. 3: Quadro de análise cruzada entre os tipos de projeto e de uso final (por número), para o quadriênio 2008-2011.

Tipo Projeto/Tipo de Uso Final	Aquecimento	Aquecimento de Água	Ar Comprimido	Condicionamento de Ar	Força Motriz	Iluminação	Outros	Refrigeração	TOTAIS
Aquecimento Solar	2	23	0	2	0	2	0	1	30
Baixa Renda	3	53	0	7	0	182	28	127	400
Co-geração	0	0	0	0	0	0	4	1	5
Comércio e Serviços	0	24	0	59	3	63	17	27	193
Educacional	0	0	0	2	0	5	3	0	10
Gestão Energética Municipal	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Industrial	0	0	7	2	8	10	3	2	32
Pelo Lado da Oferta	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Poder Público	0	15	0	95	5	218	7	18	358
Projeto Piloto	0	1	0	2	0	3	4	2	12
Residencial	0	5	0	3	0	17	8	12	45
Rural	0	0	0	1	54	1	1	0	57
Serviços Públicos	0	8	0	30	24	72	42	16	192
<b>TOTAIS</b>	<b>5</b>	<b>129</b>	<b>7</b>	<b>203</b>	<b>94</b>	<b>573</b>	<b>119</b>	<b>206</b>	<b>1336</b>

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011.

Quadro 10. 4: Quadro de análise cruzada entre os tipos de projeto e equipamentos (por número), para o quadriênio 2008-2011.

Tipo Projeto/Tipo de Equipamento (N.º de Projetos)	Aquecedor Solar	Ar Condicionado de Janela	Ar Condicionado Split	Autoclave	Bebedouro	Bomba de Calor	Bomba de Recalque	Chiller	Compressor	Geladeira	Inversor de Frequência	LED - Diodo Emissor de Luz	LFC - Lâmpada Fluorescente Compacta	LFT - Lâmpada Tubular Fluorescente	Motor	Outros	Painel Fotovoltaico	Recuperador de Calor	Tanque de Expansão	TOTALS
Aquecimento Solar	23	0	0	0	0	3	0	2	0	1	0	0	1	0	0	7	0	0	0	37
Baixa Renda	25	5	2	1	2	0	0	0	0	136	0	0	177	10	0	68	0	21	0	447
Co-geração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	5
Comércio e Serviços	23	36	16	7	0	0	0	11	2	21	1	6	53	57	4	45	0	1	0	283
Educacional	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	7
GEM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	0	0	1	0	0	0	2	2	6	0	3	2	2	5	4	13	0	0	0	40
Pelo Lado da Oferta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3
Poder Público	14	83	21	2	1	0	3	15	0	11	2	30	171	205	4	351	0	1	1	915
Projeto Piloto	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3	1	0	6	0	0	0	16
Residencial	4	3	2	0	0	0	0	0	0	12	0	0	18	0	0	9	0	1	0	49
Rural	0	0	1	0	0	0	48	0	0	0	8	0	1	1	48	51	0	0	0	158
Serviços Públicos	5	31	2	0	0	0	17	2	0	11	15	1	45	67	21	93	0	1	0	311
<b>TOTALS</b>	<b>95</b>	<b>161</b>	<b>46</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>70</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>195</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>473</b>	<b>349</b>	<b>81</b>	<b>648</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>2271</b>

Fonte: Cálculo a partir de dados de ANEEL, 2011.

### Anexo III – *Outputs* do Modelo Econométrico

#### Anexo III.1 – *Output* do Modelo Econométrico pelo Método dos Mínimos Quadrados

Modelo 1: Estimativas Mínimos Quadrados (OLS) usando as 40 observações 1971-2010  
Variável dependente: d\_I\_Cons\_Elet

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>rácio-t</i>	<i>valor p</i>	
const	0,0646503	0,00737115	8,7707	<0,00001	***
d_I_PIBr_pc	0,589652	0,131109	4,4974	0,00007	***
Progs_EE	-0,0384694	0,01005	-3,8278	0,00048	***
Média var. dependente	0,059938	D.P. var. dependente		0,043345	
Soma resíd. quadrados	0,036930	E.P. da regressão		0,031593	
R-quadrado	0,496007	R-quadrado ajustado		0,468764	
F(2, 37)	18,20687	valor P(F)		3,13e-06	
Logaritmo da verossimilhança	82,99489	Critério de Akaike		-159,9898	
Critério de Schwarz	-154,9231	Critério de Hannan-Quinn		-158,1578	
rho	0,084763	Durbin-Watson		1,761495	

Teste de White para a heterocedasticidade -  
Hipótese nula: sem heterocedasticidade  
Estatística de teste: LM = 2,37904  
com valor  $p = P(\text{Chi-Square}(4) > 2,37904) = 0,666419$

Teste LM para autocorrelação até à ordem 1 -  
Hipótese nula: sem autocorrelação  
Estatística de teste: LMF = 0,270778  
com valor  $p = P(F(1,36) > 0,270778) = 0,605996$

Teste RESET para especificação -  
Hipótese nula: a especificação é adequada  
Estatística de teste: F(2, 35) = 0,603602  
com valor  $p = P(F(2, 35) > 0,603602) = 0,552432$

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 1989 -  
Hipótese nula: sem falha estrutural  
Estatística de teste: F(2, 35) = 2,25578  
com valor  $p = P(F(2, 35) > 2,25578) = 0,119817$

### Anexo III.2 – Output do Teste de VIF

Fatores de Inflacionamento da Variância (VIF)

Valor mínimo possível = 1,0

Valores > 10,0 podem indicar um problema de colinearidade

d\_l\_PIBr\_pc 1,002  
 Progs\_EE 1,002

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$ , onde  $R(j)$  é o coeficiente de correlação múltipla entre a variável  $j$  e a outra variável independente

Propriedades da matriz  $X'X$ :

norma-1 = 58,854681

Determinante = 22,993493

Número de condição recíproca = 0,00096147021

### Anexo III.3 – Output do Teste de White

Teste de White para a heterocedasticidade

Estimativas Mínimos Quadrados (OLS) usando as 40 observações 1971-2010

Variável dependente:  $\hat{u}^2$

	coeficiente	erro padrão	rácio-t	valor p
const	0,000773009	0,000566733	1,364	0,1813
d_l_PIBr_pc	0,00455929	0,0101429	0,4495	0,6558
Progs_EE	0,000785241	0,000824140	0,9528	0,3472
sq_d_l_PIBr_p	-0,00622542	0,166271	-0,03744	0,9703
X2_X3	-0,0327788	0,0224020	-1,463	0,1523

R-quadrado não-ajustado = 0,059476

Estatística de teste:  $TR^2 = 2,379035$ ,

com valor  $p = P(\text{Qui-quadrado}(4) > 2,379035) = 0,666419$

**Anexo III.4 – Output do Teste de Autocorrelação dos Erros**

Teste de Breush-Godfrey para autocorrelação de primeira-ordem  
 Estimativas Mínimos Quadrados (OLS) usando as 40 observações 1971-2010  
 Variável dependente: uhat

	coeficiente	erro padrão	rácio-t	valor p
const	0,000161393	0,00745134	0,02166	0,9828
d_I_PIBr_pc	-0,0134772	0,134929	-0,09988	0,9210
Progs_EE	0,000344929	0,0101721	0,03391	0,9731
uhat_1	0,0884762	0,170028	0,5204	0,6060

R-quadrado não-ajustado = 0,007465  
 Estatística de teste: LMF = 0,270778,  
 com valor p =  $P(F(1,36) > 0,270778) = 0,606$

Estatística alternativa:  $TR^2 = 0,298618$ ,  
 com valor p =  $P(\text{Qui-quadrado}(1) > 0,298618) = 0,585$

Ljung-Box  $Q' = 0,306693$  com valor p =  $P(\text{Qui-quadrado}(1) > 0,306693) = 0,58$

**Anexo III.5 – Output do Teste de RESET**

Regressão auxiliar para o teste de especificação RESET  
 Estimativas Mínimos Quadrados (OLS) usando as 40 observações 1971-2010  
 Variável dependente: d\_I\_Cons\_Elet

	coeficiente	erro padrão	rácio-t	valor p
const	0,0294100	0,122608	0,2399	0,8118
d_I_PIBr_pc	0,289349	1,49666	0,1933	0,8478
Progs_EE	-0,0153993	0,100933	-0,1526	0,8796
yhat^2	16,2059	41,2001	0,3933	0,6964
yhat^3	-106,293	198,455	-0,5356	0,5956

Estatística de teste: F = 0,603602,  
 com valor p =  $P(F(2,35) > 0,603602) = 0,552$

**Anexo III.6 – Output do Teste de Chow**

Regressão aumentada para o teste de Chow

Estimativas Mínimos Quadrados (OLS) usando as 40 observações 1971-2010

Variável dependente: d\_l\_Cons\_Elet

	coeficiente	erro padrão	rácio-t	valor p
const	0,0756357	0,00881516	8,580	3,97e-010 ***
d_l_PIBr_pc	0,407818	0,157542	2,589	0,0139 **
Progs_EE	-0,0223632	0,0201823	-1,108	0,2754
splitdum	-0,0305823	0,0184819	-1,655	0,1069
sd_d_l_PIBr_pc	0,360215	0,323855	1,112	0,2736

Média var. dependente	0,059938
D.P. var. dependente	0,043345
Soma resíd. quadrados	0,032713
E.P. da regressão	0,030572
R-quadrado	0,553555
R-quadrado ajustado	0,502532
F(4, 35)	10,84926
valor P(F)	7,94e-06
Logaritmo da verosimilhança	85,41978
Critério de Akaike	-160,8396
Critério de Schwarz	-152,3952
Critério de Hannan-Quinn	-157,7863
rho	0,082424
Durbin-Watson	1,749038

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 1989

F(2, 35) = 2,25578 com valor p 0,1198

**Anexo III.7 – Outputs do Teste ADF****Variável  $I_{Cons\_Elet_t}$** 

Teste Aumentado de Dickey-Fuller, para  $I_{Cons\_Elet}$   
 incluindo um desfasamento de  $(1-L)I_{Cons\_Elet}$   
 dimensão de amostragem 39  
 hipótese nula de raiz unitária:  $a = 1$

teste com constante

modelo:  $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: 0,011

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,0383157

estatística de teste:  $\tau_c(1) = -3,37548$

valor p assintótico 0,01185

com constante e tendência

modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: 0,017

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,0807398

estatística de teste:  $\tau_{ct}(1) = -2,27434$

valor p assintótico 0,4475

**Variável  $d_{I_{Cons\_Elett}}$** 

Teste Aumentado de Dickey-Fuller, para  $d_{I_{Cons\_Elet}}$   
 incluindo um desfasamento de  $(1-L)d_{I_{Cons\_Elet}}$   
 dimensão de amostragem 38  
 hipótese nula de raiz unitária:  $a = 1$

teste com constante

modelo:  $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: -0,039

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,478964

estatística de teste:  $\tau_c(1) = -2,87074$

valor p assintótico 0,04883

com constante e tendência

modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: -0,001

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,832259

estatística de teste:  $\tau_{ct}(1) = -3,64094$

valor p assintótico 0,02646

**Variável  $I\_PIBr\_pc_t$**

Teste Aumentado de Dickey-Fuller, para  $I\_PIBr\_pcB$   
incluindo um desfasamento de  $(1-L)I\_PIBr\_pcB$   
dimensão de amostragem 39  
hipótese nula de raiz unitária:  $a = 1$

teste com constante

modelo:  $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: -0,052

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,0853918

estatística de teste:  $\tau_{ct}(1) = -2,159$

valor p assintótico 0,2217

teste com constante e tendência

modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: -0,093

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,246018

estatística de teste:  $\tau_{ct}(1) = -3,44627$

valor p assintótico 0,04542

**Variável  $d\_I\_PIBr\_pc_t$**

Teste Aumentado de Dickey-Fuller, para  $d\_I\_PIBr\_pcB$   
incluindo um desfasamento de  $(1-L)d\_I\_PIBr\_pcB$   
dimensão de amostragem 38  
hipótese nula de raiz unitária:  $a = 1$

teste com constante

modelo:  $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: -0,039

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,570864

estatística de teste:  $\tau_{ct}(1) = -3,16429$

valor p assintótico 0,02218

teste com constante e tendência

modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

coeficiente de 1ª-ordem para e: -0,039

valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,572661

estatística de teste:  $\tau_{ct}(1) = -2,95063$

valor p assintótico 0,1465

**Anexo III.8 – Output do Modelo com variáveis instrumentais**

Modelo 2: Estimativas TSLS usando as 39 observações 1972-2010

Variável dependente: d\_I\_Cons\_Elet

Instrumentado: d\_I\_PIBr\_pc

Instrumentos: const d\_I\_CO2\_1 Progs\_EE

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>z-stat</i>	<i>valor p</i>	
const	0,0605919	0,00894221	6,7759	<0,00001	***
d_I_PIBr_pc	0,6755	0,287474	2,3498	0,01878	**
Progs_EE	-0,0360909	0,0100627	-3,5866	0,00034	***
Média var. dependente	0,057330	D.P. var. dependente		0,040608	
Soma resíd. quadrados	0,035324	E.P. da regressão		0,031325	
R-quadrado	0,447669	R-quadrado ajustado		0,416983	
F(2, 36)	9,311371	valor P(F)		0,000550	
Logaritmo da verosimilhança	91,66824	Critério de Akaike		-177,3365	
Critério de Schwarz	-172,3458	Critério de Hannan-Quinn		-175,5459	
rho	0,096378	Durbin-Watson		1,799888	

Teste de Hausman -

Hipótese nula: as estimativas Mínimos Quadrados (OLS) são consistentes

Estatística de teste assintótica: Qui-quadrado(1) = 0,346844

com valor p = 0,555905

Estatística-F de primeira-fase (1, 36) = 10,0311

Um valor < 10 pode indicar instrumentos fracos