

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Claudia Morishita

IMPACTO DO REGULAMENTO PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
EDIFICAÇÕES NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO SETOR
RESIDENCIAL BRASILEIRO

Dissertação submetida ao Programa
de Pós Graduação em Engenharia
Civil da Universidade Federal de
Santa Catarina como parte dos
requisitos para a obtenção de Grau
de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. EneDir Ghisi, *PhD*.

Florianópolis
2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

M861i Morishita, Claudia

Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro [dissertação] / Claudia Morishita ; orientador, EneDir Ghisi. - Florianópolis, SC, 2011.
232 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia civil. 2. Energia - Consumo - Legislação. 3. Habitação popular. I. Ghisi, EneDir. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 624

Claudia Morishita

IMPACTO DO REGULAMENTO PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
EDIFICAÇÕES NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO SETOR
RESIDENCIAL BRASILEIRO

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do
Título de Mestre e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 14 de Outubro de 2011.

Prof. Roberto Caldas de Andrade Pinto, PhD.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. EneDir Ghisi, PhD.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Roberto Lamberts, PhD.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Ana Lígia Papst de Abreu, Dra.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof.^a Claudia Naves David Amorim, Dra.
Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Kazu e Ayaco, minhas irmãs Renata e Fernanda e meu primo Marcelo Uema

Ao meu orientador Enedir Ghisi, cuja orientação é garantia de ótimos resultados e de artigos aprovados sem ressalvas

Ao professor Roberto Lamberts, a admiração por ser uma pessoa multitarefas e com uma organização mental inacreditável

Aos colegas do projeto da Eletrobrás Rogério Versage, Marcio Sorgato, Martin Ordenes e Michele Fossati, companheiros de longas reuniões

Aos amigos do LabEEE Miguel Pacheco, sempre disposto aos eventos gastronômicos; Rogério Versage, meu companheiro de mesa e de passeios pela ilha; Renata de Vecchi pelas risadas e RU juntas; Marcio Sorgato por estar sempre pronto a resolver minhas (inúmeras) dúvidas; Maria Andrea por ser a animadora de eventos; Alexandre Montenegro pelos cinemas e baladas alternativos; Alejandro Naranjo por ensinar-me espanhol; Ricardo Rupp, Mariana Garnica, Clarissa Zomer, Claudia Donald, Carolina Carvalho e todos os demais companheiros de cafezinho e almoços

Ao meu professor e amigo Aloisio Leoni Schmid pelo incentivo e ajuda a fazer o mestrado

Ao querido Rafael Lublo que de parceiro dos trabalhos de Conforto se tornou um grande amigo e ao querido Gelso Junior

Ao arquiteto Clodualdo Pinheiro por termos continuado trabalhando juntos mesmo à distância

Ao Paulo Rolim, meu primeiro e grande amigo em Florianópolis

Ao Bruno Mariotto por me fazer companhia nas madrugadas em que eu estava escrevendo a dissertação

Ao Maicon Sanson, há 14 anos e para sempre meu melhor amigo e à Julie Inada por sempre vir me visitar

À Andréia Saugo, amiga e companheira de apartamento

À Eletrobrás pela oportunidade de trabalhar no projeto da Regulamentação e pelo financiamento da minha pesquisa

RESUMO

O crescente consumo e a busca pelo uso racional de energia é uma realidade nas principais nações do mundo. No Brasil, o setor residencial é responsável por 24% do consumo de energia elétrica do país, que foi de 426 TWh em 2009. Somado aos setores comercial e público, tem-se que, para 2009, o setor de edificações foi responsável por 47% da eletricidade consumida do país, ultrapassando o setor industrial, cujo consumo foi de 44%. Impulsionado principalmente pela crise ocorrida em 2001, medidas de eficiência energética foram tomadas no país. Dentre estas medidas estão os regulamentos para eficiência energética em edificações, criados no âmbito do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações - PROCEL Edifica e desenvolvidos em parceria com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LabEEE/UFSC. Ambos de caráter voluntário, no ano de 2009 entrou em vigor o regulamento para edificações comerciais, de serviço e públicas e, em 2010, o regulamento para edificações residenciais. Este trabalho tem por objetivo avaliar o impacto da aplicação dos requisitos de eficiência máxima do regulamento residencial no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro. Para isso foi necessário, além da caracterização do consumo do setor, o desenvolvimento de dois cenários - o cenário tendencial, no qual não há aplicação de medidas de eficiência energética, e o cenário técnico, no qual foram aplicados os requisitos do regulamento. Estes cenários foram construídos para os anos de 2020 e 2030 e para as cinco regiões geográficas nas quais o país é dividido, com base em dados de estudos oficiais de abrangência nacional, sendo esses dados relativos às características demográficas e de domicílios, ao consumo de energia elétrica e à posse e uso final de equipamentos. Para cada região, os domicílios foram divididos em quatro faixas de consumo, para os quais foram avaliados cinco requisitos: envoltória, refrigerador e freezer, condicionamento artificial de ar, iluminação artificial e aquecimento de água. Para a envoltória, devido à dificuldade em se estabelecer uma influência direta entre o seu desempenho e o consumo de eletricidade, foi realizada uma análise simplificada, para ventilação natural e para condicionamento artificial de ar, através das planilhas de avaliação do regulamento disponibilizadas pelo site do LabEEE. Foi avaliado o desempenho da envoltória dos domicílios

existentes através do modelo utilizado nas simulações do regulamento, inserindo-se nas planilhas as características construtivas predominantes de acordo com a região geográfica. Em relação aos demais requisitos avaliados, por terem sido observados diferentes valores nos estudos levantados, foram utilizados os valores mínimo, médio e máximo de uso final, a fim de abranger os diferentes valores de consumos possíveis. Portanto, para construção do cenário técnico, o método consistiu em aplicar os requisitos de eficiência máxima do regulamento para quatro faixas de consumo das cinco regiões geográficas e de acordo com três valores de uso final. Através da comparação entre os cenários tendencial e técnico, foi possível avaliar o impacto da aplicação dos requisitos propostos pelo regulamento residencial para os usos finais avaliados. Para a envoltória, observou-se que o padrão construtivo predominante do país não atinge os níveis máximos de eficiência, seja para ventilação natural ou condicionamento artificial de ar, na maioria as regiões geográficas. Nos resultados por região geográfica, o Sudeste, que concentra 44% dos domicílios, apresentou o potencial mais expressivo das regiões, com 62% da economia total calculada para o setor. Nos resultados totais para o país, em relação aos usos finais avaliados, o maior potencial de economia foi observado para a substituição do chuveiro elétrico por sistema de aquecimento solar, atingindo 57% da economia calculada para 2030. Em relação às faixas de consumo, as duas faixas correspondentes aos domicílios com maior média de consumo, e que correspondem a 41,6% dos domicílios, são responsáveis por 71,5% do consumo e por 82,9% do potencial de economia obtidos para o cenário técnico em 2030, revelando um alto valor de economia em relação ao número de domicílios. O potencial total de economia estimado para o setor residencial foi de 22% para 2020 e 26% para 2030. Portanto, o regulamento residencial pode implicar em valores significativos de economia de energia elétrica no setor residencial, sobretudo na região Sudeste e nas faixas dos domicílios com maior média de consumo. Ressalta-se a disparidade de valores para uso final obtidos nos estudos analisados, o que pode ocasionar imprecisões nos resultados.

Palavras-chave: eficiência energética, regulamento, setor residencial.

ABSTRACT

The consumption increasing and the rational use of energy is a reality in the main nations of the world. In Brazil, the residential sector accounts for 24% of the electricity consumption of the country, which was 426 TWh in 2009. Adding to the commercial and public sectors, for 2009, the building sector accounted for 47% of the electricity consumed in the country, exceeding the industrial sector, which consumption was 44%. Stimulated by the crisis occurred in 2001, energy efficiency measures have been taken in the country. Among these measures are the regulations for energy efficiency in buildings, created within the National Energy Efficiency in Buildings Program - PROCEL Edifica and developed in partnership with Laboratory for Energy Efficiency in Buildings - LabEEE/UFSC. Being both voluntary, in 2009 became into effect the regulation for commercial, public and service buildings, and in 2010 the regulation for residential buildings. This study aimed to evaluate the impact of the application of the maximum energy efficiency requirements of the residential regulation into the electricity consumption of the residential sector of Brazil. This required, further the characterizing of the sector consumption, the development of two scenarios - the trend scenario, in which there is no energy efficiency measures, and the technical scenario, in which the regulation requirements were applied. These scenarios were developed for the years of 2020 and 2030 and for the five geographical regions in which the country is divided, based on official data from national coverage studies, being these data related to demographic and dwellings characteristics, to electricity consumption and to equipments ownership and end-use. For which region, the dwellings were divided into four consumption ranges, for which one were evaluated five different end-uses: envelope, refrigerator and freezer, air conditioning, lighting and water heating. For the envelope, due to the difficulty in establishing a direct influence between its performance and electricity consumption, a simplified analysis was made, to natural ventilation and air conditioning, through the evaluation sheets of the regulation provided by the LabEEE website. The performance of existing dwellings envelope was evaluated through the model used in the regulation simulations, by inserting the prevailing constructive characteristics in the sheets, according to the geographical region.

In relation of the other requirements evaluated, due to the fact that different values were found in the studies surveyed, were used the minimum, average and maximum end-use values observed, in order to embrace the different possible consumption values. Thus, for the technical scenario development, the method consisted of applying the maximum efficiency requirements of the regulation for the five end-uses evaluated, for the four consumption ranges of the five geographical regions according to three values of end-use. Through the comparison between the trend and technical scenarios, was possible to assess the impact of the application of the requirements purposed by the residential regulation for the end-uses evaluated. For the envelope, it was observed that the prevailing constructive pattern is not appropriate to the climate, either for natural ventilation or artificial air conditioning, in all geographical regions. In the results by geographical region, the Southeast, that accounts 44% of the dwellings, presented the most expressive potential of the regions, with 62% of the total savings calculated for the sector. In the overall results for the country, related to the end-uses evaluated, the largest savings potential was obtained for the replacement of electrical shower by solar water heating system, reaching 57% of the savings calculated for 2030. In relation to the consumption ranges, the both corresponding to the dwellings with higher average consumption, which corresponds to 41,6% of the dwellings, account for 71,5% of the consumption and for 82,9% of the savings potential obtained for the technical scenario in 2030, revealing a high savings value over the number of dwellings. The total potential savings estimated for 2030 was 22% for 2020 and 26% for 2030. Thus, the residential regulation can imply in significant values of electricity savings in the residential sector, overall in the Southeast region and in the ranges of the dwellings with higher average consumption. It is necessary to highlight the difference in the end-uses values obtained in the studies surveyed, which may cause imprecision in the results.

Keywords: energy efficiency, residential sector, regulation

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 – Consumo percentual de energia elétrica por setor em 2009..... | 2 |
| Figura 1.2 – Evolução do consumo de energia elétrica do setor residencial em relação ao aumento no número de domicílios..... | 3 |
| Figura 1.3 – Evolução do consumo médio mensal por domicílio..... | 3 |
| Figura 2.1 – Esquema básico de definições e interações em relação ao consumo de energia no setor residencial..... | 12 |
| Figura 2.2 – Evolução do crescimento da população brasileira por região geográfica..... | 19 |
| Figura 2.3 – Distribuição dos domicílios por região geográfica em 2010..... | 20 |
| Figura 2.4 – Número de habitantes por domicílio por região geográfica..... | 20 |
| Figura 2.5 – Crescimento no consumo de energia elétrica por setor em relação ao crescimento do PIB para o período de 1977 a 2009..... | 24 |
| Figura 2.6 - Correlação entre crescimento do PIB e do consumo de energia elétrica do Brasil para o período de 1977 a 2009..... | 25 |
| Figura 2.7 – Participação das fontes de energia no setor residencial..... | 25 |
| Figura 2.8 – Consumo médio mensal residencial - Brasil e subsistemas..... | 26 |
| Figura 2.9 – Divisão do consumo de energia elétrica por região geográfica em 2009..... | 27 |
| Figura 2.10 – Sistema de planejamento para conservação de energia proposto por Lins e Pinhel..... | 36 |
| Figura 2.11 – Exemplo de curva de suprimento de recurso de conservação..... | 38 |
| Figura 2.12 – Método para desenvolvimento dos cenários tendencial e sustentável..... | 40 |
| Figura 2.13 – Potencial de economia por uso final em relação ao consumo total..... | 42 |
| Figura 2.14 – Potencial de economia por uso final em relação ao seu consumo total..... | 43 |
| Figura 2.15 – Fluxograma geral dos estudos de demanda de energia..... | 51 |
| Figura 2.16 – Projeção da posse de equipamentos..... | 57 |
| Figura 2.17 – Modelo das simulações do RTQ-R..... | 65 |
| Figura 2.18 - Padrão de ocupação para dias de semana..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| Figura 2.19 - Padrão de ocupação para finais de semana..... | 66 |
| Figura 2.20 - Padrão de iluminação para dias de semana. | 67 |
| Figura 2.21 - Padrão de iluminação para finais de semana. | 67 |
| Figura 3.1 – Fluxograma geral do método adotado..... | 76 |
| Figura 3.2 - Características da parede de alvenaria com revestimento externo..... | 86 |
| Figura 3.3 - Características da cobertura com telha de cerâmica e laje de concreto..... | 86 |
| Figura 3.4 - Características da cobertura com telha de cerâmica e forro de madeira..... | 87 |
| Figura 3.5 – Planilha de cálculo do desempenho da envoltória..... | 89 |
| Figura 3.6 - Divisões do setor residencial para aplicação dos requisitos..... | 97 |
| Figura 4.1 - Modelo utilizado para avaliação da eficiência da envoltória. | 120 |
| Figura 4.2 - Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar para o período de 1961 a 1990 para a cidade de Manaus..... | 127 |
| Figura 4.3 - Usos finais para os cenários tendencial e técnico para o ano de 2020..... | 148 |
| Figura 4.4 - Usos finais para os cenários tendencial e técnico para o ano de 2030..... | 148 |
| Figura 4.5 - Potencial de economia por equipamento para o ano de 2020 - Brasil..... | 149 |
| Figura 4.6 - Potencial de economia por equipamento para o ano de 2030 - Brasil..... | 149 |
| Figura 5.1 - Impacto da aplicação do regulamento no consumo de energia elétrica do setor residencial..... | 160 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 – Características dos domicílios em relação ao acesso à rede elétrica e por tipo de domicílio, por região geográfica..... | 21 |
| Tabela 2.2 – Tipo de domicílio por faixa de consumo e por região geográfica..... | 22 |
| Tabela 2.3 – Distribuição percentual dos domicílios por classe de renda..... | 23 |
| Tabela 2.4 – Renda média em salários mínimos por faixa de consumo por região geográfica..... | 23 |
| Tabela 2.5 – Usos finais para o setor residencial brasileiro de acordo com sete diferentes estudos..... | 28 |
| Tabela 2.6 – Usos finais para o setor residencial brasileiro segundo as regiões geográficas de acordo com três diferentes estudos..... | 29 |
| Tabela 2.7 – Posse média de equipamentos para as regiões geográficas..... | 30 |
| Tabela 2.8 – Ocorrência de faixa de consumo por região geográfica..... | 31 |
| Tabela 2.9 – Consumo médio por domicílio por faixa de consumo por região geográfica..... | 31 |
| Tabela 2.10 – Posse de equipamentos por faixa de consumo..... | 32 |
| Tabela 2.11 – Modelo de refrigerador por faixa de consumo por região geográfica..... | 32 |
| Tabela 2.12 – Modelo de condicionador de ar por faixa de consumo por região geográfica..... | 33 |
| Tabela 2.13 – Modelo de lâmpada por faixa de consumo por região..... | 34 |
| Tabela 2.14 – Potência média dos chuveiros elétricos por faixa de consumo..... | 34 |
| Tabela 2.15 – Projeção do crescimento demográfico por região geográfica (população total residente)..... | 47 |
| Tabela 2.16 – Projeção do evolução do número de domicílios particulares permanentes por região geográfica..... | 48 |
| Tabela 2.17 – Projeção do número de moradores por domicílio por região geográfica..... | 48 |
| Tabela 2.18 – Panorama geral da projeção do consumo de energia elétrica do setor residencial..... | 52 |
| Tabela 2.19 – Projeção do consumo de energia elétrica do setor residencial por região geográfica..... | 53 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 2.20 - Projeção do consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio por região geográfica. | 54 |
| Tabela 2.21 - Dados da caracterização do setor residencial..... | 58 |
| Tabela 2.22 - Dados do cenário tendencial do setor residencial brasileiro..... | 59 |
| Tabela 2.23 - Características do setor residencial. | 60 |
| Tabela 2.24 - Arquivos climáticos utilizados nas simulações. | 64 |
| Tabela 2.25 - Áreas e pé direito dos ambientes do modelo. | 65 |
| Tabela 2.26 - Transmitância e capacidade térmica das paredes e coberturas. | 68 |
| Tabela 2.27 - Equivalente numérico a ser obtido de acordo com a zona bioclimática..... | 69 |
| Tabela 2.28 - Relação entre nível de eficiência e equivalente numérico..... | 70 |
| Tabela 2.29 - Distribuição de pesos de acordo com a zona bioclimática. | 70 |
| Tabela 3.1 - Valor mínimo, máximo e médio de uso final adotados para cada equipamento por região geográfica. | 79 |
| Tabela 3.2 - Projeção do índice de posse de equipamentos..... | 80 |
| Tabela 3.3 - Características construtivas por região geográfica. | 85 |
| Tabela 3.4 - Características térmicas dos materiais. | 87 |
| Tabela 3.5 - Zona bioclimática predominante por região. | 88 |
| Tabela 3.6 - Características dos refrigeradores por faixa de consumo. | 93 |
| Tabela 3.7 - Quantidade e tipo de lâmpada por região e faixa de consumo. | 94 |
| Tabela 3.8 - Potência de iluminação por região e faixa de consumo. | 95 |
| Tabela 4.1 - Características demográficas e de consumo de energia elétrica do cenário tendencial. | 110 |
| Tabela 4.2 - Características demográficas e de consumo do país por faixa de consumo..... | 113 |
| Tabela 4.3 - Número de domicílios por faixa de consumo..... | 114 |
| Tabela 4.4 - Porcentagem de domicílios por faixa de consumo. | 115 |
| Tabela 4.5 - Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo..... | 116 |
| Tabela 4.6 - Consumo total anual por faixa de consumo..... | 118 |
| Tabela 4.7- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo casa para a orientação 01. | 120 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 4.8- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo casa para a orientação 02..... | 121 |
| Tabela 4.9- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo apartamento para a orientação 01..... | 123 |
| Tabela 4.10- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo apartamento para a orientação 02..... | 124 |
| Tabela 4.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Norte..... | 128 |
| Tabela 4.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - região Norte..... | 128 |
| Tabela 4.13 – Consumo anual para iluminação - região Norte..... | 128 |
| Tabela 4.14 – Consumo anual para ar condicionado - região Norte..... | 128 |
| Tabela 4.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Norte..... | 129 |
| Tabela 4.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte..... | 130 |
| Tabela 4.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte..... | 130 |
| Tabela 4.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte..... | 130 |
| Tabela 4.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte..... | 130 |
| Tabela 4.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte..... | 131 |
| Tabela 4.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte..... | 132 |
| Tabela 4.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte..... | 132 |
| Tabela 4.23 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte..... | 132 |
| Tabela 4.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte..... | 132 |
| Tabela 4.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte..... | 133 |
| Tabela 4.26 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte..... | 133 |
| Tabela 4.27 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte..... | 133 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 4.28 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte..... | 134 |
| Tabela 4.29 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte..... | 134 |
| Tabela 4.30 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte..... | 134 |
| Tabela 4.31 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte..... | 135 |
| Tabela 4.32 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte..... | 135 |
| Tabela 4.33 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte..... | 135 |
| Tabela 4.34 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte..... | 135 |
| Tabela 4.35 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte..... | 136 |
| Tabela 4.36 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Norte..... | 137 |
| Tabela 4.37 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Norte..... | 138 |
| Tabela 4.38 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Norte..... | 138 |
| Tabela 4.39 – Consumo médio por domicílio por faixa de consumo e por região geográfica..... | 140 |
| Tabela 4.40 – Consumo total anual por faixa de consumo e por região geográfica..... | 141 |
| Tabela 4.41 – Potencial de economia em relação à distribuição de domicílios por faixa de consumo e por região geográfica..... | 142 |
| Tabela 4.42 – Consumo anual para refrigerador/freezer - Brasil..... | 145 |
| Tabela 4.43 – Consumo anual para chuveiro elétrico - Brasil..... | 145 |
| Tabela 4.44 – Consumo anual para iluminação - Brasil..... | 145 |
| Tabela 4.45 – Consumo anual para ar condicionado - Brasil..... | 145 |
| Tabela 4.46 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio em 2020 - Brasil..... | 146 |
| Tabela 4.47 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio em 2030 - Brasil..... | 146 |
| Tabela 4.48 – Consumo médio mensal por domicílio por região geográfica e para o país em 2020..... | 150 |
| Tabela 4.49 – Consumo médio mensal por domicílio por região geográfica e para o país em 2030..... | 150 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 4.50 – Potencial de economia anual por região geográfica para 2020..... | 151 |
| Tabela 4.51 – Potencial de economia anual por região geográfica para 2030..... | 151 |
| Tabela 4.52 – Potencial de economia anual por faixa de consumo para 2020..... | 153 |
| Tabela 4.53 – Potencial de economia anual por faixa de consumo para 2030..... | 153 |
| Tabela A-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Nordeste..... | 173 |
| Tabela A-1.2 – Consumo anual para chuveiro elétrico - Região Nordeste..... | 173 |
| Tabela A-1.3 – Consumo anual para iluminação - região Nordeste..... | 173 |
| Tabela A-1.4 – Consumo anual para ar condicionado - região Nordeste..... | 173 |
| Tabela A-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Nordeste..... | 174 |
| Tabela A-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste..... | 174 |
| Tabela A-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste..... | 174 |
| Tabela A-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste..... | 174 |
| Tabela A-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste..... | 174 |
| Tabela A-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste..... | 175 |
| Tabela A-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste..... | 175 |
| Tabela A-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste..... | 175 |
| Tabela A-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste..... | 176 |
| Tabela A-1.14 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste..... | 176 |
| Tabela A-1.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste..... | 176 |
| Tabela A-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 177 |

| | |
|---|-----|
| Tabela A-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 177 |
| Tabela A-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 177 |
| Tabela A-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 177 |
| Tabela A-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 177 |
| Tabela A-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 178 |
| Tabela A-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 178 |
| Tabela A-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 178 |
| Tabela A-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 178 |
| Tabela A-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste..... | 179 |
| Tabela A-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Nordeste..... | 179 |
| Tabela A-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Nordeste..... | 180 |
| Tabela A-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Nordeste..... | 180 |
| Tabela B-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Sudeste..... | 181 |
| Tabela B-1.2 – Consumo para chuveiro elétrico - região Sudeste..... | 181 |
| Tabela B-1.3 – Consumo para iluminação - região Sudeste..... | 181 |
| Tabela B-1.4 – Consumo para ar condicionado - região Sudeste..... | 181 |
| Tabela B-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Sudeste..... | 182 |
| Tabela B-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste..... | 182 |
| Tabela B-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste..... | 182 |
| Tabela B-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste..... | 182 |
| Tabela B-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste..... | 182 |

| | |
|--|-----|
| Tabela B-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste..... | 183 |
| Tabela B-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste..... | 183 |
| Tabela B-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste..... | 183 |
| Tabela B-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste..... | 184 |
| Tabela B-1.14 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste..... | 184 |
| Tabela B-1.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste..... | 184 |
| Tabela B-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 185 |
| Tabela B-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 185 |
| Tabela B-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 185 |
| Tabela B-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 185 |
| Tabela B-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 185 |
| Tabela B-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 186 |
| Tabela B-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 186 |
| Tabela B-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 186 |
| Tabela B-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 186 |
| Tabela B-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste..... | 187 |
| Tabela B-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Sudeste..... | 187 |
| Tabela B-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Sudeste..... | 188 |
| Tabela B-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Sudeste..... | 188 |
| Tabela C-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Sul..... | 189 |

| | |
|---|-----|
| Tabela C-1.2 – Consumo anual para chuveiro elétrico - região Sul..... | 189 |
| Tabela C-1.3 – Consumo anual para iluminação - região Sul..... | 189 |
| Tabela C-1.4 – Consumo anual para ar condicionado - região Sul..... | 189 |
| Tabela C-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Sul..... | 190 |
| Tabela C-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul..... | 190 |
| Tabela C-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul..... | 190 |
| Tabela C-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul..... | 190 |
| Tabela C-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul..... | 190 |
| Tabela C-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul..... | 191 |
| Tabela C-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul..... | 191 |
| Tabela C-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul..... | 191 |
| Tabela C-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul..... | 192 |
| Tabela C-1.14 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul..... | 192 |
| Tabela C-1.15 - Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul..... | 192 |
| Tabela C-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul..... | 193 |
| Tabela C-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul..... | 193 |
| Tabela C-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul..... | 193 |
| Tabela C-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul..... | 193 |
| Tabela C-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul..... | 193 |
| Tabela C-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul..... | 194 |
| Tabela C-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul..... | 194 |

| | |
|---|-----|
| Tabela C-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul..... | 194 |
| Tabela C-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul. | 194 |
| Tabela C-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul. | 195 |
| Tabela C-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Sul..... | 195 |
| Tabela C-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Sul. | 196 |
| Tabela C-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo da região Sul. | 196 |
| Tabela D-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Centro Oeste..... | 197 |
| Tabela D-1.2 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Centro Oeste..... | 197 |
| Tabela D-1.3 – Consumo anual para iluminação - região Centro Oeste..... | 197 |
| Tabela D-1.4 – Consumo anual para ar condicionado - região Centro Oeste..... | 197 |
| Tabela D-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio da região Centro oeste..... | 198 |
| Tabela D-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 198 |
| Tabela D-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 198 |
| Tabela D-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 198 |
| Tabela D-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 198 |
| Tabela D-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Centro Oeste..... | 199 |
| Tabela D-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 199 |
| Tabela D-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 199 |
| Tabela D-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste. | 200 |
| Tabela D-1.14 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 200 |

| | |
|--|-----|
| Tabela D-1.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 200 |
| Tabela D-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 201 |
| Tabela D-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 201 |
| Tabela D-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 201 |
| Tabela D-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 201 |
| Tabela D-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 201 |
| Tabela D-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 202 |
| Tabela D-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 202 |
| Tabela D-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 202 |
| Tabela D-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 202 |
| Tabela D-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste..... | 203 |
| Tabela D-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Centro Oeste..... | 203 |
| Tabela D-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Centro Oeste..... | 204 |
| Tabela D-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Centro Oeste.... | 204 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| BEN | Balanco Energético Nacional |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| PBE | Programa Brasileiro de Etiquetagem |
| PDE | Plano Decenal de Expansão de Energia |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PNAD | Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios |
| PNE | Plano Nacional de Energia |
| PROCEL | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica |
| SINPHA | Sistema de Informação e Posses e Hábitos de Consumo |

SUMÁRIO

| | |
|---|---------------------|
| <u>AGRADECIMENTOS.....</u> | <u>V</u> |
| <u>RESUMO.....</u> | <u>VII</u> |
| <u>ABSTRACT</u> | <u>IX</u> |
| <u>LISTA DE FIGURAS.....</u> | <u>XI</u> |
| <u>LISTA DE TABELAS</u> | <u>XIII</u> |
| <u>LISTA DE SIGLAS</u> | <u>XXIII</u> |
| <u>SUMÁRIO.....</u> | <u>XXV</u> |
| | |
| <u>1 INTRODUÇÃO.....</u> | <u>1</u> |
| | |
| 1.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL | 1 |
| 1.2 REGULAMENTOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES..... | 4 |
| 1.3 JUSTIFICATIVAS | 6 |
| 1.4 OBJETIVOS | 9 |
| 1.4.1 OBJETIVO GERAL..... | 9 |
| 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 9 |
| 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO | 9 |
| | |
| <u>2 REVISÃO DE LITERATURA</u> | <u>11</u> |
| | |
| 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR RESIDENCIAL | 11 |
| 2.1.1 USOS FINAIS DE ENERGIA | 14 |
| 2.1.2 CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DO SETOR RESIDENCIAL..... | 18 |
| 2.2 POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA NO SETOR DE EDIFICAÇÕES . | 35 |
| 2.3 CENÁRIO TENDENCIAL DO SETOR RESIDENCIAL | 45 |
| 2.3.1 CENÁRIO MACROECONÔMICO NACIONAL..... | 45 |
| 2.3.2 CENÁRIO DEMOGRÁFICO E DE DOMICÍLIOS..... | 46 |

| | | |
|------------|--|-------------------|
| 2.3.3 | DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA | 49 |
| 2.3.4 | POSSE DE EQUIPAMENTOS | 55 |
| 2.4 | DEFINIÇÃO DE MODELOS REPRESENTATIVOS..... | 60 |
| 2.5 | REGULAMENTO RESIDENCIAL..... | 62 |
| 2.5.1 | ENVOLTÓRIA | 64 |
| 2.5.2 | SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA..... | 71 |
| 2.5.3 | BONIFICAÇÕES | 71 |
| 2.6 | DISCUSSÃO..... | 73 |
| 3 | <u>MÉTODO.....</u> | <u>75</u> |
| 3.1 | CENÁRIO TENDENCIAL DO SETOR RESIDENCIAL | 77 |
| 3.1.1 | PROJEÇÃO DEMOGRÁFICA E DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA..... | 77 |
| 3.1.2 | PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA | 78 |
| 3.2 | APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DO REGULAMENTO..... | 84 |
| 3.2.1 | CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA | 84 |
| 3.2.2 | CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA..... | 91 |
| 3.2.3 | BONIFICAÇÕES | 92 |
| 3.3 | CENÁRIO TÉCNICO DO SETOR RESIDENCIAL..... | 96 |
| 3.3.1 | CONSUMO POR USO FINAL | 98 |
| 3.3.2 | CONSUMO MÉDIO MENSAL DO DOMICÍLIO | 103 |
| 3.3.3 | USO FINAL..... | 104 |
| 3.3.4 | CONSUMO TOTAL ANUAL..... | 104 |
| 3.4 | PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DOS RESULTADOS | 105 |
| 4 | <u>RESULTADOS.....</u> | <u>109</u> |
| 4.1 | CARACTERIZAÇÃO E CENÁRIO TENDENCIAL DO SETOR RESIDENCIAL 109 | |
| 4.2 | CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA..... | 119 |
| 4.3 | CENÁRIO TÉCNICO DO SETOR RESIDENCIAL..... | 125 |
| 4.3.1 | REGIÃO NORTE..... | 126 |
| 4.3.2 | REGIÕES NORDESTE, SUDESTE, SUL E CENTRO OESTE | 139 |
| 4.3.3 | BRASIL..... | 144 |
| 5 | <u>CONCLUSÕES.....</u> | <u>155</u> |

| | | |
|---|--|------------|
| 5.1 | LIMITAÇÕES DO TRABALHO | 161 |
| 5.2 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 163 |
| <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u> | | 165 |
| <u>APÊNDICE A</u> | | 173 |
| <u>C 1 RESULTADOS REGIÃO NORDESTE.....</u> | | 173 |
| C 1.1 | RESULTADOS POR EQUIPAMENTO | 173 |
| C 1.1 | RESULTADOS TOTAIS | 179 |
| <u>APÊNDICE B</u> | | 181 |
| <u>B 1 RESULTADOS REGIÃO SUDESTE</u> | | 181 |
| B 1.1 | RESULTADOS POR EQUIPAMENTO | 181 |
| B 1.2 | RESULTADOS TOTAIS | 187 |
| <u>APÊNDICE C.....</u> | | 189 |
| <u>C 1 RESULTADOS REGIÃO SUL.....</u> | | 189 |
| C 1.1 | RESULTADOS POR EQUIPAMENTO | 189 |
| C 1.2 | RESULTADOS TOTAIS | 195 |
| <u>APÊNDICE D.....</u> | | 197 |
| <u>D 1 RESULTADOS REGIÃO CENTRO OESTE.....</u> | | 197 |
| D 1.1 | RESULTADOS POR EQUIPAMENTO..... | 197 |
| D 1.2 | RESULTADOS TOTAIS | 203 |

1 Introdução

1.1 Consumo de energia elétrica no Brasil

O uso eficiente da energia tem gerado discussões nas principais nações do mundo. A crise de energia, ocorrida por fatores como a crise de petróleo na década de 70 ou o seu drástico aumento de preço no início dos anos 90, aumentou a preocupação governamental em vários locais do mundo em relação ao suprimento de recursos energéticos. Ao mesmo tempo, houve a contribuição global para o aumento do consumo energético do setor das edificações em cerca de 20 a 40% em países desenvolvidos, excedendo grandes setores como indústria e transporte (PÉREZ-LOMBARD *et al.*, 2009).

No Brasil, a participação da energia proveniente do sistema hidrelétrico na oferta interna de energia elétrica foi de 76,7% para o ano de 2009 (BEN, 2010). De acordo com Schaeffer *et al.* (2009), durante o período de 2004 a 2007 foram realizadas 10 concorrências relativas à concessão de energia ao mercado para o período de 2008 a 2012. Nestas concorrências, apenas 35,0% da energia correspondeu à proveniente de sistemas hidrelétricos, sendo 61,4% proveniente de combustíveis fósseis e 3,6% proveniente do bagaço da cana-de-açúcar.

Se por um lado fornece energia limpa e renovável, por outro a implantação de usinas hidrelétricas apresenta alto impacto ambiental através das inundações e possível deslocamento de pessoas; as usinas termoelétricas e nucleares por sua vez causam poluição e risco de acidentes ambientais. Ainda, o custo de ampliação dos sistemas geradores de energia implicaria cortes em recursos para outros setores sociais tais como saúde e educação.

De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (BEN), o consumo de energia elétrica atingiu 426,0 TWh em 2009, apresentando decréscimo de 0,5% em relação a 2008, em virtude da crise econômica mundial observada no período. Devido à crise, o consumo de eletricidade do setor industrial decresceu em 5,3% e o PIB 0,2%. Entretanto, o setor residencial se apresentou resistente à crise, atingindo consumo de 101,8 TWh em 2009 e registrando aumento de 6,2% em relação ao ano anterior no qual o consumo foi de 95,6 TWh (BEN, 2010).

Na Figura 1.1 é apresentada a divisão percentual de consumo de energia elétrica por setor para o ano de 2009.

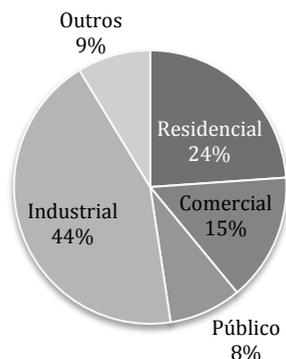


Figura 1.1 – Consumo percentual de energia elétrica por setor em 2009.

Fonte: adaptado de BEN 2010.

Para 2009, o setor industrial foi o que apresentou maior participação no consumo de energia elétrica, com 44% do total. No entanto, somando o setor residencial, o comercial e o público, tem-se que o setor de edificações consumiu 47% do total, ultrapassando o consumo do setor industrial.

No âmbito deste trabalho, o ponto de enfoque é o setor residencial, responsável por 24% do consumo de energia elétrica do país em 2009, com crescimento médio de 5,7% ao ano para o período de 1975 a 2009 (BEN, 2010). Dentre os fatores que contribuíram para esta taxa de crescimento é possível listar:

- Aumento da renda, notadamente da população de baixa renda;
- Aumento da quantidade de domicílios e aumento da ligação daqueles que não eram atendidos por redes elétricas;
- Utilização de reservas financeiras para compra de eletrodomésticos, principalmente pela classe de médios e pequenos poupadores;
- Reativação do sistema de crédito;
- Criação de pequenos negócios (mercado informal) nas residências (EPE, 2006).

Estes fatores contribuíram para a alta no consumo por domicílio e, conseqüentemente, no consumo total do setor residencial. A evolução do consumo de energia do setor relacionado ao aumento do número de domicílios urbanos e de domicílios ligados à rede de energia elétrica para o período de 1982 a 2009 pode ser observada na Figura 1.2. Na Figura 1.3 é apresentada a evolução no consumo médio mensal por domicílio.

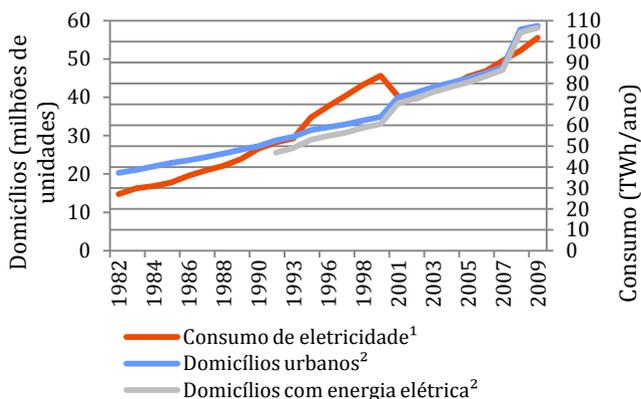


Figura 1.2 – Evolução do consumo de energia elétrica do setor residencial em relação ao aumento no número de domicílios.

Fonte: adaptado de ¹BEN 2010; ²IBGE 2009.

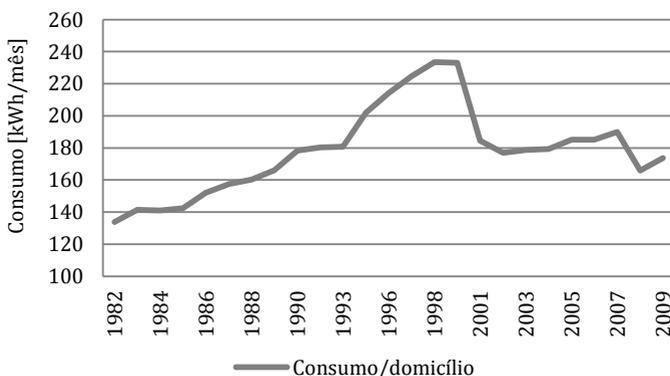


Figura 1.3 – Evolução do consumo médio mensal por domicílio

Fonte: adaptado de BEN 2010; IBGE 2008.

No gráfico da Figura 1.2 é possível observar a alta no consumo de energia elétrica em relação ao crescimento no número de domicílios, sobretudo no período de 1995 a 1999, ocasionando aumento no consumo médio por domicílio, conforme observado na Figura 1.3.

Este aumento no consumo contribuiu para a crise de 2001, ano no qual foi realizado um período de racionamento que durou 9 meses nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, sendo o setor residencial o que promoveu economias mais significativas (EPE, 2006). Diante desta crise, intensificaram-se as considerações na busca do uso racional da energia, das quais vale ressaltar a Lei 10.295 de 2001, que dispõe sobre a conservação e o uso racional de energia.

Entre outras medidas de eficiência energética existentes, destaca-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), criado em 1984. Coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) promove a articulação entre governo e fabricantes de equipamentos para estabelecer metas para o aumento da eficiência energética destes produtos, com o objetivo de informar o consumidor sobre os produtos com maior eficiência da categoria (EPE, 2006).

Em 1985 foi criado, pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Entre suas atividades está a concessão do Selo Procel de economia de energia, que reconhece a excelência de um equipamento em relação aos demais disponíveis e certificados (EPE, 2006).

1.2 Regulamentos para eficiência energética em edificações

Devido ao alto consumo de energia do setor de edificações, o regulamento e a certificação do desempenho energético de edifícios vêm se tornando um aspecto importante para sua operação, como um fenômeno que vem se expandindo em muitos países.

Um regulamento tem caráter normativo e seu principal objetivo é estabelecer limites no consumo de energia, bem como as ferramentas de análise energética a serem utilizadas. Uma certificação é um mecanismo voltado para o mercado, cujo principal objetivo é promover uma performance energética superior à dos edifícios regulamentados (CASALS, 2005).

Os primeiros regulamentos relacionados ao desempenho de edificações foram criados na Europa no início dos anos 70. Definiam parâmetros para a envoltória, no intuito de diminuir a transferência de calor através dos seus componentes construtivos, controlar a difusão de vapor e a permeabilidade do ar (PÉREZ-LOMBARD *et al.*, 2009). No início dos anos 90 o regulamento e a certificação energética para edificações emergiram como um novo meio para redução do consumo energético e da emissão de gases causadores do efeito estufa.

Os regulamentos relacionados à eficiência energética em edificações estabelecem requerimentos para alcançar níveis mínimos de eficiência no consumo de energia em edificações novas. O objetivo principal é conservar energia sem comprometer o conforto, a produtividade ou a qualidade arquitetônica das edificações.

Vários métodos de classificação de edificações residenciais (*House Rating Schemes* - HRS) vêm sendo desenvolvidos a fim de analisar seu desempenho. Os principais métodos aplicados consideram como principal indicador a eficiência energética pelo fato da energia representar grande parte dos custos de operação. Ainda, a eficiência energética está ligada ao impacto no conforto térmico e visual dos ocupantes, além de possuir potencial de oferecer ao consumidor informações sobre os futuros gastos com energia (KORDJAMSHIDI e KING, 2009).

Há muitos países que não possuem regulamentos de eficiência energética para o setor de edificações. De acordo com Lamberts *et al.* (2004), para que esta situação se reverta, seria necessário o desenvolvimento de normas relacionadas às edificações e aos equipamentos consumidores, além de treinamento e atualização periódica dos profissionais envolvidos com a edificação.

No Brasil, a Lei 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001, estabelece a necessidade de “indicadores técnicos e regulamentação específica”, visando o uso racional de energia nas edificações (BRASIL, 2001).

Dentro das ações integrantes deste Decreto, foi criado em 2004 o projeto “Elaboração de regulamentação e classificação de edificações eficientes”, resultante do convênio entre a Eletrobrás/PROCEL Edifica e a Universidade Federal de Santa

Catarina (UFSC), através do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). O projeto prevê, dentre outras ações, a elaboração de dois regulamentos:

- RTQ-C - Regulamento Técnico para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos;
- RTQ-R - Regulamento Técnico para Eficiência Energética de Edificações Residenciais (LABEEE, 2010b).

1.3 Justificativas

Diante deste cenário apresentado, mostra-se imperativo o uso racional da energia, evitando ou postergando investimentos relativos à ampliação do sistema de geração, uma vez que as medidas de economia mostram-se eficientes e de menor custo que a ampliação do sistema.

Geller (2003) afirma que os crescentes serviços energéticos residenciais são uma das principais causas do grande crescimento no consumo total de energia no Brasil no período de 1975 a 2000. Existem diversos estudos que apontam o grande potencial de economia de energia por parte do setor residencial, ressaltando a importância de medidas que acarretem em eficiência energética por parte das edificações residenciais.

Estas medidas correspondem ao aumento da eficiência de equipamentos, programas educativos para mudança de hábitos dos consumidores, normas que regulamentem a aplicação de medidas de conservação em edificações novas e existentes, dentre outros.

O processo de regulamentação e certificação energética de edificações residenciais mostra-se bastante complexo, sendo objeto de análise de diversos estudos. Em contrapartida às edificações comerciais, as residenciais possuem grande variação de modelos, de padrão de ocupação e de posse e uso de equipamentos. Além disso, por serem na grande maioria edificações do tipo casa (IBGE, 2009), estão mais expostas ao ambiente externo e sofrem, portanto, maior influência do clima em relação às edificações verticais.

As condições para que um regulamento ou sistema de certificação energética seja efetivo no uso racional de energia de edificações foram analisadas por Casals (2005). Neste estudo é discutida a escolha de indicadores de consumo apropriados bem como as condições a que devem atender. Considerações sobre energia embutida e análise de ciclo de vida são apontadas como

indicadores que devem ser incluídos em regulamentos e certificações, para que se atinja a eficiência energética e a sustentabilidade almejadas. No entanto, este tipo de estudo encontra-se inexistente ou em estágio bastante preliminar em muitos países.

A eficiência de indicadores utilizados para a análise do consumo energético de edificações residenciais também foi estudada por Meier *et al.* (1999). Foram analisadas onze residências de sete países de clima frio (Estados Unidos, Japão, Finlândia, Alemanha, Suécia, Canadá e Polônia) sob vinte indicadores de consumo diferentes, e como esses influenciam a classificação do consumo energético da edificação. Entre as conclusões mais expressivas é possível listar:

- O percentual de energia utilizada para aquecimento está em declínio mesmo em países de clima frio enquanto a energia utilizada para equipamentos vem aumentando;
- A qualidade do ambiente interno não é demonstrada através dos indicadores de modo adequado;
- Problemas nas definições dos termos implicam incertezas nos indicadores e dificultam comparações entre países diferentes.

O intuito do estudo não foi buscar um único indicador que seja satisfatório para quaisquer casos, mas sim entender qual seria mais apropriado para cada caso e quais os dados necessários para sua correta aplicação.

Estes estudos ressaltam a complexidade do processo de desenvolvimento e aplicação de um regulamento de eficiência energética em edificações. Para que se obtenha êxito neste processo, é necessário conhecimento do consumo do setor através de dados de usos finais, dos hábitos dos consumidores, influência do clima e das condições socioeconômicas. É também imprescindível a correta definição dos indicadores de consumo e das ferramentas de análise a serem utilizadas bem como a avaliação da disponibilidade de dados, a fim de assegurar a aplicabilidade do regulamento.

Um meio para avaliação da eficácia de um regulamento é através da criação de cenários de projeção do consumo, avaliando os impactos dos requisitos propostos e o conseqüente potencial de economia, sendo que esta avaliação deve ser realizada

considerando-se características climáticas, econômicas, culturais e sociais.

[...]entende-se que um cenário mostra possíveis sequências de acontecimentos, gerando diferentes estados finais e permitindo antecipar as ações e as decisões que se tornem necessárias. [...] A técnica de cenários constitui-se em importante ferramenta para a antecipação de futuros, pois lida com as incertezas e com as inter-relações complexas que determinam a trajetória das diversas variáveis sociais, econômicas, financeiras, ambientais, energéticas, entre outras. (MME, 2007a p. 45).

Estes cenários, também chamados projeções de consumo, podem ser divididos em: cenário sem conservação ou tendencial, cenário técnico, cenário econômico e cenário de mercado (WWF-BRASIL, 2006b; ELETROBRÁS e PROCEL, 2007b; MME, 2007a; SCHAEFFER *et al.*, 2009).

No cenário tendencial não há ganhos em eficiência advindos da introdução de medidas de eficiência energética, mas se considera o crescimento no consumo resultante da saturação de equipamentos bem como de medidas de eficiência que já estejam em vigor.

No cenário técnico, não se considera custos ou qualquer impedimento de inserção de tecnologia; visa estabelecer um limite de penetração das medidas, simulando a substituição dos usos de energia considerados pela tecnologia mais eficiente disponível.

Já no cenário econômico, são consideradas as limitações financeiras de implantação das medidas de eficiência energética buscando a melhor relação custo/benefício; ou seja, busca verificar até que ponto seria interessante investir nestas medidas antes de expandir o sistema de geração ou transmissão.

O cenário de mercado é similar ao econômico, porém é construído sob a ótica do consumidor. São as medidas que trariam redução de custos ao usuário, assumindo-se que esse tende a investir em alternativas que promovam redução nos gastos com eletricidade (MME, 2007a).

Deste modo, este trabalho pretende avaliar o impacto da aplicação do Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética do setor residencial brasileiro a partir da

análise da influência dos requisitos propostos por este, utilizando-se do método da projeção de cenários de consumo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da aplicação do Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios residenciais (RTQ-R) no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro.

1.4.2 Objetivos específicos

Para a realização deste trabalho encontra-se a necessidade de determinados objetivos específicos:

- Elaborar a caracterização e o cenário tendencial de consumo de energia elétrica do setor residencial;
- Elaborar e cenário técnico de consumo após a aplicação dos requisitos e bonificações do regulamento;
- Analisar o impacto no consumo de energia elétrica dos requisitos propostos pelo regulamento para as cinco regiões geográficas do país através da comparação entre os consumos nos cenários tendencial e técnico para os anos de 2020 e 2030. Estes anos foram escolhidos devido à disponibilidade de dados.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos: introdução, revisão de literatura, método, resultados e conclusões.

Na introdução foi realizada a apresentação do tema a ser desenvolvido, a fim de ressaltar sua importância e os objetivos a serem alcançados.

Na revisão de literatura é apresentado o conjunto de conhecimentos existentes e pertinentes sobre o tema proposto. São apresentados estudos relevantes para o trabalho relativos à caracterização e ao potencial de economia do consumo de energia elétrica do setor residencial e também aos métodos utilizados para definição de modelos representativos de edificações; após é exposta a estrutura do regulamento a ser estudado.

No capítulo seguinte é abordado o método a ser aplicado no intuito de atingir os objetivos especificados no primeiro capítulo. É apresentado o método para desenvolvimento do cenário tendencial, para o processo de aplicação e avaliação dos requisitos do regulamento, para a elaboração do cenário técnico de consumo e para a análise dos resultados.

No capítulo seguinte são apresentados os resultados obtidos por região geográfica e para o país. Por fim, no último capítulo são apresentadas as conclusões, as limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão de literatura

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica a ser utilizada como base para o trabalho.

Como já citado anteriormente, os regulamentos para eficiência energética de edificações consistem em um importante meio para economia de energia. No entanto, para que se obtenha êxito na aplicação de um regulamento, é necessário profundo conhecimento sobre a caracterização do consumo do setor a ser regulamentado. No primeiro item serão apresentados os estudos já realizados no intuito de se realizar esta caracterização. Entre os dados necessários para tal destacam-se os relativos aos usos finais, sobre os quais também serão apresentados estudos já realizados. Ainda neste item é apresentada a caracterização do setor residencial brasileiro.

O próximo item é dedicado a trabalhos que analisaram o potencial de economia de energia elétrica do setor de edificações residenciais. O próximo item corresponde ao cenário tendencial de consumo para o setor. Após são abordados estudos sobre definição de modelos representativos da realidade construtiva de determinados grupos de edificações, necessários para tornar possível a análise a ser realizada. Por fim, é apresentada a estrutura do regulamento residencial.

2.1 Caracterização do setor residencial

A caracterização e o conhecimento dos diferentes usos finais do setor residencial mostram-se de grande importância, visto que em grande parte dos países esse é um importante contribuinte para o consumo e para o pico¹ do sistema. Este conhecimento torna possível realizar projeções de demanda, consumo e potencial de economia, possibilitando o correto direcionamento de planos de ação dos gestores responsáveis.

Para se realizar o perfil do consumo de energia elétrica de um determinado setor é necessário extrair e combinar informações de diversas fontes, buscando uma estimativa mais próxima possível da realidade, e adequada para a compreensão das diversas variáveis que interferem na estrutura do consumo. Na Figura 2.1 é

¹ Horário em que coincide o acionamento dos chuveiros elétricos e da iluminação no setor residencial e da iluminação pública.

apresentado um esquema básico de definições e interações relativas ao consumo de energia no setor residencial proposto por Haas (1997).

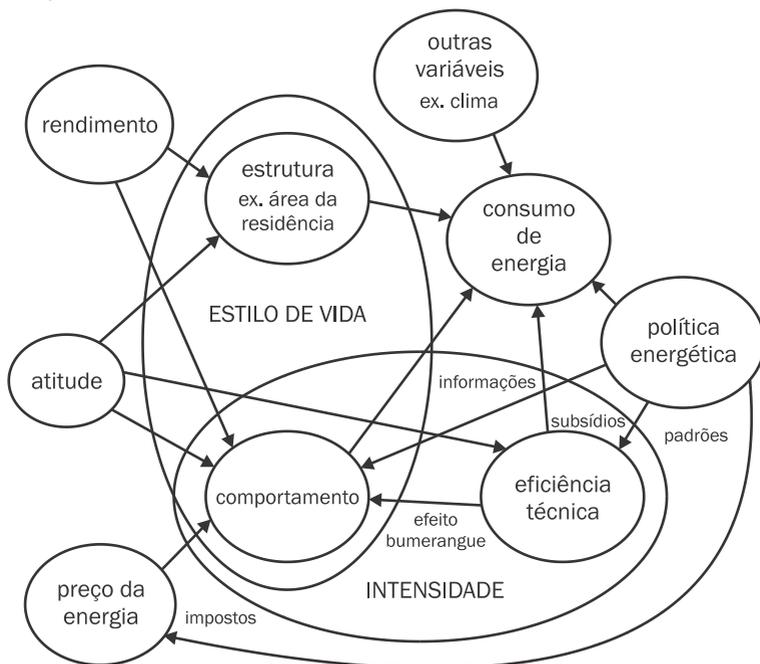


Figura 2.1 – Esquema básico de definições e interações em relação ao consumo de energia no setor residencial.

Fonte: adaptado de Haas 1997.

Neste esquema é possível observar as diferentes variáveis que influenciam o consumo de energia elétrica no setor residencial. Somando-se a imprevisibilidade de variáveis tais como comportamento, atitude e variações climáticas a esta rede de interações, é possível compreender a complexidade de se realizar a caracterização do consumo bem como análises de correlação dos fatores que influenciam no consumo.

Nos países desenvolvidos, as primeiras bases de dados do consumo energético do setor de edificações começaram a ser desenvolvidas por volta dos anos 70, no intuito de possibilitar a realização de estudos relativos à caracterização do consumo do setor.

Nos Estados Unidos é realizado, desde 1978, um levantamento periodicamente atualizado em relação ao consumo de energia do setor residencial (*Residential Energy Consumption Survey - RECS*), sendo a 12^a e última atualização realizada no ano de 2005, na qual foram coletados dados de 4.382 residências (RECS, 2005). A metodologia consistiu em realizar visitas *in loco*, entrevistas com os moradores, utilização de dados disponibilizados pelo censo demográfico e consulta às contas de energia concedidas pelas concessionárias. As principais informações disponibilizadas por esta base de dados são as características físicas e demográficas da habitação, equipamentos utilizados, sistemas de aquecimento e resfriamento, consumo de eletricidade e consumo de combustíveis tais como GLP, GN e querosene.

Na China, Chen *et al.* (2008) buscaram caracterizar o consumo de energia do setor residencial através de um método estatístico considerando as condições do clima, as condições sociais e históricas e as características de consumo nas cinco regiões climáticas nas quais o país é dividido. O intuito foi fornecer uma base de dados para dar suporte aos trabalhos em eficiência energética. Os dados analisados são as características das residências, sazonalidade do consumo, número de habitantes, posse e padrão de uso de equipamentos e o consumo de energia.

O método consiste na divisão em cinco indicadores. O primeiro se refere às características da residência, tais como tipologia arquitetônica, área e componentes construtivos. O segundo é relativo aos arranjos domésticos, como idade dos habitantes e renda. O terceiro reflete a posse de equipamentos, classificados por quantidade, tipo, performance e fonte de energia utilizada. O quarto índice se refere ao padrão de uso dos equipamentos e o quinto reflete o consumo das diferentes fontes de energia pelos diferentes equipamentos.

A fim de testar a eficácia do método desenvolvido, foi realizado um estudo de caso, no qual foi utilizada uma habitação correspondente ao modelo mais expressivo da representatividade da realidade. O estudo de caso prova o sucesso do método e indica que o consumo de energia está intimamente relacionado ao estilo de vida dos habitantes e à performance de consumo dos equipamentos.

Em relação à avaliação dos indicadores de consumo, o estudo realizado por Haas (1997) buscou determinar os indicadores necessários para caracterizar o consumo do setor residencial dos 28

países membros da *International Energy Agency* (IEA). O principal intuito do trabalho foi tornar possível a análise dos impactos das medidas de eficiência energética tomadas bem como realizar comparações entre os diferentes países. Entre as principais conclusões está a importância dos dados de consumo desagregados através de usos finais, pois melhorias em um subsetor podem ser mascaradas por aumento de consumo em outras. Os dados por uso final podem também ajudar no estudo do impacto do comportamento do consumidor no consumo de energia.

Para a caracterização do consumo de energia em países em que se encontram grandes desigualdades, sejam elas econômicas, tecnológicas, demográficas, sociais ou culturais, tal qual é o caso do Brasil, essas devem ser consideradas associando-se o consumo às classes de renda, aos usos finais e às regiões, mostrando a distribuição energética através de grupos heterogêneos (ACHÃO, 2003).

No Brasil, até meados dos anos 80, as estimativas de consumo do setor residencial eram realizadas através do produto entre o número de consumidores e o consumo por habitante. A evolução do número de domicílios era fornecida através de estudos demográficos e a taxa de atendimento pela energia elétrica eram obtidos através de uma função de saturação (SILVA, 2000).

Há atualmente no país diversos estudos no que tange a caracterização do consumo de energia elétrica e que serão mais bem detalhados nos itens 2.1.2 - Caracterização do consumo do setor residencial e 2.3 - Cenário tendencial do setor residencial.

2.1.1 Usos finais de energia

A estimativa da demanda de energia elétrica no setor residencial é realizada com base no percentual de domicílios ligados à rede elétrica e no consumo de energia elétrica por domicílio. O consumo por domicílio por sua vez é projetado por uso final através de dados de posses de equipamentos e hábitos de uso, sejam estes usos: iluminação; conservação de alimentos; aquecimento de água; condicionamento de ar e equipamentos.

Portanto, os usos finais de energia correspondem aos dados de consumo desagregados, sendo de suma importância quando se pretende realizar estudos relativos ao consumo energético do setor residencial (LINS e PINHEL, 1990; HAAS, 1997; SILVA, 2000; ACHÃO, 2003; FEDRIGO, GONÇALVES e LUCAS, 2009).

No Brasil existe uma base de dados relativa a usos finais, a Pesquisa de posse e hábitos de consumo de energia, realizada nos anos de 1988, 1997 a 1998 e 2004 a 2005, sendo que para esta última foram entrevistados 5.625 moradores em 284 cidades distribuídas em 18 estados e administradas por 21 concessionárias. Desta pesquisa foi publicada uma série de relatórios constantes da publicação Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a; b). Resultou também desta pesquisa o Sistema de informações de posses e hábitos de uso de aparelhos elétricos – SINPHA (2005), um simulador online que possibilita o cruzamento dos dados da pesquisa.

Silva (2000) analisou o consumo de energia elétrica para cada uma das regiões geográficas do setor residencial brasileiro através da ferramenta de análise condicionada da demanda, no intuito de descrever o consumo de forma desagregada. Esta ferramenta consiste em um método estatístico que permite desagregar o consumo residencial em seus componentes devido a cada uso, relacionando-os com variáveis tais como número de habitantes por domicílio, temperatura e renda familiar.

O trabalho utiliza dados da primeira pesquisa realizada em âmbito nacional sobre posse de equipamentos e hábitos de consumo de energia elétrica no setor residencial, realizada no ano de 1988 e conduzida por vinte e sete concessionárias estaduais e coordenada pelo PROCEL. Vale ressaltar que no contexto do trabalho os itens de maior representatividade no consumo residencial eram refrigerador, freezer e iluminação, haja vista que a quase totalidade das lâmpadas eram do tipo incandescente.

Dentre as conclusões mais expressivas tem-se a influência do clima e da renda nos usos finais e as fortes diferenças regionais no consumo específico de equipamentos, sendo iluminação e refrigeradores os principais consumidores.

O estudo realizado por Achão (2003) buscou determinar e analisar, através do Modelo Integrado de Planejamento Energético – MIPE, a estrutura de usos finais de consumo de energia (eletricidade, derivados de petróleo, lenha e carvão) do setor residencial. Foram utilizados dados de 11 regiões metropolitanas mostrando o impacto da renda e diferenças regionais, sendo as principais fontes de dados a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 1996 e o Censo Demográfico de 1991, ambos realizados pelo IBGE. Este método consiste em um modelo técnicoeconômico

de projeção da demanda e oferta de energia e de emissões de CO₂. Permite avaliar cenários prospectivos de padrões de uso e estilos de desenvolvimento nas projeções de demanda e oferta de energia.

De acordo com Achão (2003), apesar do constante crescimento da energia elétrica no Brasil, esta é distribuída de maneira bastante desigual entre as classes sociais e regiões geográficas, refletindo em padrões desiguais de conforto. Segundo este estudo, a energia elétrica teria sido responsável por 64,0% da energia utilizada pelo setor residencial no ano 2000. No entanto, de acordo com dados do BEN (2010) este valor foi de 34,7% em 2000 e de 37,7% em 2009 (BEN, 2010). De acordo com o estudo, a média de consumo por domicílio do setor passou de 148 kWh/mês em 1994 para 179 kWh/mês em 2000, e as ligações de domicílios na rede de energia elétrica passaram de 45% em 1970 para 96% em 2000.

Os dados referentes à pesquisa realizada no ano de 1998 foram analisados no intuito de se obter os usos finais e a estrutura do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro de acordo com 8 cidades representativas das 8 zonas bioclimáticas² (ABNT, 2005b) nas quais o país é dividido (GHISI, GOSCH e LAMBERTS, 2007). O uso final foi obtido através de uma relação entre o consumo médio de cada equipamento e o consumo total de energia elétrica, de acordo com a zona bioclimática.

Entre as principais conclusões estão a necessidade de se introduzir medições para este tipo de base de dados, uma vez que entrevistas são mais suscetíveis a erros; e a ocorrência de diferenças significativas nos usos finais em relação às zonas bioclimáticas, principalmente no que se refere aos chuveiros elétricos e sistemas de ar condicionado.

Em estudo desenvolvido a partir dos resultados da pesquisa de posse e hábitos de consumo referente ao período de 2004 a 2005, buscou-se comparar consumos médios mensais bem como

² O Zoneamento Bioclimático Brasileiro abrange todo o território nacional e é definido pela NBR15220 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005). No total existem oito zonas bioclimáticas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, a norma apresenta um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações através de sua melhor adequação climática.

estimar usos finais para as cinco regiões geográficas e oito zonas bioclimáticas brasileiras (FEDRIGO *et al.*, 2009).

Foram analisados o consumo e o uso final, para verão e inverno, dos principais equipamentos consumidores em uma habitação, relacionando-os a características sociais e econômicas de cada região. O consumo de energia foi correlacionado com a posse de equipamentos e a renda familiar; os usos finais de ar condicionado e chuveiro foram correlacionados com a latitude. Dentre as conclusões do estudo estão a influência do clima e da renda principalmente nos usos finais de chuveiro e ar condicionado.

Em relação aos estudos relativos a usos finais em outros países, na Nova Zelândia o projeto *Household Energy End-use Project* (HEEP) monitorou 400 habitações no período de 1997 a 2005. Fornece uma base de dados relativos ao uso da energia no setor residencial, relacionando-os com o consumo total de energia, temperatura interna e características sociais e físicas das habitações. Entre os principais resultados estão a caracterização do uso da energia por usos finais e por fonte de energia, a relação entre o uso final e a temperatura do ambiente, o gasto com standby e o desenvolvimento de um aplicativo para traçar cenários futuros de consumo com base resultados do projeto (BRANZ, 2006).

No intuito de desenvolver um método para estimar o consumo do setor residencial de cidades do Japão, Shimoda *et al.* (2004) simularam o consumo anual de uma residência a partir dos usos finais relacionados a padrões de ocupação, dados climáticos, composição familiar e eficiência dos equipamentos. O método utiliza modelos de padrão de uso dos equipamentos, do sistema de aquecimento de água, do cálculo de carga térmica e da performance dos equipamentos para condicionamento ambiental. Fornece dados relativos à distribuição de tipologias, modelos de habitação e de arranjo familiar para a cidade ou região considerada, o impacto do estilo de vida, da eficiência dos equipamentos, dos isolamentos térmicos e das diferenças no clima no consumo. Somando estes dados às diferentes tipologias e modelos residenciais, é possível caracterizar o consumo de uma determinada cidade ou região.

Em estudo realizado na Austrália por Hart e de Dear (2004) se analisou, através de método estatístico de regressão, a influência entre as variações do ambiente externo e usos finais no setor residencial. Foram considerados equipamentos de ar condicionado, de aquecimento, refrigeradores, freezers e sistema de aquecimento

de água, sendo que todos apresentaram algum grau de correlação com a condição externa de temperatura, sendo mais expressiva para o sistema de refrigeração ambiental. A inserção dos resultados desta pesquisa na base de dados utilizada para o estudo propiciou um cenário mais completo do consumo de energia do setor relacionando, além da temperatura externa, os usos finais com a envoltória da edificação, o desempenho térmico, a utilização de dispositivos de sombreamento, orientação solar e sensação de conforto térmico dos ocupantes.

Neste item foram apresentados trabalhos relativos a dados de consumo desagregados por uso final desenvolvidos no Brasil e em outros países, corroborando o fundamental papel destes dados no desenvolvimento de trabalhos relativos ao consumo de energia elétrica no setor de edificações.

2.1.2 Caracterização do consumo do setor residencial

Neste item será apresentada a atual caracterização do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro, que é o ponto de partida para se realizar análises de consumo, pois através dela é possível compreender a atual estrutura do setor a ser estudado. Para traçar o perfil do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro é possível contar com fontes oficiais de levantamentos nacionais disponibilizadas por órgãos do poder público. Foram consultadas as fontes mais atualizadas disponíveis destacando as utilizadas neste item:

- Balanço Energético Nacional ano base 2009 (BEN, 2010);
- Consumo final e conservação de energia elétrica (1970-2005) (EPE, 2006);
- Estatística e análise do mercado de energia elétrica (EPE, 2007);
- Matriz energética nacional 2030 (MME, 2007b);
- Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – classe residencial (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a);
- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios ano base 2008 – PNAD (IBGE, 2009);
- Plano Decenal de expansão de Energia - PDE 2008/2017 (MME, 2008);

- Plano Decenal de expansão de Energia - PDE 2010/2019 (MME, 2010a);
- Plano Nacional de Energia – PNE 2030 (MME, 2007a; c);
- Premissas sociodemográficas de longo prazo (EPE, 2009);
- Programa nacional de conservação de energia elétrica (PROCEL, 2003);
- Séries estatísticas e séries históricas (IBGE, 2010a);
- Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA (IBGE, 2010b);
- Sistema de informações de posses de eletrodomésticos e hábitos de consumo (SINPHA, 2005).

2.1.2.1 Cenário demográfico e de domicílios

Para que se torne possível o desenvolvimento de estudos relativos ao consumo do setor residencial, é necessário conhecimento das características demográficas e de domicílios.

Na introdução foram apresentados no gráfico da Figura 1.2 dados relacionando o crescimento do consumo do setor ao crescimento do PIB e do número de domicílios. Na Figura 2.2 é apresentado o crescimento demográfico brasileiro por região geográfica.

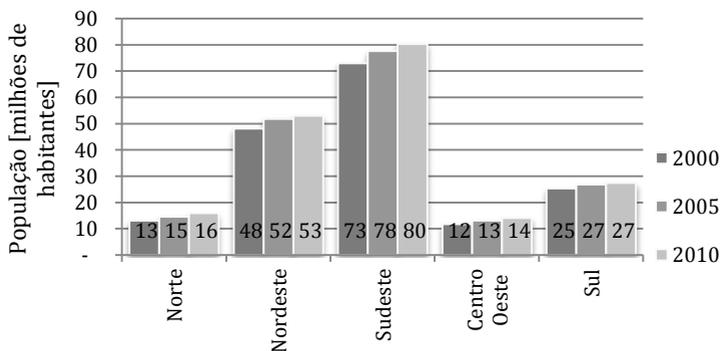


Figura 2.2 – Evolução do crescimento da população brasileira por região geográfica.

Fonte: adaptado de IBGE 2011.

Entre os anos de 2000 e 2010 o crescimento da população continuou apresentando queda relativa, seguindo a tendência dos

últimos levantamentos, sendo a taxa de crescimento de 1,17% ao ano para o período. Na Figura 2.3 o gráfico ilustra a distribuição dos domicílios por região geográfica.

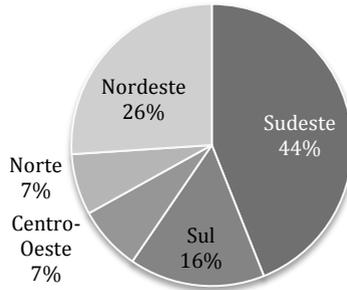


Figura 2.3 – Distribuição dos domicílios por região geográfica em 2010.

Fonte: adaptado de IBGE 2011.

Observa-se que o número de domicílios permanece fortemente concentrado na região Sudeste, com 44,0% em 2010. Somado ao Nordeste, essas duas regiões concentram 70,0% dos domicílios do país.

Na Figura 2.4 é apresentado o número de habitantes por domicílio por região geográfica para os anos de 2009 e 2010.

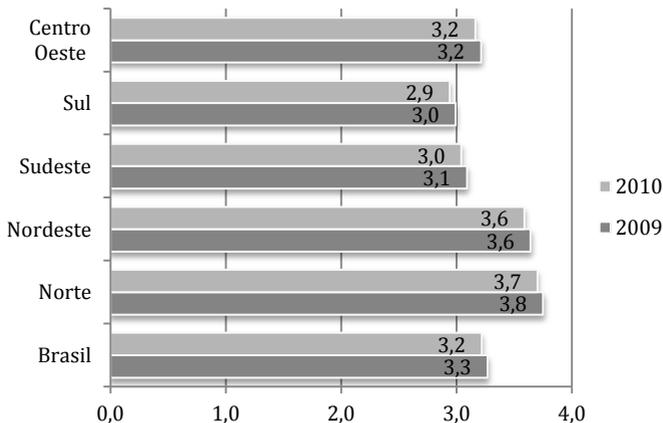


Figura 2.4 – Número de habitantes por domicílio por região geográfica.

Fonte: adaptado de IBGE 2011.

É possível observar que as regiões Norte e Nordeste possuem a maior proporção de habitantes por domicílio, sendo a menor a da região Sul.

Para este trabalho somente são considerados os domicílios particulares e permanentes de acordo com a definição do IBGE, e que correspondem a 83,7% do total de domicílios de acordo com dados Censo mais recente, realizado em 2010 (IBGE, 2011). Domicílios particulares são aqueles destinados à habitação de uma pessoa ou pessoas com laços de parentesco ou normas de convivência, não sendo considerados os domicílios coletivos, tais como hotéis, pensões, asilos, quartéis e alojamentos. Permanentes são aqueles localizados em local destinado à moradia, não sendo considerados locais de moradia improvisada como salas comerciais, tendas, trailers e lojas.

Na Tabela 2.1 são apresentadas, em valores relativos, características dos domicílios em relação ao acesso à rede de energia elétrica e ao tipo de domicílio para o período de 2007 a 2009.

Tabela 2.1 – Características dos domicílios em relação ao acesso à rede elétrica e por tipo de domicílio, por região geográfica.

| Região | Característica | 2007 | 2008 | 2009 |
|--------------|---------------------|------|------|------|
| | | [%] | | |
| Norte | Iluminação elétrica | 94,1 | 99,7 | 99,7 |
| | Casa | 98,1 | 94,7 | 95,1 |
| | Apartamento | 1,6 | 4,2 | 3,8 |
| Nordeste | Iluminação elétrica | 95,7 | 99,6 | 99,7 |
| | Casa | 94,2 | 91,1 | 90,4 |
| | Apartamento | 5,6 | 8,5 | 9,3 |
| Sudeste | Iluminação elétrica | 99,8 | 99,9 | 99,9 |
| | Casa | 86,1 | 84,8 | 85,1 |
| | Apartamento | 13,8 | 14,9 | 14,6 |
| Sul | Iluminação elétrica | 99,4 | 99,8 | 99,9 |
| | Casa | 90,3 | 85,3 | 86,1 |
| | Apartamento | 9,6 | 14,6 | 13,8 |
| Centro Oeste | Iluminação elétrica | 98,7 | 99,9 | 99,9 |
| | Casa | 93,3 | 90,0 | 89,9 |
| | Apartamento | 6,5 | 9,3 | 9,0 |
| Brasil | Iluminação elétrica | 98,2 | 99,8 | 99,9 |
| | Casa | 90,4 | 90,6 | 90,7 |
| | Apartamento | 9,5 | 9,3 | 9,2 |

Fonte: adaptado de IBGE 2010a.

É possível observar a alta saturação do acesso à rede elétrica, resultado principalmente do programa Luz Para Todos. Contrariamente às expectativas, com exceção das regiões Norte e Nordeste, a proporção de domicílios do tipo casa aumentou entre os anos de 2008 e 2009. A predominância dos domicílios tipo casa ainda é muito forte no país, com cerca de 90%, e a ocorrência de domicílios do tipo apartamento é maior na região Sudeste, em torno de 14%. Em relação aos tipos, a classificação é dividida em casa, apartamento e cômodo; este último, que se refere aos domicílios em cômodos de pensões, cortiços e similares, não é apresentado por não ser considerado para efeitos deste estudo. Na Tabela 2.2 é apresentada a divisão de tipo de domicílio por faixa de consumo e por região geográfica.

Tabela 2.2 – Tipo de domicílio por faixa de consumo e por região geográfica.

| Faixa de consumo | Tipo | Região geográfica | | | | | |
|------------------|-------------|-------------------|-------|----------|---------|------|--------------|
| | | Brasil | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| [kWh/mês] | | [%] | | | | | |
| 0 a 100 | casa | 89,1 | 89,6 | 96,3 | 87,1 | 81,6 | 86,1 |
| | apartamento | 10,6 | 8,1 | 3,7 | 12,5 | 18,4 | 13,9 |
| 101 a 200 | casa | 87,1 | 90,6 | 95,0 | 83,4 | 86,1 | 81,5 |
| | apartamento | 12,9 | 8,9 | 5,0 | 16,4 | 13,6 | 18,5 |
| 201 a 300 | casa | 81,7 | 92,9 | 90,6 | 80,5 | 87,0 | 75,0 |
| | apartamento | 17,9 | 5,9 | 8,6 | 19,2 | 13,0 | 25,0 |
| acima de 300 | casa | 76,4 | 82,6 | 85,8 | 71,5 | 81,8 | 68,9 |
| | apartamento | 22,9 | 15,8 | 14,2 | 26,9 | 18,2 | 33,3 |

Fonte: adaptado de SINPHA 2005.

De modo geral a quantidade de apartamentos é maior de acordo com o aumento da faixa de consumo, exceto nas regiões Norte e Sul para as quais se observa ocorrência relativamente alta de domicílios do tipo apartamento na faixa de 0 a 100 kWh.

Na Tabela 2.3 é apresentada a distribuição de domicílios por classe de rendimento mensal, em salários mínimos, para o ano de 2008. Na Tabela 2.4 é apresentada a renda média, em salários mínimos, por faixa de consumo e por região geográfica para 2005.

Tabela 2.3 – Distribuição percentual dos domicílios por classe de renda.

| Classe de rendimento mensal em salários mínimos (SM) por domicílio | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|---------|---------|-------------------------------------|
| SM ≤ 1 | 1<SM≤2 | 2<SM≤3 | 3<SM≤5 | 5<SM≤10 | SM > 10 | sem declaração/sem rendimento |
| [%] | | | | | | |
| 12,17 | 21,47 | 17,03 | 20,09 | 15,77 | 9,23 | 4,23 |

Fonte: adaptado de IBGE 2009.

Tabela 2.4 – Renda média em salários mínimos por faixa de consumo por região geográfica.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Região geográfica | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|-------|----------|---------|------|--------------|
| | Brasil | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| | [salários mínimos/mês] | | | | | |
| 0 a 100 | 2,30 | 1,80 | 1,91 | 2,92 | 2,06 | 2,68 |
| 101 a 200 | 3,52 | 2,04 | 2,82 | 4,19 | 2,40 | 3,27 |
| 201 a 300 | 4,57 | 2,75 | 3,64 | 5,24 | 2,70 | 4,57 |
| acima de 300 | 5,97 | 3,87 | 4,88 | 6,67 | 3,46 | 5,97 |

Fonte: adaptado de ELETROBRÁS e PROCEL 2007a.

De acordo com a Tabela 2.3, quase 60% dos domicílios possuem renda entre um e cinco salários mínimos, o que também pode ser observado na renda média por região da Tabela 2.4.

2.1.2.2 Demanda de energia elétrica

Neste item são apresentados dados relativos ao consumo de energia elétrica do setor residencial. Na Figura 2.5 é possível observar a relação do crescimento no consumo de energia dos setores residencial, comercial e público em relação ao crescimento do PIB entre os anos de 1977 e 2009 bem como o pico de consumo ocorrido no ano 2000.

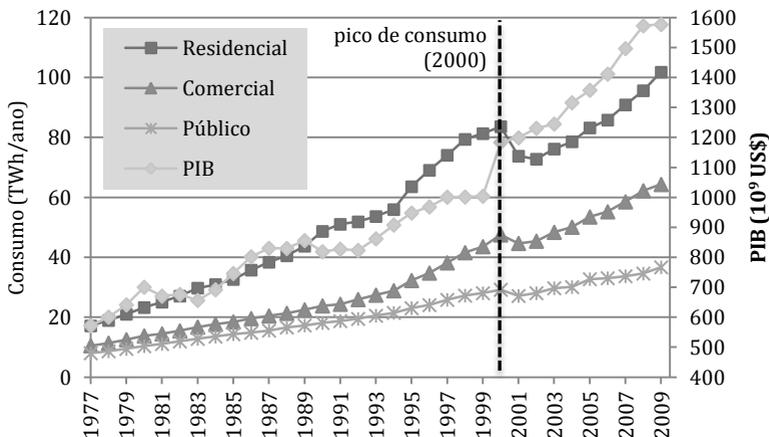


Figura 2.5 – Crescimento no consumo de energia elétrica por setor em relação ao crescimento do PIB para o período de 1977 a 2009.

Fonte: adaptado de BEN 2010.

A taxa de crescimento no período de 1995 a 1999, anterior à crise, foi de 8,3% ao ano e de 4,7% no período de 2003 a 2009.

O consumo de 83,61 TWh observado para o setor residencial no ano de 2000 somente foi ultrapassado no ano de 2006, quando se registrou consumo de 85,81 TWh (BEN, 2010). A recuperação consideravelmente lenta do consumo deu-se provavelmente pela absorção, ainda que parcialmente, dos hábitos de economia adquiridos durante a fase do racionamento. Na Figura 2.6 é apresentada a correlação entre o PIB e o consumo de eletricidade.

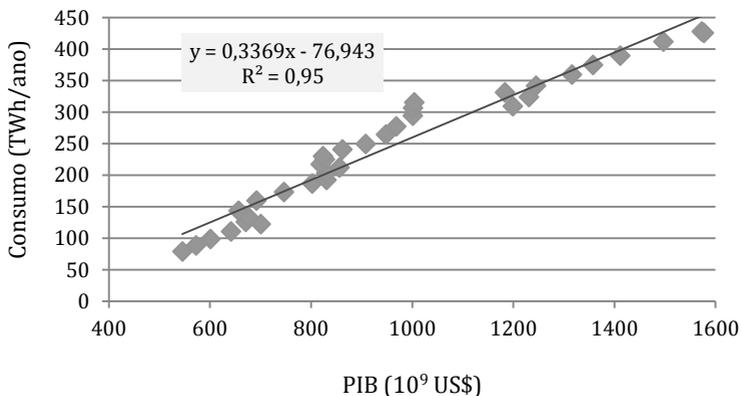


Figura 2.6 - Correlação entre crescimento do PIB e do consumo de energia elétrica do Brasil para o período de 1977 a 2009.

Fonte: adaptado de BEN 2010.

É possível observar o alto coeficiente de determinação, de 0,95, entre o crescimento do PIB e o crescimento no consumo de energia elétrica.

Em relação às fontes de energia utilizadas pelo setor residencial no ano de 2009, a lenha e o GLP apresentaram, respectivamente, decréscimo de 6,4% e 0,8% e a eletricidade apresentou crescimento de 5,9% na participação em relação ao ano de 2008. Na Figura 2.7 abaixo é apresentada a divisão das fontes de energia utilizadas pelo setor residencial no ano de 2009.

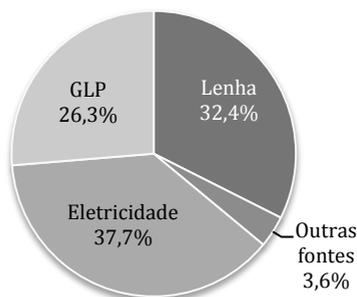


Figura 2.7 - Participação das fontes de energia no setor residencial.

Fonte: adaptado de BEN 2010.

Dentre as fontes de energia utilizadas pelo setor em 2009, continua havendo uma forte concentração da participação da eletricidade. Destaca-se também o alto uso de lenha, no entanto, o detalhamento em relação ao tipo de uso destinado a este energético ainda é escasso.

O gráfico da Figura 2.8 compara as médias de consumo dos subsistemas³ no ano 2000, anterior ao racionamento, e dos anos 2006 e 2007.

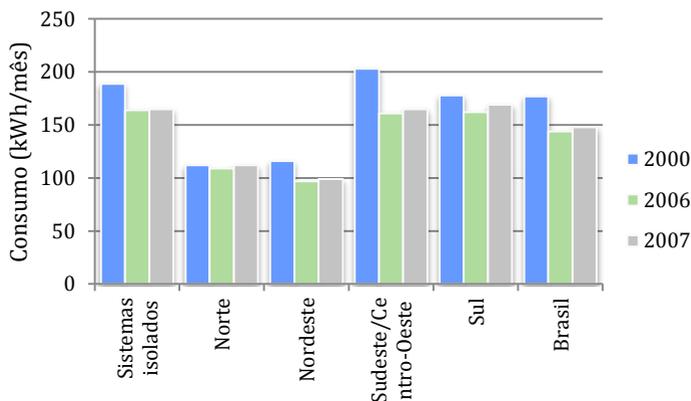


Figura 2.8 – Consumo médio mensal residencial - Brasil e subsistemas.

Fonte: adaptado de EPE 2007.

É possível observar que, com exceção da região Norte, mesmo nos subsistemas que não foram submetidos ao racionamento (Nordeste e Sul), os valores para o ano de 2007 são menores que para o ano de 2000.

A divisão do consumo de eletricidade por região geográfica em 2009 pode ser observada na Figura 2.9.

³ Sistemas geradores de energia pertencentes ao Sistema Interligado Nacional (SIN), sistema interconectado eletricamente, com a operação das usinas centralizada e coordenada pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) (EPE, 2007).

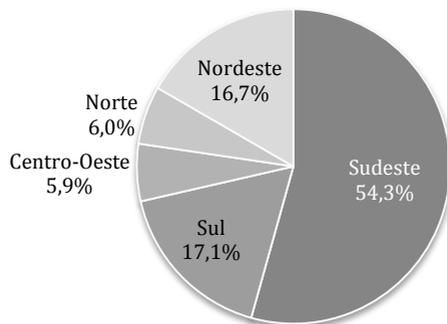


Figura 2.9 – Divisão do consumo de energia elétrica por região geográfica em 2009.

Fonte: adaptado de BEN 2010.

Para o ano de 2009, o consumo de energia elétrica continua fortemente concentrado na região Sudeste, com participação de 54,3%. Todas as regiões registraram aumento no consumo em relação ao ano anterior, sendo a maior taxa de crescimento a da região Nordeste, com aumento de 8,3%, e a menor a da região Sudeste, com 5,5%, sendo a taxa média de crescimento do setor de 6,2% (BEN, 2010).

2.1.2.3 *Posse e usos finais*

Em relação aos dados de consumo de energia elétrica desagregados em usos finais é pertinente destacar a incongruência de dados levantados entre diferentes estudos pesquisados, conforme pode ser observado na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Usos finais para o setor residencial brasileiro de acordo com sete diferentes estudos.

| Estudo | A1 | B2 | C3 | D4 | E5 | F6 | G7 | Diferença máxima | Média dos estudos |
|----------------------|------|----|----|------|----|----|----|------------------|-------------------|
| Uso final | [%] | | | | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 34 | 27 | 43 | 39 | 20 | 32 | 42 | 23 | 33 |
| Chuveiro elétrico | 25 | 24 | 13 | 28 | 21 | 26 | 20 | 15 | 22 |
| Iluminação | 21 | 14 | 8 | 19 | 12 | 24 | 11 | 13 | 15 |
| Ar condicionado | 3 | 20 | 3 | 3 | 9 | - | 10 | 17 | 8 |
| Outros | 17 | 15 | 33 | 11 | 38 | 18 | 17 | 8 | 23 |
| Ano de referência | 2005 | | | 1998 | | | | | |

Fonte: adaptado de ¹MME 2007c; ²ELETRÓBRÁS E PROCEL 2007a; ³FEDRIGO *et al.* 2009; ⁴WWF-BRASIL 2006a; ⁵SCHAEFFER *et al.* 2009; ⁶ACHÃO, 2003; ⁷GHISI, GOSCH e LAMBERTS 2007.

Nota: os valores apresentados para a diferença máxima e para a média dos estudos são calculados de acordo com os estudos "A" a "E", referentes aos dados de 2005.

O estudo A corresponde ao Plano Nacional de Energia – PNE 2030, realizado pelo Ministério de Minas e Energia através da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (MME, 2007c); o estudo B refere-se ao relatório da Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, desenvolvido pelo PROCEL (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a); o estudo C consiste em relatório de pesquisa de iniciação científica sobre usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro (FEDRIGO *et al.*, 2009); o estudo D é referente à publicação Agenda elétrica sustentável da WWF-Brasil (WWF-BRASIL, 2006a); o estudo E consiste em artigo relativo ao potencial de economia de eletricidade em residências brasileiras (SCHAEFFER *et al.*, 2009); o estudo F corresponde à dissertação de mestrado "Análise da estrutura do consumo de energia pelo setor residencial brasileiro" (ACHÃO, 2003) e o estudo G corresponde ao artigo "Electricity end-uses in the residential sector of Brazil" (GHISI *et al.*, 2007).

Os estudos "B", "C", "D" e "E" utilizaram a base de dados disponibilizada pela Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso (SINPHA, 2005) realizada para o período de 2004 a 2005; os estudos "F" e "G" utilizaram a mesma base de dados, porém referente ao período de 1997 a 1998.

A divergência observada é, possivelmente, devido ao fato da base de dados permitir diferentes interpretações em relação ao tempo de uso dos equipamentos. Esta possibilidade por sua vez é

ocasionada por haver, dentre as respostas no questionário aplicado pela pesquisa, opções que não se referem à frequência de modo preciso (frequentemente, eventualmente, algumas vezes por semana).

Os principais usos finais do setor residencial por região geográfica são apresentados por três dos sete estudos apresentados, conforme observado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Usos finais para o setor residencial brasileiro segundo as regiões geográficas de acordo com três diferentes estudos.

| Estudo | Região Geográfica | B ¹ | C ² | E ³ | Diferença máxima | Média dos estudos |
|--------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|
| Uso final | | | | | | [%] |
| Refrigerador/ Freezer | Norte | 29 | 54 | 17 | 38 | 33 |
| | Nordeste | 34 | 50 | 20 | 31 | 35 |
| | Centro Oeste | 28 | 46 | 21 | 26 | 32 |
| | Sudeste | 27 | 35 | 20 | 16 | 27 |
| | Sul | 23 | 28 | 25 | 5 | 25 |
| Chuveiro elétrico | Norte | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| | Nordeste | 9 | 7 | 12 | 5 | 9 |
| | Centro Oeste | 28 | 11 | 18 | 17 | 19 |
| | Sudeste | 26 | 22 | 30 | 8 | 26 |
| Iluminação | Sul | 25 | 40 | 44 | 19 | 36 |
| | Norte | 14 | 10 | 10 | 4 | 11 |
| | Nordeste | 11 | 7 | 7 | 4 | 8 |
| | Centro Oeste | 12 | 7 | 14 | 7 | 11 |
| | Sudeste | 19 | 9 | 18 | 10 | 15 |
| Ar condicionado | Sul | 8 | 4 | 13 | 9 | 8 |
| | Norte | 40 | 3 | 18 | 37 | 20 |
| | Nordeste | 27 | 3 | 5 | 24 | 12 |
| | Centro Oeste | 18 | 2 | 6 | 16 | 9 |
| Outros | Sudeste | 11 | 1 | 3 | 10 | 5 |
| | Sul | 32 | 2 | 10 | 30 | 15 |
| | Norte | 15 | 33 | 55 | 40 | 34 |
| | Nordeste | 19 | 33 | 56 | 37 | 36 |
| | Centro Oeste | 14 | 34 | 41 | 27 | 30 |
| | Sudeste | 17 | 33 | 29 | 16 | 26 |
| | Sul | 12 | 26 | 8 | 18 | 15 |

Fonte: adaptado de ¹ELETRORÁS E PROCEL 2007a; ²FEDRIGO *et al.* 2009; ³SCHAEFFER *et al.* 2009.

As diferenças mais significativas são as relativas ao uso de refrigerador e freezer, sobretudo nas regiões mais quentes.

Na Tabela 2.7 são relatadas as posses médias para os principais equipamentos, para as regiões geográficas e para o Brasil, de acordo com dois dos sete estudos apresentados e pelo IBGE.

Tabela 2.7 – Posse média de equipamentos para as regiões geográficas.

| Estudo | Região Geográfica | B ¹ | C ² | H ³ | Diferença máxima | Média dos estudos |
|---------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|
| Uso final | | | | | [%] | |
| Refrigerador | Norte | 93 | 93 | 86 | 7 | 91 |
| | Nordeste | 93 | 93 | 84 | 9 | 90 |
| | Centro Oeste | 97 | 97 | 96 | 1 | 97 |
| | Sudeste | 96 | 96 | 98 | 2 | 97 |
| | Sul | 99 | 99 | 98 | 1 | 99 |
| Freezer | Norte | 16 | 17 | 14 | 3 | 16 |
| | Nordeste | 17 | 16 | 8 | 9 | 14 |
| | Centro Oeste | 15 | 16 | 17 | 2 | 16 |
| | Sudeste | 21 | 21 | 16 | 5 | 19 |
| | Sul | 45 | 45 | 26 | 19 | 39 |
| Chuveiro elétrico | Norte | 4 | 4 | - | - | 4 |
| | Nordeste | 30 | 30 | - | - | 30 |
| | Centro Oeste | 85 | 91 | - | 6 | 88 |
| | Sudeste | 91 | 84 | - | 7 | 88 |
| | Sul | 98 | 99 | - | 1 | 99 |
| Condicionador de ar | Norte | 16 | 12 | - | 4 | 14 |
| | Nordeste | 12 | 16 | - | 4 | 14 |
| | Centro Oeste | 12 | 11 | - | 1 | 12 |
| | Sudeste | 7 | 7 | - | - | 7 |
| | Sul | 16 | 16 | - | - | 16 |

Fonte: adaptado de ¹ELETROBRÁS E PROCEL 2007a; ²FEDRIGO *et al.* 2009; ³IBGE 2010a.

Nota: ^{1,2}referente aos dados dos anos 2004/2005; ³referente ao ano de 2009.

A diferença percentual entre as posses médias mostra-se menor que a diferença verificada para usos finais, exceto para a posse de freezer para a região Sul, a qual apresentou diferença mais acentuada entre os estudos, de 19%.

A base de dados do SINPHA (2005) é a única fonte que disponibiliza dados de posse e hábitos de uso por faixas de consumo. O relatório da Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, relativo à base de dados do SINPHA e desenvolvido pelo PROCEL (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a), determina quatro faixas de consumo para apresentação dos resultados, conforme ilustrado na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Ocorrência de faixa de consumo por região geográfica.

| Faixa de consumo | Região geográfica | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|----------|---------|-------|--------------|
| | Brasil | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| [kWh/mês] | | | | [%] | | |
| 0 a 100 | 37,31 | 41,38 | 48,52 | 31,48 | 34,40 | 43,31 |
| 101 a 200 | 30,88 | 27,69 | 26,26 | 37,57 | 36,00 | 32,00 |
| 201 a 300 | 16,75 | 13,08 | 11,13 | 16,85 | 16,10 | 11,59 |
| acima de 300 | 15,06 | 17,85 | 14,09 | 14,10 | 13,50 | 13,10 |

Fonte: adaptado de SINPHA 2005.

Observa-se que, para todas regiões, mais de 60% dos domicílios encontra-se nas duas faixas de menor consumo. Contrariamente às expectativas, a porcentagem de domicílios nas faixas de maior consumo da região Norte (30,93%) é próxima da porcentagem da região Sudeste (30,95%) e maior que da região Sul (29,60%), considerando-se que a região Norte possui baixos valores de consumo médio mensal.

Na Tabela 2.9 é apresentado o consumo médio por domicílio por faixa de consumo para 2005, e por região geográfica para 2005, 2008 e 2009.

Tabela 2.9 – Consumo médio por domicílio por faixa de consumo por região geográfica.

| Faixa de consumo | Região geográfica | | | | | |
|--------------------|-------------------|--------|----------|-----------|--------|--------------|
| | Brasil | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| [kWh/mês] | | | | [kWh/mês] | | |
| 0 a 100 | 59,24 | 54,34 | 54,99 | 64,10 | 62,42 | 57,06 |
| 101 a 200 | 146,72 | 140,18 | 133,55 | 154,90 | 140,21 | 135,54 |
| 201 a 300 | 235,58 | 242,88 | 240,04 | 233,71 | 235,82 | 242,04 |
| acima de 300 | 497,84 | 595,81 | 573,84 | 482,40 | 462,57 | 482,61 |
| Média ¹ | 146,34 | 88,80 | 97,00 | 169,80 | 267,20 | 108,90 |
| Média ² | 136,40 | 109,20 | 97,10 | 159,90 | 162,00 | 153,80 |
| Média ³ | 179,97 | 129,55 | 117,15 | 211,69 | 180,32 | 173,97 |

Fonte: adaptado de ELETROBRÁS e PROCEL 2007a; ¹IBGE 2009; ²BEN 2010.

Nota: ¹referente ao ano de 2005, ²referente ao ano de 2008 e ³referente ao ano de 2009.

O consumo médio da faixa de maior consumo das regiões Norte e Nordeste são os maiores entre todas regiões. Uma possível explicação seria um alto consumo relativo ao uso de aparelhos de ar condicionado.

Na Tabela 2.10 é apresentada a posse de equipamentos por faixa de consumo para 2005.

Tabela 2.10 – Posse de equipamentos por faixa de consumo.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Refrigerador | Freezer | Chuveiro elétrico | Condicionador de ar |
|-------------------------------|--------------|---------|-------------------|---------------------|
| | | | [%] | |
| 0 a 100 | 87 | 19 | 41 | 3 |
| 101 a 200 | 99 | 34 | 85 | 11 |
| 201 a 300 | 99 | 47 | 92 | 18 |
| acima de 300 | 100 | 80 | 95 | 43 |

Fonte: adaptado de FEDRIGO *et al.* 2009.

O equipamento com maior índice de posse é o refrigerador, presente na grande maioria dos domicílios; a maior variação é para freezer e aparelho de ar condicionado.

Os itens seguintes “a” a “d” descrevem características referentes aos usos finais de refrigeradores, ar condicionado, iluminação e aquecimento de água. Os dados apresentados na tabela são referentes ao ano de 2005.

a) Refrigerador

Na Tabela 2.11 é apresentada a distribuição dos modelos por faixa de consumo.

Tabela 2.11 – Modelo de refrigerador por faixa de consumo por região geográfica.

| Faixa de consumo | Região geográfica | | | | |
|------------------------------------|-------------------|----------|---------|-------|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| modelo 1 porta | | | | | |
| [kWh/mês] | [%] | | | | |
| 0 a 100 | 84,36 | 84,65 | 83,30 | 72,50 | 89,00 |
| 101 a 200 | 81,88 | 69,12 | 68,40 | 49,85 | 80,00 |
| 201 a 300 | 72,46 | 56,64 | 50,57 | 37,50 | 65,00 |
| acima de 300 | 51,72 | 46,58 | 32,29 | 31,62 | 47,00 |
| modelo combinado/frost free | | | | | |
| [kWh/mês] | [%] | | | | |
| 0 a 100 | 15,64 | 15,35 | 16,70 | 27,50 | 11,00 |
| 101 a 200 | 18,12 | 30,88 | 31,60 | 50,15 | 20,00 |
| 201 a 300 | 27,54 | 43,36 | 49,43 | 62,50 | 35,00 |
| acima de 300 | 48,28 | 53,42 | 67,71 | 68,38 | 53,00 |

Fonte: adaptado de ELETROBRÁS e PROCEL 2007a.

De acordo com o SINPHA cerca de 77% desses aparelhos são modelos de uma porta com um congelador interno. Em 1988, este percentual era de 86% (GELLER, 1994). Considerando-se o aumento

na posse deste equipamento ao longo dos anos, verifica-se uma tendência de mudança para refrigeradores de duas portas, que apresentam maior capacidade de armazenamento e consomem mais energia que os modelos de uma porta (MME, 2007a).

b) *Ar condicionado*

A Tabela 2.12 ilustra o percentual dos modelos por faixa de consumo.

Tabela 2.12 – Modelo de condicionador de ar por faixa de consumo por região geográfica.

| Faixa de consumo | Região geográfica | | | | |
|------------------|--------------------------------------|----------|---------|--------|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| | potência 6000 < BTU ≤ 7500 | | | | |
| [kWh/mês] | [%] | | | | |
| 0 a 100 | 73,00 | - | 76,00 | 100,00 | 50,00 |
| 101 a 200 | 75,00 | 100,00 | 67,00 | 69,00 | 86,00 |
| 201 a 300 | 95,00 | 98,00 | 81,00 | 93,00 | 100,00 |
| acima de 300 | 84,00 | 77,00 | 68,00 | 90,00 | 95,00 |
| Faixa de consumo | potência 7500 > BTU | | | | |
| [kWh/mês] | [%] | | | | |
| 0 a 100 | 27,00 | - | 24,00 | 0,00 | 50,00 |
| 101 a 200 | 25,00 | 14,00 | 33,00 | 31,00 | 14,00 |
| 201 a 300 | 5,00 | 2,00 | 19,00 | 7,00 | 0,00 |
| acima de 300 | 16,00 | 23,00 | 32,00 | 10,00 | 5,00 |

Fonte: adaptado de ELETROBRÁS e PROCEL 2007a.

É possível observar que a grande maioria dos aparelhos de ar condicionado do país encontram-se na faixa entre 6.000 e 7.5000 BTU de potência. De acordo com dados da Eletrobrás (2007a), a maior concentração deste aparelho encontra-se na região Norte, com 0,11 equipamentos/domicílio. As regiões Sul e Sudeste, apesar das temperaturas mais amenas, possuem posse próxima à do Norte, sendo de 0,08 equipamentos/domicílios, fato este que pode ser explicado pela probabilidade de serem utilizados principalmente em seu ciclo reverso para aquecimento.

c) *Iluminação*

A Tabela 2.13 apresenta o percentual de modelo de lâmpada por faixa de consumo.

Tabela 2.13 – Modelo de lâmpada por faixa de consumo por região.

| Faixa de consumo | Região geográfica | | | | |
|------------------|-----------------------|----------|---------|-------|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| | incandescentes | | | | |
| [kWh/mês] | [%] | | | | |
| 0 a 100 | 53,70 | 66,39 | 89,00 | 79,77 | 70,11 |
| 101 a 200 | 52,90 | 53,15 | 77,00 | 72,18 | 75,09 |
| 201 a 300 | 61,75 | 52,74 | 78,00 | 67,67 | 67,73 |
| acima de 300 | 57,20 | 67,73 | 46,00 | 61,64 | 67,73 |
| Faixa de consumo | fluorescentes | | | | |
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| [kWh/mês] | [%] | | | | |
| 0 a 100 | 46,30 | 33,61 | 11,00 | 20,23 | 29,89 |
| 101 a 200 | 47,10 | 46,85 | 23,00 | 27,82 | 24,91 |
| 201 a 300 | 38,25 | 47,26 | 22,00 | 32,33 | 32,27 |
| acima de 300 | 42,80 | 32,27 | 54,00 | 38,36 | 32,27 |

Fonte: adaptado de ELETROBRÁS e PROCEL 2007a.

Analisando na escala de uma residência, a posse média é de 6,4 lâmpadas/domicílio (MME, 2007c). No entanto, a quantidade de lâmpadas incandescentes ainda é grande, sendo a posse média brasileira de 3 lâmpadas incandescentes, 1 fluorescente tubular e 2 fluorescentes compactas por domicílio (FEDRIGO *et al.*, 2009). Na tabela apresentada é possível observar a alta saturação de lâmpadas incandescentes em todas faixas de consumo.

d) *Aquecimento de água para banho*

A Tabela 2.14 ilustra a potência média, obtida através do tempo de uso em relação à chave controladora de temperatura, dos chuveiros elétricos por faixa de consumo.

Tabela 2.14 – Potência média dos chuveiros elétricos por faixa de consumo.

| Faixa de consumo | Região geográfica | | | | |
|------------------|-----------------------|----------|---------|-------|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| | potência média | | | | |
| [kWh/mês] | [W] | | | | |
| 0 a 100 | 3.900 | 4.060 | 4.153 | 4.083 | 4.105 |
| 101 a 200 | 4.350 | 4.168 | 4.307 | 4.221 | 4.080 |
| 201 a 300 | 3.911 | 4.210 | 4.225 | 4.280 | 4.109 |
| acima de 300 | 2.727 | 4.324 | 4.243 | 4.473 | 4.234 |

Fonte: adaptado de ELETROBRÁS e PROCEL 2007a.

O chuveiro elétrico é um dos grandes consumidores do setor, sendo utilizado principalmente nas regiões Sul e Sudeste

(ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a), por serem as regiões mais frias e devido ao baixo custo e facilidade de instalação. De acordo com estudos do Plano nacional de eficiência energética (MME, 2010b) cerca de 80% dos domicílios aquecem a água para banho; destes 92% utilizam energia elétrica, 7% utilizam gás e 1% utilizam sistema solar.

2.2 Potencial de economia de energia no setor de edificações

Diversos estudos relacionados ao potencial de economia por parte do setor de edificações vêm sendo realizados em todo mundo, haja vista este potencial mostrar-se bastante expressivo, seja pela mudança de hábitos, pela melhoria na eficiência dos equipamentos e nas características arquitetônicas. Este último item, além da correta escolha dos componentes, deve tirar partido de recursos naturais tais como ventilação, iluminação e correta orientação das fachadas.

Para realizar esta análise é fundamental o conhecimento do setor a ser estudado, conforme apresentado no item 2.1 - Caracterização do setor residencial. Apenas deste modo torna-se possível realizar projeções de consumo, demanda e potencial de economia de energia.

Os estudos de potencial de economia de energia comumente são apresentados através da construção de cenários, que consiste em uma importante ferramenta para descrever possíveis acontecimentos futuros, buscando antecipar decisões a serem tomadas.

Um processo de construção de cenários não tem como objetivo acertar qual será o estado futuro de um conjunto pré-definido de variáveis, principalmente quando o horizonte temporal é de longo prazo. A essência do processo consiste na tentativa de identificação das diferentes trajetórias que tais variáveis poderão percorrer, gerando diferentes estados finais com maiores ou menores probabilidades de ocorrência. Assim, o objetivo reside na identificação de situações que poderão ocorrer e que certamente demandarão respostas dos planejadores. (MME, 2007a p. 45).

No que se refere ao consumo de energia, é necessário realizar uma combinação de dados cuja previsão possua considerável grau de confiabilidade (evolução do consumo, posse de equipamentos, crescimento demográfico, disponibilidade de recursos) que, no

entanto, podem ser alterados por fatores subjetivos e de difícil previsão (comportamento cultural, crises, revoluções, aplicação de novas normas, penetração de novas tecnologias). Na Figura 2.10 é possível observar o sistema de planejamento para conservação de energia proposto por Lins e Pinhel (1990).

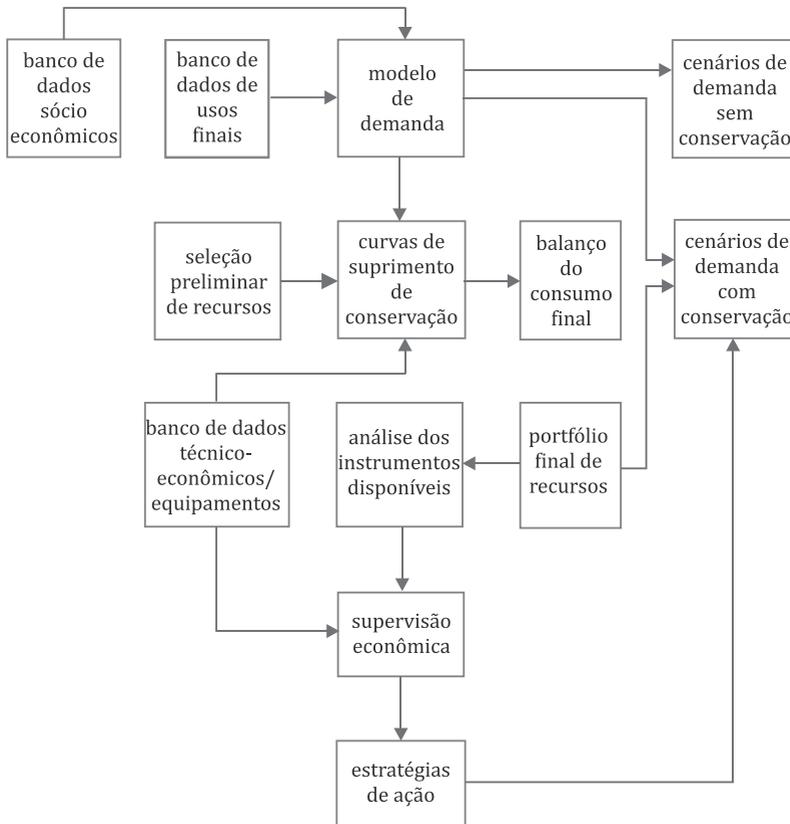


Figura 2.10 – Sistema de planejamento para conservação de energia proposto por Lins e Pinhel.

Fonte: adaptado de Lins e Pinhel 1990.

Onde:

- Modelo de demanda: base de dados desagregados por uso final, de modo a permitir traçar cenários e direcionar estratégias aos usos finais com maior demanda de energia;

- Banco de dados socioeconômicos: deve fornecer dados como características demográficas, estrutura de produção industrial, composição do PIB, entre outros;
- Banco de dados de usos finais: devem servir de suporte para a elaboração de cenários de consumo, devendo ser desagregados por setor econômico e por equipamentos;
- Banco de dados de características técnicoeconômicas e equipamentos: deve conter preços dos equipamentos mais e menos eficientes, custo de implementação de medidas de conservação, eficiência e vida útil dos equipamentos;
- Seleção preliminar de recursos: consiste em identificar os recursos de conservação que utilizem tecnologia disponível, com performance e potencial técnico conhecidos e a custo competitivo;
- Curvas de suprimento de recursos de conservação: consiste no estudo do potencial de melhoria da eficiência de cada equipamento, tornando possível determinar a energia a ser conservada de acordo com a medida adotada para cada equipamento, traçando-se a curva de suprimento para cada uso final. A Figura 2.11 ilustra um exemplo esquemático de curva de suprimento;
- Balanço de consumo final: apresenta a viabilidade dos programas de conservação, devendo esses ter menor custo que a expansão do sistema;
- Análise dos instrumentos disponíveis: deve apontar as medidas institucionais viáveis que permitam a implementação das medidas de conservação. As medidas podem ser legislação, normas técnicas, fomento à pesquisa, financiamentos, incentivos e subsídios;
- Supervisão econômica: deve avaliar a rentabilidade de cada projeto de conservação sob a ótica dos diversos agentes envolvidos, de modo a tornar os projetos atrativos para todas as partes envolvidas;
- Estratégias de ação: deve orientar o estabelecimento das metas de conservação e do cenário de demanda com conservação (LINS e PINHEL, 1990).

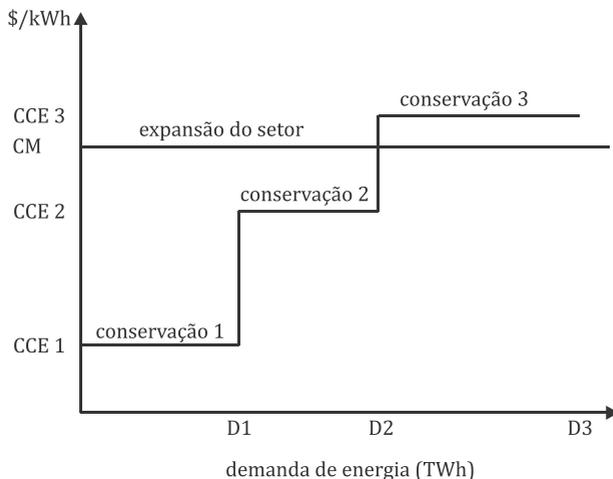


Figura 2.11 – Exemplo de curva de suprimento de recurso de conservação.

Fonte: adaptado de Januzzi 2000.

Nota: CCE=custo de conservar energia através da medida; CM=custo marginal da expansão.

Entre os estudos desenvolvidos sob os parâmetros desta metodologia de cenários, há o relatório Simulações de potenciais de eficiência energética para a classe residencial, publicado pela Eletrobrás/PROCEL e que faz parte da série Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007b).

São considerados quatro cenários (sem conservação, técnico, econômico e de mercado) frente à introdução de medidas de conservação de energia - MEEs, e é definido como indicador de avaliação do potencial de economia o “consumo elétrico específico”, uma relação entre a energia elétrica requerida e o número de residências em cada um dos vinte subsetores, expressa em kWh/mês/residência. Os usos finais considerados são iluminação, aquecimento de água, conservação de alimentos e condicionamento térmico, sendo que estes juntos representam, para o ano base do estudo (2005), 70% do consumo do setor.

Os potenciais de economia são apresentados para cada subsetor e por equipamento para o ano de 2030. São destacadas também as barreiras técnicas, econômicas, institucionais e comportamentais para implementação destas medidas.

Em publicação da organização de conservação global WWF (2006b) foram criados dois cenários para o setor de energia elétrica brasileiro (dividido em comercial e público, residencial e industrial), o cenário tendencial e o cenário elétrico sustentável, sendo tomadas neste último medidas de economia de energia e ambos assumindo as mesmas hipóteses de crescimento e condições socioeconômicas da população. O método utilizado segue os princípios do Planejamento Integrado de Recursos (PIR) cujo fluxograma pode ser observado na Figura 2.12. Este processo investiga as opções técnica e economicamente viáveis considerando tanto o lado da demanda quanto o lado da oferta, semelhante ao método Modelo Integrado de Planejamento Energético - MIPE proposto por Achão (2003) e também ao proposto por Lins e Pinhel (1990) elucidado na Figura 2.10. O Planejamento Integrado de Recursos - PIR implica a consideração de três diferentes potenciais de economia: técnico, econômico e de mercado, sendo a mescla dos dois primeiros o foco do estudo (cenário técnicoeconômico).

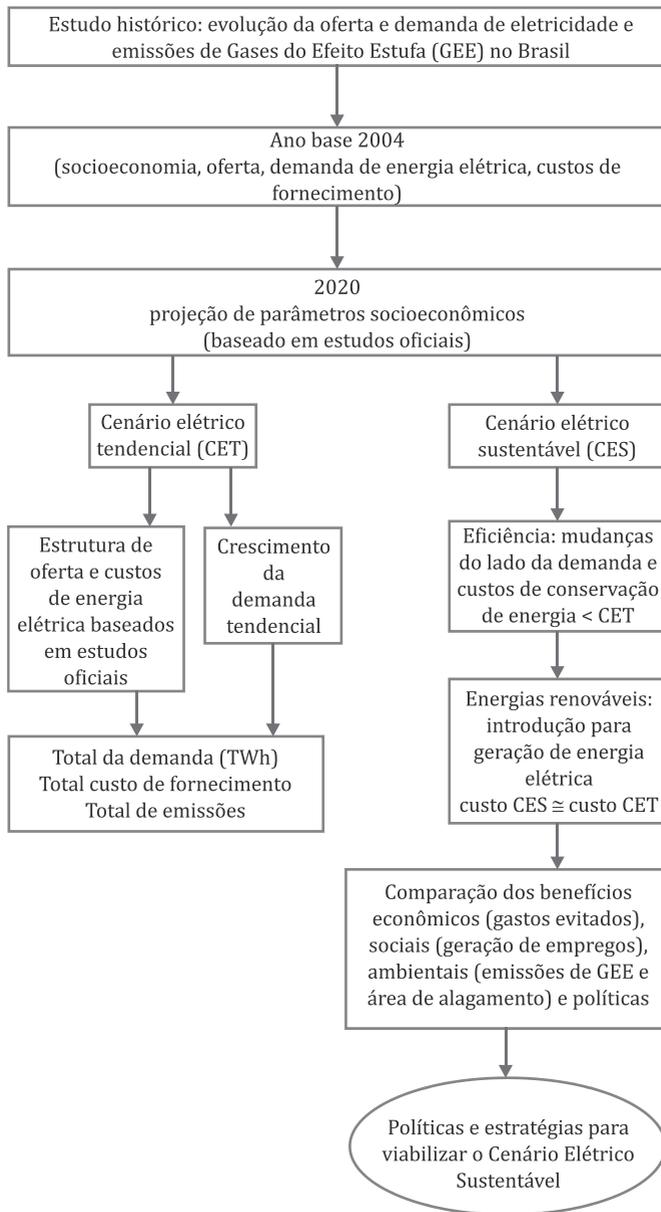


Figura 2.12 – Método para desenvolvimento dos cenários tendencial e sustentável.

Fonte: adaptado de WWF-Brasil 2006.

No cenário sustentável a redução da demanda esperada de energia é de até 38% para o ano de 2020, valor correspondente a 6 usinas hidrelétricas do porte de Itaipu (cerca de 78 GW). A projeção de consumo para o ano de 2020 no cenário sustentável é de 500 TWh com taxa de crescimento de 2% ao ano e de 793 TWh para o cenário tendencial com taxa de crescimento de 5% ao ano.

Os parâmetros utilizados para a criação dos cenários são o PIB, número de domicílios, taxas de posse de equipamentos e elasticidade eletricidade-PIB, coeficiente que associa a intensidade energética ao PIB.

O setor residencial é dividido em faixas de renda e o potencial de economia é apresentado em três itens: iluminação, aquecimento de água e equipamentos.

- Iluminação: foram considerados quantidade, tipo, potência de lâmpadas e horas de uso. As lâmpadas fluorescentes compactas de 20W foram escolhidas para substituir as incandescentes.
- Aquecimento de água: é prevista a substituição do chuveiro elétrico - responsáveis por 18% a 25% do pico de demanda do sistema elétrico - por aquecedores solares. O Brasil tem grande potencial para aumentar a capacidade instalada de aquecimento solar, que atualmente é de 1,6 GWt⁴ e produção de 0,37 milhões de m² de aquecedores/ano, conforme foi observado durante a crise de 2001, quando foi atendida a demanda de 0,24 milhões de m² em 2000 para 1,50 milhões de m² em 2001. As hipóteses tomadas levam em consideração a classe de renda, potência média dos chuveiros, número de habitantes por domicílio e distribuição geográfica.
- Equipamentos elétricos: no que se refere aos refrigeradores e condicionadores de ar, a substituição por equipamentos disponíveis no mercado internacional acarretaria 40% de economia de energia, ressaltando a má qualidade dos produtos nacionais e conseqüente necessidade de padrões mais altos quanto à exigência de sua eficiência. Em relação ao standby dos aparelhos, estima-se que seu consumo pode

⁴ A potência de aquecimento é representada em termos de GW térmicos (GW_t), unidade que se refere à capacidade de geração de energia térmica. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), cada m² de coletor solar equivale em média a 0,7 kW_t.

atingir 10% do total em uma residência. Um padrão mandatório limitando sua potência em 1 W seria necessário para reduzir este desperdício. Atualmente existe a etiquetagem do nível de eficiência do standby apenas para televisores, através do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

A Figura 2.13 abaixo apresenta o potencial de economia de energia elétrica por uso final em relação ao consumo total do setor de acordo com três diferentes estudos, sendo todos em relação ao potencial técnico, no qual não se considera restrições econômicas ou relativas ao mercado.

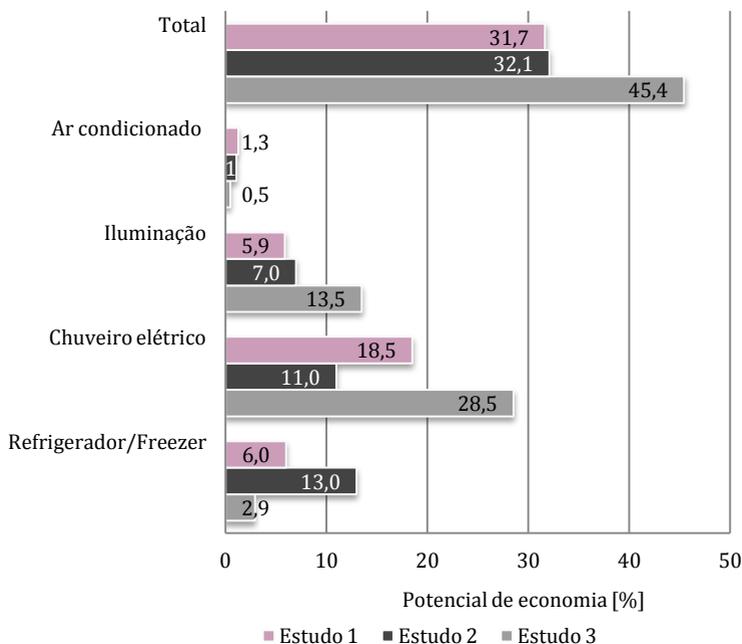


Figura 2.13 – Potencial de economia por uso final em relação ao consumo total.

Fonte: adaptado de ¹WWF-Brasil 2006; ²MME 2007c e ³Schaeffer et al. 2009.

Nota: o estudo 1 refere-se ao ano de 2020 e os estudos 2 e 3 referem-se ao ano de 2030.

A Figura 2.14 ilustra o potencial de economia para cada uso final em relação ao seu consumo de acordo com dois estudos.

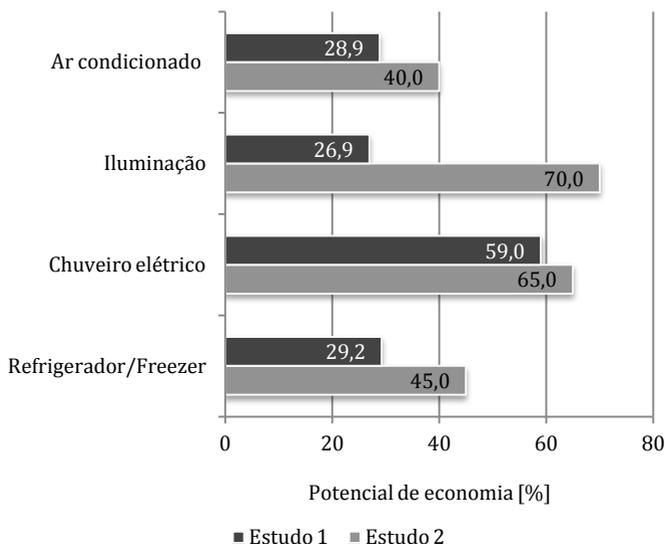


Figura 2.14 – Potencial de economia por uso final em relação ao seu consumo total.

Fonte: adaptado de ¹WWF-Brasil 2006; ²MME 2007a.

Nota: o estudo 1 refere-se ao ano de 2020 e o estudo 2 ao ano de 2030.

Os potenciais de economia estimados pelos estudos 1 e 2 possuem valores próximos, sendo o maior o estimado pelo estudo 3, devido ao maior potencial observado para a substituição do chuveiro elétrico.

Outro fator de influência no consumo de eletricidade, e considerado como uma variável “não-econômica”, é o comportamento do consumidor frente às ações de consumo de energia, determinante no planejamento dos investimentos para economia de energia (JANUZZI, 2000). Esta variável foi estudada por Leonelli (1999), na busca de determinar os fatores que influenciam este comportamento. O comportamento do consumidor pode ser apontado como um das principais questões que tornam a caracterização e a previsão de demanda de consumo do setor residencial uma tarefa de grande complexidade.

A necessidade desta análise é advinda do fato de o combate ao desperdício de energia elétrica no âmbito do setor residencial sofrer forte influência do comportamento do consumidor (em geral resistente a mudanças conforme resultado de pesquisa de campo), na escolha da aquisição de aparelhos segundo critério de eficiência energética e sua utilização de modo adequado. Para grande parte da população a despesa com energia elétrica é pequena dentro das despesas de consumo, sobretudo em domicílios de alta renda, o que dificulta que haja alteração nos hábitos de consumo.

O método utilizado parte do levantamento de estudos semelhantes já realizados, elaboração e aplicação de questionário. A análise dos resultados deve considerar que a pesquisa foi realizada em período anterior ao racionamento. De acordo com o autor, a combinação de três instrumentos pode ser de grande valia para a conservação de energia elétrica: identificação de crenças e valores relacionados ao consumo de energia; pesquisa de posse e hábitos de consumo em que sejam medidos e avaliados estes parâmetros; e pesquisa de atividades, interesses e opiniões (AIO), para identificar as atitudes e estilos de vida que permitam revelar as motivações do comportamento do consumidor em relação à energia.

Em estudo realizado no Líbano (CANTIN *et al.*, 2007), onde não existe nenhum tipo de regulamento relacionado a aspectos energéticos, foram criados cenários de consumo simulando os procedimentos de uma certificação energética. Para que isso fosse possível, foi criado um cenário base, no qual não existem procedimentos que visam eficiência energética, e foram identificados os principais problemas encontrados nas edificações residenciais (falta de dispositivos de sombreamento, orientação inadequada das aberturas, má vedação, aquisição de equipamentos ineficientes). Para analisar o potencial de economia de energia, foram criados outros dois cenários considerando o potencial técnico e o potencial de mercado, a serem comparados com o cenário base. Com os resultados o estudo buscou contribuir com os planos de ação dos órgãos responsáveis.

Este item da revisão focou em trabalhos de âmbito nacional pelo fato de os estudos internacionais sobre potencial de economia de energia em geral possuírem abordagens muito distintas de nossa realidade, não sendo relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. Na sua grande maioria o requisito que se tem como foco de estudo é a energia relativa ao condicionamento ambiental,

principalmente para aquecimento. Ainda, as fontes de energia de maior expressividade muitas vezes não incluem a elétrica, mas sim as advindas de combustíveis fósseis o que também faz com que haja grande quantidade de trabalhos voltados especificamente para a redução de emissão dos gases causadores do efeito estufa.

2.3 Cenário tendencial do setor residencial

Para se realizar estudos relativos a cenários futuros, é necessário criar um cenário base chamado tendencial, que consiste na projeção do consumo de energia, desenvolvido a partir da caracterização do setor. Nele são consideradas as condições demográficas e socioeconômicas previstas por estudos de projeção existentes. Através da comparação entre os resultados obtidos no cenário técnico com a aplicação de medidas de eficiência energética e o cenário tendencial, é possível identificar os impactos proporcionados por essas medidas.

No cenário tendencial é projetada a evolução do consumo de eletricidade do setor, através da compilação de dados obtidos de estudos realizados por agentes competentes. No cenário tendencial é considerado o denominado progresso autônomo, ou seja, é levada em conta a reposição tecnológica devido ao término da vida útil dos equipamentos, a tendência no aumento da eficiência dos mesmos bem como a economia de energia prevista por medidas de eficiência energética já consolidadas.

Neste trabalho o cenário tendencial será apresentado em quatro itens, sejam esses relativos ao cenário macroeconômico, ao cenário demográfico e de domicílios, à demanda de energia elétrica e à posse de equipamentos.

2.3.1 Cenário macroeconômico nacional

No cenário tendencial proposto pelo estudo realizado pelo WWF-Brasil (WWF-BRASIL, 2006a), o crescimento previsto para o PIB é de 4,12% ao ano para o período de 2004 a 2023.

Para os estudos da Matriz energética nacional 2030 (MME, 2007b), o crescimento do PIB é de 3,7% ao ano para o período de 2010 a 2020 e de 4,5% ao ano para o período de 2020 a 2030.

No cenário tendencial traçado pelo PDE (MME, 2008), tomou-se como hipótese um crescimento do PIB do país de 5,1% ao ano para o período de 2010 a 2019 e de 4,1% ao ano para o PIB mundial,

sendo o único estudo aqui listado realizado após a crise econômica mundial de 2008.

No cenário tendencial traçado pelo PNE (MME, 2007c) a economia brasileira cresce a uma taxa de 4,1% ao ano para o período de 2005 a 2030, superando uma taxa de crescimento mais moderada da economia mundial de 3,0% ao ano.

Os estudos desenvolvidos pelo MME, por abordarem diferentes horizontes de projeção, utilizam parâmetros distintos em relação às características sociodemográficas e econômicas, uma vez que esses sofrem alterações ao longo do tempo. Devido a esse fato são observados os diferentes valores de taxa de crescimento.

2.3.2 Cenário demográfico e de domicílios

Em relação à dinâmica demográfica, importante fator no comportamento de demanda de energia, são apresentados dados referentes a cinco estudos:

- Plano nacional de energia 2030 (PNE) – Projeções (MME, 2007c);
- Premissas sociodemográficas de longo prazo, que embasam os estudos que compõem o Plano Nacional de Energia (PNE) (EPE, 2009);
- Séries estatísticas e históricas (IBGE, 2010a):
 - População e demografia;
 - Famílias e domicílios;
- Projeção da população (IBGE, 2008).

Na projeção da população apresentada na última versão do PNE (2007c) foi utilizada como base a projeção da população realizada pelo IBGE em 2004.

Os estudos de projeção da população realizados pela EPE (2009) que embasam e atualizam os estudos do PNE (2007c) foram realizados com base na revisão de 2008 realizada pelo IBGE (2008). A revisão de 2008 do IBGE prevê 20 milhões de pessoas a menos em relação ao estudo realizado em 2004, sendo a variação para 2020 de -5,45% e para 2030 de -8,97%.

A contagem da população pelo IBGE é realizada decenalmente junto ao Censo e em um ano intermediário entre os Censos, sendo a estimativa da população atualizada anualmente, podendo sofrer

alterações sensíveis de um ano para outro de acordo com as modificações observadas na estrutura sociodemográfica do país.

As projeções realizadas pelo IBGE indicam que em 2030 a população superará 216 milhões de pessoas, sendo que a tendência na taxa de crescimento anual é decrescente ao longo dos anos, passando de 1,32% no ano de 2010 para 0,41 para o ano de 2030.

Os dados de projeção referentes a estes quatro estudos são apresentados na Tabela 2.15.

Tabela 2.15 – Projeção do crescimento demográfico por região geográfica (população total residente).

| Região | 2009 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | [mil habitantes] | | | |
| Norte ¹ | 16.124,9 | 16.430,1 | 19.185,0 | 21.492,7 |
| Norte ² | 15.462,2 | 15.662,0 | 17.244,5 | 18.289,3 |
| Norte ³ | 15.359,6 | 15.864,5 | - | - |
| Nordeste ¹ | 53.622,8 | 54.179,9 | 59.208,6 | 63.427,7 |
| Nordeste ² | 53.829,0 | 54.293,7 | 57.959,4 | 60.380,6 |
| Nordeste ³ | 53.591,2 | 53.082,0 | - | - |
| Sudeste ¹ | 83.278,4 | 84.306,9 | 93.589,9 | 101.363,6 |
| Sudeste ² | 81.259,0 | 81.932,3 | 87.238,0 | 90.742,5 |
| Sudeste ³ | 80.915,3 | 80.364,4 | - | - |
| Sul ¹ | 28.453,6 | 28.770,2 | 31.628,6 | 34.020,9 |
| Sul ² | 27.823,8 | 28.028,2 | 29.640,8 | 30.706,0 |
| Sul ³ | 27.719,1 | 27.386,9 | - | - |
| Centro Oeste ¹ | 14.118,4 | 14.353,3 | 16.473,7 | 18.249,9 |
| Centro Oeste ² | 13.989,7 | 14.174,0 | 15.628,3 | 16.588,8 |
| Centro Oeste ³ | 13.895,4 | 14.058,1 | - | - |
| Brasil ¹ | 195.598,1 | 198.040,4 | 220.085,8 | 238.554,8 |
| Brasil ² | 192.363,7 | 194.090,2 | 207.711,0 | 216.707,2 |
| Brasil ³ | 191.480,6 | 190.755,8 | - | - |
| Brasil ⁴ | - | 193.252,6 | 207.143,2 | 216.410,0 |

Fonte: adaptado de ¹MME 2007c, ²EPE 2009, ³IBGE 2010a e ⁴IBGE 2008.

É possível observar que a população para o ano de 2010, de acordo com dados Censo mais recente (2010), é menor em 0,4% que para o ano de 2009. Esta diferença se deve ao fato da população para 2009 ser uma estimativa e a população para 2010 ser resultado da contagem realizada pelo Censo. A previsão do IBGE é que somente por volta de 2040 a taxa de crescimento da população brasileira passe a apresentar decréscimo.

Na Tabela 2.16 é apresentada a projeção do número de domicílios por região geográfica e na Tabela 2.17 a projeção do número de habitantes por domicílio.

Tabela 2.16 – Projeção do evolução do número de domicílios particulares permanentes por região geográfica.

| Região | 2009 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------|------------------|--------|--------|--------|
| | [mil domicílios] | | | |
| Norte ¹ | - | 3.895 | 4.921 | 5.929 |
| Norte ² | 4.123 | 4.231 | 5.367 | 6.493 |
| Norte ³ | 4.122 | 4.610 | - | - |
| Nordeste ¹ | - | 13.973 | 16.385 | 18.728 |
| Nordeste ² | 14.781 | 15.130 | 18.680 | 22.292 |
| Nordeste ³ | 15.356 | 17.859 | - | - |
| Sudeste ¹ | - | 26.004 | 31.602 | 37.182 |
| Sudeste ² | 26.297 | 26.929 | 33.455 | 40.024 |
| Sudeste ³ | 25.745 | 29.531 | - | - |
| Sul ¹ | - | 9.307 | 11.394 | 13.484 |
| Sul ² | 9.298 | 9.529 | 11.918 | 14.386 |
| Sul ³ | 9.067 | 10.408 | - | - |
| Centro Oeste ¹ | - | 4.329 | 5.442 | 6.513 |
| Centro Oeste ² | 4.355 | 4.482 | 5.741 | 6.866 |
| Centro Oeste ³ | 4.357 | 5.040 | - | - |
| Brasil ¹ | - | 57.508 | 69.744 | 81.836 |
| Brasil ² | 58.854 | 60.301 | 75.161 | 90.061 |
| Brasil ³ | 58.647 | 67.447 | - | - |

Fonte: adaptado de ¹MME 2007c, ²EPE 2009 e ³IBGE 2010a.

Tabela 2.17 – Projeção do número de moradores por domicílio por região geográfica.

| Região | 2009 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------|------------------------|------|------|------|
| | [habitantes/domicílio] | | | |
| Norte ¹ | - | 4,2 | 3,9 | 3,6 |
| Norte ² | 3,8 | 3,7 | 3,2 | 2,8 |
| Norte ³ | 3,7 | 3,4 | - | - |
| Nordeste ¹ | - | 3,9 | 3,6 | 3,4 |
| Nordeste ² | 3,6 | 3,6 | 3,1 | 2,7 |
| Nordeste ³ | 3,5 | 3,0 | - | - |
| Sudeste ¹ | - | 3,2 | 3,0 | 2,7 |
| Sudeste ² | 3,1 | 3,0 | 2,6 | 2,3 |
| Sudeste ³ | 3,1 | 2,7 | - | - |
| Sul ¹ | - | 3,1 | 2,8 | 2,5 |
| Sul ² | 3,0 | 2,9 | 2,5 | 2,1 |
| Sul ³ | 3,1 | 2,6 | - | - |
| Centro Oeste ¹ | - | 3,3 | 3,0 | 2,8 |
| Centro Oeste ² | 3,2 | 3,2 | 2,7 | 2,4 |
| Centro Oeste ³ | 3,2 | 2,8 | - | - |
| Brasil ¹ | - | 3,4 | 3,2 | 2,9 |
| Brasil ² | 3,3 | 3,2 | 2,8 | 2,4 |
| Brasil ³ | 3,3 | 2,8 | - | - |

Fonte: adaptado de ¹MME 2007c, ²EPE 2009 e ³IBGE 2010a.

A relação do número de habitantes por domicílio não é fornecida pelos estudos 2 e 3, sendo obtidos através da razão entre o número de habitantes e o número de domicílios dos respectivos estudos.

Nos dados apresentados é possível perceber uma sensível diferença entre as projeções realizadas pelos estudos baseados nos dados do ano de 2004 e nos baseados nos dados do ano de 2008. Os estudos mais recentes indicam desaceleração no crescimento demográfico devido à queda na taxa de fecundidade e maior taxa de crescimento no número de domicílios, o que implica em diminuição na relação habitante/domicílio.

2.3.3 Demanda de energia elétrica

Para a construção do cenário tendencial em relação à demanda de energia elétrica, é possível destacar quatro estudos existentes:

- Plano Nacional de Energia – PNE 2030 (MME, 2007a; c);
- Matriz energética nacional 2030 (MME, 2007b);
- Plano Decenal de expansão de Energia - PDE 2010/2019 (MME, 2010a);
- Balanço Energético Nacional - BEN 2010 ano base 2009 (BEN, 2010).

O PNE tem como objetivo o planejamento integrado dos recursos disponíveis do setor energético a longo prazo (período de 2007 a 2030). De um total de 12 volumes, destacam-se para este estudo o volume 2 “Projeções” e o volume 11 “Eficiência energética” (MME, 2007a; c).

No volume “Projeções” são apresentadas a evolução do cenário demográfico e de domicílios, a formulação do cenário econômico brasileiro, cenários da evolução no consumo de energia e também uma estimativa da demanda final de energia para os diferentes setores de consumo.

Já no volume “Eficiência Energética” são apresentadas as oportunidades de uso mais eficientes da energia elétrica com seus respectivos custos e agentes envolvidos. São apresentados os potenciais técnico, econômico e de mercado de economia que podem ser atingidos através do uso mais eficiente da energia. Também é exposta uma análise de experiências nacionais e

internacionais de estratégias fomentadas para a eficiência, e por fim as estratégias nas quais o Brasil deve trabalhar no sentido de garantir a meta de conservação prevista pelo estudo.

A Matriz energética nacional complementa com o PNE os estudos sobre oferta e expansão de energia no Brasil a longo prazo. Além de apresentar a matriz energética, fornece uma série de indicadores derivados dos resultados projetados e traça trajetórias de futuros possíveis. São projetados três cenários, cada qual considerando padrão de globalização, estrutura do poder político e econômico e solução de conflitos mais ou menos favoráveis.

O PDE é atualizado anualmente e fornece diretrizes para orientar as decisões no intuito de equacionar o equilíbrio entre crescimento econômico e seu reflexo no planejamento energético; “estabelece os empreendimentos, as metas físicas, os investimentos, os consumos energéticos e as análises das condições de suprimento ao mercado de energia.” (MME, 2008), sendo que suas projeções de expansão estão referenciadas aos estudos do PNE.

Os estudos acima citados conjugam as informações necessárias para se caracterizar o consumo de energia, juntamente aos dados demográficos e econômicos disponibilizados pelo IBGE e às informações relativas às características (INMETRO) e ao uso (PROCEL) de equipamentos. O fluxograma geral dos estudos de demanda de energia de acordo com o Ministério de Minas e Energia – MME é ilustrado na Figura 2.15.

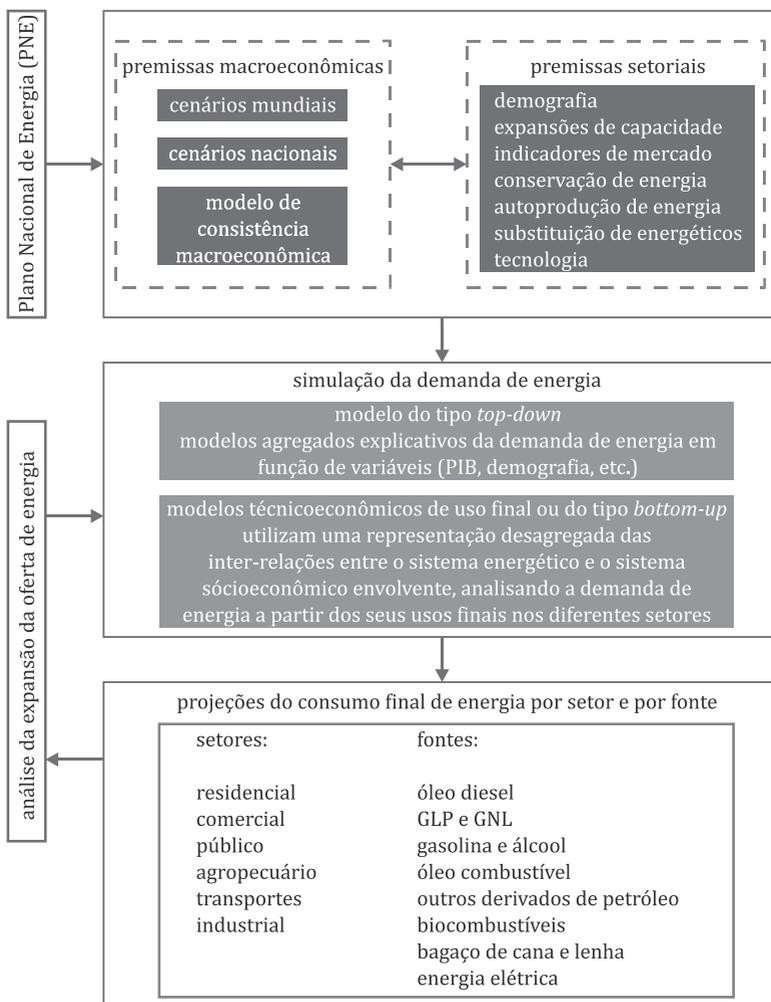


Figura 2.15 – Fluxograma geral dos estudos de demanda de energia.

Fonte: adaptado de MME 2008.

Nota: uma abordagem *top-down* considera inicialmente o sistema como um todo e então parte para a descrição dos módulos que o compõem, refinando em subsistemas até atingir os elementos básicos do sistema. A abordagem *bottom-up* por sua vez considera inicialmente uma descrição detalhada dos elementos básicos que a compõem, estes são então agregados em vários níveis até atingir uma descrição completa do sistema.

A estimativa da demanda de energia elétrica no setor residencial é realizada através do consumo de energia elétrica por

domicílio e do percentual de domicílios com fornecimento da rede elétrica (MME, 2007a). O consumo por domicílio por sua vez é projetado por usos finais, a partir de dados de posse de equipamentos e hábitos de uso.

Na Tabela 2.18 são apresentados os dados de projeção do consumo de energia elétrica do país, do setor residencial, a participação percentual do setor residencial no consumo total do país e o consumo médio mensal por domicílio de acordo com os três estudos citados. O BEN não fornece o consumo médio mensal por domicílio; esse foi obtido através da razão entre o consumo total do setor de acordo com o BEN e o número de domicílios para o mesmo ano, de acordo o IBGE (2010a).

Tabela 2.18 – Panorama geral da projeção do consumo de energia elétrica do setor residencial.

| | 2009 | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|-----------|--------|--------|----------|
| Consumo de energia elétrica Brasil | | | | |
| | [TWh/ano] | | | |
| Brasil ¹ | | 468,70 | 693,20 | 1.045,60 |
| Brasil ² | | 469,10 | 681,60 | 992,20 |
| Brasil ³ | 426,00 | | | |
| Consumo de energia elétrica Setor residencial | | | | |
| | [TWh/ano] | | | |
| Residencial ¹ | | 105,30 | 169,60 | 285,50 |
| Residencial ² | | 105,40 | 166,40 | 283,80 |
| Residencial ³ | 101,76 | | | |
| Participação do Setor residencial no consumo Brasil | | | | |
| | [%] | | | |
| Residencial ¹ | | 22,5% | 24,5% | 27,3% |
| Residencial ² | | 22,5% | 24,4% | 28,6% |
| Residencial ³ | 23,9% | | | |
| Consumo médio mensal por domicílio | | | | |
| | [kWh/mês] | | | |
| Média mensal ¹ | | 183,10 | 243,18 | 348,87 |
| Média mensal ² | | 174,79 | 221,39 | 315,12 |
| Média mensal ³ | 179,97 | | | |

Fonte: adaptado de ¹MME 2007c; ²MME 2007b; ³BEN 2010 e IBGE 2010a.

Nota: Os valores de projeção já consideram medidas de eficiência energética consolidadas tais como programas governamentais como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL e o Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE.

É possível observar que a diferença entre os resultados apresentados para o consumo do país pelos estudos 1 e 2 se acentua em 2030. O estudo 2 (Matriz energética nacional 2030) é desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia e concerne a um plano maior que corresponde ao estudo 1 (Plano Nacional de Energia – PNE 2030), desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE. São estudos complementares, porém realizados com certa independência e utilizando métodos diferentes, o que justifica esta diferença.

Na Tabela 2.19 é apresentada a projeção do consumo de energia elétrica do setor residencial por região geográfica.

Tabela 2.19 – Projeção do consumo de energia elétrica do setor residencial por região geográfica.

| Região | 2009 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------|-----------|-------|-------|--------|
| | [TWh/ano] | | | |
| Norte ¹ | | 5,48 | 8,82 | 14,85 |
| Norte ² | | 5,58 | 8,81 | 15,02 |
| Norte ³ | | 11,00 | 16,00 | 23,00 |
| Norte ⁴ | 5,34 | | | |
| Nordeste ¹ | | 18,64 | 30,02 | 50,53 |
| Nordeste ² | | 18,66 | 29,45 | 50,23 |
| Nordeste ³ | | 31,00 | 40,00 | 53,00 |
| Nordeste ⁴ | 17,99 | | | |
| Sudeste ¹ | | 56,44 | 90,91 | 153,03 |
| Sudeste ² | | 56,49 | 89,19 | 152,12 |
| Sudeste ³ | | 67,00 | 96,00 | 137,00 |
| Sudeste ⁴ | 54,50 | | | |
| Sul ¹ | | 16,95 | 27,31 | 45,97 |
| Sul ² | | 16,97 | 26,79 | 45,69 |
| Sul ³ | | 21,00 | 30,00 | 43,00 |
| Sul ⁴ | 16,35 | | | |
| Centro Oeste ¹ | | 7,79 | 12,55 | 21,13 |
| Centro Oeste ² | | 7,80 | 12,31 | 21,00 |
| Centro Oeste ³ | | 9,00 | 13,00 | 19,00 |
| Centro Oeste ⁴ | 7,58 | | | |

Fonte: adaptado de ¹MME 2007c; ²MME 2007b e ³SCHAEFFER et al. 2009 e ⁴BEN 2010.

Os estudos 1 e 2 não fornecem dados de consumo do setor residencial desagregados por região geográfica; esses foram obtidos através da razão entre o consumo projetado por estes estudos e a divisão percentual do consumo de eletricidade por região geográfica.

Neste procedimento mantiveram-se os valores de divisão percentual do consumo observados para o ano de 2009, conforme apresentado na Figura 2.9 – Divisão do consumo de energia elétrica por região geográfica em 2009. (pg. 27). De acordo com dados do BEN (2011), nos últimos 10 anos a maior variação média na participação percentual do consumo é da região Nordeste com 1,89% e a menor da região Centro Oeste com 0,28%; ou seja, a divisão do consumo por região geográfica se manteve relativamente estável no período dos últimos dez anos.

Este fato, aliado à diferença entre os valores de projeção do consumo do setor apresentados por estes estudos (1,89% e 0,60% para 2020 e 2030, respectivamente), justifica a diferença entre os valores apresentados para projeção do consumo por região geográfica dos estudos 1 e 2.

Na Tabela 2.20 é apresentada a projeção do consumo médio mensal por domicílio por região geográfica.

Tabela 2.20 – Projeção do consumo médio mensal de energia elétrica por domicílio por região geográfica.

| Região | 2009 | 2010 | 2020 | 2030 |
|---------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | [kWh/mês] | | | |
| Norte ¹ | | 140,58 | 179,22 | 250,40 |
| Norte ² | | 131,82 | 164,06 | 231,28 |
| Norte ³ | 129,55 | | | |
| Nordeste ¹ | | 133,39 | 183,21 | 269,83 |
| Nordeste ² | | 123,30 | 157,67 | 225,34 |
| Nordeste ³ | 117,15 | | | |
| Sudeste ¹ | | 217,05 | 287,66 | 411,56 |
| Sudeste ² | | 209,79 | 266,60 | 380,06 |
| Sudeste ³ | 211,69 | | | |
| Sul ¹ | | 182,16 | 239,65 | 340,89 |
| Sul ² | | 178,08 | 224,79 | 317,61 |
| Sul ³ | 180,32 | | | |
| Centro Oeste ¹ | | 180,00 | 230,62 | 324,38 |
| Centro Oeste ² | | 174,02 | 214,49 | 305,87 |
| Centro Oeste ³ | 173,97 | | | |

Fonte: adaptado de ¹MME 2007c; ²MME 2007b e ³BEN 2010.

Os 3 estudos não fornecem estes dados desagregados por região geográfica, sendo esses obtidos através da razão entre o consumo do setor pelo número de domicílios da região, dados já anteriormente apresentados. Considerando a alta saturação do

acesso à rede elétrica, com média de 99,9% observada para o Brasil no ano de 2009 e seguindo os indicadores do PNE, considerou-se que a partir de 2010 todos os domicílios serão atendidos pela rede elétrica⁵.

Para os dados referentes ao estudo 3 foi obtida a razão do consumo por região de acordo com o BEN (2011) e o número de domicílios por região para o mesmo ano, de acordo o IBGE (2010a). O estudo 2 utiliza como cenário demográfico os mesmos dados utilizados pelo estudo 1, baseados em dados do ano de 2004 fornecidos pelo IBGE; portanto, para criar um cenário diferenciado foram utilizados para o estudo 2 os dados de projeção demográfica desenvolvidos pela EPE (2009), com base nos dados do ano de 2008 fornecidos pelo IBGE. Como o estudo da EPE prevê um número maior de domicílios em relação ao PNE, observa-se que o consumo médio obtido pelo estudo 2 é menor que o obtido pelo estudo 1.

2.3.4 Posse de equipamentos

Em relação à posse de equipamentos, apenas o PNE (MME, 2007c) disponibiliza estimativas de projeção de posse de determinados equipamentos por domicílio para o setor residencial. Neste item são apresentados as projeções de posse para refrigerador, freezer, aparelho de ar condicionado, iluminação, chuveiro elétrico e outros usos.

2.3.4.1 *Refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado*

Frente à evolução atual do progresso autônomo, o PNE (MME, 2007a) considerou que a renovação do parque de refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado se dará mediante aos pertencentes à atual faixa de consumo “B” estabelecida pelo INMETRO, que consomem cerca de 25% menos que modelos da década de 90. Assim, as reduções estimadas para o consumo específico para o ano de 2030 são de 12% para refrigeradores e freezers e de 8,5% para os aparelhos de ar condicionado. Convém lembrar que estas reduções estão embutidas nas projeções de consumo do setor apresentados no item anterior.

⁵ De acordo com o PNE (MME, 2007c) a universalização do acesso à eletricidade deve ser alcançada em função do Índice de Atendimento (IA) para cada concessionária. O índice de atendimento consiste na razão entre o número de domicílios com energia elétrica e o número total de domicílios particulares permanentes ocupados.

Em relação às posses, considera-se para refrigeradores a continuação da evolução histórica verificada nos últimos levantamentos da PNAD, de modo que a posse média prevista para 2030 é de 1,11 refrigerador/domicílio. Para os aparelhos de ar condicionado, a posse irá evoluir de 0,11 para o ano de 2008 até atingir 0,30 equipamento/domicílio em 2030, valor verificado para a região metropolitana do Rio de Janeiro para o ano de 2005 de acordo com o PNE.

2.3.4.2 *Iluminação*

A troca de lâmpadas do tipo incandescentes por fluorescentes se dará de modo gradual. Face ao maior custo das lâmpadas fluorescentes e o comportamento do consumidor que vem se verificando após o racionamento de 2001, assumiu-se que 7% das lâmpadas incandescentes serão trocadas por fluorescentes a cada ano.

A posse média evoluirá dos 6,4 lâmpada/domicílio para o ano de 2005 (incandescentes e fluorescentes) para 8,86 lâmpada/domicílio em 2030, sendo esta posse a verificada para a região Sudeste no ano de 2005.

2.3.4.3 *Chuveiro elétrico*

Nas projeções do PNE, a evolução da posse dos chuveiros elétricos foi desenvolvida subtraindo-se a parcela de domicílios que possuirão sistema de aquecimento a gás natural (GNL). Considerou-se para o período de 2005 a 2015 a demanda potencial do setor levando-se em conta o preço do gás e adotou-se a hipótese de que seu crescimento se dará na mesma proporção que o crescimento médio do número de domicílios para o referido período. Foi considerado que todos os domicílios que serão conectados à rede de distribuição de gás e utilizarão como forma de aquecimento de água para banho. Assim a posse projetada de chuveiro elétrico para o ano de 2030 é de 0,96 chuveiro/domicílio sendo que a posse para o ano de 2005 foi de 0,70 chuveiro/domicílio.

2.3.4.4 *Outros usos*

O consumo da categoria “outros usos” cresce na proporção em que se verifica aumento na posse de eletroeletrônicos. Inclui televisores, aparelhos de som e vídeo, microondas, máquinas de lavar, computador dentre outros. Ainda que cada um destes

equipamentos possua consumo baixo quando analisados individualmente e comparados aos demais usos, sua tendência de aumento cresce na medida em que surgem novas gerações de aparelhos (MME, 2007c).

Tomando como exemplo a máquina de lavar, a posse média evoluiu de 0,27 máquina/domicílio no ano de 1991 para 0,37 máquina/domicílio no ano de 2006, e a projeção para o ano de 2030 é de 0,74 máquina/domicílio, segundo dados da PNAD. O consumo estimado deste equipamento é de 72 kWh/ano.

No caso dos televisores, a posse média evoluiu de 0,27 televisor/domicílio no ano de 1991 para 0,37 televisor/domicílio no ano de 2005, sendo a posse média estimada para o ano de 2030 de 1,48 televisor/domicílio, segundo dados da PNAD. Ainda, há de se considerar que estes equipamentos têm evoluído para modelos maiores que consomem mais energia. Um aparelho de 20 polegadas consome em média 150 kWh/ano enquanto um aparelho de 29 polegadas consome em média 200 kWh/ano.

Um grande potencial de economia para estes equipamentos está na limitação do consumo no modo standby. Atualmente a classificação do nível de eficiência para o modo standby existe apenas para televisores.

A Figura 2.16 ilustra a evolução da posse de alguns equipamentos para o período de 2010 a 2030.

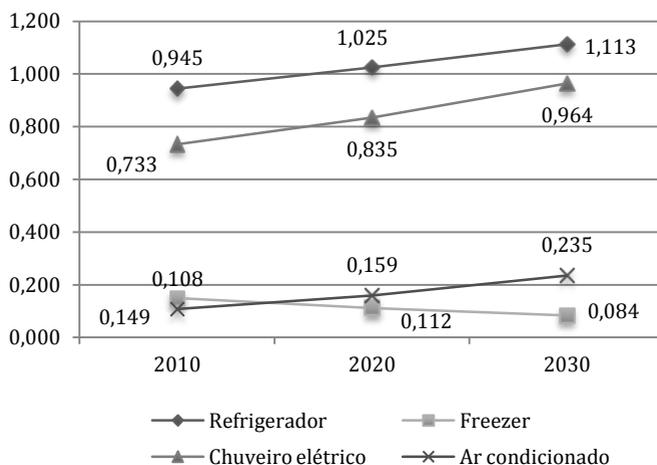


Figura 2.16 - Projeção da posse de equipamentos.

Fonte: adaptado de MME 2007c.

A Tabela 2.21 apresenta os principais dados levantados em relação à caracterização do setor residencial e o número de fontes consultadas.

Tabela 2.21 - Dados da caracterização do setor residencial.

| DADOS PARA O BRASIL | | | | |
|--|------------------|---------------------|----------------|---------------|
| Característica | Ano | Tipo de dado | Unidade | Fontes |
| Usos finais | 2005 | relativo | - | 5 |
| DADOS POR REGIÃO GEOGRÁFICA | | | | |
| Característica | Ano | Tipo de dado | Unidade | Fontes |
| Acesso à iluminação e tipo de domicílio (casa ou apartamento) | 2007, 2008, 2009 | relativo | - | 1 |
| Tipo de domicílio por faixa de renda | 2005 | relativo | - | 1 |
| Usos finais | 2009 | relativo | - | 3 |
| Posse média de equipamentos | 2005, 2009 | relativo | - | 3 |
| DADOS POR REGIÃO GEOGRÁFICA E FAIXA DE CONSUMO | | | | |
| Característica | Ano | Tipo de dado | Unidade | Fontes |
| Ocorrência de faixa de consumo | 2005 | relativo | - | 1 |
| Consumo médio por domicílio | 2005, 2008, 2009 | absoluto | kWh/mês | 3 |
| Renda média por domicílio | 2005 | absoluto | salários/mês | 1 |
| Posse de equipamentos | 2005 | relativo | - | 1 |
| Modelo de refrigerador, ar condicionado, tipo de lâmpada e potência média de chuveiro elétrico | 2005 | vários | - | 1 |
| Usos finais | 2005 | relativo | - | 1 |

A Tabela 2.22 apresenta dos principais dados levantados em relação ao cenário tendencial do setor residencial brasileiro e o número de fontes consultadas.

Tabela 2.22 - Dados do cenário tendencial do setor residencial brasileiro.

| DADOS PARA O BRASIL | | | | |
|--|------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| Característica | Ano | Tipo de dado | Unidade | Fontes |
| Potencial de economia para cada uso final em relação ao consumo total do setor | 2020, 2030 | relativo | - | 3 |
| Potencial de economia para cada uso final em relação ao seu consumo total | 2020, 2030 | relativo | - | 2 |
| Projeção do consumo de energia elétrica para o Brasil | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | Twh/ano | 4 |
| Projeção do consumo de energia elétrica para o setor residencial | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | Twh/ano | 4 |
| Consumo médio mensal por domicílio | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | kWh/mês | 4 |
| Projeção da posse de equipamentos | 2010, 2020, 2030 | absoluto | equipamento/domicílio | 1 |
| DADOS POR REGIÃO GEOGRÁFICA | | | | |
| Característica | Ano | Tipo de dado | Unidade | Fontes |
| Projeção do crescimento demográfico | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | mil habitantes | 4 |
| Projeção do número de domicílios | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | mil domicílios | 3 |
| Projeção do número de morador por domicílio | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | morador/domicílios | 3 |
| Projeção do consumo de energia elétrica para o setor residencial | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | TWh/ano | 4 |
| Projeção do consumo médio mensal por domicílio | 2009, 2010, 2020, 2030 | absoluto | kWh/mês | 4 |

A Tabela 2.23 apresenta um resumo das características do setor residencial para os anos de 2010 e 2030, obtido através da média dos valores encontrados para cada variável nos estudos apresentados.

Tabela 2.23 - Características do setor residencial.

| Descrição | Unidade | 2010 | 2020 | 2030 |
|----------------------------------|------------------------|------------|------------|------------|
| População | [mil habitantes] | 194.034,75 | 211.646,67 | 223.890,67 |
| Número de domicílios | [mil unidades] | 63.874,10 | 75.161,00 | 90.061,00 |
| Moradores por domicílio | [habitantes/domicílio] | 3,04 | 2,82 | 2,49 |
| Consumo do país | [TWh/ano] | 468,90 | 687,40 | 1.018,90 |
| Consumo do setor residencial | [TWh/ano] | 105,35 | 168,00 | 284,65 |
| Participação do setor no consumo | [%] | 22,47 | 24,44 | 27,94 |
| Consumo por domicílio | [kWh/mês] | 178,95 | 232,28 | 331,99 |

Fonte: MME 2007a;b;c; MME 2010a, BEN 2010, IBGE 2010b; SCHAEFFER et al. 2009

A partir dos dados levantados neste item será construído o cenário tendencial, utilizado como base para desenvolvimento do trabalho. Considerando-se o fato do horizonte ser de longo prazo e de se tratar de um ambiente no qual mudanças podem ocorrer rapidamente, a construção de um cenário tendencial depende da qualidade da base de dados, das hipóteses econômicas e energéticas tomadas e do entendimento da relação entre estes itens.

2.4 Definição de modelos representativos

Pela impossibilidade de se considerar todas as tipologias existentes, o meio mais eficaz para se realizar estudos relacionados à eficiência energética sobre o setor residencial quando se deseja analisar os contrastes advindos das características da edificação, é através da definição de modelos de natureza empírica que sejam representativos da realidade. Para construção destes modelos, é necessário consultar vasta fonte de dados, pois os modelos devem, na medida do possível, contemplar as características mais comumente encontradas na realidade. Entre as principais características a serem consideradas é possível listar:

- Tipologia arquitetônica;
- Número de cômodos;

- Área construída;
- Componentes construtivos do envoltório;
- Número de habitantes;
- Posse e padrão de uso de equipamentos;
- Consumo de energia;
- Padrão de ocupação;
- Renda e arranjo domiciliar.

Santana (2006), em estudo de avaliação dos parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritórios em Florianópolis, definiu um modelo de tipologia predominante para utilizar como caso base em simulações termoenergéticas. Analisou 35 edifícios através de levantamento fotográfico e de dados como padrão de uso e ocupação, dimensões, orientação, elementos construtivos e orientação solar. Os indicadores resultantes deste levantamento são: número de pavimentos, forma do edifício, orientação e elementos de proteção solar, detalhes construtivos, percentual de área de janela na fachada, padrão de ocupação e de uso de equipamentos e densidade de carga interna.

No desenvolvimento da metodologia para análise de ciclo de vida energético de edificações residenciais, Tavares (2006) definiu modelos de edificações residenciais representativos da realidade brasileira. A partir de dados de levantamentos de cobertura nacional e do Custo Unitário da Construção – CUB (ABNT, 1999) foram definidos os parâmetros para desenvolvimento dos modelos: perfil de posse e uso de equipamentos, tipologia (casa ou apartamento), área, número e tipo de ambientes, renda familiar, número de habitantes, componentes construtivos e consumo de energia elétrica e de energia para cocção.

No intuito de desenvolver um método de avaliação do envoltório de edificações não residenciais através de simulação computacional, Carlo (2008) definiu modelos com as características mais relevantes para esta tipologia de edificação. Para tal, realizou através de levantamento fotográfico e levantamento *in loco*, um estudo de campo em 5 cidades brasileiras a fim de definir componentes construtivos, sistemas de equipamentos, uso, ocupação e tipologias mais comuns a estas edificações.

Os modelos representativos buscam, do modo mais coerente possível e dentro das limitações impostas pela disponibilidade de dados, refletir a realidade de um determinado setor de edificações. São necessários quando se pretende realizar estudos que envolvam especificidades das edificações.

Nos Estados Unidos, os dados disponibilizados pelo RECS (RECS, 2005) são amplamente utilizados na definição de modelos representativos de edificações, a fim de se realizar estudos relacionados à eficiência energética e ao desempenho térmico (CARLO, 2008). No Brasil, a base de dados do SINPHA (2005) relativa a características do setor residencial, foi realizada através de entrevistas, não havendo auditorias nem medições nas residências, o que ocasiona imprecisão nos resultados.

2.5 Regulamento residencial

Conforme citado no capítulo da introdução, está sendo desenvolvido no Brasil, dentro do âmbito do projeto PROCEL, o Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edificações residenciais – RTQ-R. O objetivo do regulamento é definido por:

[...] criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de unidades habitacionais autônomas, de edificações residenciais multifamiliares e de áreas de uso comum de edificações multifamiliares ou de condomínios residenciais. O RTQ-R especifica os requisitos técnicos e os métodos para classificação de edificações residenciais quanto à eficiência energética, permitindo a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do INMETRO. (LabEEE 2010b).

A classificação proposta pelo regulamento segue o padrão utilizado atualmente para a classificação de eletrodomésticos e pelo regulamento para edifícios comerciais, de serviços e públicos, variando de “A” (mais eficiente) até “E” (menos eficiente). A estrutura do regulamento é dividida em três grupos para avaliação:

- Unidades habitacionais autônomas, que correspondem a edificações unifamiliares e unidades autônomas de edificações multifamiliares;

- Edificações multifamiliares, que compreendem edifícios de apartamentos e condomínios horizontais;
- Áreas de uso comum de condomínios residenciais.

A avaliação a ser realizada por este trabalho não contempla o item relativo às áreas comuns devido à ausência de disponibilidade de dados. A classificação de edificações multifamiliares consiste na ponderação do nível de eficiência encontrado para suas unidades autônomas, com o intuito de se fornecer uma classificação geral para a edificação. Portanto neste trabalho será analisado o item referente às unidades habitacionais autônomas.

A avaliação das unidades habitacionais autônomas compreende dois itens de avaliação obrigatória quais sejam:

- Avaliação da envoltória;
- Avaliação do sistema de aquecimento de água.

E sete itens de bonificação quais sejam:

- Ventilação e iluminação natural;
- Uso racional da água;
- Condicionamento artificial de ar;
- Iluminação artificial;
- Ventiladores de teto;
- Refrigeradores;
- Medição individualizada.

Os itens de bonificação são de avaliação opcional, o que não significa que não sejam representativos no consumo de energia. Esta condição se deve ao fato de se tratarem de requisitos de difícil avaliação em projeto e que de modo geral não são entregues na obra, mas sim instalados pelo usuário; portanto, a opção de não tornar sua avaliação obrigatória.

A classificação final é obtida através de uma equação, na qual os requisitos obrigatórios têm peso de acordo com a região geográfica e na qual podem ser somadas as bonificações. O método de aplicação do regulamento será exposto no Capítulo 3 referente ao método.

2.5.1 Envoltória

A classificação do nível de eficiência da envoltória pode ser obtida através de simulação computacional termoenergética ou de método prescritivo. Para este trabalho será adotado o método prescritivo, devido ao fato da simulação ser necessária apenas nos casos de geometria complexa, para os quais as equações de avaliação da envoltória não respondem de modo satisfatório.

O método prescritivo foi desenvolvido através de simulações termoenergéticas no programa *EnergyPlus*, com o qual é possível calcular o consumo de energia de um edifício, utilizando-se o arquivo climático do local.

Foram utilizados arquivos climáticos do tipo *Test Reference Year* (TRY, ano climático sem extremos de temperatura) e *Test Meteorological Year* (TMY2, compilação de meses sem extremos de temperatura de diferentes anos). Os arquivos são compostos por 8.760 horas de um ano completo, contendo dados de temperatura e umidade do ar, radiação solar, direção e velocidade do vento e pressão atmosférica. Os arquivos climáticos utilizados e a cidade correspondente são apresentados na Tabela 2.24.

Tabela 2.24 - Arquivos climáticos utilizados nas simulações.

| Zona bioclimática | Cidade | Arquivo Climático |
|-------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | Curitiba (PR) | TRY 1969 |
| 2 | Santa Maria (RS) | TMY2 |
| 3 | Florianópolis (SC) | TRY 1963 |
| 4 | Brasília (DF) | TRY 1963 |
| 6 | Campo Grande (MS) | TMY2 |
| 7 | Cuiabá (MT) | TMY2 |
| 8 | Salvador (BA) | TRY 1961 |

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

Não foram realizadas simulações para a zona 5 devido à inexistência de arquivo climático. Para avaliação da envoltória nesta zona são utilizados os parâmetros da zona 8.

Inicialmente foram utilizados modelos distintos para edificações unifamiliares e multifamiliares. No entanto, verificou-se não haver diferenças significativas entre essas tipologias, sendo então simulado um único modelo de edificação multifamiliar, conforme ilustrado na Figura 2.17.

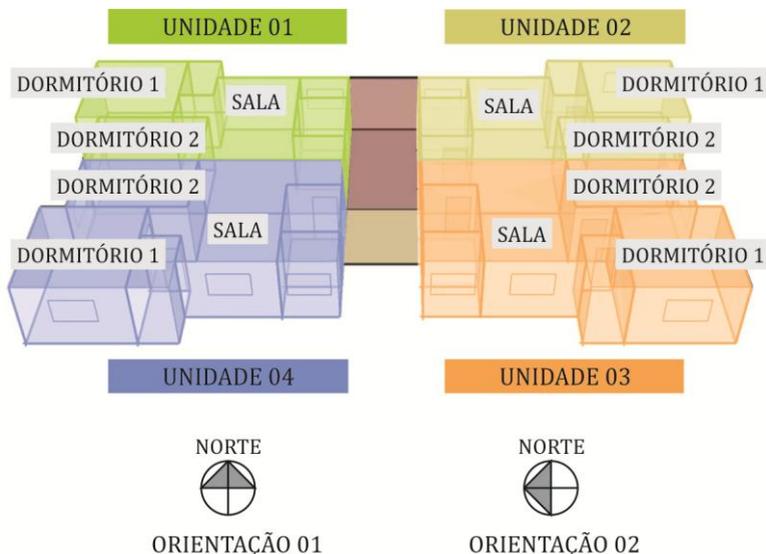


Figura 2.17 – Modelo das simulações do RTQ-R.

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

A Tabela 2.25 apresenta a área e o pé direito dos ambientes do modelo das simulações.

Tabela 2.25 - Áreas e pé direito dos ambientes do modelo.

| Ambiente | Área | Pé direito |
|-----------------|-------------------|------------|
| | [m ²] | |
| sala de estar | 28,46 | 2,70 |
| dormitório 1 | 15,58 | |
| dormitório 2 | 14,30 | |
| banheiro | 3,57 | |
| cozinha | 7,70 | |
| área de serviço | 3,00 | |

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

O modelo foi desenvolvido com base no domicílio médio brasileiro, possuindo dois dormitórios, banheiro, cozinha e sala, totalizando 72,61 m². Corresponde a uma edificação multifamiliar de sete pavimentos e quatro apartamentos por pavimento, sendo as unidades com cobertura e paredes expostas ao exterior e contato com o solo equivalentes às edificações do tipo casa. O padrão de

ocupação para dias de semana é apresentado na Figura 2.18 e para finais de semana na Figura 2.19.

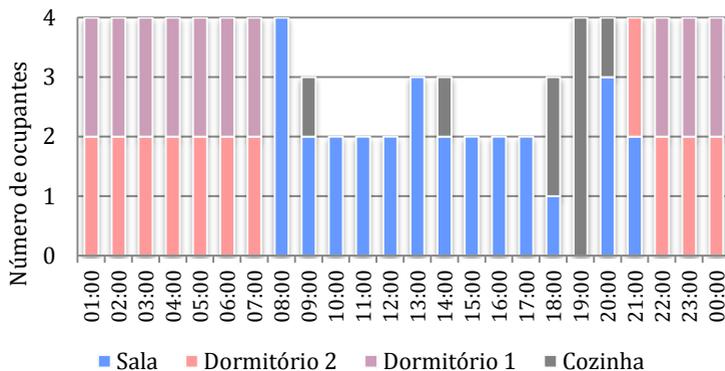


Figura 2.18 - Padrão de ocupação para dias de semana.

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

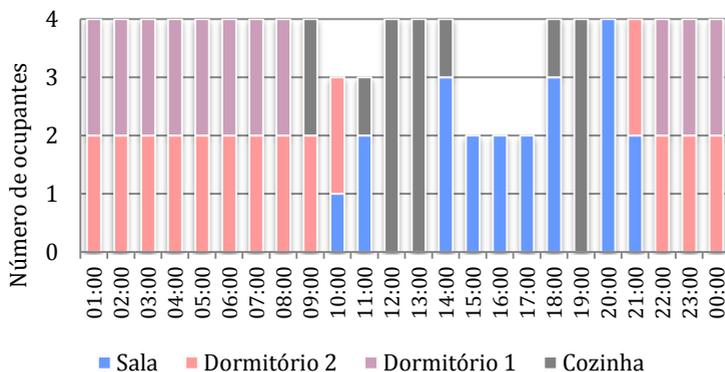


Figura 2.19 - Padrão de ocupação para finais de semana.

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

O padrão de ocupação corresponde a uma família de um casal com dois filhos, sendo o dormitório 2 dos filhos e o dormitório 1 do casal. O padrão de iluminação para dias de semana é apresentado na Figura 2.20 e para finais de semana na Figura 2.21.

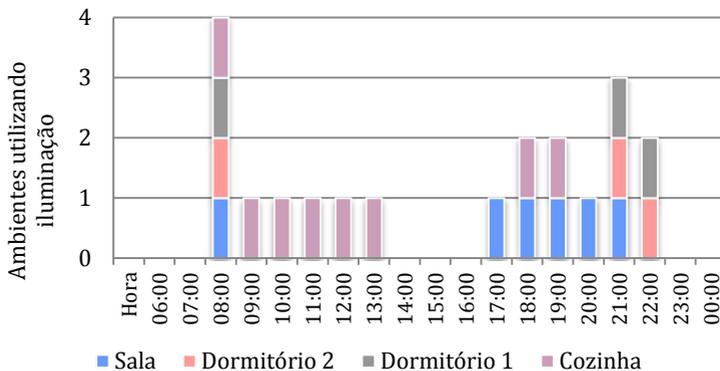


Figura 2.20 - Padrão de iluminação para dias de semana.

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

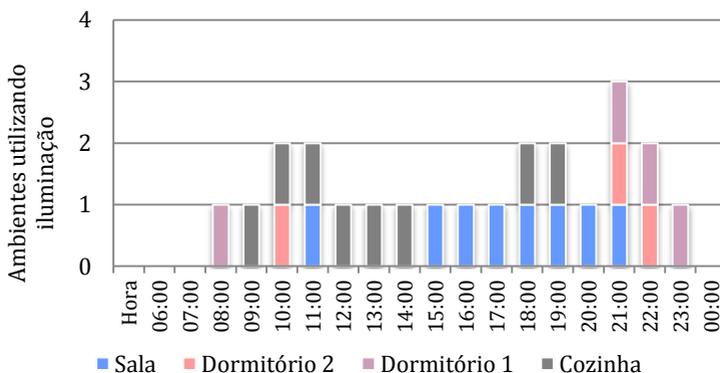


Figura 2.21 - Padrão de iluminação para finais de semana.

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

A densidade de potência de iluminação considerada foi de 100W para sala e cozinha, 60W para os quartos e 40W para o banheiro. Foi considerada uma carga interna pelo uso de equipamentos de 20,74W na sala e de 33,19W na cozinha.

Para as simulações da envoltória da edificação condicionada artificialmente, é considerado o uso do ar condicionado nos dormitórios, sendo utilizado no período das 21h às 08h em dias de semana e das 22h às 09h nos finais de semana. A ventilação natural foi habilitada no período das 08h às 20h em dias de semana e das 10h às 21h nos finais de semana.

Na Tabela 2.26 são apresentadas a espessura, a transmitância e a capacidade térmica das paredes e coberturas simuladas para o modelo.

Tabela 2.26 - Transmitância e capacidade térmica das paredes e coberturas.

| Componente construtivo | Espessura | Transmitância térmica (U) | Capacidade térmica (C _T) |
|---|-----------|---------------------------|--------------------------------------|
| | [cm] | [W/(m ² .K)] | [kJ/(m ² .K)] |
| Paredes | | | |
| dupla com tijolos de oito furos circulares, assentados na maior dimensão e rebocado em ambos os lados | 46,0 | 1,00 | 368 |
| tijolos de oito furos quadrados, assentados na maior dimensão e rebocado em ambos os lados | 20,4 | 1,80 | 231 |
| tijolos de oito furos circulares, assentados na menor dimensão e rebocado em ambos os lados | 15,0 | 2,24 | 167 |
| painel de EPS | 3,0 | 1,00 | 0,58 |
| | 1,6 | 1,80 | 0,30 |
| | 1,1 | 2,24 | 0,22 |
| parede de capacidade térmica alta (água) | 49 | 1,00 | 2.042 |
| | 23 | 1,80 | 958 |
| | 17 | 2,24 | 708 |
| Coberturas | | | |
| telha de barro com isolante lã de vidro e forro de laje armada em blocos cerâmicos | - | 0,62 | 138 |
| telha de barro com lâmina de alumínio polido e forro em laje de concreto | - | 1,18 | 113 |
| telha de barro com forro de laje armada em blocos cerâmicos | - | 1,93 | 105 |
| | 5,5 | 0,62 | 1,06 |
| | 2,7 | 1,18 | 0,52 |
| painel de EPS | 1,3 | 1,92 | 0,25 |
| | 80 | 0,62 | 3.335 |
| | 38 | 1,18 | 1.581 |
| cobertura de capacidade térmica alta (água) | 19 | 1,92 | 792 |

Fonte: adaptado de LabEEE 2011.

No total foram realizadas 2.880 simulações envolvendo diferentes orientações, características físicas e térmicas da envoltória. Foram simulados casos com pé direito duplicado, com área do ambiente quadruplicada, com aberturas sombreadas e

sobre pilotis, a fim da equação responder por uma quantidade maior de casos.

Outras informações referentes aos parâmetros utilizados nas simulações como características dos vidros, temperatura do solo e padrões de ventilação natural e de ar condicionado são descritas no relatório das simulações do RTQ-R (LABEEE, 2011).

Como resultado das simulações, foram desenvolvidas equações lineares de regressão múltipla, que estabelecem relações entre as áreas de abertura para iluminação e ventilação, condições de sombreamento, orientação das fachadas e características térmicas das superfícies. Ainda, a edificação deve atender a determinados pré-requisitos relativos à transmitância e à capacidade térmica das superfícies opacas.

Inserindo-se nas equações as características do ambiente em avaliação, obtém-se indicadores relativos às horas de desconforto e aos consumos relativos a refrigeração e aquecimento. O indicador fornece o Equivalente Numérico da Envoltória (EqNumEnv) e deve ser obtido para edificações naturalmente ventiladas para aquecimento e/ou resfriamento, de acordo com a zona bioclimática em que se encontra.

O equivalente numérico da envoltória deve ser obtido para aquecimento (EqNumEnv_A) para as zonas bioclimáticas de 1 a 4 e para resfriamento (EqNumEnv_{Resfr}) para as zonas 1 a 8, conforme a Tabela 2.27.

Tabela 2.27 – Equivalente numérico a ser obtido de acordo com a zona bioclimática.

| EqNumEnv | Zona bioclimática | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| EqNumEnv _{Resfr} | x | x | x | x | x | x | x | x |
| EqNumEnv _A | x | x | x | x | - | - | - | - |

O equivalente numérico deve ser calculado para os ambientes de permanência prolongada, que correspondem aos ambientes de ocupação contínua incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitório, escritório, sala de TV ou de uso similar aos citados. Ponderando-se os equivalentes numéricos pela área útil dos ambientes avaliados obtém-se o equivalente numérico da unidade habitacional para aquecimento ou resfriamento.

Para obtenção do $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$ é calculado o indicador de graus hora para resfriamento GH_R ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$) e para o EqNumEnv_A é calculado o indicador de consumo relativo para aquecimento C_A ($\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$), de acordo com a zona bioclimática.

Este procedimento pode ser realizado através da planilha de cálculo do desempenho da envoltória, disponibilizada no site do LabEEE (2010b), na qual preenchem-se os campos com as características do ambiente e seleciona-se a zona bioclimática que se deseja avaliar, obtendo-se os indicadores de resfriamento, aquecimento e refrigeração. Este procedimento será melhor detalhado no capítulo referente ao método.

Para cada zona bioclimática há uma tabela com faixas de valores para estes indicadores, que correspondem a um equivalente numérico variando de 1 a 5. Cada equivalente numérico, por sua vez, corresponde a um nível de eficiência que varia de “A” a “E” (mais eficiente ao menos eficiente) de acordo com a Tabela 2.28.

Tabela 2.28 – Relação entre nível de eficiência e equivalente numérico.

| Equivalente numérico | Nível de eficiência |
|----------------------|---------------------|
| 5 | A |
| 4 | B |
| 3 | C |
| 2 | D |
| 1 | E |

Nas zonas bioclimáticas de 5 a 8 em que é necessário o cálculo do equivalente numérico apenas para resfriamento, o equivalente numérico da unidade habitacional é obtido diretamente através deste. Nas zonas 1 a 4 em que são calculados os equivalentes numéricos para aquecimento e resfriamento, o equivalente numérico da unidade habitacional é obtido através de distribuição de pesos de acordo com a zona bioclimática, conforme a Tabela 2.29. Para a zona 2, por exemplo, multiplica-se o $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$ por 0,44 e o EqNumEnv_A por 0,56. A soma dos valores obtidos resultará no equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional.

Tabela 2.29 – Distribuição de pesos de acordo com a zona bioclimática.

| Zona bioclimática | $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$ | EqNumEnv_A |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|
| 1 | 0,08 | 0,92 |
| 2 | 0,44 | 0,56 |
| 3 | 0,64 | 0,36 |
| 4 | 0,68 | 0,32 |

O equivalente numérico da envoltória para a unidade habitacional condicionada artificialmente é obtido através do mesmo procedimento, substituindo-se o indicador de graus hora para resfriamento GH_R ($^{\circ}C.h$) pelo indicador de consumo relativo para refrigeração (C_R) ($kWh/m^2.ano$). Possui caráter obrigatório somente para a obtenção da bonificação relativa ao condicionamento artificial de ar.

2.5.2 Sistema de aquecimento de água

Para os sistemas de aquecimento de água são avaliados os sistemas elétrico, a gás, solar e bomba de calor. Havendo mais de um sistema instalado, o equivalente numérico final é obtido através da ponderação da eficiência obtida para cada sistema pela respectiva demanda de água quente.

O nível de eficiência de sistemas de aquecimento solar pode ser obtido através de simulação ou de método prescritivo, sendo este último baseado no método de cálculo proposto pela norma brasileira *Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto* - NBR 15.569 (ABNT, 2008).

Para sistemas de aquecimento a gás (Gás Natural - GN ou Gás Liquefeito de Petróleo - GLP) e elétrico de acumulação, o nível de eficiência é obtido de acordo com a classificação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE (INMETRO, 2009)

Para sistemas de aquecimento elétrico de passagem, nos quais estão incluídos os chuveiros elétricos, o nível de eficiência é obtido de acordo com a potência (W) do aparelho. Para sistemas que utilizam bombas de calor, o nível de eficiência é obtido de acordo com o coeficiente de performance⁶ (COP) do equipamento (em unidades de W/W).

2.5.3 Bonificações

Os itens de bonificação são relativos à iluminação e ventilação natural, ao uso racional de água, ao condicionamento artificial de ar, à iluminação artificial, ao uso de eletrodomésticos eficientes

⁶ Segundo a norma ASHRAE 90.1, coeficiente de performance para aquecimento é a razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida para um sistema completo de aquecimento por bomba de calor, incluindo o compressor e, se aplicável, o sistema auxiliar de aquecimento, sob as condições operacionais projetadas.

(ventilador de teto e refrigerador) e à medição individualizada de água.

Os itens a serem analisados por este trabalho são iluminação artificial, condicionamento artificial de ar e refrigerador, por serem aqueles que têm influência direta no consumo e devido à disponibilidade de dados; os demais itens não serão analisados por exceder o âmbito do trabalho.

A bonificação para condições de iluminação artificial é avaliada através da porcentagem de ambientes com sistema de iluminação com eficiência superior a 75 lm/W ou que possuam Selo Procel (PROCEL, 2003), de acordo com o tipo de fonte de iluminação. Para bonificação máxima todos ambientes devem atender a esta condição.

Para obter a bonificação de sistemas de condicionamento artificial de ar, a unidade habitacional deve possuir equivalente numérico da envoltória condicionada artificialmente com nível de eficiência "A". Aparelhos condicionadores de ar de janela ou unidades condensadoras de condicionadores tipo *split* devem ser instalados em local sombreado e ventilado. Satisfeitas estas condições, a bonificação é concedida se o equipamento possuir classificação de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE com nível de eficiência "A" ou possuir Selo Procel.

Para eletrodomésticos, a bonificação é referente a refrigeradores, um dos principais consumidores de energia elétrica do domicílio médio brasileiro; e a ventiladores de teto, por apresentarem boa relação entre custo e benefício no que concerne ao aumento no nível da sensação de conforto do usuário, no intuito de postergar a aquisição de aparelhos condicionadores de ar. Para ambos a bonificação é concedida se o equipamento possuir classificação de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE com nível de eficiência "A". Para ventiladores de teto, esses devem ser instalados em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada, para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 2 a 8.

2.6 Discussão

Neste capítulo foram apresentados trabalhos referentes à caracterização do consumo de energia elétrica do setor residencial, ao potencial de economia de energia no setor de edificações, ao cenário tendencial do setor residencial, aos modelos representativos de edificações e foi exposta uma síntese da abordagem do regulamento para eficiência energética de edificações residenciais a ser analisado.

Os trabalhos apresentados ressaltam a importância do processo de avaliação de regulamentos ou certificações para eficiência energética de edificações. Em locais em que há este tipo de processo encontram-se inúmeros estudos relativos à análise de sua eficácia bem como à escolha dos seus indicadores de avaliação.

A avaliação do impacto de um regulamento pode ser realizada através da construção de cenários futuros, comparando-se a projeção tendencial do consumo com cenários nos quais são aplicadas as medidas de eficiência energética do regulamento em estudo. Esses cenários, por sua vez, são construídos com base em determinados parâmetros definidos de acordo com a abordagem que se pretende tomar, podendo ser em relação ao custo de mercado, ao custo para o consumidor ou às tecnologias disponíveis.

No Brasil, o regulamento foco deste trabalho é o primeiro processo para avaliação da eficiência energética de edificações concebido especificamente para a realidade do país; o que está sendo aplicado atualmente são adaptações de certificações internacionais.

Portanto, este trabalho busca realizar uma primeira análise do regulamento, no intuito de avaliar os requisitos propostos e apontando seu impacto no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro.

3 Método

Neste capítulo será apresentado o método utilizado para os estudos de análise dos requisitos do regulamento e do potencial de economia que poderá ser obtido através da sua aplicação. O procedimento foi dividido em quatro fases: a) elaboração do cenário tendencial, que corresponde à projeção do consumo; b) aplicação dos requisitos de nível “A” e bonificações do regulamento; c) construção dos cenários técnicos de consumo para as cinco regiões geográficas para os anos de 2020 e 2030 e d) procedimento para análise dos resultados.

Devido à disparidade constatada na base de dados desagregados por usos finais, optou-se por adotar abordagens complementares entre o método *top-down*, que “considera inicialmente o sistema como um todo e então parte para a descrição dos módulos que o compõem, refinando em subsistemas até atingir os elementos básicos do sistema.” (MME 2008 p. 17) e o método *bottom-up*, que “utiliza uma representação desagregada das inter-relações entre o sistema energético e o sistema socioeconômico envolvente, analisando a demanda de energia a partir dos seus usos finais nos diferentes setores.” (MME 2008 p. 17).

A estratégia consiste em partir de macrovariáveis tais como consumo de energia elétrica e número de domicílios do setor, visando minimizar a acumulação de erros advindos dos dados desagregados. São utilizados, de acordo com a disponibilidade, dados referentes a levantamentos de escala macro, sendo esses complementados pelos dados desagregados já analisados em outros estudos aqui referenciados; esses, por sua vez, são analisados através de faixas, abrangendo o menor, o médio e o maior dos valores constatados por estes estudos.

Apesar da caracterização do consumo e a substituição dos equipamentos serem baseados em dados oficiais e no regulamento em estudo, é necessário definir critérios tanto em relação à caracterização quanto à substituição dos equipamentos, a fim de possibilitar o desenvolvimento do trabalho. Estas tomadas de decisões são principalmente relativas à substituição dos equipamentos de acordo com a faixa de consumo, tais como modelo e classificação de refrigeradores, potência e distribuição de lâmpadas, sobretudo para o ano de 2020 que corresponde a um

período de transição até que os requisitos do regulamento sejam totalmente atendidos em 2030.

Portanto, são necessárias tomadas de decisões em relação às fontes de dados a serem utilizadas, seja para os dados relativos às características econômicas, demográficas, de demanda de energia e à posse e uso final de equipamentos, no intuito de se atingir a melhor convergência de resultados possível. Na Figura 3.1 é apresentado um esquema geral do método utilizado.

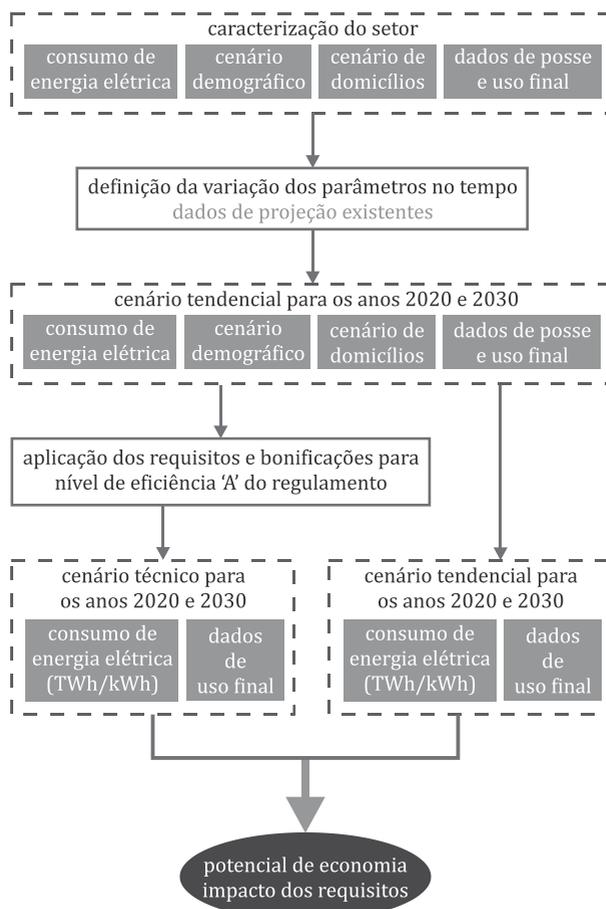


Figura 3.1 – Fluxograma geral do método adotado.

3.1 Cenário tendencial do setor residencial

Neste item é abordado o método utilizado para elaboração do cenário tendencial do consumo de energia elétrica do setor residencial, que consiste na projeção do consumo através de dados provenientes de estudos realizados por órgãos competentes.

Este cenário é construído com base em dados de projeção do consumo de energia elétrica, da população residente, do número de domicílios, das características, dados desagregados por uso final e índice de posse dos equipamentos. Conforme exposto no item 2.3 - Cenário tendencial do setor residencial, para os dados disponibilizados por estudos existentes de projeção do consumo e de índices de posse de equipamentos utilizados neste trabalho, já está embutida a reposição tecnológica por equipamentos mais eficientes, ocasionada pelo término da sua vida útil, bem como medidas de eficiência energética já consolidadas. O cenário tendencial reflete, portanto, o consumo futuro considerando-se o aumento no índice de saturação dos equipamentos bem como a tendência de sua reposição por equipamentos mais eficientes.

3.1.1 Projeção demográfica e da demanda de energia elétrica

Para a projeção da população e do número de domicílios foram mantidos os valores verificados pelo estudo realizado pela EPE (2009), por ser baseado na revisão de 2008 da projeção da população, e que corresponde aos dados mais recentes disponibilizados pelo IBGE (2008). Os dados de projeção fornecidos pelo IBGE não foram utilizados pois não estão desagregados por região geográfica. Para os dados referentes ao ano de 2010 são utilizados os resultados divulgados pelo Censo mais recente (IBGE, 2011).

A projeção do consumo de energia elétrica do país é baseada na média dos valores apresentados pelo Plano Nacional de Energia (MME, 2007c), cuja taxa de crescimento é de 4,3% ao ano, e pela Matriz Energética Nacional (MME, 2007b), cuja taxa de crescimento é de 4,1% ao ano. Portanto, para este trabalho a taxa de crescimento considerada é de 4,2% ao ano para o período de 2010 a 2030.

Através do mesmo procedimento e dos mesmos estudos, determina-se a taxa de crescimento da projeção do consumo do setor residencial. A taxa de crescimento considerada pelo Plano Nacional de Energia é de 5,1% ao ano, e pela Matriz Energética de

4,5% ao ano. Portanto, a taxa de crescimento adotada neste trabalho é de 4,8% ao ano para o período de 2020 a 2030.

Por não haver dados de projeção de consumo por região geográfica, essa é obtida através da soma dos valores de consumo de energia elétrica obtidos para cada faixa de consumo em cada ano. Este procedimento é detalhado no item que segue.

3.1.2 Projeção do consumo de energia elétrica

Para a elaboração do cenário tendencial os domicílios são divididos em quatro faixas de consumo. Esta divisão foi adotada a fim de facilitar a utilização dos dados do relatório da Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a) e do SINPHA (2005), nos quais os resultados são apresentados por faixas.

Devido à incongruência dos dados desagregados por usos finais apresentados pelos estudos analisados e apresentados no capítulo da revisão de literatura, optou-se por sua utilização através de intervalos, abrangendo o menor, o maior e a média dos valores obtidos por três estudos, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Valor mínimo, máximo e médio de uso final adotados para cada equipamento por região geográfica.

| Uso final | Região Geográfica | Menor | Maior | Média ¹ |
|----------------------|-------------------|-------|-------|--------------------|
| | | [%] | | |
| Refrigerador/Freezer | Norte | 17 | 54 | 33 |
| | Nordeste | 20 | 50 | 35 |
| | Centro Oeste | 21 | 46 | 32 |
| | Sudeste | 20 | 35 | 27 |
| | Sul | 23 | 28 | 25 |
| Chuveiro elétrico | Norte | 0 | 2 | 1 |
| | Nordeste | 7 | 12 | 9 |
| | Centro Oeste | 11 | 28 | 19 |
| | Sudeste | 22 | 30 | 26 |
| | Sul | 25 | 44 | 36 |
| Iluminação | Norte | 10 | 14 | 11 |
| | Nordeste | 7 | 11 | 8 |
| | Centro Oeste | 7 | 14 | 11 |
| | Sudeste | 9 | 19 | 15 |
| | Sul | 4 | 13 | 8 |
| Ar condicionado | Norte | 3 | 40 | 20 |
| | Nordeste | 3 | 27 | 12 |
| | Centro Oeste | 2 | 18 | 9 |
| | Sudeste | 1 | 11 | 5 |
| | Sul | 2 | 32 | 15 |

Fonte: adaptado de ELETROBRÁS E PROCEL 2007a; FEDRIGO *et al.* 2009 e SCHAEFFER *et al.* 2009.

Nota¹: a média é referente aos valores obtidos pelos três estudos, e não aos valores mínimo e máximo apresentados.

A tabela apresenta os valores de usos finais a serem analisados, sendo os três estudos referentes à base de dados disponibilizada pela Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso realizada para o período de 2004 a 2005.

Por não haver dados de uso final desagregados por faixas de consumo, mas por região geográfica, é considerado o mesmo intervalo de valores de usos finais para as quatro faixas de consumo, de acordo com a região geográfica.

Os usos finais refrigerador e freezer foram agrupados por assim serem apresentados nos estudos de referência. Destacam-se as grandes diferenças apresentadas para o uso de ar condicionado, variando de 3 a 40% para a região Norte.

A evolução dos usos finais para 2010, 2020 e 2030 é determinada de acordo com o aumento no índice de posse de cada

equipamento previsto pelo Plano Nacional de Energia (MME, 2007a), apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Projeção do índice de posse de equipamentos.

| Equipamento | 2010 | 2020 | 2030 |
|-------------------|-------------------------|------|------|
| | [equipamento/domicílio] | | |
| Refrigerador | 0,95 | 1,03 | 1,11 |
| Freezer | 0,15 | 0,11 | 0,08 |
| Chuveiro elétrico | 0,73 | 0,84 | 0,96 |
| Ar condicionado | 0,11 | 0,16 | 0,24 |
| Lâmpadas | 6,50 | 8,00 | 8,86 |

Fonte: adaptado de MME 2007c.

O índice de posse é considerado o mesmo para as quatro faixas de consumo e para as cinco regiões geográficas, por não haver este tipo de dado desagregado por região geográfica. Observa-se que o freezer é o único equipamento com índice de posse decrescente. Este fato se deve, possivelmente, por já não haver necessidade de estocar alimentos a exemplo do que ocorria em épocas de inflação em alta, e também pela tendência dos consumidores de adquirir refrigeradores do tipo duplex com freezer.

O procedimento descrito a seguir pelas Equações 3.1 a 3.4 é realizado para o intervalo de uso final de cada equipamento conforme apresentado na Tabela 3.1. O procedimento descrito pelas Equações 3.1 a 3.5 é realizado para as quatro faixas de consumo e para as cinco regiões geográficas do país.

O consumo atual do equipamento é obtido através da Equação 3.1.

$$C1_{i=1}^n = CD1 \times UF1_i \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde:

C1 é o consumo atual do equipamento (kWh/mês);

CD1 é o consumo médio atual do domicílio de acordo com dados do SINPHA (kWh/mês);

UF1 é o uso final do equipamento, conforme a Tabela 3.1 (%);

n é o número de equipamentos.

O consumo projetado do equipamento, considerando que não há melhoria na eficiência, é obtido através da Equação 3.2.

$$C2_{i=1}^n = \left(\frac{I2 \times C1}{I1} \right)^i \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde:

C2 é o consumo projetado do equipamento (kWh/mês);

I2 é o índice de posse projetado do equipamento (equipamentos/domicílio);

C1 é o consumo atual do equipamento calculado através da Equação 3.1 (kWh/mês);

I1 é o índice de posse atual do equipamento (equipamentos/domicílio);

n é o número de equipamentos.

O uso final projetado do equipamento é calculado através da Equação 3.3.

$$UF2_{i=1}^n = \frac{C2_i}{\sum_{i=1}^n C2_i} \times 100 \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde:

UF2 é o uso final projetado do equipamento (%);

C2 é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2 (kWh/mês);

n é o número de equipamentos.

O consumo anual projetado do equipamento é calculado através da Equação 3.4.

$$CA2_{i=1}^n = \frac{C2_i \times 12 \times D}{1.000.000.000} \quad \text{Equação 3.4}$$

Onde:

CA2 é o consumo anual projetado do equipamento (TWh/ano);

C2 é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2;

D é o número de domicílios da faixa de consumo;

n é o número de equipamentos.

O consumo médio mensal projetado do domicílio é obtido através da Equação 3.5.

$$CD2 = \sum_{i=1}^n C2_i + CO \quad \text{Equação 3.5}$$

Onde:

CD2 é o consumo médio mensal projetado do domicílio (kWh/mês);

C2 é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2 (kWh/mês);

CO é o consumo relativo ao item "outros". Corresponde aos demais equipamentos eletroeletrônicos não avaliados por este trabalho. Nos cálculos por faixa de consumo este valor é mantido fixo, tanto para o cenário tendencial quanto para o cenário técnico, devido à indisponibilidade de dados (kWh/mês);

n é o número de equipamentos.

A partir dos dados desagregados por faixa de consumo para o ano de 2005 fornecidos pelo SINPHA, projeta-se a distribuição do número de domicílios por faixa de consumo para os anos de 2010, 2020 e 2030. Este procedimento foi adotado para o ano 2010 a fim de determinar esta distribuição de modo gradual, buscando diminuir a acumulação de erros.

A taxa de crescimento utilizada para a projeção do número de domicílios por faixa de consumo foi determinada com base na taxa de crescimento do consumo de energia elétrica do setor, sendo essa de 28,8% para o período de 2005 a 2010, de 59,5% para o período de 2010 a 2020 e de 69,4% para o período de 2020 a 2030.

De acordo com o procedimento adotado no item 3.1.1, para o período entre 2010 e 2030 o consumo de energia elétrica do setor residencial cresce a uma taxa média de 4,8% e o número de domicílios a uma taxa média de 1,5% ao ano (EPE, 2009). Esta diferença implica em aumento na média do consumo de eletricidade por domicílio e na tendência em aumentar o número de domicílios nas faixas de maior consumo.

Portanto, a taxa de projeção da distribuição dos domicílios é ajustada de acordo com a faixa, sendo maior para duas as faixas de maior consumo, considerando essa tendência de crescimento no número de domicílios com maior consumo médio mensal.

Através do produto entre o número de domicílios obtido para cada faixa e seu respectivo consumo médio mensal, calcula-se o consumo total projetado em TWh/ano para 2010, 2020 e 2030 para cada uma das quatro faixas de consumo.

O consumo total anual projetado para cada faixa de consumo é obtido através da Equação 3.6.

$$CAF_{i=1}^n = \frac{CD2_i \times 12 \times D_i}{1.000.000.000} \quad \text{Equação 3.6}$$

Onde:

CAF é o consumo anual da faixa de consumo (TWh/ano);

CD2 é o consumo médio mensal por domicílio calculado através da Equação 3.5 (kWh/mês);

D é o número de domicílios;

n é o número de faixas de consumo.

O consumo total anual para cada região geográfica é obtido através da soma dos valores de consumo anuais calculados para as quatro faixas de consumo, de acordo com a Equação 3.7.

$$CARG_{i=1}^n = \sum_{i=1}^n CAF_i \quad \text{Equação 3.7}$$

Onde:

CARG é o consumo anual da região geográfica (TWh/ano);

CAF é o consumo anual da faixa de consumo calculado na Equação 3.6 (TWh/ano);

n é o número de faixas de consumo.

Como verificação do procedimento adotado para projeção do consumo por faixa de consumo e para distribuição do número de domicílios entre as faixas de consumo, foram comparados a média mensal de consumo por região ponderada pelo número de domicílios, em kWh/mês, e o consumo total por região em TWh/ano obtidos com os respectivos valores de estudos oficiais utilizados como referência. A comparação entre os valores obtidos e os valores oficiais será apresentada no capítulo referente aos resultados.

Através do procedimento descrito neste item 3.1 é possível construir o cenário tendencial de consumo de eletricidade do setor residencial, que corresponde à projeção do consumo, sem a aplicação dos requisitos do regulamento. Neste cenário são descritas características demográficas, de consumo, posse e uso final de equipamentos para diferentes valores de usos finais, de acordo com quatro faixas de consumo para as cinco regiões geográficas do país.

3.2 **Aplicação dos requisitos do regulamento**

Para este estudo não será considerada a metodologia de classificação final da unidade habitacional autônoma; ou seja, a avaliação não terá como objetivo que a edificação atinja determinado nível de eficiência.

A avaliação do regulamento residencial neste estudo será em relação à representatividade que seus requisitos têm no consumo de energia elétrica do setor, sem entrar no mérito da sua obrigatoriedade ou não de avaliação de acordo com o método proposto pelo regulamento. O fato da avaliação dos itens de bonificação não ser mandatória deve-se à dificuldade de sua avaliação tanto em fase de projeto quanto na edificação concluída, uma vez que esses podem ser facilmente instalados ou trocados pelo usuário, o que não implica em não serem representativos no consumo de energia elétrica.

Portanto, serão analisados os requisitos referentes à avaliação da envoltória e dos sistemas de aquecimento de água e as bonificações referentes à iluminação artificial, refrigerador e ar condicionado. Cada requisito e bonificação, com exceção da envoltória, é avaliado sob três diferentes valores de uso final, para cada faixa de consumo e para a região geográfica, que corresponde ao domicílio médio em relação às quatro faixas de consumo.

Será apresentado a seguir o procedimento de avaliação dos requisitos e bonificações analisados por este estudo.

3.2.1 **Classificação do nível de eficiência da envoltória**

As edificações residenciais possuem grande variação de modelos, padrões de uso e posse de equipamentos, o que faz com que possuam maior diversidade em relação às edificações comerciais. É adquirida pelo consumidor, na maior parte das vezes,

a construção com o sistema de aquecimento de água previsto, o que dificulta a avaliação dos demais equipamentos (adquiridos posteriormente e facilmente trocados pelo consumidor), ressaltando a importância da avaliação da envoltória.

O desempenho da envoltória é o requisito de maior peso no regulamento em estudo por estar diretamente ligado à sensação de conforto dos habitantes, pela possibilidade de avaliação em fase de projeto e por ser, essencialmente, o que é entregue ao consumidor. Ainda que não esteja diretamente ligada ao consumo de eletricidade, causa grande influência na utilização de condicionamento artificial de ar e na sensação de conforto térmico dos usuários.

A envoltória é avaliada pelo regulamento sob três parâmetros: eficiência para resfriamento, que corresponde ao desempenho em dias quentes; eficiência para aquecimento, que corresponde ao desempenho em dias frios; e eficiência para refrigeração, que corresponde ao desempenho para ambientes condicionados artificialmente. A avaliação é realizada em relação à habitação ventilada naturalmente, no intuito de promover conforto e postergar a utilização de sistemas de condicionamento artificial.

No entanto, devido à dificuldade de estabelecer um vínculo entre o desempenho da envoltória e o consumo de eletricidade, opta-se por realizar uma avaliação do nível de eficiência dos domicílios existentes de acordo com as características construtivas constantes em estudos oficiais. O objetivo é avaliar se há conformidade entre o padrão construtivo existente e as condições climáticas predominantes em cada região. Ou seja, a avaliação é referente somente à caracterização da situação atual, obtendo-se o nível de eficiência da envoltória destes domicílios.

Para esta avaliação são utilizados os dados mais atuais das características construtivas apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Características construtivas por região geográfica.

| Região geográfica | Parede | Cobertura | Forro |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|
| Norte | alvenaria com revestimento externo | telha cerâmica | madeira |
| Nordeste, Sudeste, Sul, Centro Oeste | alvenaria com revestimento externo | telha cerâmica | laje de concreto |

Fonte: adaptado de SINPHA 2005.

A Figura 3.2 ilustra as características da parede avaliada para as cinco regiões.

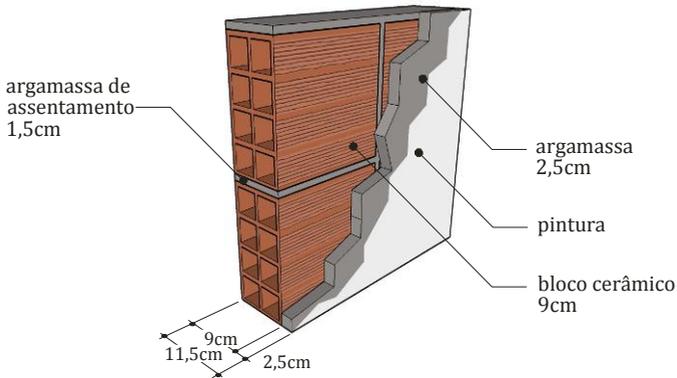


Figura 3.2 - Características da parede de alvenaria com revestimento externo.

Fonte: LabEEE 2010a.

A Figura 3.3 ilustra as características da cobertura de telha cerâmica com laje de concreto, avaliada para as regiões Nordeste, Sudeste, Sul e Centro Oeste.

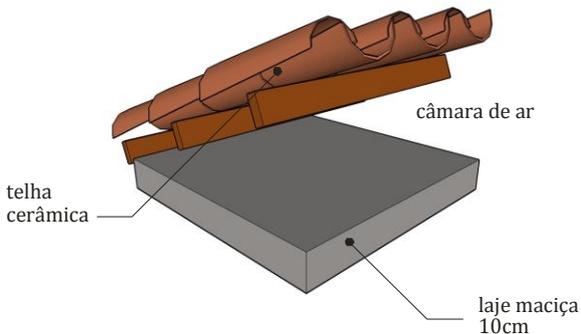


Figura 3.3 - Características da cobertura com telha de cerâmica e laje de concreto.

Fonte: LabEEE 2010a.

A Figura 3.4 ilustra as características da cobertura de telha cerâmica com forro de madeira, avaliada para a região Norte.

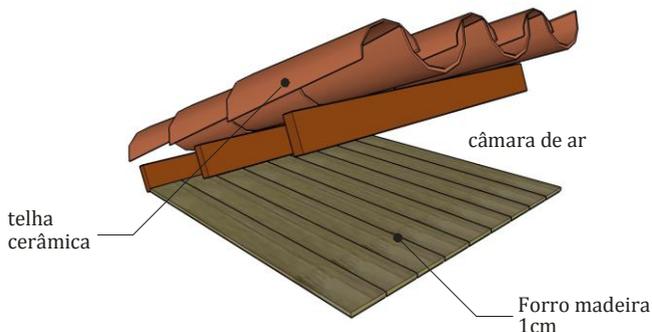


Figura 3.4 - Características da cobertura com telha de cerâmica e forro de madeira.

Fonte: LabEEE 2010a.

As características apresentadas são as que apresentam maior ocorrência entre as faixas de consumo (SINPHA, 2005), a fim de avaliar a maioria dos domicílios. Com exceção do forro para região Norte, as demais características são as mesmas para todas as demais regiões. Não foram utilizados dados da PNAD, mais atuais, por esses apenas distinguem se as paredes e coberturas são de material durável ou não durável, não especificando os componentes construtivos. A absorvância, transmitância e a capacidade térmica dos componentes da Tabela 3.3 são apresentadas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Características térmicas dos materiais.

| Material | absorvância | Transmitância térmica | Capacidade térmica |
|-------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| | [adimensional] | [W/(m ² .K)] | [kJ/(m ² .K)] |
| Alvenaria com revestimento externo | 0,4 | 2,86 | 100 |
| Forro em laje com telha de barro | 0,7 | 2,05 | 238,4 |
| Forro em madeira com telha de barro | 0,7 | 2,02 | 26,4 |

Fonte: adaptado de (LABEEE, 2010a).

O regulamento exige o atendimento a determinados pré-requisitos de transmitância e capacidade térmicas de acordo com a zona bioclimática. Caso o ambiente não os atenda, sua avaliação é

automaticamente nível E, o menos eficiente. No entanto, neste trabalho, mesmo que não atendam aos pré-requisitos os ambientes são analisados, a fim de avaliar as atuais características construtivas da envoltória dos domicílios.

Como o método de avaliação da envoltória do regulamento é realizado através de zonas bioclimáticas, são avaliadas aquelas predominantes em cada região. De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005b), o país é dividido em 8 zonas bioclimáticas de características relativamente homogêneas, sendo a zona 1 a mais fria e a zona 8 a mais quente. As zonas predominantes em cada região são apresentadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Zona bioclimática predominante por região.

| Região geográfica | Zona bioclimática |
|-------------------|-------------------|
| Norte | 8 |
| Nordeste | 7 |
| Sudeste | 3 |
| Sul | 2 |
| Centro Oeste | 6 |

Fonte: adaptado de ABNT 2005.

Portanto será obtido, utilizando-se o método prescritivo descrito no item 2.5.1 da revisão de literatura (pg. 64) e através da planilha de avaliação do método prescritivo apresentada na Figura 3.5, o desempenho da envoltória.

Esta avaliação é realizada através do modelo utilizado nas simulações do regulamento, conforme ilustrado na Figura 2.17 – Modelo das simulações do RTQ-R. (pg. 65), sendo avaliadas as características construtivas citadas na Tabela 3.3 para as zonas bioclimáticas constantes na Tabela 3.5.

Método

| Zona Bioclimática | ZB | | ZB3 |
|---|------------------|-------------------------|-----------------|
| Ambiente | Nome do Ambiente | | Quarto Solteiro |
| | Identificação | | Apto 101 |
| Cobertura | AUamb | m ² | 10,00 |
| | Ucob | W/m ² .K | 0,00 |
| | CTcob | kJ/m ² .K | 1,00 |
| Paredes Externas | αcob | adimensional | 0,00 |
| | Upar | W/m ² .K | 2,00 |
| | CTpar | kJ/m ² .K | 100,00 |
| Característica construtiva | αpar | adimensional | 0,40 |
| | CTbaixa | binário | 0 |
| | CTalta | binário | 0 |
| Situação do piso e cobertura | cob | adimensional | 0 |
| | solo | binário | 1 |
| | pil | binário | 0 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | APambN | m ² | 10,00 |
| | APambS | m ² | 0,00 |
| | APambL | m ² | 0,00 |
| | APambO | m ² | 0,00 |
| Áreas de Aberturas Externas | AAbN | m ² | 2,00 |
| | AAbS | m ² | 0,00 |
| | AAbL | m ² | 0,00 |
| | AAbO | m ² | 0,00 |
| Características das Aberturas | Fvent | adimensional | 0,50 |
| | Somb | adimensional | 0,00 |
| Características Gerais | AparInt | m ² | 15 |
| | PD | m | 2,7 |
| | Caltura | adimensional | 0,27 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | isol | binário | |
| | Uvid | W/m ² .K | |
| | vid | binário | |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | GHR | °C.h | B |
| | | | 1200 |
| Consumo Relativo para Aquecimento | CA | kWh/m ² .ano | B |
| | | | 8,082 |
| Consumo Relativo para Refrigeração | CR | kWh/m ² .ano | C |
| | | | 14,063 |

< LIMPAR

< COPIAR >

APAGAR >

Figura 3.5 – Planilha de cálculo do desempenho da envoltória.

O procedimento é realizado para cada um dos ambientes de permanência prolongada, sendo esses sala e dormitórios, das quatro unidades e para as orientações 1 e 2 do modelo, para cada uma das cinco zonas bioclimáticas.

Devido ao fato do modelo compreender quatro unidades idênticas, as duas orientações analisadas englobam todas orientações solares possíveis.

Na planilha, seleciona-se a zona bioclimática a ser avaliada. Para os campos classificados como binário, a resposta deve ser "1" (um) em caso afirmativo e "0" (zero) em caso negativo. Os demais campos devem ser preenchidos com os valores solicitados.

No campo "Ambiente" são inseridos a descrição e a área útil do ambiente (AUamb).

Nos campos referentes à cobertura e paredes externas, são inseridos as respectivas transmitância térmica (U), a capacidade térmica (CT) e a absorptância (α).

Para o campo das características construtivas, deve ser informado se o ambiente possui capacidade térmica alta (acima de 250 kJ/m²K) ou baixa (abaixo de 50 kJ/m²K). Para os valores de capacidade térmica dentro deste intervalo, os campos devem ser deixados em branco.

No campo referente à situação do piso e cobertura, deve ser informado se a unidade habitacional possui cobertura voltada para o exterior (cob), se possui contato com o solo (solo) e se está sobre pilotis (pil). Ou seja, para uma edificação térrea os valores para cob e solo devem ser 1 (um), para uma habitação do tipo apartamento devem ser 0 (zero).

Nos campos das áreas de paredes e aberturas externas, deve-se informar as áreas de paredes e aberturas do ambiente em contato com o exterior, de acordo com a orientação.

Em relação às características das aberturas, o fator de ventilação (Fvent) indica a área efetiva (sem obstruções) de ventilação da abertura. O sombreamento indica se há sombreamento na abertura.

Nas características gerais deve ser inserida a soma da área das paredes internas (AparInt) e a altura do pé direito (PD). O coeficiente de altura (Caltura) é calculado automaticamente.

Para as zonas bioclimáticas 1 e 2 há a opção de informar se há algum tipo de isolamento (isol) nas paredes externas e/ou cobertura. É necessário informar a transmitância dos vidros (Uvid) e se as aberturas possuem vidro duplo (vid).

Como resultado, será apresentado o desempenho da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração, bem como o nível de eficiência da envoltória para a unidade habitacional naturalmente ventilada e condicionada artificialmente.

3.2.2 Classificação do nível de eficiência do sistema de aquecimento de água

Para avaliação dos sistemas de aquecimento de água, será considerada a substituição do chuveiro elétrico por sistema de aquecimento solar bem como a tendência prevista pelo Plano Nacional de Energia - PNE (MME, 2007c) para a substituição por sistemas de aquecimento a gás natural (GN). Esta tendência da utilização de gás está embutida nos índices de evolução de posse de chuveiro elétrico apresentados pelo PNE e utilizados por este trabalho; parte do princípio que todos os domicílios previstos a possuírem ligação com a rede de gás natural o utilizarão para aquecimento da água.

De acordo com o regulamento, para obter o nível de eficiência máximo para sistemas de aquecimento solar, a unidade habitacional precisa atingir uma fração solar de 70% ou mais. Ou seja, 70% da demanda de água quente calculada deve ser provida através do sistema solar. A demanda de água quente, incidência de radiação solar, a orientação, eficiência e a inclinação dos coletores indicam a área necessária para as placas coletoras. Para o sistema de aquecimento a gás, é realizado o cálculo da potência do aquecedor de acordo com a demanda de água quente da residência.

Para este trabalho, é considerado que todas as unidades habitacionais do tipo casa terão 70% da sua demanda de água quente suprida por sistema de aquecimento solar. Este procedimento foi tomado pois, de acordo com o regulamento, a variação do nível incidência de radiação solar implica na variação da área das placas coletoras. Ou seja, em cidades com menos radiação solar é possível obter o mesmo nível de eficiência que em cidades com maior radiação, sendo necessário, no entanto, aumento na área dos coletores. Em relação à avaliação da demanda de água quente, orientação, eficiência e inclinação das placas coletoras, seria necessário uma análise detalhada, o que excederia os limites deste trabalho, pela impossibilidade de realizar uma estimativa para todos os domicílios do país.

Para as unidades habitacionais do tipo apartamento das três primeiras faixas de consumo é considerado que mantêm a utilização de chuveiros elétricos. Para os domicílios da faixa de maior consumo é considerado que 50% utilizam chuveiro elétrico e os 50% restantes utilizam sistema de aquecimento a gás liquefeito de

petróleo – GLP. Para a avaliação do domicílio médio da região é mantido o procedimento adotado para as três primeiras faixas de consumo.

Considera-se que os domicílios das três faixas de menor consumo mantêm o uso do chuveiro elétrico devido ao fato de que, no Brasil, sistemas de aquecimento a gás serem normalmente utilizados em residências de alto padrão. Para as duas faixas de maior consumo, ainda que correspondam a edificações de padrão mais alto, considera-se que 50% utilizam chuveiro elétrico pelo fato de sistemas de aquecimento a gás serem mais usuais em locais mais frios, por apresentar maior potência de aquecimento em relação aos chuveiros elétricos.

Apesar de o trabalho contemplar um potencial técnico de economia, tomam-se estas decisões devido a determinados fatores. Em relação ao uso de gás natural, o índice de posse para chuveiro elétrico já contemplar os domicílios a serem atendidos pela rede. Em relação ao aquecimento solar, por este não ser viável na grande maioria dos casos de edifícios de apartamentos por escassez de área disponível para implantação dos coletores. Outro fator limitante é o fato de não haver dados relativos ao uso do GLP desagregados por uso para cocção e para aquecimento de água, dificultando a estimativa e projeção do número de domicílios que utilizam esse sistema para aquecimento de água para banho.

3.2.3 Bonificações

Os itens de bonificação relativos ao uso racional de água, às condições de iluminação natural e às condições de ventilação natural não serão avaliados devido ao fato de sua simulação não gerar resultados diretamente relacionados ao consumo de energia bem como pela impossibilidade de sua análise dentro dos limites propostos pelo trabalho. Serão avaliados, portanto, os itens relativos às condições de iluminação artificial, ao sistema de condicionamento artificial de ar e aos refrigeradores.

a) *Refrigeradores*

Refrigeradores devem possuir ENCE com nível de eficiência “A” para obtenção da bonificação. Sua substituição é definida de acordo com a faixa de renda, considerando-se a atual configuração de posse por tipo de refrigerador, de modo que todas as faixas de renda utilizarão refrigeradores com nível de eficiência “A” no ano de

2030. Os modelos utilizados são do tipo comum de uma porta com congelador interno, frost free de uma porta com congelador interno ou modelo combinado frost free.

Há uma tendência de utilização de modelos frost free e frost free combinados (refrigerador e freezer), que consomem mais energia que os modelos de uma porta, pelas faixas de consumo maiores.

Os modelos para refrigeradores são definidos para as faixas de consumo de acordo com a configuração atual obtida através dos dados do SINPHA e de acordo com os modelos classificados pelo PBE. Desta maneira, para a faixa de 0 a 100 e de 101 a 200 kWh/mês, o refrigerador é do tipo comum de uma porta com congelador interno e volume de 255 litros; para a faixa de 201 a 300 kWh/mês, o refrigerador é do tipo frost free de uma porta com congelador interno e volume de 255 litros e para a faixa acima de 300 kWh/mês é do tipo combinado frost free e volume de 480 litros. Para a avaliação do domicílio médio da região é mantido o procedimento adotado para as duas primeiras faixas de consumo. Os níveis de eficiência (ENCE), volume e consumo são apresentados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Características dos refrigeradores por faixa de consumo.

| Faixa de consumo | Volume | 2020 | | 2030 | |
|------------------|----------|------|-----------|------|-----------|
| | | ENCE | Consumo | ENCE | Consumo |
| [kWh/mês] | [litros] | | [kWh/mês] | | [kWh/mês] |
| Domicílio médio | 255 | B | 26,50 | A | 24,20 |
| 0 a 100 | 255 | B | 26,50 | A | 24,20 |
| 101 a 200 | 255 | B | 26,50 | A | 24,20 |
| 201 a 400 | 255 | D | 43,80 | A | 35,50 |
| acima de 400 | 480 | B | 71,40 | A | 53,20 |

Fonte: adaptado de INMETRO 2009.

Assume-se que para 2020 há uma transição na evolução da eficiência dos modelos, e que para 2030 todas as faixas de consumo possuirão refrigeradores com nível de eficiência "A", de acordo com a atual classificação do PBE. Para este trabalho os resultados referentes aos usos finais de refrigerador e freezer são agrupados, pelo fato dos trabalhos consultados utilizados como base fornecerem os dados destes dois equipamentos de modo agrupado.

b) *Condições de iluminação artificial*

De acordo com o regulamento, para obtenção máxima da bonificação de iluminação artificial, todos os ambientes devem possuir lâmpadas com Selo Procel ou eficiência superior a 75 lm/W. Para avaliação deste item, é considerada a troca gradual das fontes de iluminação até atingir 100% de lâmpadas eficientes para o ano de 2030. Portanto, assume-se que em 2030 todos domicílios possuirão lâmpadas fluorescentes compactas de 15W. A distribuição dos tipos de lâmpadas por faixa de consumo pode ser observado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Quantidade e tipo de lâmpada por região e faixa de consumo.

| Tipo de lâmpada/Potência | Faixa de consumo [kWh/mês] | Região geográfica | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------|------|------|------|
| | | N/NE | SE | S | CO |
| 2020 | | | | | |
| I60 | 0 a 100 | 2,00 | 4,00 | 4,00 | 3,20 |
| | 101 a 200 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,40 |
| | 201 a 400 | 3,20 | 4,00 | 2,00 | 2,40 |
| | acima de 400 | 2,00 | 2,00 | 2,40 | 2,40 |
| FT40 | 0 a 100 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 0,80 |
| | 101 a 200 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 0,80 |
| | 201 a 400 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 0,80 |
| | acima de 400 | 0,00 | 1,20 | 1,20 | 0,80 |
| FC15 | 0 a 100 | 4,80 | 2,80 | 2,80 | 4,00 |
| | 101 a 200 | 4,80 | 4,80 | 4,80 | 4,80 |
| | 201 a 400 | 3,60 | 2,80 | 4,80 | 4,80 |
| | acima de 400 | 6,00 | 4,80 | 4,40 | 4,80 |
| 2030 | | | | | |
| FC15 | 0 a 100 | | | | |
| | 101 a 200 | | | | |
| | 201 a 400 | 8,86 | 8,86 | 8,86 | 8,86 |
| | acima de 400 | | | | |

Partindo da atual distribuição de tipos de lâmpada entre faixas de consumo para cada região geográfica (SINPHA, 2005) assume-se que há uma tendência de troca gradual de lâmpadas incandescentes e fluorescentes tubulares por fluorescentes compactas, até atingir a totalidade de lâmpadas do tipo fluorescente compacta no ano de 2030. É considerado o uso de lâmpadas do tipo

incandescente de 60W, fluorescente tubular de 40W e fluorescente compacta de 15W.

É possível considerar a utilização de lâmpadas do tipo LED, que possivelmente estará disponível em larga escala e com altos índices de eficiência em lm/W dentro de alguns anos.

Devido à indisponibilidade de dados, o índice de posse (Tabela 3.2) é considerado o mesmo para todas faixas de consumo e regiões geográficas, sendo a quantidade de lâmpadas por domicílio de 6,50 para 2010, 8,00 para 2020 e 8,86 para 2030 (MME, 2007c). Por este motivo, no ano de 2030 observa-se que todas faixas de consumo das cinco regiões possuem, na mesma quantidade, 100% de lâmpadas do tipo fluorescente compacta.

Para a avaliação do domicílio médio da região é mantido o procedimento adotado para a primeira faixa de consumo. A potência total de iluminação por faixa de consumo e região geográfica é apresentada na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Potência de iluminação por região e faixa de consumo.

| Ano | Faixa de consumo [kWh/mês] | Região geográfica | | | |
|------|-------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|
| | | N/NE | SE | S | CO |
| | | Potência [W] | | | |
| 2020 | Domicílio médio | 240 | 330 | 330 | 284 |
| | 0 a 100 | 240 | 330 | 330 | 284 |
| | 101 a 200 | 240 | 240 | 240 | 248 |
| | 201 a 400 | 294 | 330 | 240 | 248 |
| | acima de 400 | 210 | 240 | 258 | 248 |
| 2030 | Domicílio médio | 133 | 133 | 133 | 133 |
| | 0 a 100 | | | | |
| | 101 a 200 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| | 201 a 400 | | | | |
| | acima de 400 | | | | |

c) *Condicionamento artificial de ar*

Para obtenção da bonificação de condicionamento artificial de ar a envoltória da unidade habitacional condicionada artificialmente deve possuir equivalente numérico nível "A" e os aparelhos condicionadores de ar devem possuir ENCE com nível de eficiência "A".

De acordo com a classificação do PBE (INMETRO, 2009), o coeficiente de performance (COP) para o nível de eficiência "A" para a faixa de condicionadores com potência entre 6.000 e 7.500 BTU/h, na qual se encontram a quase totalidade dos equipamentos utilizados nas residências do país (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a), deve ser maior ou igual a 2,91 em unidades de W/W. Considerando que os equipamentos atuais possuem COP de 2,0 W/W, é simulada sua substituição por equipamentos com COP 2,9 W/W para o ano de 2020 e COP 3,0 W/W para o ano de 2030.

3.3 Cenário técnico do setor residencial

A comparação entre o cenário tendencial e quaisquer outros cenários requer que esses sejam construídos sob os mesmos padrões de evolução relativos ao crescimento demográfico, evolução do PIB, índice de penetração de equipamentos, de crescimento no consumo de eletricidade e de habitações ligadas à rede de energia elétrica. Portanto, o cenário tendencial é utilizado como base para o desenvolvimento do cenário técnico.

O cenário técnico de consumo é definido a partir da aplicação dos requisitos e bonificações propostos pelo regulamento no cenário tendencial já definido. Nele não são consideradas questões econômicas, impedimentos de aplicação de medidas de eficiência energética nem questões de custo/benefício sejam eles do ponto de vista do mercado ou do consumidor. Seu intuito é funcionar como um indicador que estabelece o limite de penetração das medidas.

No entanto, o propósito principal deste trabalho não é a projeção do potencial máximo de economia como ocorre tipicamente em um cenário técnico, ainda que este resultado seja obtido. O objetivo é a avaliação da aplicação dos requisitos e bonificações do regulamento, sendo esta realizada para as quatro faixas de consumo definidas, a fim de identificar os diferentes impactos ocasionados pelos requisitos avaliados de acordo com as diferentes faixas e regiões geográficas.

Como já explicado anteriormente, a simulação da substituição dos equipamentos de acordo com o procedimento determinado no regulamento é feita para três diferentes valores de usos finais, correspondendo ao valor mínimo, médio e máximo observado pelos estudos utilizados como referência.

Conforme citado no início do capítulo, devido à disparidade de valores observada para dados desagregados por uso final,

adotou-se uma abordagem complementar entre dados desagregados e dados de escala macro, a fim de minimizar a acumulação de erros. Os procedimentos de cálculo do cenário técnico são apresentados partindo-se dos dados desagregados por uso final para os dados de escala macro, com o objetivo de facilitar a leitura, não sendo, necessariamente, esta a ordem utilizada como método. Devido a este fato, algumas equações referem-se a outras equações a serem apresentadas em item posterior.

As divisões determinadas no setor residencial para aplicação dos requisitos são apresentadas na Figura 3.6.

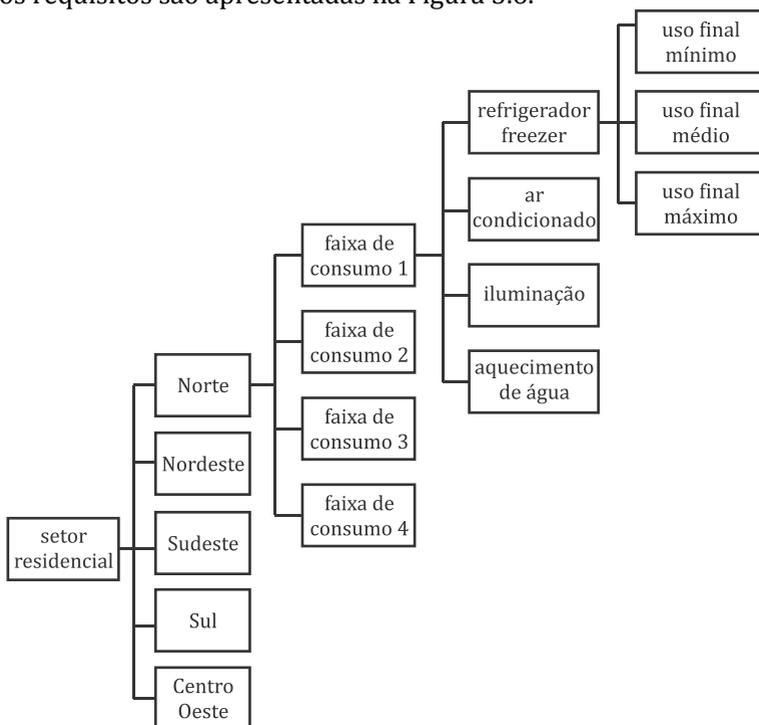


Figura 3.6 - Divisões do setor residencial para aplicação dos requisitos.

Os resultados totais para o setor e para o domicílio são baseados nos valores de uso final médios, pois para os valores mínimo e máximo a soma dos usos finais não resulta 100%. Para os valores mínimo e máximo somente são elaborados os resultados referentes a cada equipamento.

Portanto, serão comparados os resultados obtidos no cenário tendencial com os obtidos no cenário técnico, no qual são aplicados os requisitos e bonificações do regulamento.

3.3.1 Consumo por uso final

Neste item são apresentados os cálculos realizados para obtenção do consumo mensal por domicílio, do uso final e do consumo anual para refrigeradores, iluminação, condicionamento artificial de ar e aquecimento de água. Para estes equipamentos é considerado o aumento do índice de posse, calculado no cenário tendencial, e o aumento da eficiência de acordo com o proposto pelo regulamento, definido no item 3.2 - Aplicação dos requisitos do regulamento, não sendo consideradas alterações no padrão de uso.

São apresentados os procedimentos de cálculo a serem determinados para os anos de 2020 e 2030, para as faixas de consumo, para as regiões geográficas e para o país.

3.3.1.1 Consumo mensal para refrigerador e iluminação

O consumo projetado para refrigeradores e sistemas de iluminação para as faixas de consumo e para as regiões geográficas é obtido através da Equação 3.8.

$$C3_{i=1}^n = \left(\frac{PE \times C2}{PA} \right)^i \quad \text{Equação 3.8}$$

Onde:

C3 é o consumo do equipamento (kWh/mês);

PE é a potência do equipamento eficiente (W ou kWh);

C2 é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2 (kWh/mês);

PA é a potência atual do equipamento (W ou kWh);

n é o número de equipamentos.

Para refrigeradores é utilizado diretamente o consumo em kWh/mês, pois para a maioria dos modelos avaliados pelo PBE não é fornecida a potência do equipamento. A potência total do domicílio para iluminação é obtida através da relação entre a quantidade e a potência dos respectivos tipos de lâmpada. As potências utilizadas foram apresentadas no item 3.2.3 (pg. 84).

3.3.1.2 Consumo mensal para aquecimento de água

A avaliação dos sistemas de aquecimento de água para banho é baseada na substituição do chuveiro elétrico por sistemas de aquecimento solar e a gás, conforme exposto no item 3.2.2 (pg. 91). O procedimento apresentado neste item é realizado para as quatro faixas de consumo e para as cinco regiões geográficas.

Para os domicílios do tipo apartamento das duas primeiras faixas de consumo, considerando que não há substituição do chuveiro elétrico, o consumo é obtido através da Equação 3.9.

$$C3_{A1} = C2 \quad \text{Equação 3.9}$$

Onde:

$C3_{A1}$ é o consumo do aquecimento de água (kWh/mês);

$C2$ é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2 (kWh/mês).

O consumo para domicílios do tipo apartamento nas duas faixas de maior consumo, para os quais é considerado que 50% utilizam sistema de aquecimento a gás, o consumo por domicílio é obtido através da Equação 3.10.

$$C3_{A2} = C2 \times 0,5 \quad \text{Equação 3.10}$$

Onde:

$C3_{A2}$ é o consumo do aquecimento de água (kWh/mês);

$C2$ é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2 (kWh/mês).

Para os domicílios do tipo casa, para os quais é considerado que 70% da demanda de água quente é atendida por sistema de aquecimento solar, o consumo mensal é calculado através da Equação 3.11.

$$C3_{A3} = C2 \times 0,3 \quad \text{Equação 3.11}$$

Onde:

$C3_{A3}$ é o consumo do aquecimento de água (kWh/mês);

$C2$ é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2 (kWh/mês).

Portanto, o consumo para domicílios do tipo apartamento das duas últimas faixas corresponde a 50% e das duas primeiras faixas permanece o calculado para o cenário tendencial; para os domicílios do tipo casa o consumo no cenário técnico corresponde a 30% do consumo calculado para o cenário tendencial, considerando que todas casas possuem fração solar de 70%, ou seja, 70% da demanda de água quente para banho é suprida pelo sistema de aquecimento solar.

3.3.1.3 Consumo mensal para condicionamento artificial de ar

O consumo de condicionamento artificial de ar é obtido através do COP, considerando-se aparelhos com potência de 7.500 BTU/h, por ser este o modelo utilizado pela grande maioria dos domicílios com ar condicionado (ELETROBRÁS e PROCEL, 2007a). Para este equipamento, quanto maior o COP, menor o consumo para a mesma potência, sendo calculado através da Equação 3.12 para as faixas de consumo e para as regiões geográficas.

$$C3 = \frac{COP_A \times C2}{COP_E} \quad \text{Equação 3.12}$$

Onde:

C3 é o consumo do equipamento (kWh/mês);

COP_A é o COP atual do equipamento (unidades de W/W);

C2 é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.2 (kWh/mês);

COP_E é o COP do equipamento eficiente (unidades de W/W).

3.3.1.4 Consumo mensal para equipamentos do domicílio médio do país

O consumo médio mensal por uso final para o domicílio médio do país é obtido através da Equação 3.13.

$$C3_{P_{i=1}}^n = \frac{\sum_{i=1}^n (C3_i \times CD_{RG_k})}{\sum_{k=1}^m CD_{RG_k}} \quad \text{Equação 3.13}$$

Onde:

C3_P é o consumo médio mensal por uso final do domicílio médio do país (kWh/mês);

C3 é o consumo projetado do equipamento por região geográfica, calculado através das Equações 3.8 a 3.12 (kWh/mês);

CD_{RG} é o consumo médio mensal do domicílio da região geográfica, obtido através da Equação 3.19 (kWh/mês);

D_{RG} é o número de domicílios da região geográfica;

n é o número de equipamentos;

m é o número de regiões geográficas.

3.3.1.5 Consumo mensal para o item "outros"

Conforme citado anteriormente, o consumo relativo ao item "outros", referente aos demais equipamentos não avaliados por este trabalho, é mantido constante para os cálculos por faixa de consumo. Para o domicílio médio de cada região geográfica e do país, esse é obtido através da diferença do consumo mensal do domicílio e o consumo calculado dos demais usos finais. O procedimento de cálculo para o consumo médio mensal do domicílio será apresentado no item 3.3.2 a seguir.

O consumo médio mensal para o item "outros" para o domicílio médio da região geográfica é obtido através da Equação 3.14.

$$CO_{RG_{k=1}}^m = CD_{RG_k} - \sum_{i=1}^n C3_i \quad \text{Equação 3.14}$$

Onde:

CO_{RG} é o consumo do item "outros" (kWh/mês);

CD_{RG} é o consumo médio mensal do domicílio da região geográfica, obtido através da Equação 3.19 (kWh/mês);

$C3$ é o consumo projetado do equipamento calculado através das Equações 3.8 a 3.12 (kWh/mês),

n é o número de equipamentos;

m é o número de regiões geográficas.

O consumo médio mensal para o item "outros" para o domicílio médio do país é obtido através da Equação 3.15.

$$CO_P = CD_P - \sum_{i=1}^n C3_{P_i} \quad \text{Equação 3.15}$$

Onde:

CO_{RG} é o consumo do item "outros" (kWh/mês);

CD_p é o consumo médio mensal do domicílio do país, obtido através da Equação 3.20 (kWh/mês);

$C3_p$ é o consumo projetado do equipamento calculado através da Equação 3.13 (kWh/mês),

n é o número de equipamentos.

3.3.1.6 Consumo anual do equipamento

O consumo anual projetado para refrigeradores e freezers, iluminação e condicionamento artificial de ar é calculado através da Equação 3.16.

$$CA3_{i=1}^n = \frac{C3_i \times 12 \times D}{1.000.000.000} \quad \text{Equação 3.16}$$

Onde:

$CA3$ é o consumo anual do equipamento (TWh/ano);

$C3$ é o consumo projetado do equipamento calculado através das Equações 3.8 a 3.12 (kWh/mês);

D é o número de domicílios;

n é o número de equipamentos.

O consumo anual projetado para sistema de aquecimento de água é obtido através da Equação 3.17.

$$CA3 = \frac{[(C3_{A1} \times D_{A1}) + (C3_{A2} \times D_{A2}) + (C3_{A3} \times D_{A3})] \times 12}{1.000.000.000} \quad \text{Equação 3.17}$$

Onde:

$CA3$ é o consumo anual do equipamento (TWh/ano);

$C3_{A1}$ é o consumo projetado para aquecimento de água para os apartamentos das duas primeiras faixas de consumo, calculado na Equação 3.9 (kWh/mês);

D_{A1} é o número de domicílios do tipo apartamentos nas duas primeiras faixas de consumo;

$C3_{A2}$ é o consumo projetado para aquecimento de água para os apartamentos das duas últimas faixas de consumo, calculado na Equação 3.10 (kWh/mês);

D_{A2} é o número de domicílios do tipo apartamentos nas duas últimas faixas de consumo;

$C3_{A3}$ é o consumo projetado para aquecimento de água para os domicílios do tipo casa, calculado na Equação 3.11 (kWh/mês);

D_{A2} é o número de domicílios do tipo casa.

3.3.2 Consumo médio mensal do domicílio

O consumo médio mensal do domicílio para cada faixa de consumo é obtido através da Equação 3.18.

$$CD_{F_{k=1}}^m = \left(\sum_{i=1}^n C3_i + CO \right) k \quad \text{Equação 3.18}$$

Onde:

CD_F é o consumo médio mensal do domicílio (kWh/mês);

$C3$ é o consumo projetado do equipamento calculado através das Equações 3.8 a 3.12 (kWh/mês);

CO é o consumo relativo ao item "outros";

n é o número de equipamentos;

m é o número de faixas de consumo.

O consumo médio mensal do domicílio para cada região geográfica é obtido através da Equação 3.19.

$$CD_{RG_{k=1}}^m = \frac{\sum_{i=1}^n (CD_F \times D_F) i}{\sum_{i=1}^n (D_F) i} \quad \text{Equação 3.19}$$

Onde:

CD_{RG} é o consumo médio mensal do domicílio para a região geográfica (kWh/mês);

CD_F é o consumo médio mensal do domicílio da faixa de consumo, obtido através da Equação 3.18 (kWh/mês);

D_F é o número de domicílios da faixa de consumo;

n é o número de faixas de consumo;

m é o número de regiões geográficas.

O consumo médio mensal do domicílio para o país é obtido através da Equação 3.20.

$$CD_P = \frac{\sum_{i=1}^n (CD_{RG} \times D_{RG}) i}{\sum_{i=1}^n (D_{RG}) i} \quad \text{Equação 3.20}$$

Onde:

CD_P é o consumo médio mensal do domicílio para o país (kWh/mês);

CD_{RG} é o consumo médio mensal do domicílio da região geográfica, obtido através da Equação 3.19 (kWh/mês);

D_{RG} é o número de domicílios da região geográfica;

n é o número de regiões geográficas.

3.3.3 Uso final

O uso final projetado do equipamento é calculado através da Equação 3.21.

$$UF3_{i=1}^n = \frac{C3_i}{CD} \times 100 \quad \text{Equação 3.21}$$

Onde:

UF3 é o uso final do equipamento (%);

$C3$ é o consumo projetado do equipamento calculado através das Equações 3.8 a 3.13 (kWh/mês);

CD é o consumo mensal do domicílio, calculado através das Equações 3.18 a 3.20.

3.3.4 Consumo total anual

O consumo total anual para cada região geográfica é obtido através da soma dos valores de consumo anuais observados para as quatro faixas de consumo. Este por sua vez é obtido através do produto do consumo médio mensal e o respectivo número de domicílios de cada faixa de consumo.

O consumo anual para cada faixa de consumo é obtido através da Equação 3.22.

$$CA_F = \frac{CD_F \times 12 \times D_F}{1.000.000.000} \quad \text{Equação 3.22}$$

Onde:

CA_F é o consumo anual da faixa de consumo (TWh/ano);

CD_F é o consumo do domicílio médio para a faixa de consumo, obtido através da Equação 3.18 (kWh/mês);

D_F é o número de domicílios da faixa de consumo.

O consumo anual para cada região geográfica é obtido através da Equação 3.23.

$$CA_{RG} = \sum_{i=1}^n (CA_F)_i \quad \text{Equação 3.23}$$

Onde:

CA_{RG} é o consumo anual da região geográfica (TWh/ano);

CA_F é o consumo anual da faixa de consumo calculado através da Equação 3.22 (TWh/ano);

n é o número de faixas de consumo.

O consumo anual para o país é obtido através da Equação 3.24.

$$CA_P = \sum_{i=1}^n (CA_{RG})_i \quad \text{Equação 3.24}$$

Onde:

CA_P é o consumo anual do país (TWh/ano);

CA_{RG} é o consumo anual da região geográfica calculado através da Equação 3.23 (TWh/ano);

n é o número de regiões geográficas.

3.4 Procedimento para análise dos resultados

Os resultados são apresentados em dois itens, sendo o primeiro referente à caracterização e cenário tendencial e o segundo referente ao cenário técnico do setor residencial. Conforme definido anteriormente, o cenário tendencial corresponde à tendência da evolução do setor sem aplicação de medidas de eficiência energética. Porém, considera-se a tendência do aumento na posse e na eficiência dos equipamentos, sendo o cenário tendencial desenvolvido através de bases de dados existentes provenientes de estudos de órgãos oficiais. O cenário tendencial é utilizado como base para aplicação dos requisitos que se deseja analisar e para se realizar comparações com o cenário técnico.

Portanto, para o cenário tendencial são definidas, para as cinco regiões geográficas e para o país, as principais características demográficas e de consumo de energia elétrica para os anos de 2010, 2020 e 2030.

Após, estas características são detalhadas para cada uma das regiões geográficas e por faixas de consumo. São apresentados valores para a distribuição em valores absolutos e percentuais de domicílios, consumo médio por domicílio e o consumo total anual.

No cenário técnico são avaliados, para cada região geográfica e para quatro faixas de consumo, os quatro usos finais analisados, sejam esses refrigerador e freezer agrupados, chuveiro elétrico, iluminação e condicionamento artificial de ar, sendo que para cada um destes itens são analisados três valores de uso final observados nos estudos existentes analisados - mínimo, médio e máximo.

Paralelamente aos resultados obtidos para o cenário técnico são expostos os resultados obtidos para o cenário tendencial, a fim de estabelecer a comparação entre os cenários.

Para os valores mínimo e máximo de uso final são obtidos somente os resultados para cada equipamento, devido à impossibilidade de se obter resultados totais; visa expor os valores extremos de consumo de acordo com a variação observada nos estudos analisados. Isto ocorre pelo fato dos valores mínimo e máximo de uso final terem sido obtidos através de estudos distintos; ou seja, a soma dos valores não resulta em 100%.

Para cada faixa de consumo é estimado o potencial de economia total anual para os quatro usos finais analisados, em valores absolutos e relativos, para os anos de 2020 e 2030 e para os valores máximo e mínimo de uso final. São obtidos, para cada faixa de consumo, resultados de consumo e economia mensais por equipamento para o domicílio médio, sendo utilizados os valores médios de uso final.

Para se obter os potenciais de economia por uso final para a região geográfica, correspondente à média de todos domicílios, foram utilizados os parâmetros empregados para a faixa de consumo com o maior número de domicílios de cada região, conforme definido no item 3.2 - Aplicação dos requisitos do regulamento. Este procedimento foi adotado por não ser possível obter o consumo do equipamento para a região através dos valores dos equipamentos calculados nas faixas de consumo. O emprego de parâmetros específicos para cada faixa impossibilita a obtenção do consumo do equipamento para a região através da média dos consumos obtidos para as faixas, seja simples ou ponderada.

Por fim, são expostos para cada região os resultados totais em valores absolutos e relativos, de consumo anual e por domicílio,

bem como a relação entre o potencial de economia e a participação percentual do número de domicílio para cada faixa de consumo.

Através destes dados é possível observar os impactos resultantes da relação entre os diferentes valores de usos finais, faixas de consumo, regiões geográficas e os usos finais estudados, permitindo analisar os potenciais de economia sob diferentes perspectivas.

Como última etapa são obtidos os resultados totais para o país. Os consumos por equipamento para os valores mínimo e máximo de uso final são obtidos através da soma dos consumos calculados para cada região. Da mesma maneira são obtidos os consumos mensais dos equipamentos para o valor médio de uso final, sendo esses apresentados dentro da escala do domicílio médio brasileiro. Para o domicílio médio do país também são calculados os usos finais percentuais para os equipamentos analisados.

São analisados os potenciais de economia totais anuais por equipamento e os consumos médios mensais por domicílio por região geográfica.

Os dados são agregados por região geográfica e faixa de consumo, a fim de avaliar a relação entre os respectivos potenciais de economia e a distribuição dos domicílios dentro da escala do país. Proporciona também uma visão abrangente dos resultados e, através da soma dos potenciais obtidos para todas as faixas de consumo de todas as regiões, é estimado o potencial total de economia de energia elétrica para o setor residencial mediante a aplicação dos requisitos do regulamento residencial.

4 Resultados

Foram apresentados neste volume os objetivos do presente trabalho e os procedimentos realizados no intuito de alcançá-los. Na revisão de literatura foram expostos estudos relevantes para seu desenvolvimento e que corroboram com as suas justificativas. No capítulo referente ao método foram apresentados os procedimentos realizados para se atingir os resultados esperados, seja o principal a avaliação do impacto dos requisitos propostos pelo Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios residenciais (RTQ-R) no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro.

Portanto, os resultados apresentados são a análise da influência destes requisitos no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro, para quatro faixas de consumo, para as cinco regiões geográficas e para todo o setor residencial, sendo esta análise apresentada na forma de cenários de consumo. Os resultados podem ser então resumidos:

- Caracterização e Cenário Tendencial do consumo de energia elétrica do setor residencial, para os anos 2010, 2020 e 2030, através da conjugação de dados disponibilizados por levantamentos de cobertura nacional;
- Desenvolvimento do cenário técnico para os anos de 2020 e 2030, no qual é realizada a análise do potencial de economia para quatro usos finais - refrigerador/freezer, chuveiro elétrico, iluminação e ar condicionado - para as quatro faixas de consumo das cinco regiões geográficas e para o setor residencial como um todo.

4.1 Caracterização e cenário tendencial do setor residencial

O cenário tendencial é construído com base em dados de projeção de estudos oficiais existentes. Estes dados são referentes à evolução demográfica, de domicílios, do consumo de energia elétrica e ao uso e posse de equipamentos. A construção do cenário tendencial dentro de um horizonte de longo prazo tem como objetivo identificar uma possível trajetória que o setor poderá tomar.

Na Tabela 4.1 são apresentadas as características relativas à evolução demográfica, de domicílios e de consumo de energia elétrica do setor residencial.

Tabela 4.1 – Características demográficas e de consumo de energia elétrica do cenário tendencial.

| Ano | 2010 | 2020 | 2030 |
|--|---------|---------|----------|
| População residente | | | |
| [mil habitantes] | | | |
| Brasil | 190.756 | 207.711 | 216.707 |
| Norte | 15.864 | 17.245 | 18.289 |
| Nordeste | 53.082 | 57.959 | 60.381 |
| Sudeste | 80.364 | 87.238 | 90.743 |
| Sul | 27.387 | 29.641 | 30.706 |
| Centro Oeste | 14.058 | 15.628 | 16.589 |
| Número de domicílios | | | |
| [mil domicílios] | | | |
| Brasil | 67.447 | 75.161 | 90.061 |
| Norte | 4.610 | 5.367 | 6.493 |
| Nordeste | 17.859 | 18.680 | 22.292 |
| Sudeste | 29.531 | 33.455 | 40.024 |
| Sul | 10.408 | 11.918 | 14.386 |
| Centro Oeste | 5.040 | 5.741 | 6.866 |
| Consumo de energia elétrica | | | |
| [TWh/ano] | | | |
| Brasil | 468,90 | 687,40 | 1.018,90 |
| Setor residencial (média dos estudos) ¹ | 105,35 | 168,00 | 284,65 |
| Setor residencial (calculado) | 108,30 | 168,03 | 284,64 |
| Variação | 2,72% | 0,02% | 0,00% |
| Norte | 5,59 | 8,74 | 14,81 |
| Nordeste | 19,81 | 29,74 | 50,40 |
| Sudeste | 57,47 | 90,07 | 152,53 |
| Sul | 17,40 | 27,05 | 45,82 |
| Centro Oeste | 8,03 | 12,43 | 21,08 |
| Participação no consumo do país | | | |
| Setor residencial | 23,1% | 24,4% | 27,9% |
| Consumo médio mensal por domicílio | | | |
| [kWh/mês] | | | |
| Brasil | 130,16 | 186,26 | 263,38 |
| Norte | 101,04 | 135,64 | 190,08 |
| Nordeste | 92,44 | 132,69 | 188,42 |
| Sudeste | 162,17 | 224,36 | 317,59 |
| Sul | 139,30 | 189,16 | 265,42 |
| Centro Oeste | 132,77 | 180,40 | 255,84 |

Nota¹: média entre o consumo do Plano Nacional de Energia 2030 (MME, 2007c) e da Matriz Energética Nacional 2030 (MME, 2007b), de acordo com o item 3.1.1.

De acordo com o cenário tendencial, a população do país pode atingir 216 milhões de habitantes e 90 milhões de domicílios no ano de 2030. O crescimento mais acelerado no número de domicílios em relação à população confirma a tendência de diminuição no número de habitantes por domicílios; ou seja, famílias menores e mais pessoas morando sozinhas. O setor deve atingir o consumo de 284 TWh em 2030, o que representa quase 28% do total do país, sendo a região Sudeste responsável por mais de 50% deste consumo.

Para as regiões Norte e Nordeste a razão entre a taxa de crescimento do número de domicílios e a de crescimento do consumo de energia elétrica é maior em relação às demais regiões; ou seja, o crescimento do consumo médio por domicílio é menos acentuado. A consequência disto é que, ainda que haja tendência de decrescer ao longo dos anos, a grande maioria dos domicílios permanece nas faixas de menor consumo, aproximadamente 60% para o Norte e 63% para o Nordeste para o ano de 2030.

A grande quantidade de domicílios existente na região Nordeste, responsável por 17,7% do consumo do setor, faz com que o consumo médio mensal de 188 kWh/mês por domicílio seja o menor de todas regiões em 2030, sendo a média do país de 263 kWh/mês.

A região Sudeste, cuja estimativa para 2030 é de concentrar 44,44% dos domicílios e 53,59% do consumo de eletricidade, apresenta para esse ano o maior consumo médio mensal entre as regiões, de 317 kWh/mês, refletindo o alto poder aquisitivo dos habitantes da região. Em oposição ao Norte e Nordeste, nesta região a razão entre a taxa de crescimento do consumo de eletricidade e a de crescimento do número de domicílios evolui de modo mais acelerado, implicando aumento mais acentuado no consumo médio por domicílio ao longo do período. Como consequência, as duas primeiras faixas de consumo comportam 20% dos domicílios, sendo esta proporção de 60% nas regiões Norte e Nordeste.

A região Sul apresenta a segunda maior média de consumo mensal por domicílios, com 265 kWh/mês em 2030. Possui as maiores porcentagens de uso final relativo ao chuveiro elétrico, por ser a região mais fria do país. Este fato pode justificar o alto consumo médio mensal, visto que a variação do uso final para refrigerador é menor entre as regiões, sendo estes dois os principais responsáveis pelo consumo em um domicílio médio brasileiro. Assim como no Sudeste, no Sul a participação dos domicílios nas

faixas de maior consumo é mais proeminente em relação ao Norte e Nordeste.

A região Nordeste é responsável pelo segundo maior consumo do setor, no entanto, este corresponde a apenas aproximadamente 1/3 do consumo da região Sudeste, reforçando a forte participação dessa região no consumo total do país.

Apesar de ser uma região predominantemente quente, assim como no Sul e no Sudeste o uso do chuveiro elétrico é alto no Centro Oeste, com valores próximos aos do Sudeste, o que pode justificar o terceiro maior consumo médio por domicílio, de 255 kWh/mês em 2030. No entanto, devido ao baixo número de domicílios o Centro Oeste é responsável por apenas 7,4% do consumo do setor para esse ano.

A seguir são apresentados os resultados por faixa de consumo, relativos à demografia e consumo de energia elétrica do cenário tendencial das regiões geográficas. Devido ao crescimento dos consumos médios por domicílio, verifica-se para o cenário tendencial uma nova distribuição de faixas de consumo. As duas primeiras faixas permanecem sob os mesmos intervalos de consumo; a terceira passa de 201 a 300 para 201 a 400 kWh/mês e a quarta passa a ser para os domicílios com consumo acima de 400 kWh/mês.

Também são apresentadas as variações percentuais entre o consumo total anual calculado e o fornecido pelos estudos utilizados como referência. A variação percentual para valores idênticos de consumo calculado e previsto é devida à supressão de casas decimais.

Os resultados relativos aos usos finais dos equipamentos são expostos juntamente aos resultados do cenário técnico no item 4.3. Na Tabela 4.2 são apresentadas as características do país por faixa de consumo, relativas à distribuição de domicílios e ao consumo médio mensal e consumo total anual.

Tabela 4.2 - Características demográficas e de consumo do país por faixa de consumo.

| Faixa de consumo | Ano | | |
|---|---------------------|--------|--------|
| | 2010 | 2020 | 2030 |
| Número de domicílios | | | |
| [kWh/mês] | [mil domicílios] | | |
| 0 a 100 | 41.496 | 38.012 | 33.508 |
| 101 a 200 | 13.282 | 15.692 | 19.111 |
| 201 a 400 | 6.412 | 10.568 | 17.845 |
| acima de 400 | 6.257 | 10.889 | 19.597 |
| total | 67.447 | 75.161 | 90.061 |
| Distribuição do número de domicílios | | | |
| [kWh/mês] | [%] | | |
| 0 a 100 | 61,5 | 50,6 | 37,2 |
| 101 a 200 | 19,7 | 20,9 | 21,2 |
| 201 a 400 | 9,5 | 14,1 | 19,8 |
| acima de 400 | 9,3 | 14,5 | 21,8 |
| total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Consumo médio por domicílio | | | |
| [kWh/mês] | [kWh/mês/domicílio] | | |
| 0 a 100 | 59,28 | 66,64 | 74,73 |
| 101 a 200 | 147,21 | 164,58 | 185,07 |
| 201 a 400 | 235,57 | 265,21 | 298,29 |
| acima de 400 | 495,33 | 558,74 | 630,52 |
| média calculada | 130,16 | 186,26 | 263,38 |
| Consumo total | | | |
| [kWh/mês] | [TWh/ano] | | |
| 0 a 100 | 29,52 | 30,40 | 30,05 |
| 101 a 200 | 23,46 | 30,99 | 42,44 |
| 201 a 400 | 18,13 | 33,63 | 63,88 |
| acima de 400 | 37,19 | 73,01 | 148,28 |
| total calculado | 108,30 | 168,03 | 284,64 |
| [kWh/mês] | [%] | | |
| 0 a 100 | 27,3 | 18,1 | 10,6 |
| 101 a 200 | 21,7 | 18,4 | 14,9 |
| 201 a 400 | 16,7 | 20,0 | 22,4 |
| acima de 400 | 34,3 | 43,5 | 52,1 |

Considerando o aumento no consumo médio mensal por domicílio, a tendência que se observa para a primeira faixa de consumo é de diminuição no número de domicílios, ou seja, menos domicílios consumirão até 100 kWh/mês nos próximos anos.

Para as duas últimas faixas, a tendência é de aumento na concentração do número de domicílios para o período analisado.

Somando os resultados obtidos para as duas faixas de maior consumo, essas concentram 28,5% e 41,6% dos domicílios e consomem 63,5% e 74,5% da energia elétrica do país para os anos de 2020 e 2030, respectivamente. Ou seja, menos de 50% dos domicílios consomem mais de 50% da eletricidade do setor.

A distribuição dos domicílios por faixa de consumo por região geográfica é apresentada em valores absolutos na Tabela 4.3 e em valores relativos na Tabela 4.4.

Tabela 4.3 - Número de domicílios por faixa de consumo.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Ano | | |
|-------------------------------|------------------|--------|--------|
| | 2010 | 2020 | 2030 |
| | [mil domicílios] | | |
| Norte | | | |
| 0 a 100 | 3.670 | 3.956 | 4.020 |
| 101 a 200 | 496 | 692 | 1.293 |
| 201 a 400 | 192 | 306 | 518 |
| acima de 400 | 252 | 413 | 662 |
| total | 4.610 | 5.367 | 6.493 |
| Nordeste | | | |
| 0 a 100 | 14.708 | 13.627 | 14.457 |
| 101 a 200 | 1.689 | 2.317 | 3.121 |
| 201 a 400 | 666 | 1.225 | 1.735 |
| acima de 400 | 796 | 1.511 | 2.979 |
| total | 17.859 | 18.680 | 22.292 |
| Sudeste | | | |
| 0 a 100 | 14.382 | 12.526 | 8.489 |
| 101 a 200 | 7.473 | 7.695 | 7.924 |
| 201 a 400 | 3.995 | 6.704 | 11.869 |
| acima de 400 | 3.682 | 6.530 | 11.742 |
| total | 29.531 | 33.455 | 40.024 |
| Sul | | | |
| 0 a 100 | 5.803 | 5.381 | 4.791 |
| 101 a 200 | 2.439 | 3.237 | 4.201 |
| 201 a 400 | 1.129 | 1.646 | 2.560 |
| acima de 400 | 1.036 | 1.653 | 2.834 |
| total | 10.408 | 11.918 | 14.386 |
| Centro Oeste | | | |
| 0 a 100 | 2.933 | 2.522 | 1.750 |
| 101 a 200 | 1.186 | 1.750 | 2.572 |
| 201 a 400 | 431 | 687 | 1.163 |
| acima de 400 | 491 | 783 | 1.380 |
| total | 5.040 | 5.741 | 6.866 |

Tabela 4.4 - Porcentagem de domicílios por faixa de consumo.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Ano | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
| | 2010 | 2020 | 2030 |
| | [%] | | |
| Norte | | | |
| 0 a 100 | 79,6 | 73,7 | 61,9 |
| 101 a 200 | 10,8 | 12,9 | 19,9 |
| 201 a 400 | 4,2 | 5,7 | 8,0 |
| acima de 400 | 5,5 | 7,7 | 10,2 |
| total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Nordeste | | | |
| 0 a 100 | 82,4 | 73,0 | 64,9 |
| 101 a 200 | 9,5 | 12,4 | 14,0 |
| 201 a 400 | 3,7 | 6,6 | 7,8 |
| acima de 400 | 4,5 | 8,1 | 13,4 |
| total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Sudeste | | | |
| 0 a 100 | 48,7 | 37,4 | 21,2 |
| 101 a 200 | 25,3 | 23,0 | 19,8 |
| 201 a 400 | 13,5 | 20,0 | 29,7 |
| acima de 400 | 12,5 | 19,5 | 29,3 |
| total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Sul | | | |
| 0 a 100 | 55,8 | 45,2 | 33,3 |
| 101 a 200 | 23,4 | 27,2 | 29,2 |
| 201 a 400 | 10,8 | 13,8 | 17,8 |
| acima de 400 | 10,0 | 13,9 | 19,7 |
| total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Centro Oeste | | | |
| 0 a 100 | 58,2 | 43,9 | 25,5 |
| 101 a 200 | 23,5 | 30,5 | 37,5 |
| 201 a 400 | 8,5 | 12,0 | 16,9 |
| acima de 400 | 9,7 | 13,6 | 20,1 |
| total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

É possível observar a tendência de maior concentração de domicílios nas faixas de menor consumo para as regiões Norte e Nordeste. O oposto ocorre nas regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste, nas quais há maior tendência de aumento da proporção de domicílios nas faixas de maior consumo. Porém, apenas a região Sudeste possui maior concentração dos domicílios nas faixas de maior consumo para 2030.

A Tabela 4.5 apresenta os valores de consumo médio mensal por faixa de consumo por região geográfica.

Tabela 4.5 - Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Ano | | |
|-------------------------------|---------------------|--------|--------|
| | 2010 | 2020 | 2030 |
| | [kWh/mês/domicílio] | | |
| Norte | | | |
| 0 a 100 | 54,34 | 62,56 | 72,90 |
| 101 a 200 | 140,18 | 161,39 | 188,07 |
| 201 a 400 | 242,88 | 279,63 | 325,85 |
| acima de 400 | 595,81 | 685,97 | 799,35 |
| média calculada | 101,04 | 135,64 | 190,08 |
| média dos estudos | 99,04 | 135,64 | 189,97 |
| Nordeste | | | |
| 0 a 100 | 54,99 | 61,41 | 69,20 |
| 101 a 200 | 133,55 | 149,13 | 168,07 |
| 201 a 400 | 240,04 | 268,04 | 302,09 |
| acima de 400 | 573,84 | 640,78 | 722,17 |
| média calculada | 92,44 | 132,69 | 188,42 |
| média dos estudos | 87,01 | 132,65 | 188,35 |
| Sudeste | | | |
| 0 a 100 | 64,10 | 71,68 | 79,80 |
| 101 a 200 | 154,90 | 173,23 | 192,85 |
| 201 a 400 | 233,71 | 261,36 | 290,97 |
| acima de 400 | 482,40 | 539,48 | 600,59 |
| média calculada | 162,17 | 224,36 | 317,59 |
| média dos estudos | 159,34 | 224,30 | 317,67 |
| Sul | | | |
| 0 a 100 | 62,42 | 72,44 | 85,03 |
| 101 a 200 | 140,21 | 162,71 | 191,00 |
| 201 a 400 | 235,82 | 273,67 | 321,25 |
| acima de 400 | 462,57 | 536,81 | 630,14 |
| média calculada | 139,30 | 189,16 | 265,42 |
| média dos estudos | 135,80 | 189,12 | 265,47 |
| Centro Oeste | | | |
| 0 a 100 | 57,06 | 63,88 | 71,78 |
| 101 a 200 | 135,54 | 151,74 | 170,51 |
| 201 a 400 | 242,04 | 270,98 | 304,49 |
| acima de 400 | 482,61 | 540,31 | 607,14 |
| média calculada | 132,77 | 180,40 | 255,84 |
| média dos estudos | 128,91 | 180,46 | 255,66 |

As médias calculadas correspondem aos consumos obtidos através do procedimento descrito no item 3.1.2 do capítulo referente ao método. As médias dos estudos são obtidas através da divisão do consumo anual pelo número de domicílios, ambos de estudos oficiais. O consumo anual é obtido através da média dos valores fornecidos pelo Plano Nacional de Energia 2030 (MME, 2007c) e pela Matriz Energética Nacional 2030 (MME, 2007b), que são os estudos utilizados de base para obtenção da taxa de crescimento do consumo do setor, conforme descrito no item do método referente à projeção do consumo de energia elétrica.

O número de domicílios é obtido através do estudo da EPE (2009), que por sua vez é baseado na revisão da estimativa da população mais recente divulgada pelo IBGE.

A tendência que se observa é de aumento no consumo médio mensal para todas regiões ao longo do período. Destaca-se o alto valor do consumo médio da região Sudeste; nas regiões Sul e Centro Oeste o consumo em 2030 é próximo à média do país de 265 kWh/mês e as regiões Norte e Nordeste possuem as menores médias das regiões.

Na Tabela 4.6 são apresentados os valores de consumo total anual por faixa de consumo por região geográfica e as diferenças percentuais entre os valores calculados e os obtidos através dos estudos consultados.

Tabela 4.6 - Consumo total anual por faixa de consumo.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Ano | | |
|-------------------------------|-----------|-------|--------|
| | 2010 | 2020 | 2030 |
| | [TWh/ano] | | |
| Norte | | | |
| 0 a 100 | 2,39 | 2,97 | 3,52 |
| 101 a 200 | 0,83 | 1,34 | 2,92 |
| 201 a 400 | 0,56 | 1,03 | 2,03 |
| acima de 400 | 1,80 | 3,40 | 6,35 |
| total calculado | 5,59 | 8,74 | 14,81 |
| total dos estudos | 5,48 | 8,74 | 14,80 |
| diferença | 2,0% | 0,0% | 0,1% |
| Nordeste | | | |
| 0 a 100 | 9,71 | 10,04 | 12,01 |
| 101 a 200 | 2,71 | 4,15 | 6,30 |
| 201 a 400 | 1,92 | 3,94 | 6,29 |
| acima de 400 | 5,48 | 11,62 | 25,81 |
| total calculado | 19,81 | 29,74 | 50,40 |
| total dos estudos | 18,65 | 29,74 | 50,38 |
| diferença | 5,9% | 0,0% | 0,0% |
| Sudeste | | | |
| 0 a 100 | 11,06 | 10,77 | 8,13 |
| 101 a 200 | 13,89 | 16,00 | 18,34 |
| 201 a 400 | 11,20 | 21,03 | 41,44 |
| acima de 400 | 21,31 | 42,27 | 84,62 |
| total calculado | 57,47 | 90,07 | 152,53 |
| total dos estudos | 56,47 | 90,05 | 152,57 |
| diferença | 1,7% | 0,0% | 0,0% |
| Sul | | | |
| 0 a 100 | 4,35 | 4,68 | 4,89 |
| 101 a 200 | 4,10 | 6,32 | 9,63 |
| 201 a 400 | 3,20 | 5,41 | 9,87 |
| acima de 400 | 5,75 | 10,65 | 21,43 |
| total calculado | 17,40 | 27,05 | 45,82 |
| total dos estudos | 16,96 | 27,05 | 45,83 |
| diferença | 2,5% | 0,0% | 0,0% |
| Centro Oeste | | | |
| 0 a 100 | 2,01 | 1,93 | 1,51 |
| 101 a 200 | 1,93 | 3,19 | 5,26 |
| 201 a 400 | 1,25 | 2,23 | 4,25 |
| acima de 400 | 2,84 | 5,08 | 10,06 |
| total calculado | 8,03 | 12,43 | 21,08 |
| total dos estudos | 7,80 | 12,43 | 21,06 |
| diferença | 2,9% | 0,0% | 0,1% |

O consumo total anual dos estudos é obtido através do mesmo procedimento e dos mesmos estudos utilizados para obtenção do consumo médio mensal.

Com exceção do Sudeste, em todas as regiões a soma dos valores de consumo anual observados para as duas faixas de menor consumo, que concentram a maior parte dos domicílios, é menor que a soma dos valores observados para as duas faixas de maior consumo, indicando o alto consumo por domicílio das duas últimas faixas.

4.2 Classificação da envoltória

Neste item são apresentados os resultados obtidos para a avaliação da envoltória. Foram simulados, para um mesmo modelo, através das planilhas disponibilizadas pelo LabEEE, o nível de eficiência da envoltória para as cinco regiões geográficas com suas características construtivas. O fato do modelo ter quatro unidades iguais, conforme apresentado na Figura 2.17 (pg. 65), as duas orientações analisadas contemplam todas as orientações solares possíveis.

Foi avaliado o desempenho da envoltória para habitações do tipo apartamento e do tipo casa para as zonas bioclimáticas correspondentes às regiões geográficas, conforme exposto no item 3.2.1 do capítulo referente ao método.

São apresentados, para cada uma das quatro unidades do modelo, o desempenho para resfriamento, aquecimento e refrigeração, bem como o nível de eficiência da envoltória da edificação ventilada naturalmente e condicionada artificialmente.

Conforme exposto anteriormente, para obtenção do nível de eficiência da envoltória naturalmente ventilada nas zonas 1 a 4 são atribuídos pesos ao desempenho para resfriamento e aquecimento; nas zonas 5 a 8 o nível de eficiência é obtido diretamente através do desempenho obtido para resfriamento. Para obtenção da eficiência da envoltória condicionada artificialmente substitui-se o desempenho para resfriamento pelo desempenho para refrigeração.

Portanto são apresentados, para cada unidade e de acordo com a região geográfica, a classificação da envoltória para resfriamento, aquecimento, refrigeração, e a classificação final da envoltória naturalmente ventilada e condicionada artificialmente.

A Figura 4.1 ilustra o modelo utilizado, a fim de facilitar a análise dos resultados.

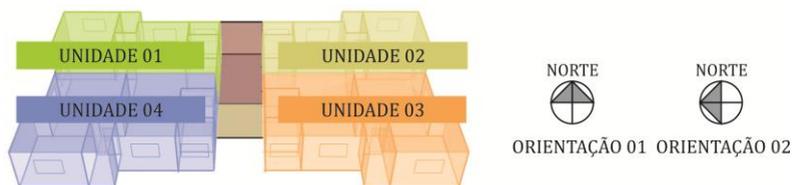


Figura 4.1 - Modelo utilizado para avaliação da eficiência da envoltória.

Conforme apresentado no Método, para as edificações do tipo casa é utilizado o mesmo modelo, porém considerando que as paredes e cobertura possuem contato com o exterior e que o piso está em contato com o solo.

Os resultados obtidos para as edificações do tipo casa na orientação 01 são apresentados na Tabela 4.7 e para a orientação 02 na Tabela 4.8.

Tabela 4.7- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo casa para a orientação 01.

| Desempenho da envoltória | Região Geográfica | | | | |
|------------------------------|-------------------|----------|---------|-----|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| Unidade 01 | | | | | |
| Resfriamento | D | C | C | D | C |
| Aquecimento | - | - | D | D | - |
| Refrigeração | C | C | B | B | C |
| Naturalmente ventilada | D | C | D | D | C |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | D | C |
| Unidade 02 | | | | | |
| Resfriamento | D | C | C | D | C |
| Aquecimento | - | - | D | D | - |
| Refrigeração | C | C | B | B | C |
| Naturalmente ventilada | D | C | D | D | C |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | D | C |
| Unidade 03 | | | | | |
| Resfriamento | C | C | C | D | C |
| Aquecimento | - | - | E | E | - |
| Refrigeração | B | B | B | B | B |
| Naturalmente ventilada | C | C | D | D | C |
| Condicionada artificialmente | B | B | C | D | B |
| Unidade 04 | | | | | |
| Resfriamento | C | C | C | D | C |
| Aquecimento | - | - | E | E | - |
| Refrigeração | B | B | B | B | B |
| Naturalmente ventilada | C | C | D | E | C |
| Condicionada artificialmente | B | B | C | D | B |

Tabela 4.8- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo casa para a orientação 02.

| Desempenho da envoltória | Região Geográfica | | | | |
|------------------------------|-------------------|----------|---------|-----|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| Unidade 01 | | | | | |
| Resfriamento | D | C | D | E | D |
| Aquecimento | - | - | E | D | - |
| Refrigeração | C | C | B | C | C |
| Naturalmente ventilada | D | C | D | D | D |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | D | C |
| Unidade 02 | | | | | |
| Resfriamento | D | C | D | E | D |
| Aquecimento | - | - | E | D | - |
| Refrigeração | C | C | B | C | C |
| Naturalmente ventilada | D | C | D | E | D |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | D | C |
| Unidade 03 | | | | | |
| Resfriamento | D | C | D | E | D |
| Aquecimento | - | - | E | D | - |
| Refrigeração | C | C | B | C | C |
| Naturalmente ventilada | D | C | D | E | D |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | D | C |
| Unidade 04 | | | | | |
| Resfriamento | D | C | D | E | D |
| Aquecimento | - | - | E | D | - |
| Refrigeração | C | C | B | C | C |
| Naturalmente ventilada | D | C | D | D | D |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | D | C |

Para a orientação 1 observa-se que, para aquecimento nas regiões Sul e Sudeste, foram obtidos níveis baixos de eficiência. As unidades 1 e 2, que possuem maior área de fachada Norte, obtiveram nível D, e as unidades 3 e 4, que possuem maior área de fachada Sul, obtiveram nível E. Para a orientação 2, em que as unidades têm maior área de fachada e aberturas orientadas para Leste e Oeste, todas unidades do Sudeste são nível E e todas unidades do Sul são nível D para aquecimento.

Os desempenhos para resfriamento da orientação 1 são melhores em relação à orientação 2, na qual as unidades recebem maior incidência solar.

Os melhores níveis de eficiência do desempenho para refrigeração, para todas regiões, foram obtidos para as unidades 3 e 4 da orientação 1, que possuem a maior parte das áreas de fachada e aberturas orientadas para Sul, ou seja, com menor ganho de temperatura. Com exceção das unidades 1 e 2 das regiões Norte,

Nordeste e Centro Oeste, cujo nível é C, as demais regiões obtiveram nível B para refrigeração. Na orientação 2 todas regiões obtiveram o mesmo desempenho para refrigeração em todas unidades, sendo nível B nas unidades do Sudeste e nível C nas unidades das demais regiões.

Para a classificação da envoltória naturalmente ventilada, o nível de eficiência varia entre C e D para todas unidades em todas regiões, com exceção da região Sul, para a qual houve incidência de nível E para as duas orientações.

O baixo nível de eficiência da envoltória naturalmente ventilada observado para a região Sul é, provavelmente, devido aos pesos atribuídos à equação de classificação. Devido ao clima, há maior incidência de horas de desconforto por frio. Ou seja, para amenizar este desconforto seria necessária utilização de isolamento das fachadas e de vidro duplo nas aberturas, no intuito de evitar que a edificação perca calor.

Em relação à classificação do desempenho da envoltória condicionada artificialmente, em todos modelos de todas regiões observou-se alta incidência do nível de eficiência C, com exceção das unidades 3 e 4 da orientação 1 (maioria das fachadas e aberturas orientadas para Sul), cujo nível é B para as regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste. Para a região Sul, todas as unidades têm classificação nível D da envoltória condicionada artificialmente.

Considerando que foi simulada a utilização de ar condicionado para o período da noite, os melhores níveis de eficiência são observados para as edificações com menor ganho solar e com maior transmitância térmica dos componentes, propiciando perda de calor durante o período da noite.

Os resultados obtidos para as edificações do tipo apartamento na orientação 01 são apresentados na Tabela 4.9 e para a orientação 02 na Tabela 4.10.

Tabela 4.9- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo apartamento para a orientação 01.

| Desempenho da envoltória | Região Geográfica | | | | |
|------------------------------|-------------------|----------|---------|-----|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| Unidade 01 | | | | | |
| Resfriamento | C | C | C | D | C |
| Aquecimento | - | - | C | B | - |
| Refrigeração | C | C | B | D | C |
| Naturalmente ventilada | C | C | C | C | C |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | C | C |
| Unidade 02 | | | | | |
| Resfriamento | C | C | C | D | C |
| Aquecimento | - | - | C | C | - |
| Refrigeração | C | C | B | D | C |
| Naturalmente ventilada | C | C | C | C | C |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | C | C |
| Unidade 03 | | | | | |
| Resfriamento | D | D | B | C | C |
| Aquecimento | - | - | D | D | - |
| Refrigeração | D | D | C | D | D |
| Naturalmente ventilada | D | D | C | C | C |
| Condicionada artificialmente | D | D | D | D | D |
| Unidade 04 | | | | | |
| Resfriamento | D | D | C | C | D |
| Aquecimento | - | - | D | D | - |
| Refrigeração | D | D | D | E | D |
| Naturalmente ventilada | D | D | C | D | D |
| Condicionada artificialmente | D | D | D | E | D |

Tabela 4.10- Nível de eficiência da envoltória das edificações do tipo apartamento para a orientação 02.

| Desempenho da envoltória | Região Geográfica | | | | |
|------------------------------|-------------------|----------|---------|-----|--------------|
| | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro Oeste |
| Unidade 01 | | | | | |
| Resfriamento | C | C | C | E | C |
| Aquecimento | - | - | C | D | - |
| Refrigeração | C | C | C | C | C |
| Naturalmente ventilada | C | C | C | E | C |
| Condicionada artificialmente | C | C | C | D | C |
| Unidade 02 | | | | | |
| Resfriamento | E | D | D | E | D |
| Aquecimento | - | - | E | D | - |
| Refrigeração | E | D | D | C | E |
| Naturalmente ventilada | E | D | D | E | D |
| Condicionada artificialmente | E | D | E | D | E |
| Unidade 03 | | | | | |
| Resfriamento | E | E | D | E | E |
| Aquecimento | - | - | E | D | - |
| Refrigeração | E | E | E | C | E |
| Naturalmente ventilada | E | E | E | E | E |
| Condicionada artificialmente | E | E | E | D | E |
| Unidade 04 | | | | | |
| Resfriamento | D | D | C | E | D |
| Aquecimento | - | - | D | D | - |
| Refrigeração | E | D | D | C | E |
| Naturalmente ventilada | D | D | D | E | D |
| Condicionada artificialmente | E | D | D | D | E |

Para a classificação do desempenho da envoltória das edificações do tipo apartamento, foi observado uma grande incidência de níveis de eficiência C, D e E, para todas avaliações realizadas, obtendo, de modo geral, desempenho inferior em relação às edificações do tipo casa.

Foram obtidas apenas quatro classificações nível B, para aquecimento na região Sul e para refrigeração na região Sudeste, ambos para a unidade 1; para refrigeração no modelo 2 e para resfriamento no modelo 3, ambos na região Sudeste. Todas as classificações nível B foram obtidas para a orientação 1.

Nas classificações gerais do desempenho da envoltória, tanto para naturalmente ventilada quanto para condicionada

artificialmente, verificou-se alta incidência de classificações nível C para a orientação 1 e de classificação D e E na orientação 2.

Destaca-se a unidade 3 da orientação 2 (fachadas orientadas para Oeste e Sul), tendo obtido classificação E para a classificação da envoltória, seja naturalmente ventilada ou condicionada artificialmente, para todas regiões geográficas, com exceção do nível de eficiência para envoltória condicionada artificialmente para a região Sul, que obteve nível D.

Todas as unidades 1 e 2 da orientação 1, que possuem orientação das fachadas predominantemente Norte, obtiveram nível de classificação da envoltória C, ventilada naturalmente e condicionada artificialmente.

Considerando-se o modelo base das simulações e as características construtivas com maior ocorrência, nenhum domicílio atinge nível de eficiência máximo (A), seja na avaliação global da unidade habitacional ou nas avaliações isoladas para resfriamento, refrigeração ou aquecimento.

4.3 Cenário técnico do setor residencial

Neste capítulo, referente ao cenário técnico, são apresentados os resultados obtidos mediante a aplicação dos requisitos e bonificações para eficiência máxima do regulamento para os anos de 2020 e 2030. São apresentados, juntamente aos resultados obtidos para o cenário técnico, os resultados obtidos para o cenário tendencial, a fim de evidenciar a comparação entre esses.

Para cada região geográfica, os resultados apresentados são divididos em resultados por equipamento e resultados totais para a região.

Nos resultados por equipamento são apresentados os resultados obtidos para a região geográfica e para cada uma das faixas de consumo. São expostos os consumos anuais de cada equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final, bem como seus respectivos potenciais de economia. Após, são apresentados os consumos mensais por equipamento dentro do contexto do domicílio médio, que corresponde àquele estabelecido de acordo com os valores médios de uso final.

Nos resultados totais é apresentada uma síntese dos resultados obtidos para a região geográfica. São apresentados os valores de consumo anual obtidos para cada faixa de consumo e para a região e os consumos médios mensais por domicílio para

cada faixa de consumo e para a região. Esses são comparados aos respectivos valores obtidos para o cenário técnico, a fim de ilustrar o potencial de economia.

Após, é apresentada a divisão percentual dos domicílios por faixa de consumo e seus respectivos potenciais de economia, no intuito de elucidar o potencial de economia proporcionado em relação à quantidade de domicílios de cada faixa.

Devido ao grande volume de resultados obtidos, serão expostos neste item os resultados referentes à região Norte. Para as demais regiões é realizada uma discussão dos resultados, sendo esses expostos no Apêndice I.

4.3.1 Região Norte

A região Norte é a menos populosa do país e também a que tem menor consumo de eletricidade. Devido a questões relacionadas às características sociais, econômicas e ao clima, é a região com o menor consumo médio por domicílio. Disto resulta grande concentração do número de domicílios nas faixas de menor consumo, tendência que se verifica para o período analisado. Outra característica da região é o baixo consumo para aquecimento de água se comparado às demais regiões, sendo a variação de seu uso final de 0 a 2%. Ressalta-se também o grande intervalo de valores de uso final referentes ao condicionamento de ar, sendo a variação de 3 a 40%.

Na Figura 4.2 são apresentadas as médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar para Manaus no período de 1961 a 1990, de acordo com dados do INMET (2010).

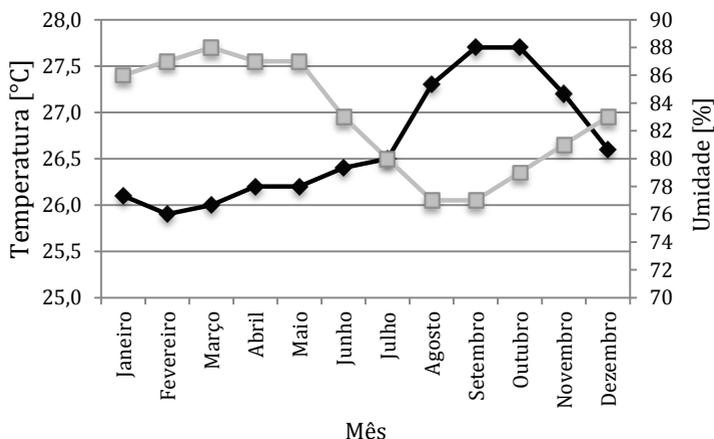


Figura 4.2 - Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar para o período de 1961 a 1990 para a cidade de Manaus.

Fonte: adaptado de INMET 2010.

Observa-se que a menor média de temperatura do ar é relativa ao mês de fevereiro, sendo de 25,9°C, e a menor média de umidade relativa do ar é de 77%, nos meses de agosto e setembro. Tomando-se a cidade de Manaus como exemplo do clima predominante na região Norte, verifica-se os altos valores de temperatura bem como da umidade relativa do ar, que acentua a sensação térmica de calor, justificando o baixo uso do chuveiro elétrico para aquecimento da água para banho.

4.3.1.1 Resultados por equipamento

Neste item são apresentados os resultados para os equipamentos da região Norte, divididos em resultados para a região geográfica e para cada uma das quatro faixas de consumo. São expostos os consumos anuais dos equipamentos obtidos para os usos finais mínimo e máximo; para o uso final médio os resultados são apresentados em relação ao consumo do domicílio médio.

a) Resultados para a região geográfica

Nas Tabelas 4.11 a 4.14 são apresentados os consumos anuais por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final. Correspondem aos resultados referentes à região geográfica como um todo, englobando todas faixas de consumo.

Tabela 4.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,20 | 1,58 |
| Consumo ² | mín | 17 | 1,03 | 1,44 |
| Diferença | | | 0,17 | 0,14 |
| Consumo ¹ | | | 3,81 | 5,01 |
| Consumo ² | máx | 54 | 3,26 | 4,57 |
| Diferença | | | 0,55 | 0,43 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ² | mín | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,15 | 0,21 |
| Consumo ² | máx | 2 | 0,06 | 0,08 |
| Diferença | | | 0,09 | 0,13 |
| Economia | [%] | | 62,6 | 62,6 |

Tabela 4.13 – Consumo anual para iluminação - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,80 | 1,07 |
| Consumo ² | mín | 10 | 0,72 | 0,57 |
| Diferença | | | 0,08 | 0,50 |
| Consumo ¹ | | | 1,12 | 1,50 |
| Consumo ² | máx | 14 | 1,01 | 0,80 |
| Diferença | | | 0,11 | 0,70 |
| Economia | [%] | | 9,5 | 46,8 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.14 – Consumo anual para ar condicionado - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,29 | 0,51 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,20 | 0,50 |
| Diferença | | | 0,09 | 0,02 |
| Consumo ¹ | | | 3,83 | 6,85 |
| Consumo ² | máx | 40 | 2,64 | 6,62 |
| Diferença | | | 1,19 | 0,23 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Por terem sido utilizados os mesmos parâmetros para substituição dos equipamentos, o percentual de economia que se apresenta é o mesmo para os dois valores de uso final. Ou seja, para iluminação por exemplo, o potencial de economia para 2030 é de 46,8% entre o consumo obtido no cenário técnico e o obtido no cenário tendencial, para o uso final de 10% e 14%. Este potencial percentual é referente à diferença de consumo entre os cenários tendencial e técnico.

Em valores absolutos, o maior potencial de economia que se observa é para iluminação em 2030. Para o ar condicionado, destaca-se o alto valor de economia, de 1,19 TWh/ano para 2020 se considerado o maior valor de uso final.

Para iluminação o potencial mais alto é referente a 2030, ano em que se considera que todos domicílios possuem 100% de lâmpadas fluorescentes compactas. O ano de 2020 representa um período de transição, considerando que ainda existem algumas lâmpadas incandescentes e fluorescentes tubulares nos domicílios.

Para o ar condicionado, a diferença entre os potenciais de economia observados são devidos à diferença de COP utilizada, sendo esta diferença de 0,9 de 2010 para 2020 e de 0,1 de 2020 para 2030.

Na Tabela 4.15 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio, de acordo com os valores médios de uso final.

Tabela 4.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Norte.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 36,53 | 31,23 | 5,30 | 39,67 | 36,23 | 3,44 |
| Chuveiro elétrico | 0,77 | 0,23 | 0,54 | 0,89 | 0,27 | 0,62 |
| Iluminação | 14,09 | 12,76 | 1,34 | 15,61 | 8,30 | 7,31 |
| Ar condicionado | 30,25 | 20,86 | 9,39 | 44,71 | 43,22 | 1,49 |
| Outros | 53,99 | 49,98 | 4,01 | 89,21 | 79,91 | 9,30 |
| Total | 135,64 | 115,06 | 20,58 | 190,08 | 167,92 | 22,16 |
| Economia | | 15,2% | | | 11,7% | |

Analisando os valores de uso final médio para os equipamentos avaliados no contexto do domicílio, o maior potencial de economia para 2020 e 2030 é para ar condicionado. Na região Norte os valores de consumo por aparelhos de ar condicionado baseados no valor de uso final médio acaba por ser alto, sendo de 20%, devido ao grande intervalo entre os valores mínimo e máximo observados.

Os potenciais de economia totais para o domicílio, em valores percentuais, são de 15,2% em 2020 e 11,7% em 2030. No entanto, em valores absolutos este potencial se mostra bastante baixo, sendo de 20,56 kWh/mês em 2020 e de 22,16 kWh/mês em 2030.

A seguir são apresentados, por faixa de consumo, os resultados relativos aos equipamentos.

b) Faixa de 0 a 100 kWh/mês

Diferentemente das outras regiões, no Norte a tendência de haver grande quantidade de domicílios na faixa de menor consumo se mantém para o período avaliado, sendo que 73,7% dos domicílios em 2020 e 61,9% em 2030 estão concentrados na faixa de consumo

de 0 a 100 kWh/mês, o que implica no baixo consumo do Norte se comparado às demais regiões.

Os consumos anuais por equipamento para a faixa de 0 a 100 kWh/mês, para os valores de uso final mínimo e máximo, são expostos nas Tabelas 4.16 a 4.19. Os potenciais de economia são apresentados em valores absolutos e percentuais.

Tabela 4.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|------|------|
| | | [%] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,48 | 0,52 |
| Consumo ² | mín | 17 | 0,41 | 0,48 |
| Diferença | | | 0,07 | 0,05 |
| Consumo ¹ | | | 1,51 | 1,67 |
| Consumo ² | máx | 54 | 1,29 | 1,52 |
| Diferença | | | 0,22 | 0,14 |
| Economia | | | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|------|------|
| | | [%] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ² | mín | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,06 | 0,07 |
| Consumo ² | máx | 2 | 0,02 | 0,03 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,04 |
| Economia | | | 62,7 | 62,7 |

Tabela 4.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|------|------|
| | | [%] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,32 | 0,36 |
| Consumo ² | mín | 10 | 0,29 | 0,19 |
| Diferença | | | 0,03 | 0,17 |
| Consumo ¹ | | | 0,44 | 0,50 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,40 | 0,27 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,23 |
| Economia | | | 9,5 | 46,8 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|------|------|
| | | [%] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,11 | 0,17 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,08 | 0,17 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 1,52 | 2,28 |
| Consumo ² | máx | 40 | 1,05 | 2,21 |
| Diferença | | | 0,47 | 0,08 |
| Economia | | | 31,0 | 3,3 |

O maior potencial de economia, em valores absolutos, é para refrigerador e freezer em 2030, tanto para o valor mínimo quanto para o valor máximo de uso final. Percentualmente o potencial de economia é alto para chuveiro elétrico, porém, em valores absolutos é o menor, devido aos baixos valores de uso final.

Apesar de ser avaliado, é provável que o uso de chuveiro elétrico nesta faixa seja nulo, seja pelo clima ou pelo baixo poder aquisitivo da região, refletido na grande quantidade de domicílios

com baixo consumo mensal se comparado às demais regiões, conforme será apresentado adiante. Também é pouco provável que haja 40% de uso final relativo a aparelhos de ar condicionado nesta faixa, sendo o refrigerador, provavelmente, o principal consumidor.

Na Tabela 4.20 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, e o consumo total para o domicílio médio da faixa de 0 a 100 kWh/mês da região Norte.

Tabela 4.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Norte.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|--------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês/domicílio] | | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 19,65 | 16,79 | 2,85 | 21,33 | 19,48 | 1,85 |
| Chuveiro elétrico | 0,41 | 0,12 | 0,29 | 0,48 | 0,14 | 0,33 |
| Iluminação | 7,58 | 6,86 | 0,72 | 8,39 | 4,46 | 3,93 |
| Ar condicionado | 16,27 | 11,22 | 5,05 | 24,04 | 23,24 | 0,80 |
| Outros | 18,66 | 18,66 | -- | 18,66 | 18,66 | -- |
| Total | 62,56 | 53,65 | 8,91 | 72,90 | 65,98 | 6,92 |
| Economia | | 14,2% | | | 9,5% | |

Na escala do domicílio médio, no cenário técnico, os principais consumidores são o refrigerador e freezer para 2020 e aparelhos de ar condicionado para 2030. Os potenciais de economia mais expressivos são os relativos ao ar condicionado em 2020 e à iluminação em 2030.

A exemplo do observado nos resultados totais da região, o potencial de economia do domicílio médio, em valores absolutos, é pequeno nesta faixa, sendo de apenas 6,92 kWh/mês em 2030.

c) Faixa de 101 a 200 kWh/mês

A faixa de 101 a 200 kWh/mês é a que comporta a segunda maior quantidade de domicílios da região Norte. Pertencem a esta faixa 12,9% dos domicílios em 2020 e 19,9% em 2030.

Os consumos anuais obtidos por equipamento, para os usos finais mínimo e máximo desta faixa são apresentados nas Tabelas 4.21 a 4.24.

Tabela 4.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,21 | 0,44 |
| Consumo ² | mín | 17 | 0,18 | 0,40 |
| Diferença | | | 0,03 | 0,04 |
| Consumo ¹ | | | 0,68 | 1,38 |
| Consumo ² | máx | 54 | 0,58 | 1,26 |
| Diferença | | | 0,10 | 0,12 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ² | mín | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,03 | 0,06 |
| Consumo ² | máx | 2 | 0,01 | 0,02 |
| Diferença | | | 0,02 | 0,04 |
| Economia | [%] | | 63,4 | 63,4 |

Tabela 4.23 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,14 | 0,30 |
| Consumo ² | mín | 10 | 0,13 | 0,16 |
| Diferença | | | 0,01 | 0,14 |
| Consumo ¹ | | | 0,20 | 0,41 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,18 | 0,22 |
| Diferença | | | 0,02 | 0,19 |
| Economia | [%] | | 9,5 | 46,8 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,05 | 0,14 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,04 | 0,14 |
| Diferença | | | 0,02 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,69 | 1,89 |
| Consumo ² | máx | 40 | 0,47 | 1,83 |
| Diferença | | | 0,21 | 0,06 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Para esta faixa é possível observar, em valores absolutos, o alto potencial de economia obtido para iluminação, seja para o valor de uso final mínimo ou máximo, no ano de 2030, ultrapassando os valores estimados para os valores máximo de uso final para aparelhos de ar condicionado e refrigeradores e freezers.

Os consumos mensais obtidos por equipamento para o uso final médio, relativos aos cenários tendencial e técnico, bem como os consumos mensais médios para a faixa de 101 a 200 kWh/mês são apresentados na Tabela 4.25.

Tabela 4.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Norte.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 50,68 | 43,33 | 7,36 | 55,03 | 50,26 | 4,78 |
| Chuveiro elétrico | 1,06 | 0,32 | 0,75 | 1,23 | 0,37 | 0,86 |
| Iluminação | 19,55 | 17,70 | 1,86 | 21,66 | 11,51 | 10,14 |
| Ar condicionado | 41,96 | 28,94 | 13,02 | 62,02 | 59,95 | 2,07 |
| Outros | 48,13 | 48,13 | -- | 48,13 | 48,13 | -- |
| Total | 161,39 | 138,41 | 22,98 | 188,07 | 170,22 | 17,85 |
| Economia | | 14,2% | | | 9,5% | |

Para 2020 o maior potencial de economia é observado para aparelhos de ar condicionado e, para 2030, para iluminação. Somando-se os potenciais de economia obtidos por equipamento, o potencial de economia total do domicílio calculado para 2020 é aproximadamente 5% maior em relação ao calculado para 2030.

d) Faixa de 201 a 400 kWh/mês

A faixa de 201 a 400 kWh/mês é a que comporta o menor número de domicílios da região, com 5,7% em 2020 e 8,0% em 2030. Devido a este motivo, o consumo total anual desta faixa é próximo ao consumo da faixa de 101 a 200 kWh/mês, cuja concentração de domicílios é significativamente maior, conforme apresentado no cenário tendencial. A seguir são apresentados os consumos anuais obtidos para os equipamentos desta faixa, conforme apresentado nas Tabelas 4.26 a 4.29.

Tabela 4.26 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final [%] | 2020 | 2030 |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| | | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 0,16 | 0,30 |
| Consumo ² | mín 17 | 0,14 | 0,25 |
| Diferença | | 0,02 | 0,06 |
| Consumo ¹ | | 0,52 | 0,96 |
| Consumo ² | máx 54 | 0,45 | 0,78 |
| Diferença | | 0,07 | 0,18 |
| Economia | [%] | 13,8 | 18,9 |

Tabela 4.27 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final [%] | 2020 | 2030 |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| | | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ² | mín 0 | 0,00 | 0,00 |
| Diferença | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | 0,40 | 0,75 |
| Consumo ² | máx 2 | 0,006 | 0,012 |
| Diferença | | 0,34 | 0,73 |
| Economia | [%] | 68,6 | 68,6 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.28 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,11 | 0,21 |
| Consumo ² | mín | 10 | 0,11 | 0,09 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,12 |
| Consumo ¹ | | | 0,15 | 0,29 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,15 | 0,13 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,16 |
| Economia | [%] | | 0,5 | 56,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.29 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,04 | 0,10 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,03 | 0,10 |
| Diferença | | | 0,01 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,52 | 1,31 |
| Consumo ² | máx | 40 | 0,36 | 1,27 |
| Diferença | | | 0,16 | 0,04 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

O valor nulo observado para a diferença entre os consumos do cenário tendencial e técnico para iluminação e ar condicionado é devido à supressão de casas decimais. Em relação à iluminação, o baixo valor de economia advém das potências, e para aparelhos de ar condicionado dos valores de COP atribuídos para os cenários tendencial e técnico.

Este fenômeno se mantém para a mesma faixa de consumo nas demais regiões para o ar condicionado, visto que para este equipamento é utilizado o mesmo padrão de substituição de equipamentos. Para iluminação este efeito se mantém apenas para a região Nordeste devido ao mesmo motivo, considerando que são utilizados padrões distintos para substituição de lâmpadas nas demais regiões.

Os resultados para o domicílio médio e os respectivos equipamentos para a faixa de 201 a 400 kWh/mês são apresentados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Norte.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 87,81 | 75,71 | 12,10 | 95,35 | 77,28 | 18,07 |
| Chuveiro elétrico | 1,84 | 0,55 | 1,29 | 2,13 | 0,64 | 1,49 |
| Iluminação | 33,88 | 33,71 | 0,17 | 37,52 | 16,40 | 21,12 |
| Ar condicionado | 72,71 | 50,14 | 22,56 | 107,46 | 103,88 | 3,58 |
| Outros | 83,39 | 83,39 | -- | 83,39 | 83,39 | -- |
| Total | 279,63 | 243,51 | 36,12 | 325,85 | 281,59 | 44,26 |
| Economia | | 12,9% | | | 13,6% | |

Os valores de economia obtidos para o domicílio médio na faixa de 201 a 400 kWh/mês, em valores percentuais, são bastante próximos para 2020 e 2030, sendo de 12,9% e 13,6%, respectivamente. Os maiores potenciais de economia por equipamento para 2020 e 2030, em valores absolutos, também são próximos, sendo de 22,56 kWh/mês em 2020 para ar condicionado e de 21,21 kWh/mês em 2030 para iluminação.

e) *Faixa acima de 400 kWh/mês*

Nas Tabelas 4.31 a 4.34 a seguir são apresentados os resultados de consumo anual por equipamento para a faixa dos domicílios com consumo superior a 400 kWh/mês, que correspondem a 7,7% dos domicílios em 2020 e a 10,2% em 2030.

Tabela 4.31 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 0,54 | 0,95 |
| Consumo ² | mín | 17 | 0,46 | 0,71 |
| Diferença | | | 0,08 | 0,24 |
| Consumo ¹ | | | 1,73 | 3,01 |
| Consumo ² | máx | 54 | 1,47 | 2,24 |
| Diferença | | | 0,26 | 0,77 |
| Economia | | [%] | 15,0 | 25,5 |

Tabela 4.32 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ² | mín | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,07 | 0,12 |
| Consumo ² | máx | 2 | 0,02 | 0,04 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,08 |
| Economia | | [%] | 66,5 | 66,5 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.33 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 0,36 | 0,65 |
| Consumo ² | mín | 10 | 0,25 | 0,41 |
| Diferença | | | 0,11 | 0,24 |
| Consumo ¹ | | | 0,51 | 0,90 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,35 | 0,57 |
| Diferença | | | 0,16 | 0,33 |
| Economia | | [%] | 31,3 | 36,7 |

Tabela 4.34 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 0,13 | 0,31 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,09 | 0,30 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 1,74 | 4,12 |
| Consumo ² | máx | 40 | 1,20 | 3,98 |
| Diferença | | | 0,54 | 0,14 |
| Economia | | [%] | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Mesmo na faixa com maior média de consumo para domicílio, observa-se que os valores de consumo obtidos para chuveiro

elétrico são bastante baixos. Destacam-se os altos valores de consumo para aparelhos de ar condicionado e refrigerador, sendo o primeiro responsável pelo maior potencial de economia em 2020, de 0,54 TWh/ano; e o segundo em 2030, com 0,77 TWh/ano, considerando o valor máximo de uso final para os dois equipamentos.

A Tabela 4.35 apresenta os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, e o consumo total mensal para o domicílio médio.

Tabela 4.35 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Norte.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|--------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês/domicílio] | | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 215,42 | 183,10 | 32,31 | 233,91 | 174,29 | 59,62 |
| Chuveiro elétrico | 4,52 | 1,36 | 3,17 | 5,22 | 1,57 | 3,66 |
| Iluminação | 83,11 | 57,13 | 25,98 | 92,04 | 58,25 | 33,79 |
| Ar condicionado | 178,36 | 123,00 | 55,35 | 263,61 | 254,82 | 8,79 |
| Outros | 204,56 | 204,56 | -- | 204,56 | 204,56 | -- |
| Total | 685,97 | 569,16 | 116,81 | 799,35 | 693,49 | 105,86 |
| Economia | | 17,0% | | | 13,2% | |

Ao contrário da tendência observada para as demais regiões (com exceção da região Nordeste que apresenta comportamento parecido ao da região Norte), observa-se uma baixa taxa de crescimento no número de domicílios da faixa de maior consumo.

No entanto, esta faixa apresenta o maior consumo médio mensal por domicílio entre as respectivas faixas de todas as regiões, conforme será exposto a seguir. Este alto consumo é reflexo do alto valor de uso final médio, de 20%, obtido para o uso de aparelhos de ar condicionado. Este valor de uso final implica no alto consumo relativo a este equipamento, conforme pode ser observado na Tabela 4.35, atingindo até 263 kWh/mês no cenário tendencial de 2020.

Este valor de uso final para ar condicionado dificilmente se aplica para as faixas de menor consumo, no entanto, é um valor que possivelmente procede para a faixa de consumo de acima de 400 kWh/mês. Ou seja, a região Norte, apesar de ser responsável pelo menor consumo de eletricidade dentre as regiões, é a que possui o maior consumo médio mensal para a faixa de maior consumo.

4.3.1.2 Resultados totais

Neste item é realizada uma compilação dos principais resultados obtidos para a região Norte, para todas as faixas de consumo. Na Tabela 4.36 são apresentados os resultados de consumo anual para a região por faixa de consumo, para os cenários técnico e tendencial bem como suas respectivas diferenças no consumo.

Tabela 4.36 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Norte.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|--------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês] | [TWh/ano] | | | | | |
| 0 a 100 | 2,97 | 2,56 | 0,41 | 3,52 | 3,20 | 0,32 |
| 101 a 200 | 1,34 | 1,15 | 0,19 | 2,92 | 2,64 | 0,28 |
| 201 a 400 | 1,03 | 0,89 | 0,13 | 2,03 | 1,75 | 0,27 |
| acima de 400 | 3,40 | 2,82 | 0,58 | 6,35 | 5,51 | 0,84 |
| Total | 8,74 | 7,43 | 1,31 | 14,81 | 13,10 | 1,71 |
| Economia | 15,0% | | | 11,5% | | |

Para o ano de 2020, os maiores potenciais de economia foram os obtidos para a faixa de 0 a 100 kWh/mês e para a faixa acima de 400 kWh/mês. Somando as economias obtidas para todas as faixas, tem-se que o potencial de economia para a região Norte é de 15% para o ano de 2020.

Para 2030, a diferença no consumo entre os cenários técnico e tendencial apresenta valores próximos para as três primeiras faixas de consumo. Somadas, estas três faixas obtiveram um potencial de economia de 0,87 TWh/ano. A faixa dos domicílios que consomem acima de 400 kWh/mês apresentou potencial de 0,84 TWh/ano, valor próximo ao obtido pelas soma do potencial das três primeiras faixas.

Na Tabela 4.37 são expostos os resultados relativos ao consumo mensal para os cenários tendencial e técnico, por faixa de consumo e total para a região.

Tabela 4.37 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Norte.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês] | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| 0 a 100 | 62,56 | 53,91 | 8,66 | 72,90 | 66,24 | 6,66 |
| 101 a 200 | 161,39 | 138,41 | 22,98 | 188,07 | 170,22 | 17,85 |
| 201 a 400 | 279,63 | 243,51 | 36,12 | 325,85 | 281,59 | 44,26 |
| acima de 400 | 685,97 | 569,16 | 116,81 | 799,35 | 693,49 | 105,86 |
| Média | 135,64 | 115,25 | 20,39 | 190,08 | 168,08 | 22,00 |
| Economia | 15,0% | | | 11,6% | | |

Nesta tabela é possível observar o alto potencial de economia por domicílio para as duas últimas faixas de consumo, sendo de até 116 kWh/mês em 2020. A diferença de consumo entre os cenários para a primeira faixa de consumo se mostra bastante baixa se comparado aos valores obtidos para as demais faixas.

A Tabela 4.38 estabelece a relação entre o potencial de economia e a participação percentual do número de domicílios por faixa de consumo.

Tabela 4.38 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Norte.

| Faixa | 2020 | | 2030 | |
|--------------|------------|----------|------------|----------|
| | Domicílios | Economia | Domicílios | Economia |
| | [%] | [%] | [%] | [%] |
| 0 a 100 | 73,71 | 31,3 | 61,92 | 18,7 |
| 101 a 200 | 12,90 | 14,5 | 19,91 | 16,1 |
| 201 a 400 | 5,70 | 10,1 | 7,98 | 16,1 |
| acima de 400 | 7,69 | 44,1 | 10,20 | 49,1 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

A faixa dos domicílios que consomem acima de 400 kWh/mês, apesar de concentrar uma pequena parcela dos domicílios, apresenta altos potenciais de economia, sendo esses de 44,1% em 2020 e 49,1% em 2030. O segundo maior potencial é referente à primeira faixa de consumo que, apesar do valor baixo para consumo médio mensal, por concentrar uma porcentagem alta do número de domicílios, apresenta potenciais de economia significativos.

Como considerações finais para a região Norte, é possível destacar o grande intervalo obtido através dos estudos analisados

para o uso final relativo ao ar condicionado, variando de 3 a 40%, bem como o uso praticamente nulo do chuveiro elétrico, variando de 0 a 2%. É também a região que apresenta o maior intervalo de uso final para refrigerador e freezer, variando de 17% a 54%. Considerando-se os valores máximos de uso final, os consumos de refrigerador/freezer e ar condicionado atingem valores próximos, fazendo com que o ar condicionado possa ser um grande consumidor nesta região. Estes grandes intervalos de valores possíveis de uso final contribuem para as incertezas em relação aos resultados desta região.

O Norte possui o maior território do país, no entanto é responsável por uma parcela pequena do número de domicílios e do consumo de eletricidade do país, pelas condições climáticas no que tange o aquecimento de água e principalmente pelo baixo poder aquisitivo da população. Também devido ao clima é uma região com alto potencial de uso de aparelhos de ar condicionado, porém há grande incerteza em relação ao uso final deste equipamento.

Os potenciais de economia, tanto em valores absolutos quanto percentuais, são baixos se comparados às demais regiões, pois percentualmente o maior potencial é relativo à substituição do chuveiro elétrico, cujo uso final é bastante baixo na região, com valores próximos de zero.

4.3.2 Regiões Nordeste, Sudeste, Sul e Centro Oeste

Devido ao grande volume de resultados obtidos, para as regiões Norte, Sudeste, Sul e Centro Oeste, serão apresentadas tabelas síntese bem como uma discussão dos resultados obtidos.

Serão apresentados os principais resultados obtidos, sendo esses referentes ao consumo médio mensal por domicílio, ao consumo total anual e o potencial de economia em relação à distribuição de domicílios, todos apresentados por faixa de consumo. Todos os resultados apresentados nesta síntese encontram-se nos Apêndices A, B, C e D.

Os resultados referentes à região Norte também são apresentados, a fim de proporcionar uma leitura geral para todas regiões geográficas.

Na Tabela 4.39 são apresentados, por faixa de consumo e por região geográfica, os consumos médios mensais por domicílio para os cenários tendencial e técnico nos anos de 2020 e 2030, e as diferenças de consumo entre estes cenários.

Tabela 4.39 – Consumo médio por domicílio por faixa de consumo e por região geográfica.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Ano | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | 2020 | | | 2030 | | |
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês/domicílio] | | | | | | |
| Norte | | | | | | |
| 0 a 100 | 62,56 | 53,65 | 8,91 | 72,90 | 65,98 | 6,92 |
| 101 a 200 | 161,39 | 138,41 | 22,98 | 188,07 | 170,22 | 17,85 |
| 201 a 400 | 279,63 | 243,51 | 36,12 | 325,85 | 281,59 | 44,26 |
| acima de 400 | 685,97 | 569,16 | 116,81 | 799,35 | 693,49 | 105,86 |
| média | 135,64 | 115,06 | 20,58 | 190,08 | 167,92 | 22,16 |
| Nordeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 61,41 | 50,84 | 10,56 | 69,20 | 59,14 | 10,06 |
| 101 a 200 | 149,13 | 123,48 | 25,65 | 168,07 | 143,63 | 24,44 |
| 201 a 400 | 268,04 | 224,82 | 43,22 | 302,09 | 245,51 | 56,57 |
| acima de 400 | 640,78 | 516,72 | 124,06 | 722,17 | 584,36 | 137,82 |
| média | 132,69 | 108,94 | 23,75 | 188,42 | 155,65 | 32,77 |
| Sudeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 71,68 | 53,55 | 18,13 | 79,80 | 54,44 | 25,37 |
| 101 a 200 | 173,23 | 127,07 | 46,16 | 192,85 | 136,44 | 56,41 |
| 201 a 400 | 261,36 | 195,77 | 65,59 | 290,97 | 190,75 | 100,22 |
| acima de 400 | 539,48 | 395,04 | 144,43 | 600,59 | 398,79 | 201,79 |
| média | 224,36 | 165,62 | 58,74 | 317,59 | 212,12 | 105,47 |
| Sul | | | | | | |
| 0 a 100 | 72,44 | 47,35 | 25,08 | 85,03 | 57,64 | 27,39 |
| 101 a 200 | 162,71 | 105,22 | 57,50 | 191,00 | 131,88 | 59,13 |
| 201 a 400 | 273,67 | 177,44 | 96,23 | 321,25 | 214,58 | 106,67 |
| acima de 400 | 536,81 | 345,35 | 191,46 | 630,14 | 409,84 | 220,30 |
| média | 189,16 | 122,37 | 66,79 | 265,42 | 176,64 | 88,78 |
| Centro Oeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 63,88 | 49,12 | 14,76 | 71,78 | 55,04 | 16,74 |
| 101 a 200 | 151,74 | 114,67 | 37,08 | 170,51 | 132,13 | 38,38 |
| 201 a 400 | 270,98 | 205,38 | 65,60 | 304,49 | 226,69 | 77,81 |
| acima de 400 | 540,31 | 407,49 | 132,82 | 607,14 | 440,22 | 166,91 |
| média | 180,40 | 136,66 | 43,74 | 255,84 | 190,45 | 65,39 |

Nesta tabela observa-se os altos valores de consumo mensal na faixa acima de 400 kWh/mês para as regiões Nordeste e Norte, ocasionados pelo alto uso final estimado para o ar condicionado. Também é possível observar os altos valores de economia por domicílio registrado nas regiões Sul e Sudeste em relação às demais regiões, sobretudo à região Norte, devido ao alto valor de uso final e potencial de economia estimados para a substituição do chuveiro elétrico.

Os consumos anuais obtidos por faixa de consumo e por região geográfica, para os cenários tendencial e técnico nos anos de 2020 e 2030, são apresentados na Tabela 4.40.

Tabela 4.40 – Consumo total anual por faixa de consumo e por região geográfica.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Ano | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | 2020 | | | 2030 | | |
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [TWh/ano] | | | | | | |
| Norte | | | | | | |
| 0 a 100 | 2,97 | 2,56 | 0,41 | 3,52 | 3,20 | 0,32 |
| 101 a 200 | 1,34 | 1,15 | 0,19 | 2,92 | 2,64 | 0,28 |
| 201 a 400 | 1,03 | 0,89 | 0,13 | 2,03 | 1,75 | 0,27 |
| acima de 400 | 3,40 | 2,82 | 0,58 | 6,35 | 5,51 | 0,84 |
| total | 8,74 | 7,43 | 1,31 | 14,81 | 13,10 | 1,71 |
| Nordeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 10,04 | 8,93 | 1,11 | 12,01 | 10,91 | 1,09 |
| 101 a 200 | 4,15 | 3,45 | 0,70 | 6,30 | 5,40 | 0,89 |
| 201 a 400 | 3,94 | 3,31 | 0,63 | 6,29 | 5,12 | 1,17 |
| acima de 400 | 11,62 | 9,40 | 2,22 | 25,81 | 20,96 | 4,85 |
| total | 29,74 | 25,08 | 4,66 | 50,40 | 42,40 | 8,01 |
| Sudeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 10,77 | 10,06 | 0,71 | 8,13 | 6,94 | 1,19 |
| 101 a 200 | 16,00 | 12,23 | 3,77 | 18,34 | 13,56 | 4,78 |
| 201 a 400 | 21,03 | 15,97 | 5,06 | 41,44 | 27,61 | 13,83 |
| acima de 400 | 42,27 | 31,59 | 10,68 | 84,62 | 57,51 | 27,11 |
| total | 90,07 | 69,85 | 20,22 | 152,53 | 105,62 | 46,91 |
| Sul | | | | | | |
| 0 a 100 | 4,68 | 4,30 | 0,38 | 4,89 | 4,45 | 0,44 |
| 101 a 200 | 6,32 | 4,31 | 2,01 | 9,63 | 6,98 | 2,65 |
| 201 a 400 | 5,41 | 3,56 | 1,85 | 9,87 | 6,68 | 3,19 |
| acima de 400 | 10,65 | 6,99 | 3,66 | 21,43 | 14,21 | 7,22 |
| total | 27,05 | 19,15 | 7,90 | 45,82 | 32,32 | 13,50 |
| Centro Oeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 1,93 | 1,75 | 0,18 | 1,51 | 1,34 | 0,16 |
| 101 a 200 | 3,19 | 2,49 | 0,70 | 5,26 | 4,21 | 1,05 |
| 201 a 400 | 2,23 | 1,71 | 0,52 | 4,25 | 3,21 | 1,04 |
| acima de 400 | 5,08 | 3,89 | 1,19 | 10,06 | 7,42 | 2,64 |
| total | 12,43 | 9,84 | 2,59 | 21,08 | 16,18 | 4,90 |

Destaca-se a diferença do consumo da região Sudeste, que concentra 44,51% em 2020 e 44,44% dos domicílios em 2030, em relação às demais regiões. Observa-se também o baixo potencial de economia do Norte em relação às outras regiões.

Na Tabela 4.41 são apresentados os potenciais de economia, em valores absolutos e percentuais, em relação à distribuição dos domicílios por faixa de consumo e para todas as regiões geográficas.

Tabela 4.41 – Potencial de economia em relação à distribuição de domicílios por faixa de consumo e por região geográfica.

| Faixa de consumo [kWh/mês] | Ano | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------|-------|-------------------|-----------------------|-------|
| | 2020 | | | 2030 | | |
| | Domicílios [%] | Economia [TWh/ano] | % | Domicílios [%] | Economia [TWh/ano] | % |
| Norte | | | | | | |
| 0 a 100 | 73,71 | 0,41 | 31,3 | 61,92 | 0,32 | 18,7 |
| 101 a 200 | 12,90 | 0,19 | 14,5 | 19,91 | 0,28 | 16,1 |
| 201 a 400 | 5,70 | 0,13 | 10,1 | 7,98 | 0,27 | 16,1 |
| acima de 400 | 7,69 | 0,58 | 44,1 | 10,20 | 0,84 | 49,1 |
| total | 100,00 | 1,31 | 100,0 | 100,00 | 1,71 | 100,0 |
| Nordeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 72,95 | 1,11 | 23,9 | 64,85 | 0,32 | 13,6 |
| 101 a 200 | 12,40 | 0,70 | 15,0 | 14,00 | 0,28 | 11,2 |
| 201 a 400 | 6,56 | 0,63 | 13,5 | 7,78 | 0,27 | 14,6 |
| acima de 400 | 8,09 | 2,22 | 47,6 | 13,36 | 0,84 | 60,6 |
| total | 100,00 | 4,66 | 100,0 | 100,00 | 1,71 | 100,0 |
| Sudeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 37,44 | 0,71 | 3,5 | 21,21 | 1,19 | 2,5 |
| 101 a 200 | 23,00 | 3,77 | 18,6 | 19,80 | 4,78 | 10,2 |
| 201 a 400 | 20,04 | 5,06 | 25,0 | 29,65 | 13,83 | 29,5 |
| acima de 400 | 19,52 | 10,68 | 52,8 | 29,34 | 27,11 | 57,8 |
| total | 100,00 | 20,22 | 100,0 | 100,00 | 46,91 | 100,0 |
| Sul | | | | | | |
| 0 a 100 | 45,15 | 0,38 | 4,8 | 33,30 | 0,44 | 3,3 |
| 101 a 200 | 27,16 | 2,01 | 25,5 | 29,20 | 2,65 | 19,6 |
| 201 a 400 | 13,81 | 1,85 | 23,4 | 17,80 | 3,19 | 23,6 |
| acima de 400 | 13,87 | 3,66 | 46,3 | 19,70 | 7,22 | 53,5 |
| total | 100,00 | 7,90 | 100,0 | 100,00 | 13,50 | 100,0 |
| Centro Oeste | | | | | | |
| 0 a 100 | 43,92 | 0,18 | 7,0 | 25,48 | 0,16 | 3,3 |
| 101 a 200 | 30,48 | 0,70 | 27,0 | 37,47 | 1,05 | 21,4 |
| 201 a 400 | 11,96 | 0,52 | 20,1 | 16,94 | 1,04 | 21,3 |
| acima de 400 | 13,64 | 1,19 | 45,9 | 20,11 | 2,64 | 53,9 |
| total | 100,00 | 2,59 | 100,0 | 100,00 | 4,90 | 100,0 |

Nesta tabela é possível notar a diferença entre o comportamento observado para as regiões Norte e Nordeste e para as demais regiões. Nessas duas regiões há uma forte tendência em manter um grande número de domicílios na faixa de menor consumo, sendo que o oposto ocorre na região Sudeste, na qual se

observa a tendência de concentração dos domicílios nas faixas de maior consumo. Para todas regiões o potencial de economia obtido nas duas faixas de maior consumo ultrapassa 50%.

Em relação aos resultados obtidos para os equipamentos, devido ao fato de serem utilizados, na maioria dos casos, os mesmos parâmetros em relação às características dos usos finais no desenvolvimento do cenário técnico, os valores percentuais de economia são os mesmos para os diferentes valores de uso final. Ou seja, percentualmente, a economia é equivalente seja para o valor máximo, médio ou mínimo de uso final. Além dos valores percentuais também é possível verificar os valores de consumo e economia em TWh/ano para os anos de 2020 e 2030.

Os resultados por equipamento englobando os dois valores extremos de uso final encontrados na bibliografia, ressalta a importância destes dados, pois, principalmente para refrigerador e ar condicionado, foram verificados grandes intervalos. Isto implica em uma variação grande de possíveis consumos e potenciais de economia, ocasionando incertezas nos resultados. Porém, tomou-se a decisão de utilizar os valores extremos de uso final no intuito de apresentar o menor e o maior valor de consumo possíveis de acordo com os usos finais obtidos na literatura.

As regiões Norte e Nordeste apresentam características distintas das demais regiões no que se refere aos potenciais de economia. Ambas possuem valores baixos de uso final para chuveiro elétrico, grande variação de uso final para ar condicionado e os menores valores de consumo médio mensal por domicílio, além da tendência de grande parte dos domicílios permanecerem nas faixas de menor consumo ao longo do período analisado. O maior diferencial destas regiões é que o Nordeste concentra grande parte do número de domicílios do país, 25%, enquanto o Norte concentra apenas 7% para 2030. No entanto, o baixo consumo por domicílio, o menor do país, faz com que o potencial de economia seja relativamente baixo na região Nordeste.

Para a região Sudeste é necessário destacar sua importância no consumo e potencial de economia de eletricidade do país, uma vez que é responsável por 44% dos domicílios do país, por 54% do consumo de energia elétrica e por 62% do potencial de economia do setor, considerando-se o ano de 2030. Possui também a maior média de consumo mensal por domicílio, de 371 kWh/mês, sendo a média do país de 263 kWh/mês e a menor de 188 kWh/mês,

referente à região Nordeste. Ainda, é a única região em que se verificou tendência de mais de 50% dos domicílios constarem nas faixas de consumo acima de 201 kWh/mês. Ou seja, é a região que mais consome e que possui a maior taxa de crescimento do consumo por domicílio previsto entre as regiões.

A região Sul, apesar de concentrar pequena parte dos domicílios do país, sendo de aproximadamente 15%, devido ao clima, que implica o uso de chuveiro elétrico e outros equipamentos elétricos para aquecimento (secadora de roupa, aquecedores) e também ao poder aquisitivo, possui consumo de energia elétrica próximo ao da região Nordeste, próximo de 15% do consumo total do setor. Possui o segundo maior consumo médio por domicílio, sendo de 265 kWh/mês em 2030.

A região Centro Oeste concentra apenas 7% dos domicílios do país e é responsável por pouco mais de 7% do consumo do setor residencial. Assim como o Sul, seu consumo médio mensal de 255 kWh/mês é bastante próximo da média nacional. É a região com o segundo menor potencial de economia do país, de 6% do consumo do setor, ficando atrás apenas da região Norte.

Em todas as regiões verifica-se tendência de aumento no consumo médio mensal, o que implica em aumento no número de domicílios nas faixas de maior consumo. Também foi observado que, para todas as regiões com exceção do Sudeste, o potencial de economia que se apresenta para as duas faixas de maior consumo excede os 50%, apesar de concentrarem menos da metade do total de domicílios.

Através dos resultados obtidos, é possível analisar as características das cinco regiões geográficas do país, sejam elas demográficas, dos domicílios, consumo e potencial de economia, sendo que essas se mostram bastante distintas para cada região. Torna possível estimar resultados e traçar estratégias distintas de acordo com cada região.

4.3.3 Brasil

Neste item são expostos os resultados gerais obtidos para o país. São apresentados os potenciais de economia anuais por equipamento para os valores mínimo e máximo de uso final. Para o domicílio médio o potencial de economia por equipamento é apresentado em valores de consumo mensal. Após são apresentados

os usos finais percentuais para o domicílio médio brasileiro e os potenciais totais anuais de economia por equipamento.

Por fim são expostos os potenciais de economia por região geográfica e por faixa de consumo para os anos de 2020 e 2030 bem como as respectivas distribuições do número de domicílios, a fim de estabelecer uma comparação entre a quantidade de domicílios e o potencial de economia.

Os consumos totais anuais para o país por equipamento são apresentados nas Tabelas 4.42 a 4.45 a seguir, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela 4.42 – Consumo anual para refrigerador/freezer - Brasil.

| Descrição | Uso final | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|
| | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | 26,87 | 34,97 |
| Consumo ² | mín | 22,97 | 31,93 |
| Diferença | | 3,90 | 3,04 |
| Consumo ¹ | | 50,38 | 65,53 |
| Consumo ² | máx | 43,07 | 59,85 |
| Diferença | | 7,31 | 5,69 |
| Economia | [%] | 14,5 | 8,7 |

Tabela 4.43 – Consumo anual para chuveiro elétrico - Brasil.

| Descrição | Uso final | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|
| | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | 24,79 | 34,30 |
| Consumo ² | mín | 10,37 | 14,69 |
| Diferença | | 14,42 | 19,62 |
| Consumo ¹ | | 38,13 | 52,78 |
| Consumo ² | máx | 15,91 | 22,50 |
| Diferença | | 22,22 | 30,28 |
| Economia | [%] | 58,2 | 57,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela 4.44 – Consumo anual para iluminação - Brasil.

| Descrição | Uso final | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|
| | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | 11,57 | 15,34 |
| Consumo ² | mín | 10,80 | 6,69 |
| Diferença | | 0,77 | 8,65 |
| Consumo ¹ | | 23,92 | 31,73 |
| Consumo ² | máx | 22,40 | 13,59 |
| Diferença | | 1,52 | 18,14 |
| Economia | [%] | 6,3 | 57,2 |

Tabela 4.45 – Consumo anual para ar condicionado - Brasil.

| Descrição | Uso final | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|
| | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | 3,02 | 5,35 |
| Consumo ² | mín | 2,08 | 5,17 |
| Diferença | | 0,94 | 0,18 |
| Consumo ¹ | | 34,42 | 61,05 |
| Consumo ² | máx | 23,74 | 59,02 |
| Diferença | | 10,68 | 2,04 |
| Economia | [%] | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Os consumos correspondem à soma dos consumos calculados para os respectivos equipamentos nas cinco regiões geográficas. Como os valores de uso final mínimo e máximo diferem de região para região, esses não são apresentados nos resultados totais para o país.

Os percentuais de economia são equivalentes para os diferentes valores de uso final por terem sido utilizados os mesmos parâmetros de substituição de equipamentos, o que também influi diretamente nas diferenças dos valores de economia para 2020 e 2030. Para lâmpadas, por exemplo, foi considerada uma substituição progressiva de acordo com a região e a faixa de consumo, até atingir a totalidade de lâmpadas fluorescentes compactas em 2030. Por este motivo observa-se um maior potencial de economia para iluminação em 2030 em relação a 2020, no qual ainda se mantêm algumas lâmpadas incandescentes e fluorescentes tubulares, considerando que o consumidor somente substitua as lâmpadas quando essas "queimarem".

Verifica-se grande variação entre os consumo obtidos para o uso final mínimo e máximo, sobretudo para a iluminação e ar condicionado, sendo que a substituição do chuveiro elétrico é responsável pelos maiores potenciais de economia, seja em valores absolutos ou em valores percentuais.

São apresentados para 2020 na Tabela 4.46 e para 2030 na Tabela 4.47, os consumos médios mensais por equipamento para o domicílio médio brasileiro, para os cenários tendencial e técnico.

Tabela 4.46 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio em 2020 - Brasil.

| Equipamento | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | |
|----------------------|--------------------|-----------------|-----------|------|
| | [kWh/mês] | [kWh/mês] | [kWh/mês] | [%] |
| Refrigerador/Freezer | 41,54 | 35,41 | 6,13 | 14,8 |
| Chuveiro elétrico | 32,79 | 9,29 | 23,50 | 71,7 |
| Iluminação | 18,53 | 16,97 | 1,57 | 8,4 |
| Ar condicionado | 20,45 | 14,02 | 6,43 | 31,5 |
| Outros | 72,94 | 63,16 | 9,78 | 13,4 |
| Total | 186,26 | 138,85 | 47,41 | 25,5 |

Tabela 4.47 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio em 2030 - Brasil.

| Equipamento | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | |
|----------------------|--------------------|-----------------|-----------|------|
| | [kWh/mês] | [kWh/mês] | [kWh/mês] | [%] |
| Refrigerador/Freezer | 45,13 | 40,85 | 4,28 | 9,5 |
| Chuveiro elétrico | 37,85 | 10,55 | 27,29 | 72,1 |
| Iluminação | 20,54 | 8,93 | 11,61 | 56,5 |
| Ar condicionado | 30,17 | 29,47 | 0,70 | 2,3 |
| Outros | 129,70 | 97,84 | 31,87 | 24,6 |
| Total | 263,38 | 187,63 | 75,75 | 28,8 |

Para o cenário tendencial, o refrigerador/freezer e o chuveiro elétrico são os equipamentos com maior consumo; para o cenário técnico os principais consumidores são o refrigerador, freezer e iluminação para 2020 e refrigerador, freezer e ar condicionado para 2030.

O alto consumo referente ao ar condicionado para o cenário técnico em 2030 pode ser justificado pela menor diferença de COP em relação a 2020 (aumento de 0,90 W/W de 2010 para 2020 e aumento de 0,10 W/W de 2020 para 2030) bem como pelas grandes diferenças para seu valor de uso final, o que resulta um alto valor de uso final médio.

Apesar de ser responsável por grande parte do consumo, o potencial de economia percentual obtido para refrigerador e freezer é baixo. Este fato ocorre por ter sido considerada a tendência da substituição de modelos de uma porta por modelos de maior capacidade do tipo frost-free e combinado frost-free (duas portas). Por a classificação do PBE ser realizada por categoria, um modelo nível "A" do tipo combinado frost-free pode consumir mais que um modelo do tipo uma porta com classificação inferior.

Destaca-se o alto valor de consumo relativo ao item "outros", referente aos demais equipamentos eletroeletrônicos que não foram analisados devido à disponibilidade de dados. Este fato reforça a tendência do aumento da renda, implicando na aquisição destes equipamentos, tais como aparelhos de DVD, blue ray, televisores maiores, computadores e eletroportáteis.

Como resultado total para o consumo mensal do domicílio tem-se valores percentuais de economia próximos para 2020, de 25,4% e para 2030, de 28,8%. Ou seja, de acordo com os requisitos do regulamento analisados, para os dois períodos o potencial de economia supera 1/4 do consumo previsto para o cenário tendencial.

A Figura 4.3 ilustra os usos finais para o domicílio médio brasileiro para o ano 2020 e a Figura 4.4 para o ano 2030.

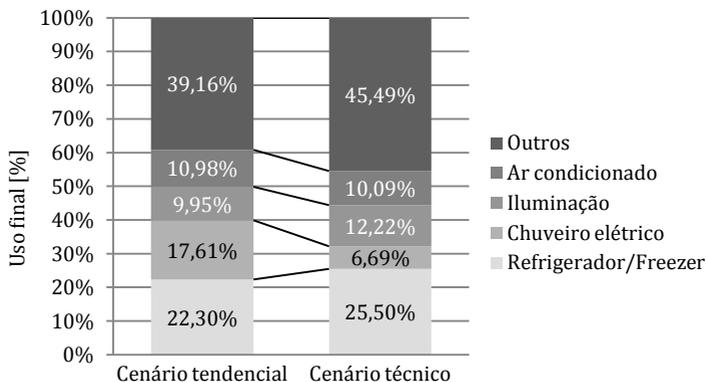


Figura 4.3 - Usos finais para os cenários tendencial e técnico para o ano de 2020.

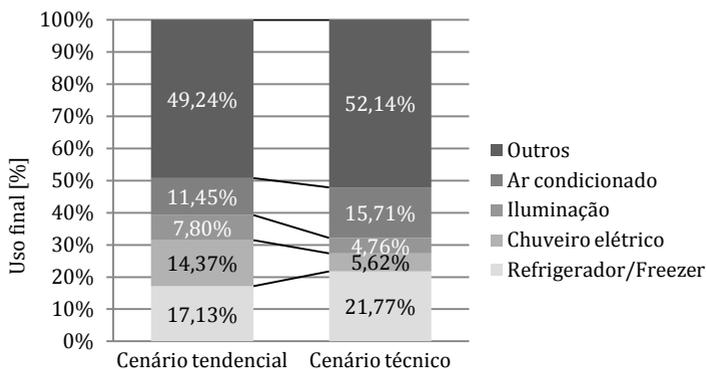


Figura 4.4 - Usos finais para os cenários tendencial e técnico para o ano de 2030.

Tanto para 2020 quanto para 2030 há aumento no valor de uso final para refrigerador e freezer, iluminação e para o item "outros"; para o ar condicionado o valor de uso final permanece praticamente constante em 2020. Este resultado advém do grande potencial de economia relativo ao chuveiro elétrico, fazendo com que, apesar da economia em valores absolutos verificada para os demais usos, esses apresentem aumento ou pouca variação no valor percentual de uso final entre os cenários tendencial e técnico.

As Figuras 4.5 e 4.6 ilustram o potencial de economia por equipamento para os anos de 2020 e 2030, respectivamente. A soma dos valores de consumo do cenário técnico e de economia resultam no consumo do equipamento no cenário tendencial.

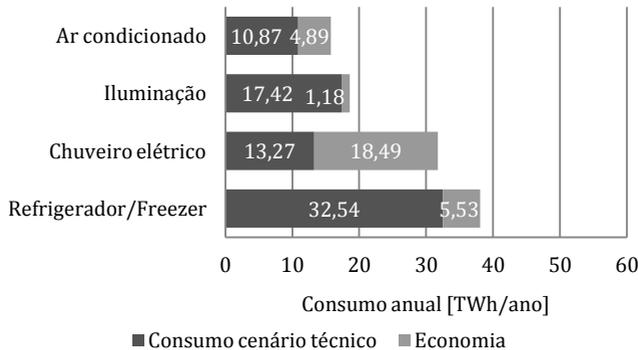


Figura 4.5 - Potencial de economia por equipamento para o ano de 2020 - Brasil.

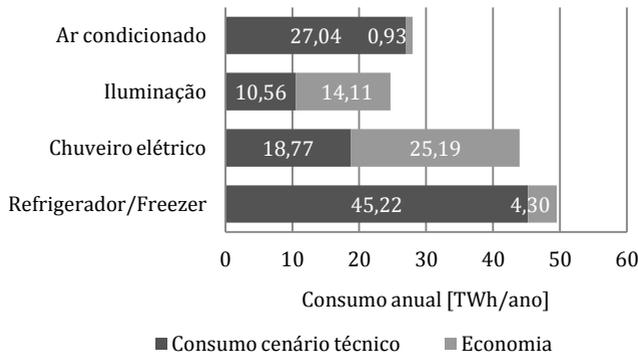


Figura 4.6 - Potencial de economia por equipamento para o ano de 2030 - Brasil.

Nos gráficos apresentados é possível observar o potencial de economia por equipamento em relação ao seu consumo previsto para o cenário tendencial.

Conforme citado anteriormente, o baixo potencial de economia para iluminação observado para 2020 é devido à estimativa de troca gradual das lâmpadas. Ou seja, em 2020 os

domicílios ainda mantêm algumas lâmpadas incandescentes e fluorescentes tubulares. A totalidade de lâmpadas eficientes considerada para 2030 propicia, portanto, um potencial de economia mais acentuado.

Em relação aos baixos valores de potencial de economia observados para refrigeradores e freezer, esses se devem por ter sido considerado que, apesar do aumento no nível de eficiência, há tendência de aquisição de refrigeradores com maiores volumes de armazenamento que, por sua vez, gastam mais energia que os modelos de menor volume.

São apresentados para 2020 na Tabela 4.48 e para 2030 na Tabela 4.49 os consumos médios mensais por domicílio por região geográfica, para os cenários tendencial e técnico.

Tabela 4.48 – Consumo médio mensal por domicílio por região geográfica e para o país em 2020.

| Região geográfica | 2020 | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Economia | |
| | [kWh/mês/domicílio] | [kWh/mês/domicílio] | [kWh/mês/domicílio] | [%] |
| Norte | 135,64 | 115,06 | 20,58 | 15,2 |
| Nordeste | 132,69 | 108,94 | 23,75 | 17,9 |
| Sudeste | 224,36 | 165,62 | 58,74 | 26,2 |
| Sul | 189,16 | 122,37 | 66,79 | 35,3 |
| Centro Oeste | 180,40 | 136,66 | 43,74 | 24,2 |
| Brasil | 186,26 | 138,85 | 47,41 | 25,5 |

Tabela 4.49 – Consumo médio mensal por domicílio por região geográfica e para o país em 2030.

| Região geográfica | 2030 | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Economia | |
| | [kWh/mês/domicílio] | [kWh/mês/domicílio] | [kWh/mês/domicílio] | [%] |
| Norte | 190,08 | 167,92 | 22,16 | 11,7 |
| Nordeste | 188,42 | 155,65 | 32,77 | 17,4 |
| Sudeste | 317,59 | 212,12 | 105,47 | 33,2 |
| Sul | 265,42 | 176,64 | 88,78 | 33,4 |
| Centro Oeste | 255,84 | 190,45 | 65,39 | 25,6 |
| Brasil | 263,38 | 187,63 | 75,75 | 28,8 |

O Norte e o Nordeste são as regiões que possuem o menor consumo médio por domicílio bem como os menores potenciais de economia, tanto em valores absolutos quanto em valores

percentuais, ficando bem abaixo da média das demais regiões. Este fato pode ser justificado pelo baixo poder aquisitivo e pelos baixos valores de uso final para chuveiro elétrico nestas duas regiões.

Para 2020 a região Sul é responsável pelo maior potencial relativo de economia e para 2030 os potenciais da região Sul e Sudeste atingem valores próximos e o Centro Oeste apresenta potencial próximo ao valor médio observado para o país, tanto para 2020 quanto para 2030.

Nas Tabelas 4.50 e 4.51 são apresentados os potenciais de economia e a participação percentual do número de domicílios por região geográfica para os anos de 2020 e 2030. É possível observar que a distribuição do número de domicílios bem como o percentual de economia em relação ao total economizado mantém uma proporção semelhante para os anos analisados.

Tabela 4.50 – Potencial de economia anual por região geográfica para 2020.

| Região geográfica | 2020 | | | | |
|-------------------|------------|----------------------------|-----------|------------------|------------------|
| | Domicílios | Consumo cenário tendencial | Economia | | |
| | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] | [%] ¹ | [%] ² |
| Norte | 7,14 | 8,74 | 1,31 | 3,6 | 0,8 |
| Nordeste | 24,85 | 29,74 | 4,66 | 12,7 | 2,8 |
| Sudeste | 44,51 | 90,07 | 20,22 | 55,1 | 12,0 |
| Sul | 15,86 | 27,05 | 7,90 | 21,5 | 4,7 |
| Centro Oeste | 7,64 | 12,43 | 2,59 | 7,0 | 1,5 |
| Total | 100,00 | 168,03 | 36,68 | 100,0 | 21,8 |

Nota: ¹em relação à economia total do setor residencial; ²em relação ao consumo total do setor residencial.

Tabela 4.51 – Potencial de economia anual por região geográfica para 2030.

| Região geográfica | 2030 | | | | |
|-------------------|------------|----------------------------|-----------|------------------|------------------|
| | Domicílios | Consumo cenário tendencial | Economia | | |
| | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] | [%] ¹ | [%] ² |
| Norte | 7,21 | 14,81 | 1,71 | 2,3 | 0,6 |
| Nordeste | 24,75 | 50,40 | 8,01 | 10,7 | 2,8 |
| Sudeste | 44,44 | 152,53 | 46,91 | 62,5 | 16,5 |
| Sul | 15,97 | 45,82 | 13,50 | 18,0 | 4,7 |
| Centro Oeste | 7,62 | 21,08 | 4,90 | 6,5 | 1,7 |
| Total | 100,00 | 284,64 | 75,03 | 100,0 | 26,4 |

Nota: ¹em relação à economia total do setor residencial; ²em relação ao consumo total do setor residencial.

Os potenciais de economia são apresentados sob dois diferentes parâmetros. O potencial em relação à economia total do setor compreende à participação de cada região no potencial de economia total estimado para o setor residencial. O potencial em relação ao consumo total do setor compreende à participação de cada região no potencial de economia em relação ao consumo total do setor residencial.

Ou seja, a região Sudeste é responsável por um potencial de 62,5% de economia em relação ao potencial total de consumo de 75,03 TWh/ano estimado para 2030; e é responsável por um potencial de 16,5%, que corresponde a 46,91 TWh/ano, de economia em relação ao consumo total de 284,64 TWh estimados para o setor para 2030.

Observa-se um maior potencial de economia em relação ao consumo total do setor residencial para o ano de 2030, de 26,4%, em relação ao ano de 2020 para o qual a economia estimada é de 21,8%. Esta diferença reflete o fato de que, para o ano de 2030, são simulados os potenciais máximos de economia previstos pelo regulamento, enquanto 2020 corresponde a uma posição transitória frente à substituição dos equipamentos.

Destaca-se os altos valores observados para a região Sudeste, que concentra aproximadamente 44% dos domicílios do país e é responsável por mais de 50% do potencial de economia do setor para os dois períodos analisados. Para o ano de 2030 seu potencial de economia em relação ao consumo do setor atinge 16,5%, ou seja, apenas a região Sudeste pode economizar mais de 16% do consumo total previsto para o setor residencial no ano de 2030.

A região Sul, apesar de concentrar apenas cerca de 15% dos domicílios do país, apresenta alto potencial de economia se comparado às demais regiões, sendo de 21,5% para 2020 e 18% para 2030.

A região Nordeste, apesar de concentrar quase 25% dos domicílios do país, consome o equivalente a 75% da eletricidade consumida pela região Centro Oeste, que concentra pouco mais de 7% dos domicílios do país, ratificando seu baixo consumo médio por domicílio.

A região Norte, apesar de sua grande extensão, concentra apenas cerca de 7% dos domicílios, valor próximo ao verificado para o Centro Oeste, e representa menos de 1% da economia em relação ao consumo total do setor.

Nas Tabelas 4.52 e 4.53 são apresentados os potenciais de economia e a participação percentual do número de domicílios por faixa de consumo para os anos de 2020 e 2030.

Tabela 4.52 – Potencial de economia anual por faixa de consumo para 2020.

| Faixa de consumo | 2020 | | | | |
|------------------|------------|----------------------------|-----------|------------------|------------------|
| | Domicílios | Consumo cenário tendencial | | Economia | |
| [kWh/mês] | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] | [%] ¹ | [%] ² |
| 0 a 100 | 50,57 | 30,40 | 2,80 | 7,6 | 1,7 |
| 101 a 200 | 20,88 | 30,99 | 7,37 | 20,1 | 4,4 |
| 201 a 400 | 14,06 | 33,63 | 8,19 | 22,3 | 4,9 |
| acima de 400 | 14,49 | 73,01 | 18,32 | 49,9 | 10,9 |
| Total | 100,00 | 168,03 | 36,68 | 100,0 | 21,8 |

Nota: ¹economia em relação à economia total do setor; ²economia em relação ao consumo total do setor.

Tabela 4.53 – Potencial de economia anual por faixa de consumo para 2030.

| Faixa de consumo | 2030 | | | | |
|------------------|------------|----------------------------|-----------|------------------|------------------|
| | Domicílios | Consumo cenário tendencial | | Economia | |
| [kWh/mês] | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] | [%] ¹ | [%] ² |
| 0 a 100 | 37,21 | 30,05 | 3,21 | 4,3 | 1,1 |
| 101 a 200 | 21,22 | 42,44 | 9,65 | 12,9 | 3,4 |
| 201 a 400 | 19,81 | 63,88 | 19,50 | 26,0 | 6,9 |
| acima de 400 | 21,76 | 148,28 | 42,66 | 56,9 | 15,0 |
| Total | 100,00 | 284,64 | 75,03 | 100,0 | 26,4 |

Nota: ¹economia em relação à economia total do setor; ²economia em relação ao consumo total do setor.

É possível notar a mudança na distribuição dos domicílios entre as faixas, havendo uma tendência de aumento do número de domicílios nas faixas de 201 a 400 e acima de 400 kWh/mês e de diminuição na faixa de 0 a 100 kWh/mês. Para a faixa de 101 a 200 kWh/mês a quantidade de domicílios apresenta valores semelhantes para 2020 e 2030.

Para 2020 as três primeiras faixas apresentam valores próximos de consumo de eletricidade, em torno de 30 TWh/ano, sendo que apenas as duas primeiras faixas somam mais de 70% do total de domicílios do país. A faixa dos domicílios que consomem acima de 400 kWh/mês representa 14,49% do total de domicílios do país e consome 73,01 TWh/ano, ou seja, 43,45% do consumo

total do setor residencial. As demais faixas consomem, juntas, 95,02 TWh/ano, o que corresponde a 56,55% do total do setor residencial.

De acordo com os requisitos avaliados por este trabalho, tem-se que o setor residencial brasileiro apresenta um potencial de economia de 21,8% ou 36,68 TWh/ano para o ano de 2020 e de 26,4% ou 75,03 TWh/ano para o ano de 2030.

5 Conclusões

Neste capítulo são expostas as principais conclusões referentes às análises dos resultados obtidos, bem como as limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto dos requisitos de eficiência máxima, bem como as bonificações, propostos pelo Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios residenciais no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro. No intuito de se atingir este objetivo foram elaborados dois cenários: o cenário tendencial, que corresponde à projeção do consumo no qual não há medidas de eficiência energética e o cenário técnico, no qual são aplicados os requisitos e bonificações propostos pelo regulamento.

No estudo de revisão de literatura foi possível observar que o desenvolvimento de um método eficiente de certificação energética bem como a definição de seus indicadores é uma tarefa que se mostra de alta complexidade. O processo de um regulamento deve ser desenvolvido individualmente para o país em que se pretende aplicá-lo, uma vez que esse é fortemente influenciado pela combinação das características do local, tais como padrões construtivos, de consumo, uso e posse de equipamentos, climáticos, culturais, demográficos, políticos, econômicos e sociais.

A revisão de literatura ratifica a importância da análise dos indicadores de consumo utilizados por regulamentos, no intuito de traçar possíveis trajetórias resultantes da sua aplicação possibilitando, ainda, ser um instrumento norteador para o regulamento em estudo.

No capítulo referente ao método foram expostos os procedimentos empregados a fim de se obter os resultados esperados. Estes procedimentos são relativos à construção do cenário tendencial do setor, à aplicação dos requisitos do regulamento e à construção do cenário técnico e à análise dos resultados.

Em relação à envoltória, devido à dificuldade de se estabelecer uma influência direta do seu desempenho no consumo de energia elétrica e à disponibilidade de dados bem como às limitações do trabalho, optou-se por realizar uma análise simplificada da eficiência para o modelo padrão utilizado nas simulações do regulamento.

Para todas regiões e orientações, a maioria das unidades avaliadas atingiram nível de eficiência da envoltória entre C e D, seja para envoltória ventilada naturalmente ou condicionada artificialmente. Exceção apenas para as unidades 3 e 4 da orientação 1 para envoltória condicionada artificialmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, que obtiveram classificação nível B.

Contrariando as expectativas, considerando os altos ganhos térmicos propiciados pelo contato da cobertura com o exterior, as habitações do tipo apartamento obtiveram desempenho inferior em comparação às habitações do tipo casa. Uma possível explicação para este desempenho é que, para os parâmetros construtivos avaliados, o contato com o solo das edificações do tipo casa compensem os ganhos térmicos advindos da cobertura. Outro fator que pode influenciar este resultado são as transmitâncias térmicas, relativamente altas, das coberturas avaliadas, fazendo com que as edificações do tipo casa percam mais calor durante à noite que as edificações do tipo apartamento, período em que há maior ocupação dos domicílios.

De acordo com o regulamento, deve ser avaliada a envoltória da habitação ventilada naturalmente, no intuito de evitar e postergar a utilização de equipamentos de ar condicionado, uma vez que se verifica tendência de aumento no uso deste equipamento conforme aumenta a renda da população. No entanto, as estratégias construtivas para um caso ventilado naturalmente e um caso condicionado artificialmente são distintas, quando não opostas, dependendo da zona bioclimática. Há, portanto, o risco de que em edificações novas, projetadas para um bom desempenho para ventilação natural, sejam instalados posteriormente equipamentos de ar condicionado pelo usuário, o que provavelmente implicará em um mau desempenho da envoltória.

As análises das simulações são realizadas avaliando-se o balanço térmico e energético, tendo sido simuladas todas as combinações possíveis entre os parâmetros analisados, no intuito da equação responder pelo maior número possível de casos. Por este motivo, nos casos nível A podem ocorrer inúmeras combinações de estratégias, como por exemplo, uma parede com absorvância alta atingir nível A compensando-se com um bom isolamento.

Portanto, o desempenho da envoltória é definido através da combinação de diversos fatores, não sendo possível, em uma análise

abrangente, listar as estratégias adequadas para cada zona bioclimática. As estratégias devem ser combinadas entre si de acordo com cada caso em particular, considerando a grande variação de modelos de edificações encontrada no setor residencial.

A norma NBR 15.220 (ABNT, 2005a) estabelece parâmetros construtivos de acordo com a zona bioclimática. No entanto, por ser restritiva, há casos de envoltória nível A que não atendem às exigências da norma, assim como há casos em que a envoltória atende às exigências da norma porém não atinge nível A, pois a norma estabelece estratégias para o desempenho mínimo da envoltória.

Nesta avaliação verificou-se que, considerando o modelo utilizado, as edificações residenciais brasileiras de todas regiões geográficas não atingem os níveis máximos de eficiência da envoltória, seja em relação à eficiência da edificação ventilada naturalmente quanto da edificação condicionada artificialmente.

A análise dos demais resultados foi realizada para cada uma das cinco regiões geográficas, sendo essas divididas em quatro faixas de consumo. Para cada faixa de consumo foram analisados quatro diferentes usos finais: refrigerador e freezer, iluminação, aquecimento de água e condicionamento artificial de ar, esses por sua vez foram avaliados de acordo com três valores de uso final.

A economia percentual por equipamento para cada faixa de consumo possui valores próximos para todas regiões geográficas por terem sido utilizados critérios semelhantes para a substituição dos equipamentos para cada faixa de consumo. A economia está diretamente ligada aos parâmetros de substituição utilizados, sendo esses definidos de acordo com o regulamento e a partir da caracterização de uso e posse atuais dos equipamentos, conforme exposto no item relativo ao método.

Em relação aos equipamentos analisados, o maior potencial de economia observado é para a substituição do chuveiro elétrico, tendo sido simulada sua substituição por sistema solar para todos domicílios do tipo casa e para 50% dos domicílios do tipo apartamento para as faixas de 201 a 400 e acima de 400 kWh/mês. Foi considerado que todos domicílios possuem fração solar de 70%, ou seja, 70% da demanda de água quente é atendida pelo sistema de aquecimento solar e para os 30% restantes é utilizado o chuveiro elétrico. Optou-se por não utilizar dados de radiação solar para simular o potencial do uso de aquecimento solar pelo fato de que, de

acordo com o regulamento, o nível de radiação solar do local implica apenas no aumento ou diminuição da área de placas coletoras.

Também destaca-se o potencial relativo à substituição de lâmpadas, sobretudo para 2030, em que se considera a totalidade de uso de lâmpadas do tipo fluorescentes compactas, podendo representar mais de 50% de economia em relação ao consumo calculado para o cenário tendencial.

Para o domicílio médio das regiões e do país, verificou-se um alto valor de consumo para o item "outros", sendo responsável pelo maior valor de uso final. Para os domicílios médios das faixas de consumo este valor apresentou-se próximo ao consumo relativo a refrigerador e freezer.

De acordo com a média dos estudos analisados para 2005, os principais consumidores do domicílio médio brasileiro foram o refrigerador e chuveiro elétrico, com 33% e 22% do consumo respectivamente, sendo o uso final relativo ao item "outros" de 23%. De acordo com os consumos calculados para o domicílio médio brasileiro, este valor varia, para os anos de 2020 e 2030, de 39% a 49% no cenário tendencial e de 49% a 52% no cenário técnico.

Há duas possíveis razões para estes resultados. Uma é, como já citado anteriormente, a tendência no aumento da aquisição de equipamentos eletroeletrônicos e eletroportáteis. Há uma diversidade cada vez maior destes equipamentos no mercado, tais como televisores cada vez maiores, geladeiras maiores e com mais funções, home theaters, computadores, equipamentos de ginástica, video games e equipamentos de cozinha, tais como *grills*, máquinas de café, multiprocessadores, fornos e fogões elétricos. São equipamentos que, isoladamente, consomem pouca energia em relação ao consumo total do domicílio, porém estão presentes com cada vez maior diversidade e quantidade. Ainda, como citado na revisão de literatura, a estabilidade econômica está permitindo que as classes de menor renda adquiram cada vez mais bens duráveis.

Outra questão a ser considerada é a variação observada para os valores de uso final, uma vez que os consumos para o domicílio médio foram calculados com base no valor médio dos estudos levantados. Os usos finais para refrigerador e ar condicionado são os que apresentam as maiores diferenças, atingindo até 40%, o que afeta diretamente o consumo estimado para o item "outros".

Em todas as regiões as duas faixas correspondentes aos domicílios com maior consumo médio mensal (201 a 400 e acima de

400 kWh/mês) apresentam potencial de economia acima de 2/3 do total estimado para o setor. Com exceção do Sudeste, em todas as outras regiões o número de domicílios nas duas faixas de maior consumo é menor que nas faixas de menor consumo.

Analisando em valores percentuais, 28,5% dos domicílios em 2020 e 41,6% em 2030 consomem, respectivamente, 63,5% e 74,5% da energia elétrica do país para o cenário tendencial e 61,01% e 71,5% para o cenário técnico. Estas duas faixas são responsáveis por, aproximadamente, 73% em 2020 e 83% em 2030 da economia total estimada para o setor.

Apenas a região Sudeste comporta cerca de 44% dos domicílios e é responsável por mais de 60% do potencial total de economia e por 16,5% de economia em relação ao consumo total do setor residencial. A região Nordeste, apesar de concentrar 24% dos domicílios do país, apresenta um potencial médio de economia de apenas 3% para o período analisado, devido ao seu baixo consumo por domicílio. O Norte e o Centro Oeste são as regiões que apresentam a menor concentração dos domicílios, de aproximadamente 7% cada, bem como os menores potenciais de economia, sendo de 3% para o Norte e de 7% para o Centro Oeste. A região Sul, apesar de concentrar apenas 16% dos domicílios do país, apresenta potencial de 20% de economia de eletricidade.

Os percentuais de economia total obtidos para o setor residencial brasileiro mediante a aplicação dos requisitos e bonificações do regulamento foram de 21,8% para o ano de 2020 e de 26,4% para o ano de 2030, conforme apresentado na Figura 5.1.

De acordo com os estudos apresentados na Revisão de literatura, o potencial técnico varia de 31,7% a 45,4% para 2030. Esta diferença é devida ao fato dos critérios utilizados para substituição e nível de eficiência dos usos finais analisados; ainda, para este trabalho os valores totais de economia são baseados no valor médio de uso final observado entre os trabalhos analisados, o que também pode contribuir para esta diferença.

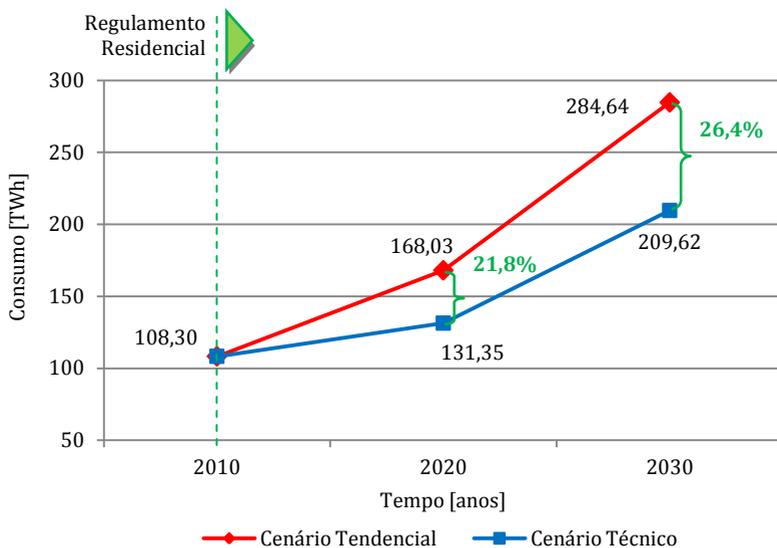


Figura 5.1 - Impacto da aplicação do regulamento no consumo de energia elétrica do setor residencial.

O gráfico ilustra o impacto da aplicação do regulamento residencial no consumo de energia elétrica do setor residencial, através da comparação entre os consumos obtidos para os Cenários Tendencial e Técnico.

Este trabalho buscou avaliar o impacto dos requisitos propostos pelo regulamento residencial no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro. Para tal, foram avaliados, para as cinco regiões geográficas e para quatro faixas de consumo, três valores de uso final para quatro equipamentos.

Como resultados mais relevantes, além do potencial de economia verificado para a substituição do chuveiro elétrico e do valor total de economia estimado para o setor, destaca-se o alto consumo e potencial de economia verificado para as faixas de maior consumo e para a região Sudeste.

Em relação ao chuveiro elétrico é necessário, além do regulamento, expansão dos programas de incentivo para o uso de sistemas de aquecimento solar, sobretudo para as faixas de menor renda, considerando a facilidade e o baixo custo da utilização do chuveiro elétrico em contraponto ao alto custo de instalação de sistemas de aquecimento solar. Havendo disseminação do uso

destes sistemas, conseqüentemente tem-se aumento da demanda, da concorrência e da fabricação, implicando em diminuição no custo de aquisição.

Grande parte do consumo dos domicílios das faixas maiores advém da grande quantidade e diversidade de equipamentos eletroeletrônicos, que não são avaliados pelo regulamento, uma vez que esses são instalados pelo morador e podem ser facilmente trocados. Somado a isso, há a propensão da aquisição destes equipamentos também pelas faixas de menor consumo, fato comprovado pelo aumento do consumo mensal por domicílio para todas faixas de consumo e regiões, acarretando na diminuição do número de domicílios que consomem até 200 kWh/mês.

Esta tendência é ocasionada pelo crescimento da renda e pela estabilidade do crédito, resultando em aumento da aquisição de equipamentos e, conseqüentemente, no crescimento do consumo.

Considerando esta tendência de aumento do consumo por parte de equipamentos eletroeletrônicos e sua dificuldade de avaliação por parte do regulamento, tem-se a necessidade da ampliação das categorias de equipamentos avaliados pelo PBE, a fim de estabelecer níveis mínimos de eficiência bem como oferecer ao consumidor a possibilidade de escolha do equipamento a ser adquirido através do seu nível de eficiência energética.

Este trabalho visou avaliar, através da construção de um cenário técnico, uma medida de penetração dos requisitos e bonificações do regulamento avaliados por este trabalho. Conclui-se que há grande potencial de economia de energia elétrica por parte do setor residencial mediante o atendimento do regulamento, sobretudo para a região Sudeste e para as faixas dos domicílios com maior média de consumo mensal.

5.1 Limitações do trabalho

Devido ao fato do trabalho se basear em diversas fontes de dados, é possível listar algumas limitações em relação à sua disponibilidade e confiabilidade.

Em relação à Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de consumo de energia, a opção por não trabalhar com a base dos dados sem tratamento estatístico, disponível em Microsoft Access, se deveu a dois motivos. O primeiro, por extrapolar os limites definidos para o trabalho, devido à complexidade de se realizar esta tarefa. O segundo, por terem sido consultados quatro estudos que

analisaram esta base de dados e obtiveram resultados bastante distintos, indica que uma quinta análise provavelmente chegaria em outros resultados. Por estes motivos, tomou-se a opção de utilizar os valores máximo e mínimo de uso final obtidos pelos estudos existentes.

Outra dificuldade em relação a esta base de dados foram as diferenças encontradas quando comparada a outros levantamentos consultados, como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do IBGE, o Balanço Energético Nacional e o Plano Nacional de Energia, do Ministério de Minas e Energia. Como a Pesquisa de posse e hábitos de uso é a única fonte que disponibiliza dados por faixa de consumo, houve dificuldade em conciliar esses dados com os dos demais estudos, seja em relação ao consumo, à posse e às características de equipamentos.

A ausência de uma base de dados integrada que, além de entrevistas0 conte com medições *in loco*, auditorias, análise da conta de luz fornecida pelas concessionárias e com informações que sejam disponibilizadas sob os mesmos parâmetros, dificulta o desenvolvimento de trabalhos que analisem o consumo de energia pelo setor residencial.

Também é necessário ressaltar que a opção de se trabalhar em uma escala macro, abrangendo todos domicílios do país, impede determinadas análises mais detalhadas.

Toma-se como exemplo a análise realizada para a substituição do chuveiro elétrico por sistemas de aquecimento solar. O procedimento proposto pelo regulamento determina diversas etapas, referentes ao cálculo da demanda de água quente, ao dimensionamento dos reservatórios, às perdas térmicas, aos dados de radiação solar, à eficiência, orientação e inclinação das placas coletoras. Mesmo que se utilizasse como base o modelo utilizado pelo regulamento, correspondente ao domicílio médio brasileiro, o dimensionamento do sistema de aquecimento solar corresponderia a uma quantidade indeterminada de domicílios. A eficiência do sistema depende de variáveis muito particulares como orientação do terreno, entorno (se há sombreamento ocasionado por vegetação ou outras edificações) e tipo de cobertura (por influenciar diretamente na orientação e inclinação dos coletores, pois é na cobertura em que normalmente são instalados os coletores).

Além do fato de se trabalhar com análises de escala macro, a dificuldade em se estabelecer uma relação direta entre o desempenho da envoltória com o consumo de energia elétrica implicou uma análise simplificada, relativa somente aos componentes construtivos predominantes de acordo com a literatura.

A principal relação entre o desempenho da envoltória, requisito de maior peso no regulamento, e o consumo de energia elétrica, é no que se refere ao uso de sistemas de condicionamento de ar. Porém, a escassez de dados precisos em relação à posse, consumo e padrão de uso de aparelhos de ar condicionado dificulta uma análise abrangente desta relação.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Pelo fato do regulamento em estudo ser recente e ser o primeiro desenvolvido especificamente para o Brasil, há diversas análises que podem ser desenvolvidas.

Escolha de um único parâmetro para análise mais detalhada, sobretudo para a envoltória e aquecimento de água, que compreendem os requisitos de avaliação obrigatória.

Para a envoltória, avaliar a influência e a correlação dos parâmetros construtivos e seu nível de eficiência, de acordo com a zona bioclimática.

Estudos da relação entre o desempenho da envoltória e a utilização de ar condicionado, buscando uma estimativa do quanto edificações com envoltória nível A poderiam evitar ou postergar o uso de condicionamento artificial de ar. Esta estimativa deve ser realizada através de estudos de sensação de conforto dos usuários.

Ainda, realizar uma análise de como se comportaria a envoltória nível A de edificações naturalmente ventiladas caso o usuário venha a instalar um sistema de ar condicionado, e como isso refletiria no consumo de eletricidade se comparado à envoltória eficiente para a edificação condicionada artificialmente.

Para aquecimento de água, trabalhar com amostras menores, avaliando o potencial de atendimento da demanda de água quente, considerando-se dados de radiação solar, entorno e condições de instalação dos coletores.

Realizar auditorias em uma amostra de domicílios de modo a englobar diferentes faixas de consumo, obtendo-se os valores de uso final para os diferentes tipos de equipamentos. Realizar um

levantamento de mercado com as potências disponíveis para os equipamentos que não são avaliados pelo PBE e estimar um potencial de economia entre os diferentes equipamentos de uma mesma categoria. Os valores obtidos para uso final podem ser comparados aos obtidos por este trabalho, no intuito de realizar uma análise mais detalhada do potencial de economia por parte dos domicílios com maior média de consumo.

Referências bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Avaliação de custos unitários para incorporação de edifícios - procedimento**, NBR 12721. Rio de Janeiro, 1999.

____ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho térmico de edificações**, NBR 15220. Rio de Janeiro, 2005a.

____ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho Térmico de Edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, NBR 15220-3, 2005b. 30 p.

____ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto** - Projeto e instalação, NBR 15569, 2008. 36 p.

ACHÃO, C. C. L. **Análise da estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro**. (Dissertação de mestrado). COPPE/UFRJ, Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. 103 p.

BEN - Balanço Energético Nacional. **Relatório final**. Ano base 2009. Rio de Janeiro: EPE. 2010.

BRANZ. **Energy use in New Zealand households**. Disponível em: http://www.branz.co.nz/cms_show_download.php?id=97. Acesso em: 15 novembro 2009.

BRASIL - Presidência da República. Casa Civil. Subchefia de assuntos jurídicos. Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. In: **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2001. Disponível em:

<http://www.81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/23/2001/4059.htm>. Acesso em: 26 abril 2009.

CANTIN, R.; MOURTADA, A.; GUARRACINO, G.; ADRA, N.; NASSER, M.; MAAMARI, F. Scenarios of application of energy certification procedure for residential buildings in Lebanon. **Energy Policy**, v.35, n.6, p.3167-3178. 2007.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação de eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais**. (Tese de doutorado). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. 215 p.

CASALS, X. G. Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences. **Energy and Buildings**, v.38, n.5, p.381-392. 2005.

CHEN, S.; LI, N.; GUAN, J.; XIE, Y.; SUN, F.; NI, J. A statistical method to investigate national energy consumption in the residential building sector of China. **Energy and Buildings**, v.40, n.4, p.654-665. 2008.

ELETROBRÁS; PROCEL - Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 187 p. 2007a. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005. Classe residencial - Relatório Brasil.

____ - Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 214 p. 2007b. Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Consumo final e conservação de energia elétrica (1970-2005)**. Rio de Janeiro: EPE, 46 p. 2006.

____ - Empresa de Pesquisa Energética. **Estatística e análise do mercado de energia elétrica**. Boletim mensal (mês-base: dezembro 2007). Rio de Janeiro: EPE, 48 p. 2007.

____ - Empresa de Pesquisa Energética. **Premissas sociodemográficas de longo prazo**. Nota técnica série parâmetros econômicos. Rio de Janeiro: EPE, 63 p. 2009.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, F. P. **Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**. (Relatório de iniciação científica). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. 104 p.

GELLER, H. **Revolução energética: Políticas para um futuro sustentável**. Rio de Janeiro: Relume Dumará: USAid. 2003.

GHISI, E.; GOSCH, S.; LAMBERTS, R. Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. **Energy Policy**, v.35, n.8, Abril 2007, p.4107-4120. 2007.

HAAS, R. Energy efficiency indicators in the residential sector. What do we know and what has to be ensured? **Energy Policy**, v.25, n.7-9, p.789-802. 1997.

HART, M.; DEAR, R. D. Weather sensitivity in household appliance energy end-use. **Energy and Buildings**, v.36, n.2, p.161-174. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/default.shtm. Acesso em: 05 dezembro 2010.

____ - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Síntese de indicadores sociais ano base 2008. Rio de Janeiro: IBGE. v.29. 2009.

____ - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries estatísticas e históricas**. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 20 outubro 2010.

____ - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/default.asp>. Acesso em: 10 setembro 2010.

____ - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo2010/index.php>. Acesso em: 10 janeiro 2011.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráficos Climatológicos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php#>. Acesso em: 02 dezembro 2010

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe.asp>. Acesso em: 20 dezembro 2009.

JANUZZI, G. D. M. A eficiência energética e o mercado. In: **Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2000. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=kxtCI->

RDDuwC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q=&f=false.

KORDJAMSHIDI, M.; KING, S. Overcoming problems in house energy ratings in temperate climates: A proposed new rating framework. **Energy and Buildings**, v.41, n.1, p.125-132. 2009.

LABEEE. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas**. Florianópolis: LabEEE. 2010a.

____ - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Regulamento técnico para eficiência energética de edificações residenciais**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/>. Acesso em: dezembro 2010.

____ - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Relatório técnico**. Histórico de simulações para edificações residenciais (documento de circulação restrita). Florianópolis: LabEEE. 2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: ProLivros, 191 p. 2004.

LEONELLI, P. A. **Uso eficiente de energia elétrica no setor residencial - uma análise do comportamento do consumidor**. (Dissertação de mestrado). COPPE/UFRJ, Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999. 137 p.

LINS, M. P. E.; PINHEL, A. C. C. Planejamento do uso final para conservação de energia elétrica. **Revista Brasileira de Energia**, v.1, n.3. 1990.

MEIER, A.; ADALBERTH, K.; BUSCHING, S.; ELMORTH, A.; HALTRECHT, D. **Indicators of energy efficiency in cold-climate buildings**. Results from a BCS expert working group.

Disponível em:
<http://eetd.lbl.gov/Buildings/ALAN/Indicators99/>. Acesso em:
26 outubro 2009.

MME - Ministério de Minas e Energia. Eficiência energética. In: **Plano nacional de energia 2030**. Brasília: MME: EPE, 2007a, v. 11, p. 1-244.

_____ - Ministério de Minas e Energia. **Matriz energética nacional 2030**. Brasília: MME: EPE, 254 p. 2007b.

_____ - Ministério de Minas e Energia. Projeções. In: **Plano nacional de energia 2030**. Brasília: MME: EPE, 2007c, v. 2, p. 1-372.

_____ - Ministério de Minas e Energia. **Plano decenal de expansão de energia 2008/2017**. Brasília: MME: EPE, 435 p. v.1. 2008.

_____ - Ministério de Minas e Energia. **Plano decenal de expansão de energia 2010/2019**. Brasília: MME: EPE, 354 p. 2010a.

_____ - Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de eficiência energética**. Premissas e diretrizes básicas na elaboração do plano, 135 p. 2010b.

PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; GONZÁLEZ, R.; MAESTRE, I. R. A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. **Energy and Buildings**, v.41, p.272-278. 2009.

PROCEL. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Disponível em:
<http://www.eletrabras.com/elb/procel/main.asp>. Acesso em: 26 abril 2009.

RECS. **Residential energy consumption survey**. Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/emeu/recs/contents.html>. Acesso em: 01 novembro 2009.

SANTANA, M. V. **influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis - SC**. (Dissertação de mestrado). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. 196 p.

SCHAEFFER, R.; COHEN, C.; AGUIAR, A. C. J. D.; FARIA, G. V. R. The potential for electricity conservation and carbon dioxide emission reductions in the household sector of Brazil. **Energy Efficiency**, v.2, n.2, p.165-178. 2009.

SHIMODA, Y.; FUJII, T.; MORIKAWA, T.; MIZUNO, M. Residential end-use simulation at city scale. **Building and Environment**, v.39, n.8, p.959-967. 2004.

SILVA, Â. C. M. **Análise condicionada da demanda de energia do setor residencial brasileiro**. (Tese de Doutorado). COPPE/UFRJ, Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. 155 p.

SINPHA. **Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo**. Disponível em: <http://www.eletrabras.com/pci/sinpha/Home.asp>. Acesso em: 07 julho 2009.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. (Tese de doutorado). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. 225 p.

WWF-BRASIL. **Agenda elétrica sustentável 2020**. estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo. Série técnica. Brasília: WWF-Brasil, 80 p. v.12. 2006a.

_____. Anexos técnicos. In: **Agenda elétrica sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo**. Brasília: WWF-Brasil, 2006b, p. 1-90.

APÊNDICE A

A 1 Resultados região Nordeste

A 1.1 Resultados por equipamento

a) Resultados Região Nordeste

Nas Tabelas A-1.1 a A-1.4 são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela A-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|-------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 4,50 | 5,82 |
| Consumo ² | mín | 20 | 3,84 | 5,32 |
| Diferença | | | 0,65 | 0,51 |
| Consumo ¹ | | | 11,24 | 14,56 |
| Consumo ² | máx | 50 | 9,61 | 13,30 |
| Diferença | | | 1,63 | 1,26 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.2 – Consumo anual para chuveiro elétrico - Região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 1,65 | 2,28 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,55 | 0,77 |
| Diferença | | | 1,10 | 1,50 |
| Consumo ¹ | | | 2,83 | 3,90 |
| Consumo ² | máx | 12 | 0,95 | 1,33 |
| Diferença | | | 1,88 | 2,57 |
| Economia | [%] | | 66,4 | 66,0 |

Tabela A-1.3 – Consumo anual para iluminação - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 1,79 | 2,36 |
| Consumo ² | mín | 7 | 1,62 | 1,25 |
| Diferença | | | 0,17 | 1,11 |
| Consumo ¹ | | | 2,81 | 3,71 |
| Consumo ² | máx | 11 | 2,54 | 1,97 |
| Diferença | | | 0,27 | 1,74 |
| Economia | [%] | | 9,5 | 46,8 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.4 – Consumo anual para ar condicionado - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|-------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,92 | 1,61 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,63 | 1,56 |
| Diferença | | | 0,28 | 0,05 |
| Consumo ¹ | | | 8,24 | 14,53 |
| Consumo ² | máx | 27 | 5,68 | 14,04 |
| Diferença | | | 2,56 | 0,48 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela A-1.5 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela A-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Nordeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------|--------------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 34,76 | 29,71 | 5,05 | 37,74 | 34,47 | 3,28 |
| Chuveiro elétrico | 9,83 | 2,95 | 6,88 | 11,35 | 3,40 | 7,94 |
| Iluminação | 9,48 | 8,58 | 0,90 | 10,50 | 5,58 | 4,92 |
| Ar condicionado | 15,88 | 10,95 | 4,93 | 23,47 | 22,68 | 0,78 |
| Outros | 62,75 | 56,75 | 6,00 | 105,36 | 89,51 | 15,85 |
| Total | 132,69 | 108,94 | 23,75 | 188,42 | 155,65 | 32,77 |
| Economia | | 17,9% | | | 17,4% | |

b) Faixa de 0 a 100 kWh/mês

Nas Tabelas A-1.6 a A-1.9 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela A-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 1,95 | 2,25 |
| Consumo ² | mín | 20 | 1,67 | 2,05 |
| Diferença | | | 0,28 | 0,20 |
| Consumo ¹ | | | 4,88 | 5,62 |
| Consumo ² | máx | 50 | 4,17 | 5,13 |
| Diferença | | | 0,71 | 0,49 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,72 | 0,88 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,23 | 0,29 |
| Diferença | | | 0,48 | 0,59 |
| Consumo ¹ | | | 1,23 | 1,51 |
| Consumo ² | máx | 12 | 0,40 | 0,49 |
| Diferença | | | 0,83 | 1,01 |
| Economia | [%] | | 67,4 | 67,4 |

Tabela A-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,77 | 0,91 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,70 | 0,48 |
| Diferença | | | 0,07 | 0,43 |
| Consumo ¹ | | | 1,22 | 1,43 |
| Consumo ² | máx | 11 | 1,10 | 0,76 |
| Diferença | | | 0,12 | 0,67 |
| Economia | [%] | | 9,5 | 46,8 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,40 | 0,62 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,27 | 0,60 |
| Diferença | | | 0,12 | 0,02 |
| Consumo ¹ | | | 3,57 | 5,60 |
| Consumo ² | máx | 27 | 2,47 | 5,42 |
| Diferença | | | 1,11 | 0,19 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela A-1.10 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela A-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Nordeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 20,68 | 17,68 | 3,00 | 22,45 | 20,50 | 1,95 |
| Chuveiro elétrico | 5,85 | 1,75 | 4,09 | 6,75 | 2,02 | 4,72 |
| Iluminação | 5,64 | 5,10 | 0,54 | 6,25 | 3,32 | 2,93 |
| Ar condicionado | 9,45 | 6,51 | 2,93 | 13,96 | 13,49 | 0,47 |
| Outros | 19,80 | 19,80 | -- | 19,80 | 19,80 | -- |
| Total | 61,41 | 50,84 | 10,56 | 69,20 | 59,14 | 10,06 |
| Economia | | 17,2% | | | 14,5% | |

c) Faixa de 101 a 200 kWh/mês

Nas Tabelas A-1.11 a A-1.14 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela A-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,81 | 1,18 |
| Consumo ² | mín | 20 | 0,69 | 1,08 |
| Diferença | | | 0,12 | 0,10 |
| Consumo ¹ | | | 2,01 | 2,95 |
| Consumo ² | máx | 50 | 1,72 | 2,69 |
| Diferença | | | 0,29 | 0,26 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Tabela A-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,30 | 0,46 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,10 | 0,15 |
| Diferença | | | 0,20 | 0,31 |
| Consumo ¹ | | | 0,51 | 0,79 |
| Consumo ² | máx | 12 | 0,17 | 0,26 |
| Diferença | | | 0,34 | 0,53 |
| Economia | [%] | | 66,5 | 66,5 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,32 | 0,48 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,29 | 0,25 |
| Diferença | | | 0,03 | 0,22 |
| Consumo ¹ | | | 0,50 | 0,75 |
| Consumo ² | máx | 11 | 0,45 | 0,40 |
| Diferença | | | 0,05 | 0,35 |
| Economia | [%] | | 9,5 | 46,8 |

Tabela A-1.14 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,16 | 0,33 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,11 | 0,32 |
| Diferença | | | 0,05 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 1,48 | 2,94 |
| Consumo ² | máx | 27 | 1,02 | 2,84 |
| Diferença | | | 0,46 | 0,10 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Na Tabela A-1.15 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela A-1.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Nordeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 50,22 | 42,93 | 7,29 | 54,53 | 49,80 | 4,73 |
| Chuveiro elétrico | 14,20 | 4,26 | 9,94 | 16,39 | 4,92 | 11,47 |
| Iluminação | 13,70 | 12,40 | 1,30 | 15,17 | 8,06 | 7,11 |
| Ar condicionado | 22,94 | 15,82 | 7,12 | 33,90 | 32,77 | 1,13 |
| Outros | 48,08 | 48,08 | -- | 48,08 | 48,08 | -- |
| Total | 149,13 | 123,48 | 25,65 | 168,07 | 143,63 | 24,44 |
| Economia | | 17,2% | | | 14,5% | |

d) Faixa de 201 a 400 kWh/mês

Nas Tabelas A-1.16 a A-1.19 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela A-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,77 | 1,18 |
| Consumo ² | mín | 20 | 0,66 | 0,95 |
| Diferença | | | 0,11 | 0,22 |
| Consumo ¹ | | | 1,91 | 2,94 |
| Consumo ² | máx | 50 | 1,65 | 2,38 |
| Diferença | | | 0,26 | 0,56 |
| Economia | [%] | | 13,8 | 18,9 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,28 | 0,46 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,09 | 0,15 |
| Diferença | | | 0,19 | 0,31 |
| Consumo ¹ | | | 1,34 | 1,80 |
| Consumo ² | máx | 12 | 0,15 | 0,01 |
| Diferença | | | 1,18 | 1,79 |
| Economia | [%] | | 68,1 | 68,1 |

Tabela A-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,30 | 0,48 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,30 | 0,21 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,27 |
| Consumo ¹ | | | 0,48 | 0,75 |
| Consumo ² | máx | 11 | 0,48 | 0,33 |
| Diferença | | | 0,00 | 0,42 |
| Economia | [%] | | 0,5 | 56,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,16 | 0,33 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,11 | 0,32 |
| Diferença | | | 0,05 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 1,40 | 2,94 |
| Consumo ² | máx | 27 | 0,97 | 2,84 |
| Diferença | | | 0,44 | 0,10 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela A-1.20 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela A-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 90,26 | 77,82 | 12,44 | 98,01 | 79,44 | 18,57 |
| Chuveiro elétrico | 25,52 | 7,66 | 17,86 | 29,46 | 8,84 | 20,62 |
| Iluminação | 24,62 | 24,50 | 0,12 | 27,27 | 11,92 | 15,35 |
| Ar condicionado | 41,23 | 28,43 | 12,80 | 60,94 | 58,90 | 2,03 |
| Outros | 86,41 | 86,41 | -- | 86,41 | 86,41 | -- |
| Total | 268,04 | 224,82 | 43,22 | 302,09 | 245,51 | 56,57 |
| Economia | | 16,1% | | | 18,7% | |

e) *Faixa acima de 400 kWh/mês*

Nas Tabelas A-1.21 a A-1.24 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela A-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 2,26 | 4,83 |
| Consumo ² | mín | 20 | 1,92 | 3,60 |
| Diferença | | | 0,34 | 1,23 |
| Consumo ¹ | | | 5,64 | 12,08 |
| Consumo ² | máx | 50 | 4,80 | 9,00 |
| Diferença | | | 0,85 | 3,08 |
| Economia | [%] | | 15,0 | 25,5 |

Tabela A-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,83 | 1,89 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,27 | 0,62 |
| Diferença | | | 0,56 | 1,27 |
| Consumo ¹ | | | 1,42 | 3,24 |
| Consumo ² | máx | 12 | 0,47 | 1,06 |
| Diferença | | | 0,96 | 2,17 |
| Economia | [%] | | 67,1 | 67,1 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela A-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,90 | 1,96 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,62 | 1,24 |
| Diferença | | | 0,28 | 0,72 |
| Consumo ¹ | | | 1,41 | 3,08 |
| Consumo ² | máx | 11 | 0,97 | 1,95 |
| Diferença | | | 0,44 | 1,13 |
| Economia | [%] | | 31,2 | 36,7 |

Tabela A-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,46 | 1,34 |
| Consumo ² | mín | 3 | 0,32 | 1,29 |
| Diferença | | | 0,14 | 0,04 |
| Consumo ¹ | | | 4,14 | 12,05 |
| Consumo ² | máx | 27 | 2,85 | 11,65 |
| Diferença | | | 1,28 | 0,40 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Na Tabela A-1.25 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela A-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Nordeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 215,77 | 183,41 | 32,37 | 234,30 | 174,57 | 59,72 |
| Chuveiro elétrico | 61,01 | 18,30 | 42,71 | 70,44 | 21,13 | 49,31 |
| Iluminação | 58,86 | 40,46 | 18,40 | 65,18 | 41,25 | 23,93 |
| Ar condicionado | 98,56 | 67,97 | 30,59 | 145,67 | 140,82 | 4,86 |
| Outros | 206,58 | 206,58 | -- | 206,58 | 206,58 | -- |
| Total | 640,78 | 516,72 | 124,06 | 722,17 | 584,36 | 137,82 |
| Economia | | 19,4% | | | 19,1% | |

A 1.2 Resultados totais

Na Tabela A-1.26 são apresentados os resultados de consumo anual e na Tabela A-1.27 os resultados de consumo mensal para os cenários tendencial e técnico, por faixa de consumo e total para a região. A Tabela A-1.28 estabelece a relação entre o potencial de economia e a participação percentual do número de domicílios por faixa de consumo.

Tabela A-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Nordeste.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|--------------------|-----------------|-------------|--------------------|-----------------|-------------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês] | | | | | |
| 0 a 100 | 10,04 | 8,93 | 1,11 | 12,01 | 10,91 | 1,09 |
| 101 a 200 | 4,15 | 3,45 | 0,70 | 6,30 | 5,40 | 0,89 |
| 201 a 400 | 3,94 | 3,31 | 0,63 | 6,29 | 5,12 | 1,17 |
| acima de 400 | 11,62 | 9,40 | 2,22 | 25,81 | 20,96 | 4,85 |
| Total | 29,74 | 25,08 | 4,66 | 50,40 | 42,40 | 8,01 |
| Economia | | 15,7% | | | 15,9% | |

Tabela A-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Nordeste.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês] | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| 0 a 100 | 61,41 | 54,44 | 6,97 | 69,20 | 62,73 | 6,47 |
| 101 a 200 | 149,13 | 123,48 | 25,65 | 168,07 | 143,63 | 24,44 |
| 201 a 400 | 268,04 | 224,82 | 43,22 | 302,09 | 245,51 | 56,57 |
| acima de 400 | 640,78 | 516,72 | 124,06 | 722,17 | 584,36 | 137,82 |
| Média | 132,69 | 111,56 | 21,13 | 188,42 | 157,98 | 30,44 |
| Economia | | 15,9% | | | 16,1% | |

Tabela A-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Nordeste.

| Faixa | 2020 | | 2030 | |
|--------------|------------|----------|------------|----------|
| | Domicílios | Economia | Domicílios | Economia |
| | [%] | [%] | [%] | [%] |
| 0 a 100 | 72,95 | 23,9 | 64,85 | 13,6 |
| 101 a 200 | 12,40 | 15,0 | 14,00 | 11,2 |
| 201 a 400 | 6,56 | 13,5 | 7,78 | 14,6 |
| acima de 400 | 8,09 | 47,6 | 13,36 | 60,6 |
| Total | 100,00 | 100,0 | 100,00 | 100,0 |

APÊNDICE B

B 1 Resultados região Sudeste

B 1.1 Resultados por equipamento

a) Resultados para a região geográfica

Nas Tabelas B-1.1 a B-1.4 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela B-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 14,12 | 18,35 |
| Consumo ² | mín | 20 | 12,07 | 16,76 |
| Diferença | | | 2,05 | 1,59 |
| Consumo ¹ | | | 24,72 | 32,11 |
| Consumo ² | máx | 35 | 21,13 | 29,32 |
| Diferença | | | 3,59 | 2,79 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Tabela B-1.2 – Consumo para chuveiro elétrico - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 16,32 | 22,54 |
| Consumo ² | mín | 22 | 6,97 | 9,94 |
| Diferença | | | 9,35 | 12,59 |
| Consumo ¹ | | | 22,25 | 30,73 |
| Consumo ² | máx | 30 | 9,50 | 13,56 |
| Diferença | | | 12,75 | 17,17 |
| Economia | [%] | | 57,3 | 55,9 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.3 – Consumo para iluminação - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 7,21 | 9,56 |
| Consumo ² | mín | 9 | 6,84 | 3,85 |
| Diferença | | | 0,37 | 5,71 |
| Consumo ¹ | | | 15,22 | 20,17 |
| Consumo ² | máx | 19 | 14,45 | 8,12 |
| Diferença | | | 0,78 | 12,05 |
| Economia | [%] | | 5,1 | 59,7 |

Tabela B-1.4 – Consumo para ar condicionado - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,96 | 1,69 |
| Consumo ² | mín | 1 | 0,66 | 1,64 |
| Diferença | | | 0,30 | 0,06 |
| Consumo ¹ | | | 10,54 | 18,64 |
| Consumo ² | máx | 11 | 7,27 | 18,02 |
| Diferença | | | 3,27 | 0,62 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Na Tabela B-1.5 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela B-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Sudeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 48,08 | 41,10 | 6,98 | 52,21 | 47,68 | 4,53 |
| Chuveiro elétrico | 48,03 | 14,41 | 33,62 | 55,45 | 16,64 | 38,82 |
| Iluminação | 30,61 | 29,04 | 1,56 | 33,90 | 13,65 | 20,24 |
| Ar condicionado | 11,94 | 8,23 | 3,70 | 17,64 | 17,06 | 0,59 |
| Outros | 85,70 | 72,83 | 12,87 | 158,38 | 117,10 | 41,29 |
| Total | 224,36 | 165,62 | 58,74 | 317,59 | 212,12 | 105,47 |
| Economia | | 26,2% | | | 33,2% | |

b) Faixa de 0 a 100 kWh/mês

Nas Tabelas B-1.6 a B-1.9 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela B-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final [%] | 2020 | 2030 |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| | | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 2,09 | 1,54 |
| Consumo ² | mín 20 | 1,79 | 1,40 |
| Diferença | | 0,30 | 0,13 |
| Consumo ¹ | | 3,66 | 2,69 |
| Consumo ² | máx 35 | 3,13 | 2,46 |
| Diferença | | 0,53 | 0,23 |
| Economia | [%] | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final [%] | 2020 | 2030 |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| | | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 2,41 | 1,89 |
| Consumo ² | mín 22 | 0,94 | 0,74 |
| Diferença | | 1,47 | 1,15 |
| Consumo ¹ | | 3,29 | 2,58 |
| Consumo ² | máx 30 | 1,29 | 1,01 |
| Diferença | | 2,01 | 1,57 |
| Economia | [%] | 60,9 | 60,9 |

Tabela B-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final [%] | 2020 | 2030 |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| | | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 1,07 | 0,80 |
| Consumo ² | mín 9 | 1,01 | 0,32 |
| Diferença | | 0,05 | 0,48 |
| Consumo ¹ | | 2,25 | 1,69 |
| Consumo ² | máx 19 | 2,14 | 0,68 |
| Diferença | | 0,12 | 1,01 |
| Economia | [%] | 5,1 | 59,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final [%] | 2020 | 2030 |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| | | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 0,14 | 0,14 |
| Consumo ² | mín 1 | 0,10 | 0,14 |
| Diferença | | 0,04 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | 1,56 | 1,56 |
| Consumo ² | máx 11 | 1,08 | 1,51 |
| Diferença | | 0,48 | 0,05 |
| Economia | [%] | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela B-1.10 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela B-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sudeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 19,00 | 16,25 | 2,76 | 20,64 | 18,84 | 1,79 |
| Chuveiro elétrico | 18,99 | 5,70 | 13,29 | 21,92 | 6,58 | 15,34 |
| Iluminação | 12,10 | 11,48 | 0,62 | 13,40 | 5,40 | 8,00 |
| Ar condicionado | 4,72 | 3,25 | 1,46 | 6,97 | 6,74 | 0,23 |
| Outros | 16,88 | 16,88 | -- | 16,88 | 16,88 | -- |
| Total | 71,68 | 53,55 | 18,13 | 79,80 | 54,44 | 25,37 |
| Economia | | 25,3% | | | 31,8% | |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

c) Faixa de 101 a 200 kWh/mês

Nas Tabelas B-1.11 a B-1.14 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela B-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | 2020 | | 2030 | |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | Uso final [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 3,10 | 3,47 | |
| Consumo ² | mín 20 | 2,65 | 3,17 | |
| Diferença | | 0,45 | 0,30 | |
| Consumo ¹ | | 5,43 | 6,07 | |
| Consumo ² | máx 35 | 4,64 | 5,54 | |
| Diferença | | 0,79 | 0,53 | |
| Economia | [%] | 14,5 | 8,7 | |

Tabela B-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | 2020 | | 2030 | |
|----------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | Uso final [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | 3,58 | 4,26 | |
| Consumo ² | mín 22 | 1,49 | 1,77 | |
| Diferença | | 2,09 | 2,49 | |
| Consumo ¹ | | 4,89 | 5,81 | |
| Consumo ² | máx 30 | 2,03 | 2,42 | |
| Diferença | | 2,85 | 3,39 | |
| Economia | [%] | 58,4 | 58,4 | |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 1,58 | 1,81 |
| Consumo ² | mín | 9 | 1,38 | 1,00 |
| Diferença | | | 0,21 | 0,81 |
| Consumo ¹ | | | 3,34 | 3,81 |
| Consumo ² | máx | 19 | 2,91 | 2,11 |
| Diferença | | | 0,44 | 1,70 |
| Economia | [%] | | 13,1 | 44,6 |

Tabela B-1.14 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,21 | 0,32 |
| Consumo ² | mín | 1 | 0,15 | 0,31 |
| Diferença | | | 0,07 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 2,32 | 3,53 |
| Consumo ² | máx | 11 | 1,60 | 3,41 |
| Diferença | | | 0,72 | 0,12 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Na Tabela B-1.15 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela B-1.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sudeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 45,92 | 39,26 | 6,67 | 49,87 | 45,54 | 4,33 |
| Chuveiro elétrico | 45,88 | 13,76 | 32,11 | 52,97 | 15,89 | 37,08 |
| Iluminação | 29,23 | 25,40 | 3,84 | 32,37 | 17,93 | 14,45 |
| Ar condicionado | 11,40 | 7,86 | 3,54 | 16,85 | 16,29 | 0,56 |
| Outros | 40,79 | 40,79 | -- | 40,79 | 40,79 | -- |
| Total | 173,23 | 127,07 | 46,16 | 192,85 | 136,44 | 56,41 |
| Economia | | 26,6% | | | 29,2% | |

d) Faixa de 201 a 400 kWh/mês

Nas Tabelas B-1.16 a B-1.19 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela B-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-------|
| | | [%] | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 4,08 | 7,84 |
| Consumo ² | mín | 20 | 3,52 | 6,36 |
| Diferença | | | 0,56 | 1,49 |
| Consumo ¹ | | | 7,14 | 13,72 |
| Consumo ² | máx | 35 | 6,15 | 11,12 |
| Diferença | | | 0,98 | 2,60 |
| Economia | | | 13,8 | 18,9 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-------|
| | | [%] | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 4,71 | 9,63 |
| Consumo ² | mín | 22 | 1,60 | 3,26 |
| Diferença | | | 3,11 | 6,37 |
| Consumo ¹ | | | 3,77 | 3,88 |
| Consumo ² | máx | 30 | 2,18 | 4,45 |
| Diferença | | | 1,59 | -0,57 |
| Economia | | | 66,1 | 66,1 |

Tabela B-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-------|
| | | [%] | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 2,08 | 4,08 |
| Consumo ² | mín | 9 | 1,98 | 1,64 |
| Diferença | | | 0,11 | 2,44 |
| Consumo ¹ | | | 4,40 | 8,62 |
| Consumo ² | máx | 19 | 4,17 | 3,47 |
| Diferença | | | 0,22 | 5,15 |
| Economia | | | 5,10 | 59,73 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|------|
| | | [%] | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,28 | 0,72 |
| Consumo ² | mín | 1 | 0,19 | 0,70 |
| Diferença | | | 0,09 | 0,02 |
| Consumo ¹ | | | 3,04 | 7,97 |
| Consumo ² | máx | 11 | 2,10 | 7,70 |
| Diferença | | | 0,94 | 0,27 |
| Economia | | | 31,03 | 3,33 |

Na Tabela B-1.20 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela B-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 69,29 | 59,74 | 9,55 | 75,24 | 60,98 | 14,26 |
| Chuveiro elétrico | 69,22 | 20,77 | 48,45 | 79,91 | 23,97 | 55,94 |
| Iluminação | 44,11 | 41,85 | 2,25 | 48,85 | 19,67 | 29,17 |
| Ar condicionado | 17,20 | 11,86 | 5,34 | 25,43 | 24,58 | 0,85 |
| Outros | 61,54 | 61,54 | -- | 61,54 | 61,54 | -- |
| Total | 261,36 | 195,77 | 65,59 | 290,97 | 190,75 | 100,22 |
| Economia | | 25,1% | | | 34,4% | |

e) *Faixa acima de 400 kWh/mês*

Nas Tabelas B-1.21 a B-1.24 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela B-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 8,20 | 16,01 |
| Consumo ² | mín | 20 | 6,97 | 11,93 |
| Diferença | | | 1,23 | 4,08 |
| Consumo ¹ | | | 14,35 | 28,02 |
| Consumo ² | máx | 35 | 12,20 | 20,88 |
| Diferença | | | 2,15 | 7,14 |
| Economia | [%] | | 15,0 | 25,5 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 9,47 | 19,67 |
| Consumo ² | mín | 22 | 3,38 | 7,02 |
| Diferença | | | 6,09 | 12,65 |
| Consumo ¹ | | | 12,92 | 26,82 |
| Consumo ² | máx | 30 | 4,61 | 9,57 |
| Diferença | | | 8,31 | 17,25 |
| Economia | [%] | | 64,3 | 64,3 |

Tabela B-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 4,19 | 8,34 |
| Consumo ² | mín | 9 | 3,64 | 4,62 |
| Diferença | | | 0,55 | 3,72 |
| Consumo ¹ | | | 8,84 | 17,60 |
| Consumo ² | máx | 19 | 7,68 | 9,75 |
| Diferença | | | 1,16 | 7,86 |
| Economia | [%] | | 13,1 | 44,6 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela B-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,56 | 1,48 |
| Consumo ² | mín | 1 | 0,38 | 1,43 |
| Diferença | | | 0,17 | 0,05 |
| Consumo ¹ | | | 6,12 | 16,27 |
| Consumo ² | máx | 11 | 4,22 | 15,73 |
| Diferença | | | 1,90 | 0,54 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela B-1.25 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela B-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sudeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 143,02 | 121,57 | 21,45 | 155,30 | 115,71 | 39,59 |
| Chuveiro elétrico | 142,88 | 42,86 | 100,01 | 164,95 | 49,49 | 115,47 |
| Iluminação | 91,04 | 79,09 | 11,95 | 100,82 | 55,83 | 44,99 |
| Ar condicionado | 35,51 | 24,49 | 11,02 | 52,48 | 50,73 | 1,75 |
| Outros | 127,03 | 127,03 | -- | 127,03 | 127,03 | -- |
| Total | 539,48 | 395,04 | 144,43 | 600,59 | 398,79 | 201,79 |
| Economia | | 26,8% | | | 33,6% | |

B 1.2 Resultados totais

Na Tabela B-1.26 são apresentados os resultados de consumo anual e na Tabela B-1.27 os resultados de consumo mensal para os cenários tendencial e técnico, por faixa de consumo e total para a região. A Tabela B-1.28 estabelece a relação entre o potencial de economia e a participação percentual do número de domicílios por faixa de consumo.

Tabela B-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Sudeste.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês] [TWh/ano] | | | | | |
| 0 a 100 | 10,77 | 10,06 | 0,71 | 8,13 | 6,94 | 1,19 |
| 101 a 200 | 16,00 | 12,23 | 3,77 | 18,34 | 13,56 | 4,78 |
| 201 a 400 | 21,03 | 15,97 | 5,06 | 41,44 | 27,61 | 13,83 |
| acima de 400 | 42,27 | 31,59 | 10,68 | 84,62 | 57,51 | 27,11 |
| Total | 90,07 | 69,85 | 20,22 | 152,53 | 105,62 | 46,91 |
| Economia | | 22,4% | | | 30,8% | |

Tabela B-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Sudeste.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês] | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| 0 a 100 | 71,68 | 65,22 | 6,46 | 79,80 | 66,10 | 13,70 |
| 101 a 200 | 173,23 | 127,07 | 46,16 | 192,85 | 136,44 | 56,41 |
| 201 a 400 | 261,36 | 195,77 | 65,59 | 290,97 | 190,75 | 100,22 |
| acima de 400 | 539,48 | 395,04 | 144,43 | 600,59 | 398,79 | 201,79 |
| Média | 224,36 | 169,99 | 54,37 | 317,59 | 214,59 | 102,99 |
| Economia | 24,2% | | | 32,4% | | |

Tabela B-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Sudeste.

| Faixa | 2020 | | 2030 | |
|--------------|------------|----------|------------|----------|
| | Domicílios | Economia | Domicílios | Economia |
| | [%] | [%] | [%] | [%] |
| 0 a 100 | 37,44 | 3,5 | 21,21 | 2,5 |
| 101 a 200 | 23,00 | 18,6 | 19,80 | 10,2 |
| 201 a 400 | 20,04 | 25,0 | 29,65 | 29,5 |
| acima de 400 | 19,52 | 52,8 | 29,34 | 57,8 |
| Total | 100,00 | 100,0 | 100,00 | 100,0 |

APÊNDICE C

C 1 Resultados região Sul

C 1.1 Resultados por equipamento

a) *Sul médio*

Nas Tabelas C-1.1 a C-1.4 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela C-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 4,97 | 6,51 |
| Consumo ² | mín | 23 | 4,25 | 5,95 |
| Diferença | | | 0,72 | 0,57 |
| Consumo ¹ | | | 6,05 | 7,93 |
| Consumo ² | máx | 28 | 5,17 | 7,24 |
| Diferença | | | 0,88 | 0,69 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Tabela C-1.2 – Consumo anual para chuveiro elétrico - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 5,67 | 7,91 |
| Consumo ² | mín | 25 | 2,35 | 3,26 |
| Diferença | | | 3,32 | 4,64 |
| Consumo ¹ | | | 9,99 | 13,92 |
| Consumo ² | máx | 44 | 4,14 | 5,74 |
| Diferença | | | 5,84 | 8,17 |
| Economia | [%] | | 58,5 | 58,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.3 – Consumo anual para iluminação - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,98 | 1,31 |
| Consumo ² | mín | 4 | 0,93 | 0,53 |
| Diferença | | | 0,05 | 0,78 |
| Consumo ¹ | | | 3,19 | 4,26 |
| Consumo ² | máx | 13 | 3,02 | 1,72 |
| Diferença | | | 0,16 | 2,55 |
| Economia | [%] | | 5,1 | 59,7 |

Tabela C-1.4 – Consumo anual para ar condicionado - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,59 | 1,05 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,40 | 1,01 |
| Diferença | | | 0,18 | 0,03 |
| Consumo ¹ | | | 9,39 | 16,74 |
| Consumo ² | máx | 32 | 6,47 | 16,19 |
| Diferença | | | 2,91 | 0,56 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Na Tabela C-1.5 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela C-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Sul.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 38,28 | 32,72 | 5,56 | 41,56 | 37,96 | 3,61 |
| Chuveiro elétrico | 57,66 | 17,30 | 40,36 | 66,56 | 19,97 | 46,59 |
| Iluminação | 14,29 | 13,56 | 0,73 | 15,82 | 6,37 | 9,45 |
| Ar condicionado | 30,08 | 20,74 | 9,33 | 44,46 | 42,97 | 1,48 |
| Outros | 48,86 | 38,05 | 10,81 | 97,01 | 69,37 | 27,64 |
| Total | 189,16 | 122,37 | 66,79 | 265,42 | 176,64 | 88,78 |
| Economia | | 35,3% | | | 33,4% | |

b) Faixa de 0 a 100 kWh/mês

Nas Tabelas C-1.6 a C-1.9 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela C-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,01 | 0,97 |
| Consumo ² | mín | 23 | 0,86 | 0,89 |
| Diferença | | | 0,15 | 0,08 |
| Consumo ¹ | | | 1,22 | 1,18 |
| Consumo ² | máx | 28 | 1,05 | 1,08 |
| Diferença | | | 0,18 | 0,10 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,15 | 1,18 |
| Consumo ² | mín | 25 | 0,49 | 0,51 |
| Diferença | | | 0,66 | 0,67 |
| Consumo ¹ | | | 2,02 | 2,08 |
| Consumo ² | máx | 44 | 0,87 | 0,89 |
| Diferença | | | 1,15 | 1,19 |
| Economia | [%] | | 57,1 | 57,1 |

Tabela C-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,20 | 0,20 |
| Consumo ² | mín | 4 | 0,19 | 0,08 |
| Diferença | | | 0,01 | 0,12 |
| Consumo ¹ | | | 0,64 | 0,64 |
| Consumo ² | máx | 13 | 0,61 | 0,26 |
| Diferença | | | 0,03 | 0,38 |
| Economia | [%] | | 5,1 | 59,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,12 | 0,16 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,08 | 0,15 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 1,90 | 2,50 |
| Consumo ² | máx | 32 | 1,31 | 2,42 |
| Diferença | | | 0,59 | 0,08 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela C-1.10 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela C-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Sul.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 17,15 | 14,66 | 2,49 | 18,62 | 17,01 | 1,62 |
| Chuveiro elétrico | 25,84 | 7,75 | 18,08 | 29,83 | 8,95 | 20,88 |
| Iluminação | 6,40 | 6,08 | 0,33 | 7,09 | 2,86 | 4,23 |
| Ar condicionado | 13,48 | 9,30 | 4,18 | 19,92 | 19,26 | 0,66 |
| Outros | 9,57 | 9,57 | -- | 9,57 | 9,57 | -- |
| Total | 72,44 | 47,35 | 25,08 | 85,03 | 57,64 | 27,39 |
| Economia | | 34,6% | | | 32,2% | |

c) Faixa de 101 a 200 kWh/mês

Nas Tabelas C-1.11 a C-1.14 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela C-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,36 | 1,91 |
| Consumo ² | mín | 23 | 1,16 | 1,75 |
| Diferença | | | 0,20 | 0,17 |
| Consumo ¹ | | | 1,65 | 2,33 |
| Consumo ² | máx | 28 | 1,41 | 2,13 |
| Diferença | | | 0,24 | 0,20 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Tabela C-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,55 | 2,32 |
| Consumo ² | mín | 25 | 0,62 | 0,92 |
| Diferença | | | 0,94 | 1,40 |
| Consumo ¹ | | | 2,73 | 4,09 |
| Consumo ² | máx | 44 | 1,08 | 1,62 |
| Diferença | | | 1,65 | 2,47 |
| Economia | [%] | | 60,3 | 60,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|------|------|
| | [%] | | | |
| Consumo ¹ | | | 0,27 | 0,39 |
| Consumo ² | mín | 4 | 0,23 | 0,21 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,17 |
| Consumo ¹ | | | 0,87 | 1,25 |
| Consumo ² | máx | 13 | 0,76 | 0,69 |
| Diferença | | | 0,11 | 0,56 |
| Economia | [%] | | 13,1 | 44,6 |

Tabela C-1.14 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|------|------|
| | [%] | | | |
| Consumo ¹ | | | 0,16 | 0,31 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,11 | 0,30 |
| Diferença | | | 0,05 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 2,57 | 4,92 |
| Consumo ² | máx | 32 | 1,77 | 4,76 |
| Diferença | | | 0,80 | 0,16 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Na Tabela C-1.15 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela C-1.15 - Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Sul.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 38,53 | 32,93 | 5,59 | 41,83 | 38,20 | 3,63 |
| Chuveiro elétrico | 58,03 | 17,41 | 40,62 | 67,00 | 20,10 | 46,90 |
| Iluminação | 14,38 | 12,49 | 1,89 | 15,93 | 8,82 | 7,11 |
| Ar condicionado | 30,27 | 20,88 | 9,40 | 44,75 | 43,25 | 1,49 |
| Outros | 21,50 | 21,50 | -- | 21,50 | 21,50 | -- |
| Total | 162,71 | 105,22 | 57,50 | 191,00 | 131,88 | 59,13 |
| Economia | | 35,3% | | | 31,0% | |

d) Faixa de 201 a 400 kWh/mês

Nas Tabelas C-1.16 a C-1.19 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela C-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,16 | 1,96 |
| Consumo ² | mín | 23 | 1,00 | 1,59 |
| Diferença | | | 0,16 | 0,37 |
| Consumo ¹ | | | 1,41 | 2,39 |
| Consumo ² | máx | 28 | 1,22 | 1,94 |
| Diferença | | | 0,19 | 0,45 |
| Economia | [%] | | 13,8 | 18,9 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,33 | 2,38 |
| Consumo ² | mín | 25 | 0,43 | 0,78 |
| Diferença | | | 0,89 | 1,61 |
| Consumo ¹ | | | 0,84 | 4,19 |
| Consumo ² | máx | 44 | 0,76 | 1,37 |
| Diferença | | | 0,07 | 2,83 |
| Economia | [%] | | 67,4 | 67,4 |

Tabela C-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,23 | 0,40 |
| Consumo ² | mín | 4 | 0,20 | 0,22 |
| Diferença | | | 0,03 | 0,18 |
| Consumo ¹ | | | 0,75 | 1,28 |
| Consumo ² | máx | 13 | 0,65 | 0,71 |
| Diferença | | | 0,10 | 0,57 |
| Economia | [%] | | 13,1 | 44,6 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,14 | 0,32 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,09 | 0,30 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 2,19 | 5,05 |
| Consumo ² | máx | 32 | 1,51 | 4,88 |
| Diferença | | | 0,68 | 0,17 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela C-1.20 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela C-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Sul.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 64,80 | 55,87 | 8,93 | 70,36 | 57,03 | 13,33 |
| Chuveiro elétrico | 97,60 | 29,28 | 68,32 | 112,68 | 33,80 | 78,88 |
| Iluminação | 24,19 | 21,01 | 3,17 | 26,79 | 14,83 | 11,95 |
| Ar condicionado | 50,92 | 35,12 | 15,80 | 75,26 | 72,75 | 2,51 |
| Outros | 36,16 | 36,16 | -- | 36,16 | 36,16 | -- |
| Total | 273,67 | 177,44 | 96,23 | 321,25 | 214,58 | 106,67 |
| Economia | | 35,2% | | | 33,2% | |

e) *Faixa acima de 400 kWh/mês*

Nas Tabelas C-1.21 a C-1.24 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela C-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 2,29 | 4,26 |
| Consumo ² | mín | 23 | 1,95 | 3,18 |
| Diferença | | | 0,34 | 1,09 |
| Consumo ¹ | | | 2,79 | 5,19 |
| Consumo ² | máx | 28 | 2,37 | 3,87 |
| Diferença | | | 0,42 | 1,32 |
| Economia | [%] | | 15,0 | 25,5 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 2,61 | 5,17 |
| Consumo ² | mín | 25 | 0,88 | 1,74 |
| Diferença | | | 1,73 | 3,43 |
| Consumo ¹ | | | 4,60 | 9,10 |
| Consumo ² | máx | 44 | 1,55 | 3,06 |
| Diferença | | | 3,05 | 6,04 |
| Economia | [%] | | 66,4 | 66,4 |

Tabela C-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,45 | 0,86 |
| Consumo ² | mín | 4 | 0,38 | 0,44 |
| Diferença | | | 0,07 | 0,42 |
| Consumo ¹ | | | 1,47 | 2,79 |
| Consumo ² | máx | 13 | 1,24 | 1,44 |
| Diferença | | | 0,23 | 1,35 |
| Economia | [%] | | 15,5 | 48,5 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela C-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|-------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,27 | 0,68 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,19 | 0,66 |
| Diferença | | | 0,08 | 0,02 |
| Consumo ¹ | | | 4,32 | 10,95 |
| Consumo ² | máx | 32 | 2,98 | 10,59 |
| Diferença | | | 1,34 | 0,37 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela C-1.25 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela C-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Sul.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 127,10 | 108,04 | 19,07 | 138,02 | 102,84 | 35,18 |
| Chuveiro elétrico | 191,45 | 57,44 | 134,02 | 221,03 | 66,31 | 154,72 |
| Iluminação | 47,44 | 40,07 | 7,38 | 52,54 | 27,07 | 25,48 |
| Ar condicionado | 99,88 | 68,88 | 31,00 | 147,62 | 142,70 | 4,92 |
| Outros | 70,93 | 70,93 | -- | 70,93 | 70,93 | -- |
| Total | 536,81 | 345,35 | 191,46 | 630,14 | 409,84 | 220,30 |
| Economia | | 35,7% | | | 35,0% | |

C 1.2 Resultados totais

Na Tabela C-1.26 são apresentados os resultados de consumo anual e na Tabela C-1.27 os resultados de consumo mensal para os cenários tendencial e técnico, por faixa de consumo e total para a região. A Tabela C-1.28 estabelece a relação entre o potencial de economia e a participação percentual do número de domicílios por faixa de consumo.

Tabela C-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Sul.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|--------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês] | | | [TWh/ano] | | |
| 0 a 100 | 4,68 | 4,30 | 0,38 | 4,89 | 4,45 | 0,44 |
| 101 a 200 | 6,32 | 4,31 | 2,01 | 9,63 | 6,98 | 2,65 |
| 201 a 400 | 5,41 | 3,56 | 1,85 | 9,87 | 6,68 | 3,19 |
| acima de 400 | 10,65 | 6,99 | 3,66 | 21,43 | 14,21 | 7,22 |
| Total | 27,05 | 19,15 | 7,90 | 45,82 | 32,32 | 13,50 |
| Economia | | 29,2% | | | 29,5% | |

Tabela C-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Sul.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês] | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| 0 a 100 | 72,44 | 63,23 | 9,21 | 85,03 | 73,51 | 11,52 |
| 101 a 200 | 162,71 | 105,22 | 57,50 | 191,00 | 131,88 | 59,13 |
| 201 a 400 | 273,67 | 177,44 | 96,23 | 321,25 | 214,58 | 106,67 |
| acima de 400 | 536,81 | 345,35 | 191,46 | 630,14 | 409,84 | 220,30 |
| Média | 189,16 | 129,54 | 59,62 | 265,42 | 181,92 | 83,49 |
| Economia | 31,5% | | | 31,5% | | |

Tabela C-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo da região Sul.

| Faixa | 2020 | | 2030 | |
|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | Domicílios [%] | Economia [%] | Domicílios [%] | Economia [%] |
| 0 a 100 | 45,15 | 4,8 | 33,30 | 3,3 |
| 101 a 200 | 27,16 | 25,5 | 29,20 | 19,6 |
| 201 a 400 | 13,81 | 23,4 | 17,80 | 23,6 |
| acima de 400 | 13,87 | 46,3 | 19,70 | 53,5 |
| Total | 100,00 | 100,0 | 100,00 | 100,0 |

APÊNDICE D

D 1 Resultados região Centro Oeste

D 1.1 Resultados por equipamento

a) Centro Oeste médio

Nas Tabelas D-1.1 a D-1.4 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela D-1.1 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 2,08 | 2,71 |
| Consumo ² | mín | 21 | 1,78 | 2,47 |
| Diferença | | | 0,30 | 0,23 |
| Consumo ¹ | | | 4,56 | 5,93 |
| Consumo ² | máx | 46 | 3,90 | 5,41 |
| Diferença | | | 0,66 | 0,51 |
| Economia | | [%] | 14,5 | 8,7 |

Tabela D-1.2 – Consumo anual para refrigerador/freezer - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 1,15 | 1,58 |
| Consumo ² | mín | 11 | 0,50 | 0,71 |
| Diferença | | | 0,65 | 0,88 |
| Consumo ¹ | | | 2,92 | 4,03 |
| Consumo ² | máx | 28 | 1,26 | 1,80 |
| Diferença | | | 1,65 | 2,23 |
| Economia | | [%] | 56,7 | 55,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.3 – Consumo anual para iluminação - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 0,79 | 1,04 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,69 | 0,49 |
| Diferença | | | 0,10 | 0,56 |
| Consumo ¹ | | | 1,58 | 2,09 |
| Consumo ² | máx | 14 | 1,37 | 0,98 |
| Diferença | | | 0,21 | 1,11 |
| Economia | | [%] | 13,0 | 53,2 |

Tabela D-1.4 – Consumo anual para ar condicionado - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| | | [%] | [TWh/ano] | [TWh/ano] |
| Consumo ¹ | | | 0,27 | 0,48 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,19 | 0,46 |
| Diferença | | | 0,08 | 0,02 |
| Consumo ¹ | | | 2,42 | 4,28 |
| Consumo ² | máx | 18 | 1,67 | 4,14 |
| Diferença | | | 0,75 | 0,14 |
| Economia | | [%] | 31,0 | 3,3 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Na Tabela D-1.5 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela D-1.5 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio da região Centro oeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 45,60 | 38,98 | 6,62 | 49,52 | 45,22 | 4,30 |
| Chuveiro elétrico | 28,74 | 8,62 | 20,12 | 33,18 | 9,95 | 23,22 |
| Iluminação | 17,97 | 15,63 | 2,35 | 19,91 | 9,32 | 10,59 |
| Ar condicionado | 16,94 | 11,68 | 5,26 | 25,04 | 24,20 | 0,83 |
| Outros | 71,15 | 61,74 | 9,40 | 128,20 | 101,76 | 26,44 |
| Total | 180,40 | 136,66 | 43,74 | 255,84 | 190,45 | 65,39 |
| Economia | | 24,2% | | | 25,6% | |

b) Faixa de 0 a 100 kWh/mês

Nas Tabelas D-1.6 a D-1.9 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela D-1.6 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,39 | 0,30 |
| Consumo ² | mín | 21 | 0,34 | 0,27 |
| Diferença | | | 0,06 | 0,03 |
| Consumo ¹ | | | 0,86 | 0,65 |
| Consumo ² | máx | 46 | 0,74 | 0,59 |
| Diferença | | | 0,13 | 0,06 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.7 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|-------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,216 | 0,173 |
| Consumo ² | mín | 11 | 0,086 | 0,069 |
| Diferença | | | 0,130 | 0,105 |
| Consumo ¹ | | | 0,551 | 0,441 |
| Consumo ² | máx | 28 | 0,219 | 0,175 |
| Diferença | | | 0,332 | 0,266 |
| Economia | [%] | | 60,3 | 60,3 |

Tabela D-1.8 – Consumo anual para iluminação - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,15 | 0,11 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,13 | 0,05 |
| Diferença | | | 0,02 | 0,06 |
| Consumo ¹ | | | 0,30 | 0,23 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,26 | 0,11 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,12 |
| Economia | [%] | | 13,0 | 53,2 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.9 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 0 a 100 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,05 | 0,05 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,04 | 0,05 |
| Diferença | | | 0,02 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,46 | 0,47 |
| Consumo ² | máx | 18 | 0,32 | 0,45 |
| Diferença | | | 0,14 | 0,02 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela D-1.10 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela D-1.10 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - região Centro Oeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 19,60 | 16,75 | 2,84 | 21,28 | 19,43 | 1,85 |
| Chuveiro elétrico | 12,35 | 3,71 | 8,65 | 14,26 | 4,28 | 9,98 |
| Iluminação | 7,73 | 6,72 | 1,01 | 8,56 | 4,00 | 4,55 |
| Ar condicionado | 7,28 | 5,02 | 2,26 | 10,76 | 10,40 | 0,36 |
| Outros | 16,93 | 16,93 | -- | 16,93 | 16,93 | -- |
| Total | 63,88 | 49,12 | 14,76 | 71,78 | 55,04 | 16,74 |
| Economia | | 23,1% | | | 23,3% | |

c) *Faixa de 101 a 200 kWh/mês*

Nas Tabelas D-1.11 a D-1.14 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela D-1.11 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,65 | 1,03 |
| Consumo ² | mín 21 | | 0,55 | 0,95 |
| Diferença | | | 0,09 | 0,09 |
| Consumo ¹ | | | 1,42 | 2,27 |
| Consumo ² | máx 46 | | 1,21 | 2,07 |
| Diferença | | | 0,21 | 0,20 |
| Economia | [%] | | 14,5 | 8,7 |

Tabela D-1.12 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,36 | 0,61 |
| Consumo ² | mín 11 | | 0,15 | 0,26 |
| Diferença | | | 0,20 | 0,35 |
| Consumo ¹ | | | 0,91 | 1,54 |
| Consumo ² | máx 28 | | 0,39 | 0,66 |
| Diferença | | | 0,52 | 0,88 |
| Economia | [%] | | 57,0 | 57,0 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.13 – Consumo anual para iluminação - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|------|
| | | [%] | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,25 | 0,40 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,19 | 0,21 |
| Diferença | | | 0,06 | 0,19 |
| Consumo ¹ | | | 0,49 | 0,80 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,37 | 0,43 |
| Diferença | | | 0,12 | 0,37 |
| Economia | [%] | | 24,1 | 46,4 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.14 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----|-----------|------|
| | | [%] | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,08 | 0,18 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,06 | 0,18 |
| Diferença | | | 0,03 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 0,75 | 1,64 |
| Consumo ² | máx | 18 | 0,52 | 1,58 |
| Diferença | | | 0,23 | 0,05 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela D-1.15 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela D-1.15 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 101 a 200 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 46,55 | 39,80 | 6,76 | 50,55 | 46,16 | 4,39 |
| Chuveiro elétrico | 29,34 | 8,80 | 20,54 | 33,87 | 10,16 | 23,71 |
| Iluminação | 18,35 | 13,93 | 4,42 | 20,32 | 10,89 | 9,43 |
| Ar condicionado | 17,29 | 11,93 | 5,37 | 25,56 | 24,71 | 0,85 |
| Outros | 40,21 | 40,21 | -- | 40,21 | 40,21 | -- |
| Total | 151,74 | 114,67 | 37,08 | 170,51 | 132,13 | 38,38 |
| Economia | | 24,4% | | | 22,5% | |

d) Faixa de 201 a 400 kWh/mês

Nas Tabelas D-1.16 a D-1.19 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela D-1.16 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,45 | 0,84 |
| Consumo ² | mín | 21 | 0,39 | 0,68 |
| Diferença | | | 0,06 | 0,16 |
| Consumo ¹ | | | 1,00 | 1,83 |
| Consumo ² | máx | 46 | 0,86 | 1,48 |
| Diferença | | | 0,14 | 0,35 |
| Economia | [%] | | 13,8 | 18,9 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.17 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,25 | 0,49 |
| Consumo ² | mín | 11 | 0,09 | 0,17 |
| Diferença | | | 0,16 | 0,32 |
| Consumo ¹ | | | 0,84 | 1,24 |
| Consumo ² | máx | 28 | 0,22 | 0,44 |
| Diferença | | | 0,62 | 0,81 |
| Economia | [%] | | 65,0 | 65,0 |

Tabela D-1.18 – Consumo anual para iluminação - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,17 | 0,32 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,13 | 0,17 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,15 |
| Consumo ¹ | | | 0,34 | 0,64 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,26 | 0,35 |
| Diferença | | | 0,08 | 0,30 |
| Economia | [%] | | 24,1 | 46,4 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.19 – Consumo anual para ar condicionado - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|----|-----------|------|
| | [%] | | [TWh/ano] | |
| Consumo ¹ | | | 0,06 | 0,15 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,04 | 0,14 |
| Diferença | | | 0,02 | 0,00 |
| Consumo ¹ | | | 0,53 | 1,32 |
| Consumo ² | máx | 18 | 0,36 | 1,28 |
| Diferença | | | 0,16 | 0,04 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela D-1.20 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela D-1.20 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa de 201 a 400 kWh/mês - região Centro Oeste..

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 83,13 | 71,68 | 11,46 | 90,27 | 73,17 | 17,11 |
| Chuveiro elétrico | 52,39 | 15,72 | 36,67 | 60,48 | 18,14 | 42,34 |
| Iluminação | 32,77 | 24,88 | 7,89 | 36,29 | 19,45 | 16,84 |
| Ar condicionado | 30,88 | 21,30 | 9,58 | 45,64 | 44,12 | 1,52 |
| Outros | 71,81 | 71,81 | -- | 71,81 | 71,81 | -- |
| Total | 270,98 | 205,38 | 65,60 | 304,49 | 226,69 | 77,81 |
| Economia | | 24,2% | | | 25,5% | |

e) *Faixa acima de 400 kWh/mês*

Nas Tabelas D-1.21 a D-1.24 a seguir são apresentados os resultados totais em TWh/ano por equipamento, para os valores mínimo e máximo de uso final.

Tabela D-1.21 – Consumo anual para refrigerador/freezer - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 1,03 | 1,98 |
| Consumo ² | mín | 21 | 0,88 | 1,47 |
| Diferença | | | 0,15 | 0,50 |
| Consumo ¹ | | | 2,26 | 4,33 |
| Consumo ² | máx | 46 | 1,92 | 3,23 |
| Diferença | | | 0,34 | 1,10 |
| Economia | [%] | | 15,0 | 25,5 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.22 – Consumo anual para chuveiro elétrico - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,57 | 1,16 |
| Consumo ² | mín | 11 | 0,21 | 0,42 |
| Diferença | | | 0,36 | 0,74 |
| Consumo ¹ | | | 1,45 | 2,94 |
| Consumo ² | máx | 28 | 0,52 | 1,07 |
| Diferença | | | 0,92 | 1,88 |
| Economia | [%] | | 63,8 | 63,8 |

Tabela D-1.23 – Consumo anual para iluminação - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,39 | 0,76 |
| Consumo ² | mín | 7 | 0,30 | 0,41 |
| Diferença | | | 0,09 | 0,35 |
| Consumo ¹ | | | 0,78 | 1,53 |
| Consumo ² | máx | 14 | 0,59 | 0,82 |
| Diferença | | | 0,19 | 0,71 |
| Economia | [%] | | 24,1 | 46,4 |

Nota: ¹Cenário tendencial; ²Cenário técnico.

Tabela D-1.24 – Consumo anual para ar condicionado - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Descrição | Uso final | | 2020 | 2030 |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| | [%] | [TWh/ano] | | |
| Consumo ¹ | | | 0,13 | 0,35 |
| Consumo ² | mín | 2 | 0,09 | 0,34 |
| Diferença | | | 0,04 | 0,01 |
| Consumo ¹ | | | 1,20 | 3,13 |
| Consumo ² | máx | 18 | 0,83 | 3,03 |
| Diferença | | | 0,37 | 0,10 |
| Economia | [%] | | 31,0 | 3,3 |

Na Tabela D-1.25 são apresentados os consumos mensais por equipamento, relativos aos cenários tendencial e técnico, suas respectivas diferenças e o consumo total para o domicílio médio.

Tabela D-1.25 – Consumo total e para equipamentos do domicílio médio - faixa acima de 400 kWh/mês - região Centro Oeste.

| Equipamento | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| Refrigerador/Freezer | 165,76 | 140,90 | 24,86 | 180,00 | 134,11 | 45,88 |
| Chuveiro elétrico | 104,46 | 31,34 | 73,12 | 120,59 | 36,18 | 84,42 |
| Iluminação | 65,34 | 49,61 | 15,73 | 72,36 | 38,78 | 33,58 |
| Ar condicionado | 61,58 | 42,47 | 19,11 | 91,01 | 87,98 | 3,03 |
| Outros | 143,17 | 143,17 | -- | 143,17 | 143,17 | -- |
| Total | 540,31 | 407,49 | 132,82 | 607,14 | 440,22 | 166,91 |
| Economia | | 24,6% | | | 27,5% | |

D 1.2 Resultados totais

Na Tabela D-1.26 são apresentados os resultados de consumo anual e na Tabela D-1.27 os resultados de consumo mensal para os cenários tendencial e técnico, por faixa de consumo e total para a região. A Tabela D-1.28 estabelece a relação entre o potencial de economia e a participação percentual do número de domicílios por faixa de consumo.

Tabela D-1.26 – Consumo total anual por faixa de consumo para a região Centro Oeste.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| | [kWh/mês] [TWh/ano] | | | | | |
| 0 a 100 | 1,93 | 1,75 | 0,18 | 1,51 | 1,34 | 0,16 |
| 101 a 200 | 3,19 | 2,49 | 0,70 | 5,26 | 4,21 | 1,05 |
| 201 a 400 | 2,23 | 1,71 | 0,52 | 4,25 | 3,21 | 1,04 |
| acima de 400 | 5,08 | 3,89 | 1,19 | 10,06 | 7,42 | 2,64 |
| Total | 12,43 | 9,84 | 2,59 | 21,08 | 16,18 | 4,90 |
| Economia | | 20,8% | | | 23,2% | |

Tabela D-1.27 – Consumo médio mensal por domicílio por faixa de consumo para a região Centro Oeste.

| Faixa de consumo | 2020 | | | 2030 | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença | Cenário tendencial | Cenário técnico | Diferença |
| [kWh/mês] | [kWh/mês/domicílio] | | | | | |
| 0 a 100 | 63,88 | 56,71 | 7,17 | 71,78 | 62,63 | 9,15 |
| 101 a 200 | 151,74 | 114,67 | 37,08 | 170,51 | 132,13 | 38,38 |
| 201 a 400 | 270,98 | 205,38 | 65,60 | 304,49 | 226,69 | 77,81 |
| acima de 400 | 540,31 | 407,49 | 132,82 | 607,14 | 440,22 | 166,91 |
| Média | 180,40 | 139,99 | 40,41 | 255,84 | 192,38 | 63,45 |
| Economia | 22,4% | | | 24,8% | | |

Tabela D-1.28 – Participação do número de domicílios e potencial de economia por faixa de consumo para a região Centro Oeste.

| Faixa | 2020 | | 2030 | |
|--------------|------------|----------|------------|----------|
| | Domicílios | Economia | Domicílios | Economia |
| | [%] | [%] | [%] | [%] |
| 0 a 100 | 43,92 | 7,0 | 25,48 | 3,3 |
| 101 a 200 | 30,48 | 27,0 | 37,47 | 21,4 |
| 201 a 400 | 11,96 | 20,1 | 16,94 | 21,3 |
| acima de 400 | 13,64 | 45,9 | 20,11 | 53,9 |
| Total | 100,00 | 100,0 | 100,00 | 100,0 |