



José Aguinaldo Mendes Pinho

**Calibração de resultados de pesquisas de
posses e hábitos pela medição eletrônica
de consumo de eletrodomésticos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação) da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Reinaldo Castro Souza
Co-orientador: Prof. Mauricio Nogueira Frota

Rio de Janeiro
Abril de 2013



José Aguinaldo Mendes Pinho

**Calibração de resultados de pesquisas de
posses e hábitos pela medição eletrônica de
consumo de eletrodomésticos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação) da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Dr. Reinaldo Castro Souza

Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica (PUC-Rio)

Prof. Dr. Maurício Nogueira Frota

Co-orientador

Programa de Pós-Graduação em Metrologia (PósMQI) - PUC-Rio

Prof. Dr. João Carlos de Oliveira Aires

Universidade Gama Filho (UGF)

Prof. Dr. Eliane da Silva Christo

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial de Pós-Graduação do
Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de abril de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

José Aguinaldo Mendes Pinho

Formado em Engenharia Civil pela Faculdades Reunidas Nuno Lisboa, Rio de Janeiro, 1983. Participou de congressos na área de pesquisa operacional, energia e metrologia, apresentando trabalhos. Atuou nos projetos P&D Ampla/Puc-Rio e Coelce/Puc-Rio, que deu origem a esta dissertação de mestrado.

Ficha Catalográfica

Pinho, José Aguinaldo Mendes

Calibração de resultados de pesquisas de posses e hábitos pela medição eletrônica de consumo de eletrodomésticos / José Aguinaldo Mendes Pinho ; orientador: Reinaldo Castro Souza, co-orientador: Mauricio Nogueira Frota. – 2013.

166 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Metrologia. Área de concentração: Metrologia para a Qualidade e Inovação, 2013.

Inclui bibliografia

1. Metrologia – Teses. 2. Curvas de carga. 3. PPH. 4. Medição eletrônica. 5. Coeficientes de ajuste. I. Souza, Reinaldo Castro. II. Frota, Mauricio Nogueira. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Metrologia para a Qualidade e Inovação. IV. Título.

CDD: 389.1

Este trabalho é dedicado aos meus pais que sempre se esforçaram para eu ter o melhor possível e ao meu grande amigo e orientador Reinaldo Castro Souza, que me deu a oportunidade e o incentivo de cursar este mestrado nesta grande universidade

Agradecimentos

Agradeço a Deus todo poderoso por me dar paz, saúde e tranquilidade em todos os dias de minha vida e por ter pessoas maravilhosas no meu convívio, que me apóiam e me fortalecem nos momentos mais difíceis.

Ao meu querido amigo e orientador professor PhD. Reinaldo Castro Souza, que com suas tarefas múltiplas, me ajudou no meu aprendizado dando o seu máximo, enriquecendo o conhecimento que eu tenho hoje.

À PUC-Rio pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu co-orientador professor PhD. Maurício Nogueira Frota, por sua dedicação e ajuda durante todo o curso de mestrado.

Aos meus colegas de trabalho do Núcleo de Estatística Computacional (NEC) – PUC-Rio, que participaram do projeto P&D Desenvolvimento de coeficientes de ajustes Puc-Rio com as concessionárias Ampla e Coelce que proporcionou este trabalho, principalmente Wesley Fagundes, Rodrigo Calili, Jacques Musafir, Bruno Dantas, Sebastião Oliveira, Fernando Cyrino e Pedro Ferreira, que favoreceram o bom desenvolvimento deste trabalho.

A toda equipe da Concessionária Ampla e Coelce, por ter disponibilizado todas as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto.

A todos os professores do curso de Metrologia, que se empenharam para o aprendizado dos conhecimentos básicos da área metrológica, focando na inovação e qualidade.

Aos meus amigos queridos, principalmente Alfredo Farelli e Luiz Joselli, e do mestrado Patrícia e Márcio pela parceria e companheirismo durante o curso.

Aos funcionários da secretaria do curso de Metrologia, pelas orientações a respeito das questões burocráticas a serem seguidas no curso.

Resumo

Pinho, José Aginaldo Mendes; Souza, Reinaldo Castro (orientador); Frota, Mauricio Nogueira (co-orientador). **Calibração de resultados de pesquisas de posses e hábitos pela medição eletrônica de consumo de eletrodomésticos**. Rio de Janeiro, 2013. 166p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nesta dissertação, é apresentado um procedimento estatístico para a estimação de perfis de curvas de carga por aparelhos para consumidores residenciais atendidos na BT (Baixa Tensão). O modelo desenvolvido utiliza informações de duas fontes distintas: PPHs (Pesquisas de Posses e Hábitos de Aparelhos Elétricos) e Medições de consumo com medidores eletrônicos com memória de massa que gravam leituras de consumo por aparelhos a cada 15 minutos. Através das PPHs desenvolvidas por Procel/Eletróbrás em 1996, obtêm-se um perfil aproximado da curva de carga do domicílio por aparelho. Entretanto, esta curva tende a ser imprecisa, pois é obtida por declarações de uso dos aparelhos. Para reduzir esta imprecisão, foi montado um experimento onde uma sub-amostra de domicílios auditados pelas PPHs, teve os principais aparelhos da residência medidos por medidores eletrônicos em intervalos de 15 minutos. A partir das curvas de utilização destes aparelhos, obtidas pelos dois procedimentos, utilizou-se um modelo estatístico de regressão linear para estimar coeficientes de ajustes para correção das curvas declaradas para cada hora do dia, para os principais eletrodomésticos do domicílio. Os resultados foram aplicados a duas distribuidoras do grupo ENDESA: AMPLA e COELCE.

Palavras-chave

Metrologia; Curvas de carga; PPH; Medição eletrônica; Coeficientes de Ajuste.

Abstract

Pinho, José Aginaldo Mendes; Souza, Reinaldo Castro (advisor); Frota, Mauricio Nogueira (co-advisor). **Calibrating the electrical appliances ownership surveys through electronics devices measurements of end uses consumption**. Rio de Janeiro, 2013. 166p. MSc Dissertation – Programa de Pós-Graduação em Metrologia (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this thesis, it is presented a statistical based model that allows the estimation of the load shape curve for appliances (end uses) for residential consumers that belong to low voltage group (BT clients), using information from two sources: PPHs (Energy Audit on Ownership and Usage of Electrical Appliances) and household measurements through specific devices that provide not only the total consumption (15 minute intervals) as well as the breakdown of this consumption for each device (end use) existing in the household. Through energy audits (PPHs) developed by Procel/Eletróbrás in 1996, one has a rough idea of the load shape curves by appliance. However, the curves obtained this way tend to be rather imprecise, as they are obtained by the consumer information of usage of the equipments on the surveys, which tend to be rather vague. In order to reduce such imprecision, an experiment was set where a subsample of the original survey sample is selected and the main appliances consumption measured by electronic meters at intervals of 15 minutes. The end use load shape obtained by these meters are then compared with the corresponding curve obtained by usage declaration. Using the linear regression model, the correction coefficients of the declarations are obtained for each hour of the day, for the main appliances. The results were applied to two distribution utilities of the ENDESA group: AMPLA and COELCE.

Keywords

Metrology; Load Shape Curves; PPH; Electronic Measurements; Adjustments Coefficients.

Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1 . Introdução | 21 |
| 1.1. Contexto | 22 |
| 1.2. Característica do problema | 23 |
| 1.3. Justificativa | 25 |
| 1.4. Objetivos | 25 |
| 1.5. Metodologia | 25 |
| 1.6. Estrutura da dissertação | 27 |
| | |
| 2 . Setor Elétrico Brasileiro | 28 |
| 2.1. Breve histórico do Setor Elétrico Brasileiro | 28 |
| 2.2. Conceito e Classificação de energia | 31 |
| 2.3. Fontes de energia elétrica | 31 |
| 2.3.1. Energias primárias e secundárias | 32 |
| 2.3.2. Energias renováveis | 32 |
| 2.3.3. Energias não renováveis | 36 |
| 2.4. Matriz elétrica e energética | 40 |
| 2.5. Cadeia do Setor Elétrico | 42 |
| 2.6. Agentes da Indústria de Energia | 45 |
| 2.7. Distribuidores de energia elétrica | 47 |
| 2.8. Faturamento e Medidores de energia elétrica | 50 |
| 2.8.1. Faturamento de energia elétrica | 50 |
| 2.8.2. Medidores de energia elétrica | 50 |
| 2.8.3. Uso dos Medidores eletrônicos no contexto | 54 |
| | |
| 3 . Pesquisa de Posses e Hábitos (PPH) | 56 |
| 3.1. Preliminares | 56 |
| 3.2. Breve Histórico da PPH | 57 |
| 3.3. Descrição da metodologia para a criação do plano amostral | 60 |
| 3.3.1. Definição do tamanho da amostra da pesquisa | 60 |
| 3.3.2. Levantamento de informações da concessionária de energia | 61 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.3. Ponderação e distribuição da amostra por polo regional | 61 |
| 3.3.4. Seleção dos municípios dentro de cada polo regional e definição de amostra dos mesmos | 62 |
| 3.3.5. Distribuição das amostras nas faixas de consumo estratificadas | 63 |
| 3.4. Instrumento de coleta de dados da PPH | 64 |
| 3.4.1. Identificação do entrevistado e das pessoas do domicílio – dados demográficos (Item 1 do questionário) | 65 |
| 3.4.2. Caracterização física da edificação (Item 2 do questionário) | 65 |
| 3.4.3. Posses e Hábitos de Uso dos equipamentos elétricos (Item 3 a 9 do questionário) | 66 |
| 3.4.4. Dados socioeconômicos (Item 10 do questionário) | 68 |
| 3.4.5. Conservações de energia – consciência e hábitos (Item 11 do questionário) | 68 |
| 3.5. Descrição da metodologia adotada para realização do campo da pesquisa | 68 |
| 3.6. Produtos e resultados da PPH | 70 |
| 3.6.1. Banco de dados | 70 |
| 3.6.2. Relatório da pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de uso – extraído do Apêndice II. | 71 |
| 3.7. Uso da PPH no contexto | 74 |
| 4 . Método de Estimação dos Coeficientes de ajuste | 75 |
| 4.1. Introdução | 75 |
| 4.2. Análise de Regressão - Fundamentos | 76 |
| 4.3. Regressão Linear Simples | 77 |
| 4.3.1. Dependência Linear entre X e Y | 77 |
| 4.3.2. Modelo de Regressão Linear Simples | 79 |
| 4.4. Estimação dos Parâmetros | 81 |
| 4.4.1. Estimadores de β_0 e β_1 | 81 |
| 4.4.2. Estimador de σ^2 : $\text{Var}(e_i)$ | 82 |
| 4.5. Tabela ANOVA | 82 |
| 4.6. Testes de significância dos parâmetros | 83 |

| | |
|---|------------|
| 4.7. Estimativa dos Intervalos de confiança – b_0 , b_1 e \hat{y} | 85 |
| 5 . Estudo de Caso | 86 |
| 5.1. Introdução | 86 |
| 5.2. PPHs Completas | 87 |
| 5.2.1. PPH Ampla (2100 amostras) | 87 |
| 5.2.2. PPH Coelce (2100 amostras) | 92 |
| 5.2.3. Comparação das Posses: Ampla x Coelce | 98 |
| 5.3. Medição xPPH | 99 |
| 5.3.1. Medição x PPH - Ampla | 100 |
| 5.4. Estimativas dos Coeficientes de ajustes | 110 |
| 5.5. Resultados das Estimativas dos coeficientes de ajustes | 117 |
| 5.5.1. Freezer (24 casos) | 118 |
| 5.5.2. Ar condicionado (22 casos) | 119 |
| 5.5.3. Televisor (160 casos) | 121 |
| 5.5.4. Máquina de lavar roupas (58 casos) | 124 |
| 5.5.5. Chuveiro (58 casos) | 126 |
| 5.5.6. Outros usos | 129 |
| 5.5.7. Curva de carga total (120 clientes) | 136 |
| 5.6. Comparação das metodologias | 138 |
| 6 . Conclusões e Recomendações | 143 |
| Referências bibliográficas | 147 |
| Apêndice I - Especificação do Banco de dados - PPH | 150 |
| Apêndice II - Fluxograma do Estudo de Caso | 157 |
| Apêndice III - Instrumento de Coleta de dados – PPH | 158 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 - Desenho da pesquisa | 26 |
| Figura 2.1 - Esquema de usina hidrelétrica | 33 |
| Figura 2.2 - Usina hidrelétrica de Itaipú no rio Paraná entre Paraguai (ciudad del Este) e Brasil (Foz do Iguaçu) | 33 |
| Figura 2.3 - Usina Solar PS10, Espanha | 34 |
| Figura 2.4 - Turbinas eólicas em alto mar, próximo a Copenhague, Dinamarca | 34 |
| Figura 2.5 - Biodigestor | 35 |
| Figura 2.6 - Usina geotérmica de Nesjavellir, próxima a Pingvellir, Islândia | 35 |
| Figura 2.7 - Usina de La Rance, França | 36 |
| Figura 2.8 - Plataforma marinha de extração de petróleo | 37 |
| Figura 2.9 - Rota do Gasoduto Bolívia-Brasil | 38 |
| Figura 2.10 - Usina de gás Natural | 38 |
| Figura 2.11 - Carvão mineral | 39 |
| Figura 2.12 - Minério de urânio | 39 |
| Figura 2.13 - Matriz Elétrica Nacional 2011 - ano base 2010 | 41 |
| Figura 2.14 - Matriz Energética Nacional 2011 - ano base 2010 | 41 |
| Figura 2.15 - Instituições do setor elétrico brasileiro | 42 |
| Figura 2.16 - Representação do Sistema Interligado Nacional (SIN) | 44 |
| Figura 2.17 - Organograma da cadeia de produção | 46 |
| Figura 2.18 - Esquema de geração, transmissão e distribuição de energia | 46 |
| Figura 2.19 - Rede de distribuição | 48 |
| Figura 2.20 - Poste, rede de energia elétrica via aérea | 49 |
| Figura 2.21 - Banco de dutos, rede via subterrânea | 49 |
| Figura 2.22 - Medidor eletromecânico tipo relógio | 52 |
| Figura 2.23 - Medidor eletromecânico – monofásico | 52 |
| Figura 2.24 - LUMEM MC-Medidor eletrônico monofásico- energia | |

| | |
|--|----|
| ativa com registrador ciclométrico | 53 |
| Figura 2.25 - Medidor eletrônico em postes da rede elétrica (Chips) | 53 |
| Figura 2.26 - Medidor SAGA-2000 e Medidor Powersave | 55 |
| Figura 3.1 - Esquema representativo PPH | 57 |
| Figura 3.2 - Distribuição das Concessionárias por regiões no Brasil | 58 |
| Figura 3.3 - Simulador SINPHA | 59 |
| Figura 3.4 - Mapa de arrolamento | 70 |
| Figura 4.1 - Gráfico de Correlação linear positiva | 78 |
| Figura 4.2 - Correlação linear negativa | 78 |
| Figura 4.3 - Gráfico de Médias alinhadas_ distribuições normais e hemocedásticas | 80 |
| Figura 4.4 - Esquema dos parâmetros de regressão linear | 80 |
| Figura 4.5 - Esquema para verificação de área crítica_tabela “F” | 83 |
| Figura 4.6 - Esquema para verificação de área crítica_tabela “t-student” | 84 |
| Figura 4.7 - Esquema para verificação de área crítica_tabela “t-student” | 84 |
| Figura 5.1 - Polos regionais(municípios) “Ampla” | 88 |
| Figura 5.2 - Gráfico de barras - Posse média de lâmpadas “Ampla” | 90 |
| Figura 5.3 - Gráfico de barras - Posse média dos principais aparelhos “Ampla” | 91 |
| Figura 5.4 - Curva de carga média mensal declarada (hxx) para aparelhos “por consumidor Ampla” | 92 |
| Figura 5.5 - Polo regionais(municípios) “Coelce” | 93 |
| Figura 5.6 - Gráfico de barras - Posse média de lâmpadas “Coelce” | 95 |
| Figura 5.7 - Gráfico de barras - Posse média dos principais aparelhos “Coelce” | 96 |
| Figura 5.8 - Curva de carga média mensal declarada (hxx) para aparelhos “um consumidor Coelce” | 98 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5.9 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Geladeiras - 124 casos | 102 |
| Figura 5.10 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Freezer - 24 casos | 103 |
| Figura 5.11 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Televisor - 160 casos | 103 |
| Figura 5.12 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Máquina de lavar - 58 casos | 104 |
| Figura 5.13 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Ar condicionado - 22 casos | 105 |
| Figura 5.14 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Chuveiro - 87 casos | 106 |
| Figura 5.15 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Outros usos Fx_0-150 kWh - 27 casos | 107 |
| Figura 5.16 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Outros usos Fx_151-220 kWh - 34 casos | 107 |
| Figura 5.17 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Outros usos Fx_221-400 kWh - 32 casos | 108 |
| Fonte: Elaboração própria | 108 |
| Figura 5.18 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Outros usos Fx>400 kWh - 27 casos | 108 |
| Fonte: Elaboração própria | 108 |
| Figura 5.19 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Outros usos agregados - 120 casos | 109 |
| Fonte: Elaboração própria | 109 |
| Figura 5.20 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Total dos equipamentos - 120 casos | 109 |
| Figura 5.21- Desvio percentual entre os valores estimados e medidos | 110 |
| Figura 5.22 - Coeficiente de correlação entre dados medidos e estimados para geladeira – 124 casos | 111 |
| Fonte: Elaboração própria | 111 |
| Figura 5.23 - Curva de dispersão entre os dados medidos e | |

| | |
|---|-----|
| pesquisados para a geladeira - 0:00 hora. | 112 |
| Fonte: Elaboração própria | 112 |
| Figura 5.24 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (2 parâmetros) (hxh) para geladeiras – 124 casos | 114 |
| Figura 5.25 - Índices de correções estimados para geladeiras | 116 |
| Figura 5.26 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas e declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para geladeiras (124 casos) | 116 |
| Figura 5.27- Desvios percentuais das curvas estimadas em relação às curvas medidas | 117 |
| Figura 5.28 - Índices de correções estimados para freezers | 118 |
| Figura 5.29 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para freezers – 24 casos. | 119 |
| Fonte: Elaboração própria | 119 |
| Figura 5.30 - Índices de correções estimados para ar condicionados | 120 |
| Figura 5.31- Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Ar condicionado – 22 casos. | 121 |
| Figura 5.32 - Índices de correções estimados para Televisor | 122 |
| Figura 5.33 - Índices de correções estimados para Televisor - ponta | 123 |
| Figura 5.34 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER), declaradas CFC-ponta (SOLVER) (hxh) para Televisores – 160 casos. | 123 |
| Fonte: Elaboração própria | 123 |
| Figura 5.35 - Índices de correções estimados para máquinas de lavar roupas | 124 |
| Figura 5.36 - Índices de correções estimados para máquinas de lavar roupas – ponta | 125 |
| Figura 5.37- Curvas de cargas médias mensais declaradas, | |

| | |
|---|-----|
| medidas, declaradas CFC (SOLVER), declaradas CFC-ponta (SOLVER) (hxx) para Máquina de Lavar – 58 casos. | 126 |
| Figura 5.38 - Índices de correções estimados para chuveiros | 127 |
| Figura 5.39 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas MM3, medidas MM3 (hxx) para Chuveiro – 58 casos. | 128 |
| Fonte: Elaboração própria | 128 |
| Figura 5.40 - Curvas de cargas médias mensais declaradas MM3, medidas MM3, declaradas CFC MM3 (SOLVER) (hxx) para Chuveiro – 58 casos | 129 |
| Fonte: Elaboração própria | 129 |
| Figura 5.41- Índices de correções estimados para outros usos - faixa de 0 a 150 kWh | 130 |
| Figura 5.42 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxx) para Outros usos fx 0-150kWh – 27 casos. | 131 |
| Figura 5.43 - Índices de correções estimados para outros usos - faixa de 151 a 200 kWh | 132 |
| Figura 5.44 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxx) para Outros usos fx 151-220 kWh – 34 casos | 133 |
| Fonte: Elaboração própria | 133 |
| Figura 5.45 - Índices de correções estimados para outros usos - faixa de 221 a 400 kWh | 134 |
| Figura 5.46 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxx) para Outros usos fx 221-400kWh – 32 casos. | 134 |
| Fonte: Elaboração própria | 134 |
| Figura 5.47 - Índices de correções estimados para outros usos - faixa maior do que 400 kWh | 135 |
| Figura 5.48 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxx) para Outros usos fx >400kWh – 27 casos | 136 |

| | |
|---|-----|
| Fonte: Elaboração própria | 136 |
| Figura 5.49 - Índices de correções estimados para a curva de carga total | 137 |
| Figura 5.50 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Todos os aparelhos – 120 clientes | 138 |
| Fonte: Elaboração própria | 138 |
| Figura 5.51 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER), declaradas CFC-Soma (SOLVER) (hxh) – 120 clientes | 139 |
| Figura 5.52 - Curvas de cargas médias mensais declaradas (hxh) para um cliente Ampla - verão | 142 |
| Figura 5.53 - Curvas de cargas médias mensais declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para um cliente Ampla – verão. | 142 |

Lista de quadros

| | |
|---|-----|
| Quadro 3.1 - Amostra sugerida para PPH_ ($1-\alpha$) = 95% | 61 |
| Quadro 3.2 - Suposição para um Plano amostral. | 64 |
| Quadro 3.3 - Outros aparelhos cujas informações de posse e hábito de uso são coletadas no campo | 67 |
| Quadro 4.1 - Tabela ANOVA | 82 |
| Quadro 5.1 - Plano Amostral Residencial “Ampla” | 89 |
| Quadro 5.2 - Posse média por aparelhos “Ampla” | 91 |
| Quadro 5.3 - Plano Amostral Residencial “Coelce” | 94 |
| Quadro 5.4 - Posse média por aparelhos “Coelce” | 97 |
| Quadro 5.5 - Posse média por aparelhos “Ampla-Coelce” | 99 |
| Quadro 5.6 - Plano amostral para Medição “Ampla” | 101 |
| Quadro 5.7- Estimativas hora a hora dos coeficientes da regressão linear | 113 |
| Quadro 5.8 - Fatores de ajustes – regressão e otimização (geladeira) | 115 |
| Quadro 5.9 - Fatores de ajustes –otimização (freezer) | 118 |
| Quadro 5.10 - Fatores de ajustes –otimização (Ar condicionado) | 120 |
| Quadro 5.11- Fatores de ajustes – otimização (Televisor) | 121 |
| Quadro 5.12 - Fatores de ajustes – otimização (Televisor - ponta) | 122 |
| Quadro 5.13 - Fatores de ajustes – otimização (Máquina de lavar roupas) | 124 |
| Quadro 5.14 - Fatores de ajustes – otimização (Máquina de lavar roupas - ponta) | 125 |
| Quadro 5.15 - Fatores de ajustes – otimização (Chuveiro) | 126 |
| Quadro 5.16 - Comparação entre a correlação com e sem defasagem entre os dados de medição e de pesquisa | 127 |
| Quadro 5.17- Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa de 0 -150 kWh) | 130 |
| Quadro 5.18 - Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa de 151 - 220 kWh) | 132 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 5.19 - Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa de 221 - 400 kWh) | 133 |
| Quadro 5.20 - Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa maior do que 400 kWh) | 135 |
| Quadro 5.21 - Fatores de ajustes – otimização (Total) | 137 |
| Quadro 5.22 - Comparação dos desvios entre as curvas estimadas pela PPH com e sem fator de correção e as curvas medidas | 140 |
| Quadro 5.23 - Coeficientes de ajustes ótimos estimados pelo SOLVER | 141 |

Siglas e Abreviaturas

| | |
|-----------------------|--|
| ACL | Ambiente de Contratação Livre |
| ACR | Ambiente de Contratação Regulada |
| ANELL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| AT | Alta Tensão |
| AP | Área de Ponderação |
| BT | Baixa Tensão |
| BTU | Unidade Térmica Britânica |
| CCEE | Câmara de Comercialização de Energia Elétrica |
| CEPEL | Centro de Pesquisas de Energia Elétrica |
| CFC | Pesquisa com Fator de Correção |
| CHESF | Companhia Hidroelétrica do São Francisco |
| CMSE | Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico |
| CNPE | Conselho Nacional de Política Energética |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| kWh | Quilowatt hora |
| LFC | Lâmpadas fluorescentes compactas |
| MAE | Mercado Atacadista de Energia |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| MM3 | Média Móvel 3 |
| MT | Média Tensão |
| NOS | Operador Nacional do Sistema |
| PAC | Programa de Aceleração do Crescimento |
| PCH | Pequena Central Elétrica |
| PPH | Pesquisa de Posses e Hábitos |
| PLD | Preço de Liquidação de Diferenças |
| Projeto RE-SEB | Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro |
| PROCEL | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica |
| Puc | Pontífica Universidade Católica |
| P&D | Pesquisa e Desenvolvimento |
| SEE | Secretaria de Energia Elétrica |
| SFC | Pesquisa sem Fator de Correção |

| | |
|---------------|---|
| SIN | Sistema Elétrico Interligado |
| SINPHA | Sistema de Informações de Posses de eletrodomésticos e Hábitos de consumo |
| UC | Unidade Consumidora |

1. Introdução

A energia elétrica é o serviço mais universal no mundo e grande parte dos avanços tecnológicos alcançados, se deve à energia elétrica. No mundo atual, a eletricidade se tornou a principal fonte de luz, calor e força, obtida a partir de todos os tipos de energias.

Em meados do século XIX, com o desenvolvimento da Cultura, Artes e Ciências, no Brasil, Dom Pedro II concedeu a Thomas Alva Edison, o privilégio de introduzir em nosso país os aparelhos e processo inventados pelo engenheiro norte americano. Desde então, observou-se o fenômeno que transformou a energia elétrica no maior expoente do desenvolvimento econômico e do progresso tanto do Brasil quanto do restante do mundo.

A energia elétrica é obtida a partir de vários tipos de energia, a eletricidade é transportada e chega aos consumidores no mundo inteiro por meio de sistemas elétricos complexos, que se pode definir por: geração, transmissão, distribuição e consumo.

O mundo atual tem o desafio de como gerar energia elétrica para atender às suas necessidades e continuar se desenvolvendo sem a destruição do nosso planeta. As fontes renováveis entram em cena, como recursos naturais: a água, os ventos, o sol e a biomassa, ganham grandes destaques.

No Brasil pode-se dizer que o consumo de energia elétrica é uma fonte de indicador de renda, estes como indicadores do desenvolvimento econômico e nível de qualidade de vida dentro de uma sociedade.

Atualmente, o setor elétrico brasileiro é composto pelos segmentos de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica.

A tomada de decisão das concessionárias em investir em política de racionalização de consumo de energia elétrica e eficiência energética são os objetivos nos últimos anos para a melhoria da qualidade de vida para a nossa e para as próximas gerações que ainda estão por vir.

1.1. Contexto

Usar a energia elétrica de forma eficiente é combater o desperdício, consumindo apenas o necessário, buscando o máximo desempenho dos aparelhos e o mínimo de consumo. Com pequenas mudanças nos hábitos e atitudes, podem-se gerar grandes resultados para a preservação dos recursos naturais do planeta, contribuindo para a formação de uma sociedade mais sustentável.

A resolução da ANEEL nº 395 [1], esta, como órgão regulador, obriga todas as distribuidoras de energia elétrica no Brasil, a fazer a cada dois ciclos de revisão tarifária, uma pesquisa de Posses e Hábitos de uso de Aparelhos Elétricos (PPH) em clientes de Baixa Tensão (BT), residencial, comercial e industrial, com a finalidade de saber como estes consumidores se comportam com seu consumo de energia.

A metrologia como fonte importante de mensuração, tem grande importância em todos os aspectos teóricos e práticos relativos a estas PPHs.

A dissertação se desenvolveu através de um projeto de P & D entre a Puc-Rio – Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, e o grupo ENDESA, “holding” das concessionárias AMPLA e COELCE.

No referido projeto, é proposto o desenvolvimento de uma metodologia que permita acurar as estimativas das curvas de carga de uso dos principais eletrodomésticos, obtidas pelas declarações de usos nas PPHs. A metodologia consiste na estimativa de coeficientes de ajustes, com periodicidade horária para os principais aparelhos elétricos existentes nos domicílios. Para se estabelecer estas

estimativas, foi extraída uma amostra representativa de clientes residenciais de cada uma das duas distribuidoras, estratificadas por faixas de consumo, que foram pesquisadas (PPHs) e medidos através de medidores eletrônicos com memória de massa, que disponibilizam o consumo integralizado a cada 15 minutos.

Os coeficientes supracitados são gerados através de um modelo de regressão linear, e seus valores são apresentados através de gráficos e quadros para cada aparelho e faixas de consumo.

1.2.

Característica do problema

Estes coeficientes poderão ser aplicados a qualquer concessionária de energia elétrica no país. Através deles, as PPHs chegarão próximos à realidade, já que a medição do consumo por aparelho e o total do domicílio dos clientes BT de uma concessionária, teria um custo elevadíssimo.

Para uma empresa de distribuição de energia elétrica, as curvas geradas pelos coeficientes de ajustes irão mostrar com maior precisão, como o consumidor utiliza sua energia ao longo do dia, bem como os principais aparelhos elétricos de sua residência (curva de carga por “uso final”).

Os consumidores de uma distribuidora de Energia Elétrica no Brasil são classificados pelo nível da tensão fornecida em baixa tensão (BT), média tensão (MT) e alta tensão (AT).

- MT + AT → medição de consumo com memória de massa e contínua.
- BT → medição convencional eletromecânica, só mostra o acumulado mês.

O interesse da dissertação é voltado para os consumidores de baixa tensão (BT) de uma distribuidora de energia elétrica, cuja característica do consumo é ser baixa (comparada aos clientes MT e AT). Por esta razão, a relação destes clientes com a concessionária é impessoal (concessionária manda a fatura e o cliente faz o

pagamento), enquanto os clientes MT e AT recebem um tratamento especial das distribuidoras (a concessionária tem um gerente especial para a conta).

Resumindo, tem-se:

- As empresas de distribuição de energia elétrica são obrigadas pelo órgão regulador ANEEL, a realizarem PPHs aos seus clientes BT em suas áreas de concessão, a cada dois ciclos de revisão tarifária periódica (de 8 em 8 anos) [1].
- As curvas de cargas diárias estimadas por aparelho e total através das PPHs são imprecisas.
- Portanto, este projeto fornece subsídios para acurar as estimativas das PPHs, aplicando a elas os coeficientes de ajuste horários.

No caso presente, em virtude da limitação dos medidores, só foram considerados os principais aparelhos nas duas áreas de concessão, a saber: geladeira, televisor, ar condicionado, freezer, chuveiro elétrico, máquina de lavar e ventiladores. Os demais eletrodomésticos foram agrupados em um único grupo denominado “Outros”.

Com relação à medição, foram utilizados dois tipos de medidores, um, que mediu o consumo total do domicílio durante o período de uma semana consecutiva (em intervalos de 15 em 15 minutos), denominado SAGA 2000 e o outro, constituído por tomadas inteligentes, que também tinham memória de massa para medição de 15 em 15 minutos pelo período também de 1 semana. Estas tomadas foram desenvolvidas especificamente para o projeto e serão descritas em detalhes mais à frente.

O resultado final da análise produziu os fatores de ajuste de correção das declarações das PPHs para os principais usos finais que permitem a geração de curvas de carga por cliente com maior precisão.

1.3. Justificativa

Esta dissertação tem caráter de grande importância para o meio acadêmico e para o setor elétrico, visto que não existe aplicação para ajustar as curvas de cargas obtidas pela pesquisa PPH dos consumidores da BT.

O aparelho eletrônico desenvolvido especificamente para este projeto (tomadas inteligentes) ainda não é produzido em escala para comercialização, pois não passou ainda pelos procedimentos de certificação. Assim, em conjunto com as PPHs ajustadas, esta pesquisa se insere na cadeia de Tecnologia Industrial Básica, com forte correlação com o programa pós MQI da PUC=Rio.

1.4. Objetivos

A presente dissertação tem por objetivo principal, desenvolver um modelo para gerar coeficientes de ajustes, obtidos através das declarações de uso (PPH) e medidores eletrônicos com memória de massa instalados dentro do domicílio que mede o consumo final e o consumo por eletrodoméstico.

Como objetivo secundário, pode-se mencionar a estimativa atualizada das posses médias de todos os aparelhos elétricos existentes nas residências dos consumidores BT que são fornecidas de forma bem precisa pelas PPHs.

1.5. Metodologia

Conforme a taxionomia de Vergara [2], a pesquisa pode se classificar pelos fins e meios de investigação.

Quanto aos fins, trata-se de uma pesquisa: descritiva (descreve o objeto da pesquisa), metodológica (manipulação de dados) e aplicada (objetiva a solução de problemas).

E, quanto aos meios, trata-se de uma pesquisa: bibliográfica (estudo investigativo desenvolvido com base material em livros, revistas, etc.), documental (pesquisa investigativa em documentos conservados em órgãos públicos, privados, comunicações, etc.), post facto (a partir do fato passado), e estudo de campo (investigação empírica realizada no local onde ocorre ou ocorreu algum fenômeno ou que dispõe de elementos para explicá-lo [2]).

Esta pesquisa trata de um estudo de caso com característica predominante quantitativa (estudo de campo), e pode-se definir em 3 fases de acordo com a Figura 1.1:

- Fase I - pesquisa exploratória: pesquisa bibliográfica e documental, como documentos públicos e materiais publicados em fontes de informações, documentos teóricos para dissertação.
- Fase II - pesquisa aplicada: elaboração do estudo de caso, aplicação da pesquisa bibliográfica e documental e dos métodos selecionados, para o desenvolvimento do problema concreto.
- Fase III – conclusiva: conclusão e recomendação. Elaboração das conclusões e propostas para ações e estudos futuros.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1011856/CA

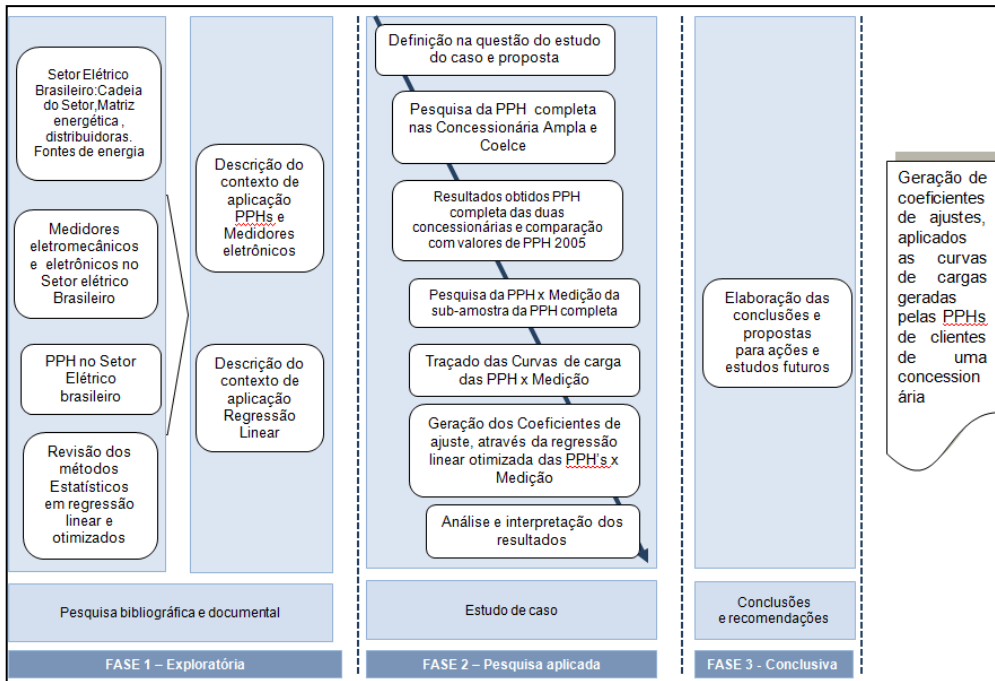


Figura 1.1 - Desenho da pesquisa

Fonte: Elaboração própria.

1.6. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos:

- **Capítulo 1** apresenta de forma sucinta, o contexto do tema da dissertação, abrangendo os problemas, objetivos, metodologia aplicada e a estrutura da pesquisa.

- **Capítulo 2** mostra as principais características da energia elétrica no país, incluindo um histórico do setor elétrico brasileiro, fontes de energia elétrica, o setor elétrico como ele é regido e como se distribui e o faturamento e medidores que são usados em uma concessionária.

- **Capítulo 3** descreve em detalhes a metodologia para aplicação da pesquisa de posses e hábitos (PPH), abordando todo passo a passo, desde a obtenção dos dados através da concessionária para a seleção da amostra, até a emissão dos resultados com a aplicação do questionário.

- **Capítulo 4** descreve o método de estimação dos coeficientes de ajuste, mostrando a operação do processo de formulação de uma regressão linear e apresentando os testes de hipótese.

- **Capítulo 5** apresenta o estudo de caso para as duas concessionárias do projeto, descrevendo o processo de obtenção dos coeficientes dos ajustes, que são apresentados através de gráficos e quadros ilustrativos, bem como, as estimativas das posses atuais dos equipamentos e comparação com as posses obtidas na PPH de 2005.

- Finalizando, o **Capítulo 6** contém a conclusão deste estudo e as recomendações de possíveis trabalhos futuros.

2. Setor Elétrico Brasileiro

2.1. Breve histórico do Setor Elétrico Brasileiro

Desde que foi inserida a energia elétrica no Brasil, o Setor Elétrico brasileiro, passou por grandes transformações.

INÍCIO MEADOS DO SÉCULO XIX

O Setor Elétrico brasileiro iniciou em meados do século XIX, os lucros obtidos com a cultura do café que era a atividade que mais gerava renda no Brasil, as cidades começaram a crescer, dando início aos primeiros usos de energia elétrica no país, nesta mesma época essa inovação tecnológica era introduzida na Europa e nos Estados Unidos.

Em 1879, no Rio de Janeiro, foi inaugurada a primeira iluminação elétrica no país, na estação central da ferrovia Dom Pedro II (Central do Brasil), cuja fonte de energia era um dínamo.

Em 1881, na cidade do Rio de Janeiro, instala-se a primeira iluminação pública num trecho do jardim do Campo da Aclamação, a atual Praça da República, cuja fonte de energia também era o dínamo.

Em 1883, o Brasil inaugurava a primeira central geradora para a prestação do serviço público de iluminação na América do Sul, na cidade de Campos, Rio de Janeiro, esta unidade termelétrica com 52 kWh de capacidade, movida a lenha, alimentava 32 lâmpadas. A primeira hidrelétrica também foi construída em 1883, em Diamantina, MG.

Também em 1883, em Niterói, inaugurada a primeira linha brasileira de bondes elétricos a bateria, pioneiro da eletricidade com força motriz.

Entre 1890 e 1900, houve instalação de várias pequenas usinas, principalmente termelétricas.

No início do século, com capital canadense e capital americano inicia-se a exploração de todos os serviços urbanos: transportes, distribuição de gás canalizado e telefonia. Nesse contexto surgem as primeiras tentativas de regulação por parte do Estado.

Nos anos 30, a União passa a legislar e outorgar concessões de serviços públicos antes regidos por contratos regionais e o Governo Federal assume o papel intervencionista na gestão do setor de águas e energia elétrica, com a formalização do Código de Águas (Decreto 24,643, de 10 de julho de 1934).

Ao longo dos anos 40, o Estado passa a atuar na produção, cria a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) em 1945.

Décadas mais tarde, a lei de 1971 (5,655/71) trouxe grandes mudanças na legislação tarifária, estabelecendo a garantia de 10% a 12% de retorno sobre o capital investido, a ser computado na tarifa.

Em 1974, o governo criou a equalização tarifária, na qual as empresas superavitárias transferiam recursos para as deficitárias.

DÉCADA DE 90

Começa a reforma no setor elétrico, foi um período de mudanças profundas no setor elétrico.

Em 1993, o governo começa a se preparar para a desestatização, com a extinção da equalização tarifária e a criação dos contratos de suprimentos entre geradores e distribuidores. Vieram em seguida, as licitações para novos empreendimentos de geração; criação da figura do Produtor Independente de Energia; a determinação do livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição e a liberdade para os grandes consumidores escolherem onde adquirir seus suprimentos de energia.

Em 1995, o Programa Nacional de desestatização alcança definitivamente o setor elétrico.

Em 1996, o Ministério de Minas e Energia implanta o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB). Uma

das principais consequências foi a desverticalização da cadeia produtiva: geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica tornaram-se, então, áreas de negócio independentes. A geração e a comercialização foram progressivamente desreguladas a fim de se incentivar a competição; transmissão e distribuição (que constituem monopólios naturais) continuaram sendo tratadas como serviços públicos regulados.

Em 1996, o Governo federal cria a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), cuja função é de regular as atividades do Setor Elétrico, com destaque para a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos em 1997 e do Mercado Atacadista de Energia (MAE) e o Operador Nacional do Sistema (ONS) em 1998.

DÉCADA DE 2000

A partir de situações de emergência, com período de chuvas escassas, que baixou consideravelmente os reservatórios das usinas, por possuir modelo de geração essencialmente hidrelétrico, em maio de 2001, o governo foi obrigado a adotar medidas de emergências para evitar o colapso na oferta de energia, foi o período de racionamento, atrasando o crescimento no setor.

Ganharam destaque as termelétricas que operam com combustíveis como o bagaço de cana (biomassa) e o gás natural (a participação deste na oferta de energia do país saltou de 2,2% em 1985 para 6,6% em 2001). O governo adotou medidas de apoio ao desenvolvimento de projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), fontes não convencionais e conservação de energia.

Entre 2003 e 2004, foram criados a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para planejar o setor elétrico a longo prazo, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) responsável por avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica do país, e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), no lugar do antigo Mercado Atacadista de energia (MAE),

para organizar as atividades de comercialização de energia no sistema interligado.

Em 2007, o Governo federal anunciou o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), amplamente difundido, com previsão de investimentos no setor elétrico, visando evitar a ocorrência de apagões [3][4][5].

2.2. Conceito e Classificação de energia

Em física a energia é um conceito de vasta ampliação. É uma grandeza física que pode definir como capacidade de corpos e sistemas para realizar um trabalho.

A energia pode adotar diversas formas podendo transformar-se de uma em outra, chamando-se conversão de energia.

Classifica a energia em duas formas fundamentais: energia potencial, que é a energia armazenada num corpo ou num sistema em consequência da sua posição (esta forma de energia inclui energia potencial gravítica, energia elétrica, energia nuclear e energia química) e energia cinética que é a energia em movimento. E é definida como trabalho que será realizado sobre um corpo que possui energia, quando ele é levado ao repouso.

O calor é outra forma de energia, que se deve a energia cinética associada aos átomos e moléculas de uma substância [6].

2.3. Fontes de energia elétrica

Entende-se por energia a capacidade de realizar trabalho. Pode-se dizer que a fonte de energia, é composta por elementos capazes de produzir ou multiplicar trabalho.

Em nosso planeta, a principal fonte de energia é o Sol, esta energia se dá através da fotossíntese nas plantas, que é um processo químico natural. É uma fonte de energia primária, este tipo de energia não precisa ser transformado.

As fontes de energia são classificadas:

- quanto a sua origem : primárias e secundárias;
- quanto a renovação: renováveis e não renováveis;
- quanto ao modelo de utilização: convencional e alternativa.

2.3.1.

Energias primárias e secundárias

- **Energias primárias** são energias adquiridas de fonte de energia primária através de fontes naturais. Como carvão, petróleo bruto, gás natural, o vento, a água, os combustíveis, os minérios radioativos e a energia geotérmica (provem do calor da terra).

- **Energias secundárias** é outra forma de energia, esta provém de fontes das energias primárias, se dá através de tecnologia para obtenção do tipo específico de energia, podemos citar: gasolina, a partir do petróleo; a eletricidade produzida nas hidroelétricas, termoelétricas obtidas a partir dos combustíveis convencionais (carvão, petróleo, gás natural) e nucleares [7].

2.3.2.

Energias renováveis

Energias renováveis são formas de energia que se tira de fontes naturais, inesgotável e conseqüentemente capaz de regenerar. A vantagem na utilização deste tipo de energia, é que elas não são poluentes, excluindo a energia biomassa que para obtê-la tem que queimar resíduos orgânicos.

Fontes de energia renováveis:

- **Energia hidráulica:** Energia obtida através de uma quantidade de fluxo d'água, como rios e lagos, convertida na forma de energia mecânica, através de turbinas hidráulicas ou moinhos de água, conforme ilustração Figuras 2.1 e 2.2.

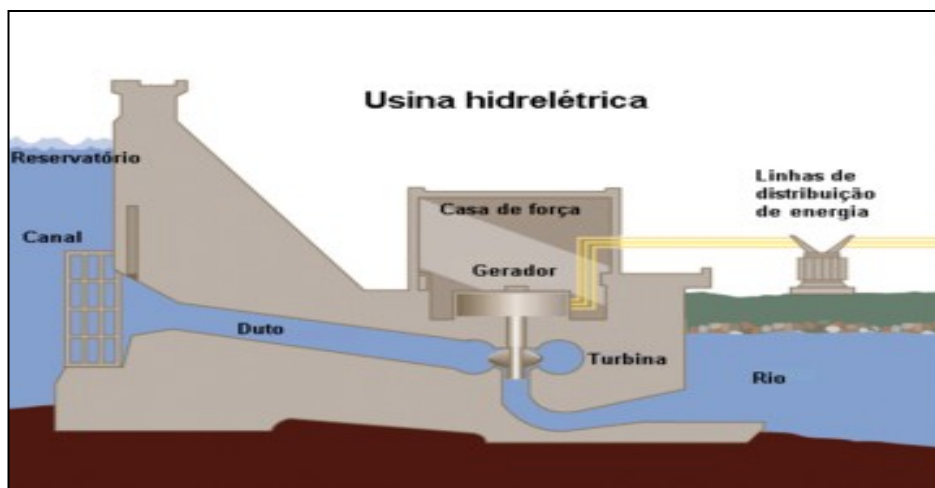


Figura 2.1 - Esquema de usina hidrelétrica

Fonte: [8]



Figura 2.2 - Usina hidrelétrica de Itaipú no rio Paraná entre Paraguai (ciudad del Este) e Brasil (Foz do Iguaçu)

Fonte: [8]

- **Energia Solar:** Energia obtida pela luz solar. Pode ser convertida em energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos e energia térmica, através de coletores solares. As centrais térmicas solares utilizam energia solar térmica a partir de coletores solares para gerar eletricidade. No Brasil, a energia solar é viável em todo o território nacional, conforme ilustração Figura 2.3.



Figura 2.3 - Usina Solar PS10, Espanha

Fonte: [8]

- **Energia Eólica:** Energia obtida pela ação do vento, gerada pelas correntes atmosféricas. Esta energia se dá através da energia cinética, grandes turbinas (cataventos), o movimento é feito através de um gerador, produzindo a energia elétrica. A energia eólica é considerada uma energia limpa, vantagem também de poder ser utilizada em lugares isolados, conforme ilustração Figura 2.4.



Figura 2.4 - Turbinas eólicas em alto mar, próximo a Copenhague, Dinamarca

Fonte: [8]

- **Energia Biomassa:** Energia obtida durante a transformação de produtos de origem animal e vegetal, gerando a energia calorífica e elétrica. Através deste processo é possível obter

biocombustíveis, como o biogás, o bioálcool e o biodiesel, conforme ilustração Figura 2.5.

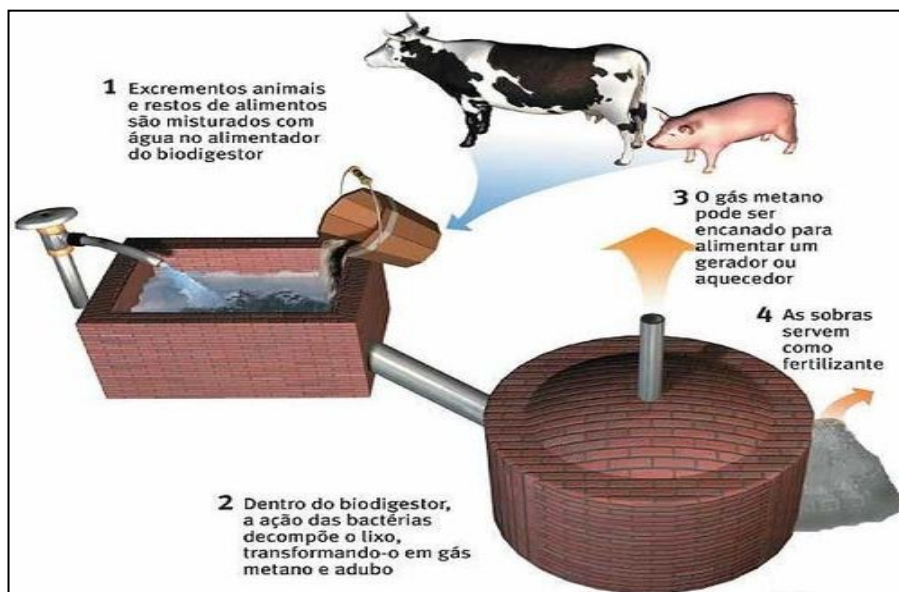


Figura 2.5 - Biodigestor

Fonte: [8]

- **Energia Geotérmica:** Energia obtida do interior da terra. A produção de eletricidade e calor consiste no aproveitamento de águas quentes e vapores, conforme ilustração Figura 2.6.



Figura 2.6 - Usina geotérmica de Nesjavellir, próxima a Pingvellir, Islândia

Fonte: [8]

- **Energia Maremotriz:** Energia obtida da utilização das águas do oceano, esta energia se dá através da força gravitacional entre a Lua, a Terra e o sol. Podem ser obtidos dois tipos de energia maremotriz: energia cinética das correntes devido às marés e energia potencial pela diferença de altura entre as marés alta e baixa. Por meio de um sistema utilizando turbinas hidráulicas, o sistema pode gerar eletricidade, conforme ilustração Figura 2.7 [8].



Figura 2.7 - Usina de La Rance, França

Fonte: [8]

2.3.3. Energias não renováveis

- **Energia do Hidrogênio:** Energia obtida na combinação do hidrogênio com o oxigênio, produzindo vapor de água, esta energia é convertida em eletricidade. Utilizados para movimentar veículos [9].

Energias não renováveis são formas de energia que se tira de fontes naturais, e não podem ser repostas pelo ser humano ou pela natureza em tempo útil quando utilizados.

- **Petróleo:** é um combustível fóssil, encontrado em algumas zonas do subsolo da terra e mar e produzido pela pressão de material orgânico há milhões de anos atrás. De fácil transporte, porém grande

poluidor do meio ambiente, pois libera grande quantidade de CO₂ na atmosfera do nosso planeta por grande utilização dos meios de transportes (carros, motos, etc.), conforme ilustração Figura 2.8.



Figura 2.8 - Plataforma marinha de extração de petróleo

Fonte: [9]

- **Gás natural:** combustível fóssil encontrado tanto em terra quanto em mar, o menos poluente dos combustíveis fósseis, é de difícil extração. Utilizados pelas indústrias, automóveis e como gás de cozinha, conforme ilustração Figuras 2.9 e 2.10.



Figura 2.9 - Rota do Gasoduto Bolívia-Brasil

Fonte: [9]



Figura 2.10 - Usina de gás Natural

Fonte: [9]

- **Carvão mineral:** combustível fóssil, extraído do subsolo através de mineração, acredita-se ser o mais abundante combustível fóssil. Esta fonte de energia é a mais utilizada no mundo, principalmente nas indústrias, muito usado nas metalurgias, conforme ilustração Figura 2.11.



Figura 2.11 - Carvão mineral

Fonte: [9]

- **Minério de urânio:** combustível nuclear, extraído de rochas de urânio. Como fonte de energia é de uso bastante perigoso e complicado, é uma fonte de radioatividade, tendo que ser estocado para o resfriamento em piscinas próprias, não tendo previsão para que este material volte ao normal. Utilizado para gerar energia elétrica para as grandes cidades, conforme ilustração Figura 2.12. [9].



Figura 2.12 - Minério de urânio

Fonte: [9]

2.4. Matriz elétrica e energética

A **matriz elétrica** é composta pelas fontes de geração de energia elétrica utilizadas.

A exploração das fontes energéticas naturais em excesso, traz uma preocupação mundial para a questão do suprimento energético para o futuro. De forma crescente, o mundo toma consciência das limitações da exploração os recursos naturais do nosso planeta, principalmente o esgotamento das reservas do petróleo, que é uma fonte de energia primária e não renovável.

A grande preocupação do mundo com as fontes não renováveis e com o clima leva a todos a utilização de fontes de energia renováveis.

Devido à forte participação das fontes de energias renováveis no país, a matriz elétrica brasileira pode-se ser chamada de fonte de energia “limpa”, devido a forte participação de fontes renováveis como recursos hídricos, biomassa e etanol, além das energias eólica e solar. A maior proporção está concentrada em usinas hidrelétricas, em função de sua geografia, o país possui rios como de planalto e pelas suas dimensões pode represar águas com tendência natural, e formar grandes reservatórios que são capazes de armazenar grandes volumes d’água. Esta fonte renovável é responsável pela geração de mais de 74,9% da eletricidade do País.

No Brasil, a matriz elétrica apresenta condições excelentes no que diz respeito às fontes renováveis de energia, estas fontes renováveis usadas ao nível industrial, tem como características provocarem baixos níveis de emissão de gases do efeito estufa. Na Figura 2.13 pode-se ver a distribuição da Matriz Elétrica Nacional 2011 – ano base 2010.

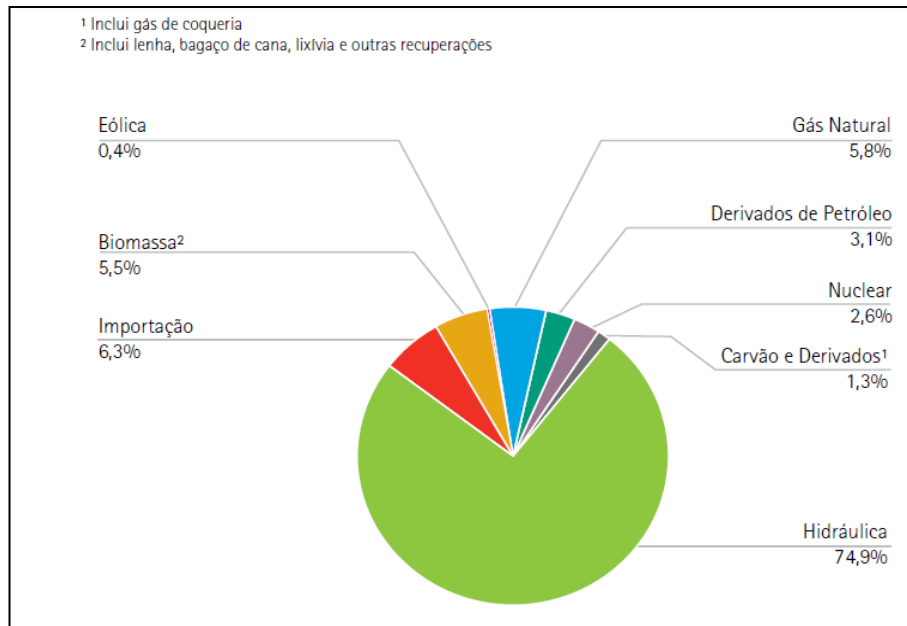


Figura 2.13 - Matriz Elétrica Nacional 2011 - ano base 2010

Fonte: [10]

A matriz energética é a soma de todas as formas de energia produzidas pela sociedade, incluindo a energia elétrica.

A principal fonte da matriz energética brasileira é o petróleo, que dá origem a derivados, como a gasolina, óleo diesel, óleo combustível e querosene. Na Figura 2.14 pode-se ver a distribuição da Matriz Energética Nacional 2011 – ano base 2010.

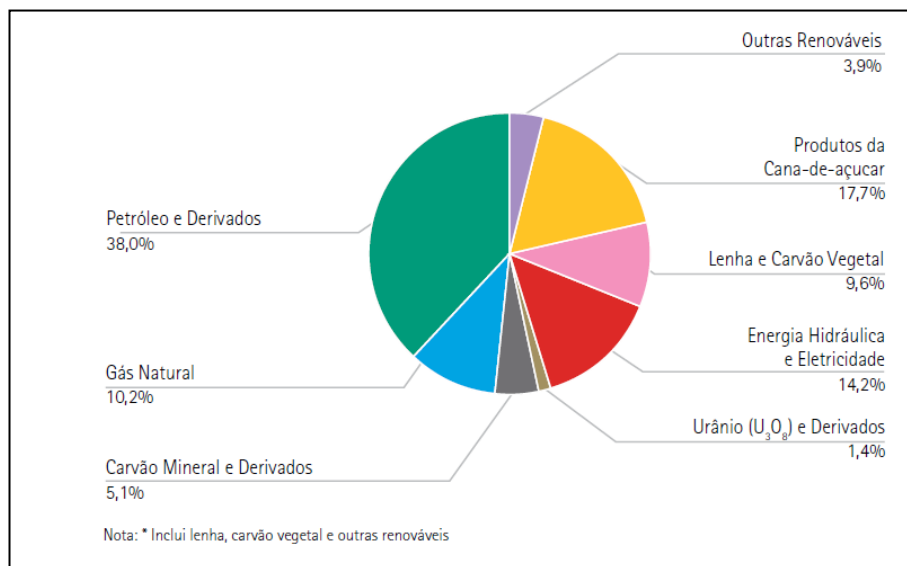


Figura 2.14 - Matriz Energética Nacional 2011 - ano base 2010

Fonte: [10]

2.5. Cadeia do Setor Elétrico

Todas as empresas são uma reunião de atividades executadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e sustentar seus produtos [11].

As principais instituições do setor elétrico e suas funções (Figura 2.15):

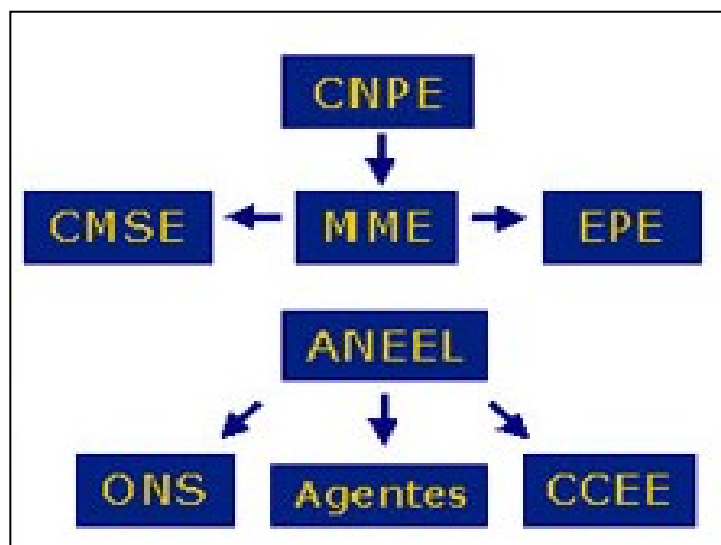


Figura 2.15 - Instituições do setor elétrico brasileiro

Fonte: [12]

- **Ministério de Minas e Energia (MME)**

Órgão ligado diretamente ao Governo Federal, presidido pelo Ministro das Minas e Energia, responsável pela condução das políticas energéticas do país.

Tem a função de formular e implementar políticas para o setor energético, de acordo com as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), com responsabilidade:

- planejar o setor energético nacional;
- controlar o suprimento do Setor Elétrico Brasileiro;
- definir com ações preventivas a restauração da segurança de suprimento de energia (oferta e demanda).

- **Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**

Tem a função de Regulação e fiscalização da produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Com responsabilidade:

- zelar pela qualidade dos serviços prestados;
- universalizar o atendimento e pelo estabelecimento de tarifas para consumidores finais;
- preservar a viabilidade econômica e financeira dos Agentes de Comercialização.

- **Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)**

Órgão interministerial da Presidência da República, tem a função de formular políticas e diretrizes de energia e articular com as demais políticas públicas. Com responsabilidade:

- revisar as matrizes energéticas nas diversas regiões do país;
- estabelecer diretrizes para o uso do gás natural, do álcool, biomassas, carvão, energia termonuclear e importação e exportação de petróleo e gás natural.

- **Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**

Vinculada ao MME, cuja função é estudos e projetos para definição da matriz energética para expansão do setor elétrico (geração e transmissão).

- **Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE)**

Órgão criado pelo MME, coordenado e presidido pelo Ministro de Minas e Energia, tem a função de acompanhar e avaliar as condições de atendimento, prevendo a garantia do suprimento elétrico em todo o território nacional. Com a responsabilidade:

- acompanhar o desenvolvimento de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica;
- avaliar as condições de abastecimento e de atendimento;
- analisar a segurança de abastecimento e de atendimento;

- identificar dificuldades que afetem a regularidade e a segurança de abastecimento;
- planejar propostas para ajustes e ações preventivas para segurança no abastecimento e no atendimento elétrico.

- Operador Nacional do Sistema (ONS)

Tem a função de coordenar e operar as gerações e as transmissões de energia elétrica no Sistema Elétrico Interligado (SIN) (Figura 2.16).

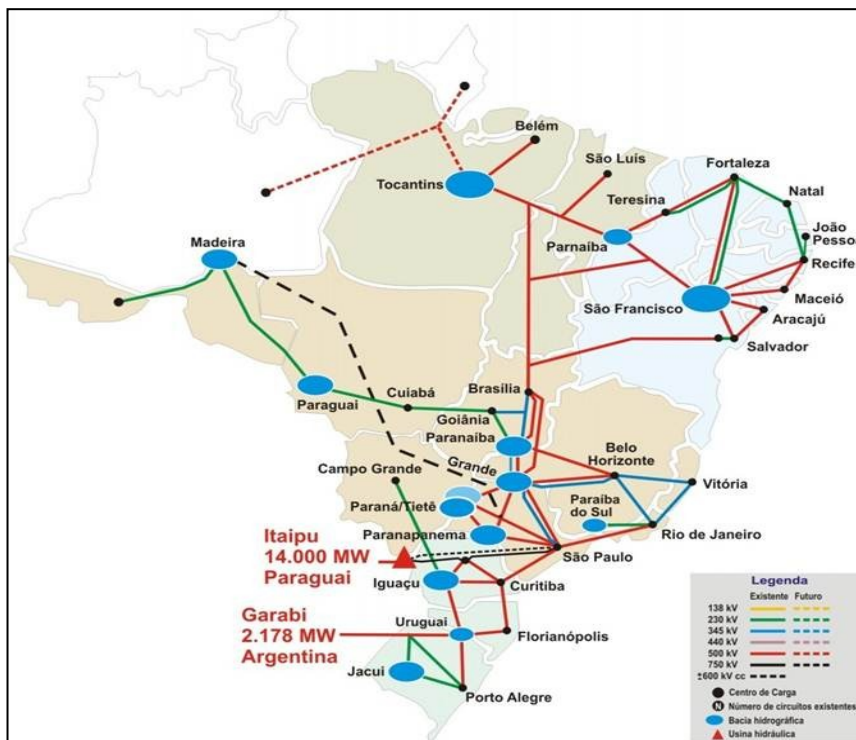


Figura 2.16 - Representação do Sistema Interligado Nacional (SIN)

Fonte: [13]

- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)

Pessoa jurídica de direito, com autorização e regulação e fiscalização da ANEEL, atua no comércio de Energia Elétrica, visa uma melhor gestão do mercado livre de energia elétrica. Com a função de:

- Apurar o Preço de Liquidação de Diferenças (PLD), operações a curto prazo;
- Controlar os montantes de energia elétrica comercializados;

- Administrar liquidação financeira de operações de compra e venda de energia elétrica no mercado de curto prazo e mercado futuro;
- Realizar leilões de compra e venda no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) [14].

2.6.

Agentes da Indústria de Energia

O modelo utilizado no Brasil até meados de 1998, a cadeia da produção, geração, transmissão e a distribuição de energia elétrica eram realizados por diferentes empresas, algumas verticalizadas e outras não, que detinham o monopólio de suas áreas de atuação, que eram monopólios regionais. Doava-se por via de contratos, as empresas que não atuavam em todo o segmento da cadeia da produção.

Com a predominância do sistema brasileiro de ser de centrais hidrológicas, com reservatórios pluviais localizadas em diferentes bacias hidrológicas, com grande distância entre as fontes geradoras e os centros de carga e com pequena participação de geração térmica, obrigando a construção de longas redes de transmissão, o governo federal faz a desverticalização da cadeia de produção. Através do programa de privatização, as empresas foram desmembradas em distribuidoras, transmissoras, geradoras e comercializadoras, cujo objetivo é expandir o parque gerador e modernizar as linhas de transmissão de energia elétrica, tornando um modelo competitivo [15].

A missão da ANEEL é proporcionar as condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com o equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

As Figuras 2.17 e 2.18 mostram o organograma da cadeia de produção e o esquema de geração, transmissão e distribuição de Energia Elétrica.

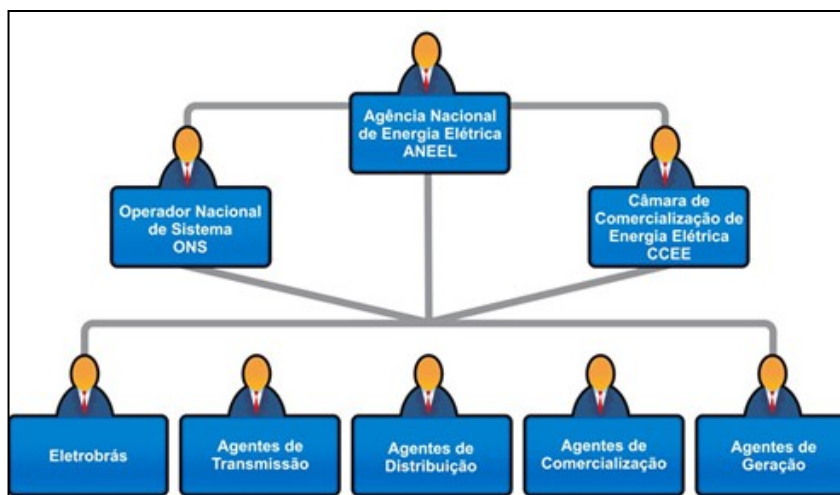


Figura 2.17 - Organograma da cadeia de produção

Fonte: [16]

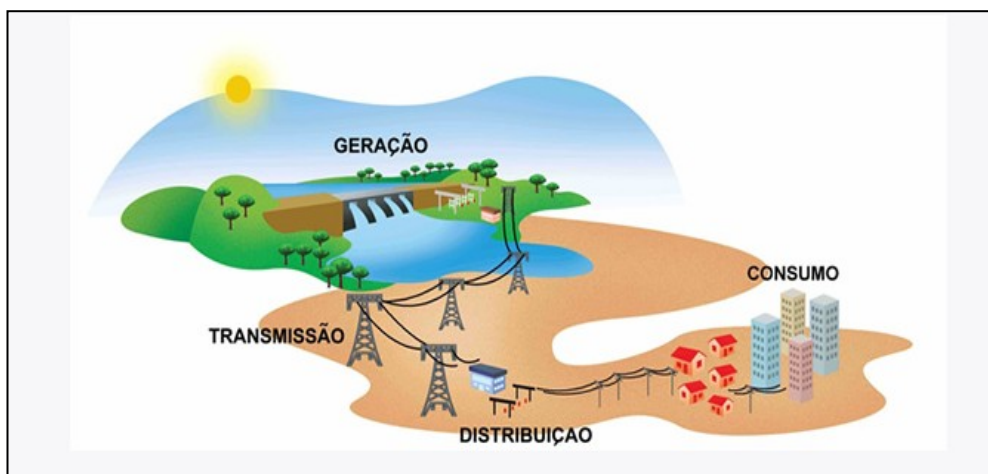


Figura 2.18 - Esquema de geração, transmissão e distribuição de energia

Fonte: [16]

Classes e características dos agentes do Setor Elétrico:

- **Geração:** Produção de energias providas de quaisquer fontes de energia. A geração elétrica no Brasil vem das Hidrelétricas, termelétricas, nucleares, eólicas, solar e outras fontes alternativas. Pertencem a essa categoria, as concessionárias do serviço público, os produtores independentes e os autoprodutores.
- **Transmissão:** O Segmento de transmissão é aquele que se encarrega de transportar grandes quantidades de energia

provenientes das usinas geradoras, cuja função é operar linhas em tensão elétrica superior a 230 mil volts.

O Sistema Integrado Nacional (SIN) é o sistema de transmissão de energia elétrica do Brasil de grande porte, interligado do norte ao sul do país, com pequenos sistemas isolados, principalmente localizados na região Amazônica.

- **Distribuição:** As redes de distribuição são aquelas que fazem a transmissão aos pontos de consumo, sendo subdivididas em distribuição primária (nível de tensão – MT) e distribuição secundária (nível de uso residencial). Pertencem a esta categoria os agentes distribuidores de energia, opera linhas de transmissão de menor tensão (abaixo de 230 mil volts).

- **Comercialização:** Compra e venda de energia elétrica, através de negociações feitas no Mercado Livre (ACL) e no Mercado regulado (ACR). Pertencem a esta categoria os agentes comerciantes, importadores, exportadores, consumidores livres e agentes especiais [17].

2.7.

Distribuidores de energia elétrica

O sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil, regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), orienta através das leis aprovadas pelo Congresso Nacional e por decretos estabelecidos pelo executivo federal. É operado por 63 concessionárias, distribuídas assim nas regiões do país: 9 no Norte, 11 no Nordeste, cinco no Centro-Oeste, 21 no Sudeste e 17 no Sul. Através de fontes do governo federal, a Energia chega a 99% dos municípios brasileiros [18].



Figura 2.19 - Rede de distribuição

Fonte [18]

As redes de distribuição (Figura 2.19) são compostas por linhas de alta tensão (AT), média tensão (MT) e baixa tensão (BT). O segmento de distribuição é aquele que recebe grande quantidade de energia do sistema de transmissão e a distribui de forma pulverizada para consumidores médios e pequenos.

São as distribuidoras responsáveis pela administração e operação das linhas de transmissão de menor tensão (abaixo de 230 mil Volts), mas principalmente das redes de média tensão, com tensão elétrica entre 2,3 kV e 44 kV e baixa tensão, com tensão entre 110 e 440 V.

As distribuidoras têm a obrigação, das conexões da rede, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica, através de fiscalização da ANEEL que dispõe disciplinas, condições, responsabilidades e penalidades.

Os consumidores recebem a energia elétrica através da rede elétrica pelas distribuidoras de energia, além delas, as cooperativas de eletrificação rural, entidades de pequeno porte, distribuem energia elétrica exclusivamente para os associados. As redes podem vir por via aérea, suportada por postes, ou por dutos subterrâneos com cabos ou fios, conforme ilustração figuras 2.20 e 2.21.



Figura 2.20 - Poste, rede de energia elétrica via aérea

Fonte: [18]



Figura 2.21 - Banco de dutos, rede via subterrânea

Fonte: [19]

Através da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) com projetos de várias concessionárias, vindo sendo aplicados os chamados “Smart Grid” ou rede inteligente.

O Smart Grid, ou rede inteligente, é um sistema no qual é aplicada a tecnologia da informação para automatizar a rede elétrica e torná-la mais ágil e eficiente. Através de sensores que são embutidos com chips nas linhas de rede de energia elétrica, detectam informações sobre a operação e desempenho da rede, por tensão e corrente.

Pode-se citar três benefícios com a instalação do Smart Grid: a eficiência, o que implica consumir menos energia das empresas concessionárias de energia, a redução de custos e a redução de emissões de carbono.

2.8. Faturamento e Medidores de energia elétrica

2.8.1. Faturamento de energia elétrica

O faturamento da energia elétrica das concessionárias é realizado mensalmente, medido através de leitura dos medidores instalados nas unidades consumidoras (UC). São chamadas de UC, as instalações e equipamentos elétricos de um único consumidor, que recebe a energia elétrica de uma determinada concessionária em um só ponto de entrega, com medição individualizada.

De acordo com dados do Boletim de Monitoramento da SEE (julho/2011), o Brasil conta com mais de 69 milhões de Unidades Consumidoras (UC). São chamadas UCs o conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor. Do total de UCs espalhadas no território nacional, 85% são residenciais.

O consumidor é qualquer pessoa física ou jurídica que solicita à concessionária o fornecimento de energia elétrica e assume a responsabilidade pelo pagamento das faturas e obrigações conforme fixadas pela ANEEL.

Atualmente os consumidores podem ser livres, com direito a escolher seu fornecedor e consumidores cativos, vinculados a concessionária que atende seu endereço.

O faturamento da unidade consumidora do grupo “A” é com base nos critérios de demanda faturável e consumo de energia ativa e do grupo “B”, se baseia apenas no consumo de energia.

2.8.2. Medidores de energia elétrica

O medidor de energia elétrica utilizado nas concessionárias é um dispositivo ou equipamento eletromecânico e/ou eletrônico capaz de mensurar o consumo de energia elétrica. A unidade mais usada é

kWh. Ligado diretamente à rede elétrica e a carga (consumidor) ou através de transformadores de acoplamento de tensão e/ou corrente.

Este equipamento tem função de medir a energia elétrica que é disponibilizada pelas concessionárias. É caracterizado por padrões técnicos dos órgãos oficiais de metrologia, seguindo as normas técnicas.

As principais grandezas elétricas de medição são: energia ativa, energia reativa, fator de potência, demanda, potência ativa, potência reativa e potência aparente.

- **Medidor eletromecânico:** Aparelho destinado a medir valores relativos à energia elétrica, utilizado com a finalidade de faturamento do consumo de energia, composto por bobinas de estrutura metálica para criar dois circuitos eletromagnéticos, uma bobina de corrente que conduz a corrente de linha e uma bobina de potencial que mede a tensão submetida através da linha. O resultado da medida é dado por Quilowatt hora (kWh) [20].

Atualmente, é o equipamento mais utilizado pelas concessionárias em aplicação na classe residencial e subclasse baixa renda (Subgrupo B1), devido ao baixo custo e disponibilidade e vem sendo aperfeiçoado ao longo do tempo, nas Figuras 2.22 e 2.23, fotos de dois aparelhos.

Precisão: erro máximo de mais ou menos 2,0% do valor indicado para sua faixa de operação, dentro do seu tempo de vida previsto para funcionamento [21].

Limitações:- Interferência na operação da presença de corrente contínua:

- Precisão variável conforme a condição de operação;
- Sensibilidade mecânica.

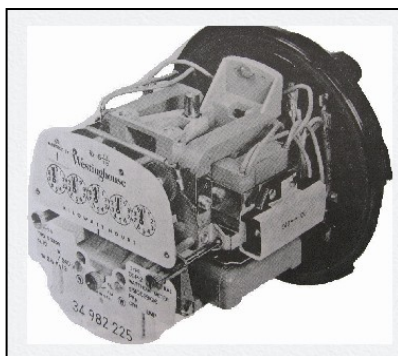


Figura 2.22 - Medidor eletromecânico tipo relógio

Fonte: Westinghouse Electric Corporation.



Figura 2.23 - Medidor eletromecânico – monofásico

Fonte: [21]

- **Medidor eletrônico:** equipamento utilizado na medição e registro de consumo e demanda de energia elétrica, possibilitando as concessionárias por intermédio de interfaces apropriadas, a controlar o fornecimento de energia à distância resultando conhecimentos detalhados do consumo, demanda de energia ativa e reativa para efeitos de faturamento e por parte do consumidor, um melhor monitoramento de seus gastos.

Atualmente, é o equipamento mais utilizado pelas concessionárias em aplicação nas classes de média tensão (MT) e alta tensão (AT). Para baixa tensão (BT), a predominância é dos eletromecânicos.

Precisão: são construídos com erro máximo de 0,8%, porém encontrados no mercado, classe de precisão de 0,5% a 2%.

Limitações: esses medidores são construídos de circuitos e dispositivos em semicondutores, então podem mostrar sensibilidade a surtos de tensão eventualmente presentes no sistema de distribuição.

Nas Figuras 2.24 e 2.25, é apresentado um modelo de medidor eletrônico e uma forma de instalação dentro da concessionária Ampla.



Figura 2.24 - LUMEM MC-Medidor eletrônico monofásico- energia ativa com registrador ciclométrico

Fonte [21]

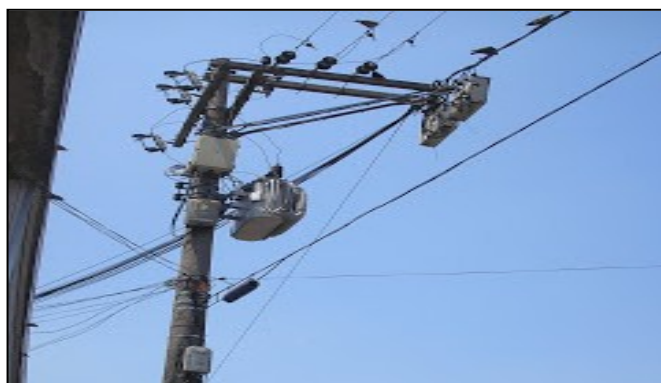


Figura 2.25 - Medidor eletrônico em postes da rede elétrica (Chips)

Fonte: [22]

2.8.3. Uso dos Medidores eletrônicos no contexto

Foram utilizados no projeto dois tipos de medidores eletrônicos: SAGA 2000 (mede o consumo final) e o medidor Powersave (mede o consumo individual por aparelho).

Os medidores eletrônicos foram instalados nas residências, cuja função principal, foi medir em tempo real o consumo de energia consumida individualmente para cada aparelho eletrodoméstico e por consumo total.

Para o trabalho, a medição feita com estes medidores nas residências, traz informações para a elaboração da curva de carga diária ou mensal do consumo de energia elétrica, conforme venha a ser consumido na realidade.

Foi desenvolvido para o projeto o medidor Powersave [23], com a finalidade de medir o consumo de energia individual para os principais aparelhos eletrodomésticos. O medidor é ligado na tomada do aparelho eletrodoméstico que se quer medir, durante 7 dias no intervalo de 15 em 15 minutos. O resultado destas informações é armazenado em memória de massa.

Especificação e desenho do medidor Powersave USB (Figura 2.26)

Especificação:

1. Corrente máxima de 10 amperes para uso das tomadas.
2. Corrente máxima de 50 amperes para o barramento lateral.
3. Tensão de 100 a 240 volts.
4. Memória de massa para log com intervalo de 5min. Ou 15 min.
5. Memória com capacidade de 2 meses de armazenamento.
6. Conexão USB para configuração, Powersoft (Windows).
7. Leds indicativos para conexão USB, ligado/desligado e auxiliar.

Foi usado também para o trabalho o aparelho SAGA2000 [24], para a medição do consumo final da residência, este medidor com a

finalidade de verificar todo o consumo da residência, já que individualmente são medidos somente os principais aparelhos elétricos (Figura 2.26).



Figura 2.26 - Medidor SAGA-2000 e Medidor Powersave

Fonte [23] e [24]

Com base nestes dados, se obtém informações para o traçado de curva de carga (real) para clientes de BT, cuja finalidade é de comparar as informações da Medição com as informações obtidas da PPH, para obter um coeficiente de ajuste de carga próximo ao real, que é apresentado no capítulo 5 no Estudo de caso.

3. Pesquisa de Posses e Hábitos (PPH)

3.1. Preliminares

A pesquisa de campo procede a observações de fatos e fenômenos, à coleta de dados referente ao proposto e finaliza com as análises e interpretação destes dados, com o objetivo de compreender e explicar o problema pesquisado.

Dependendo das técnicas de coleta, análise e interpretação de dados, pode-se classificar as pesquisas de campo em: qualitativas e quantitativas.

Pesquisa qualitativa, Normalmente é usada para pequenos números de pesquisados, certa representatividade da população. Nesta pesquisa se busca mais conteúdo, analisando informações subjetivas, estruturas de pensamento e conteúdos profundos. Utiliza-se um roteiro aberto, como o método *focus groups* (grupo focal), entrevistas em profundidade, através de um interlocutor.

Pesquisa quantitativa, em geral é usada para tirar conclusões sobre as características da população (estatística inferencial ou simplesmente estatística). Através de técnicas amostrais, este tipo de pesquisa busca um resultado estatístico, que permite estimar informações amplas e diversificadas. Utiliza-se um questionário estruturado com adesão de um grande número de respondentes. [25]

As pesquisas quantitativas podem ser feitas com repetição e sem repetição.

As pesquisas com repetição podem ser do tipo “*tracking wave*” onde a mesma pesquisa é aplicada em tempos e amostras distintas, e, do tipo “painel” onde as pesquisas são realizadas de tempos em tempos, sempre na mesma amostra.

As pesquisas sem repetição são do tipo “*ad-hoc*”.

Define-se como **Pesquisa de Posses e Hábitos (PPH)**, uma pesquisa de campo declaratória, quantitativa do tipo “tracking” onde é aplicado um formulário de auditoria energética para traçar um perfil de posse e hábitos de consumo de equipamentos elétricos, nos setores residencial, comercial e industrial, com intuito de avaliar o mercado de eficiência energética.

A PPH é basicamente uma auditoria dos equipamentos elétricos do consumidor.

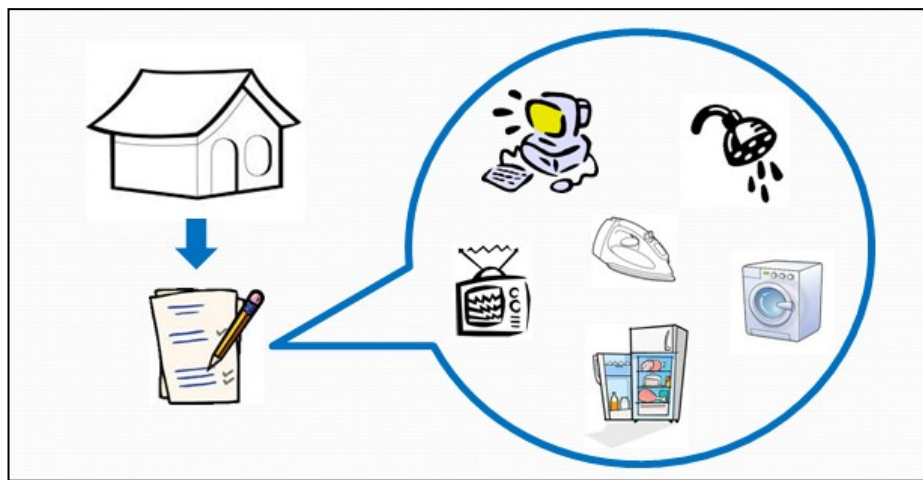


Figura 3.1 - Esquema representativo PPH

Fonte: Elaboração própria

3.2. Breve Histórico da PPH

Em 1988: a primeira pesquisa de campo, denominada “Pesquisa de Posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo” na classe residencial, foi feita em âmbito nacional, através da coordenação da Eletrobrás, por intermédio do PROCEL. Feita nas 5 regiões do país (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste), foram entrevistados na época 10.818 consumidores, em 291 municípios de 23 estados brasileiros e no Distrito Federal, que contou com a participação de 27 concessionárias.

Em 1997/98: a segunda pesquisa foi feita nas classes residenciais, através do PROCEL/ ELETROBRAS, executada pela

Puc-Rio. Pesquisados também nas 5 regiões do país (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste), com a colaboração de 20 concessionárias e foram pesquisados 15.870 consumidores.

Em 1999/2000: as concessionárias Celpe e Light em 1999 e Elektro “ex-Cesp” em 2000, realizaram novas pesquisas na classe residencial.

Em 2004/2006: a terceira pesquisa, com a mesma coordenação e execução das pesquisas feitas em 1997/1998, porém com um espaço mais amplo, abrangendo os segmentos de consumo: residencial, comercial/industrial (baixa tensão), comercial/industrial (alta tensão) e poderes públicos (alta tensão). Feita conforme a distribuição mostrada na Figura 3.2, nas 5 regiões do país (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste), foram entrevistados 14.442 consumidores, nesta época representando 92% do mercado consumidor de energia elétrica do país, em 17 estados brasileiros e no Distrito Federal, que contou com a participação de 21 empresas. Como se tem uma porcentagem maior na classe residencial, foram aplicados nesta classe 9.847 questionários [26].

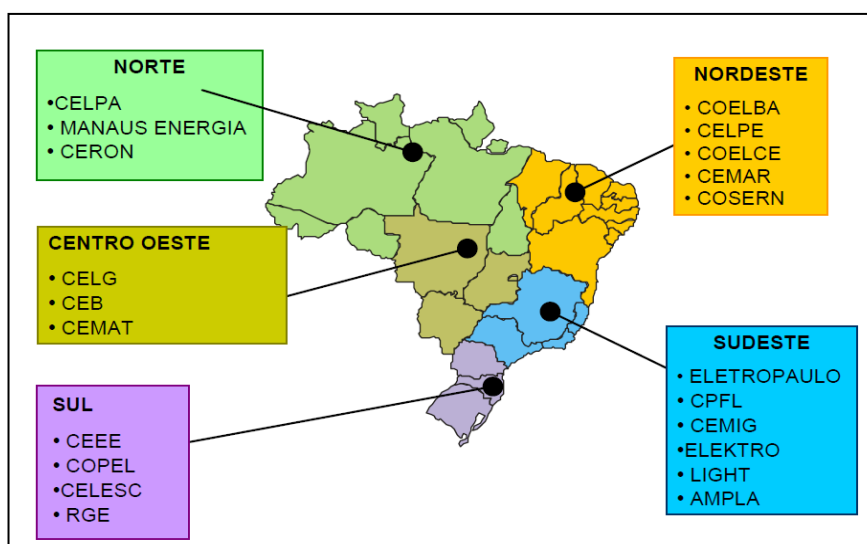


Figura 3.2 - Distribuição das Concessionárias por regiões no Brasil

Fonte:[27]

Em 15/12/2009, a Resolução da ANEEL nº 395, decreta que seja realizada PPH pelas concessionárias a cada 2 ciclos de revisão tarifária, com a finalidade de melhoria da eficiência energética do país,

com isso as distribuidoras podem mostrar junto a ANEEL, como os consumidores de sua concessionária estão utilizando a sua energia elétrica.

Atualmente, várias distribuidoras de Energia Elétrica já iniciaram suas PPH a partir de suas revisões tarifárias. Através do SINPHA (Sistema de Informações de Posses de eletrodomésticos e Hábitos de consumo), sistema criado para o Portal PROCEL Info, que estão disponíveis indicadores sobre posse de equipamentos e hábitos de consumo de energia do segmento residencial.

Neste portal pode-se tirar:

- Informações que estão relacionadas ao mercado de eficiência energética, como: estudo, análise e indicadores de dados.
- Acesso de forma eficaz aos dados e a realização de simulações das curvas de carga.
- Informações de PPH dos anos de 1997 e 2004-2006.



Figura 3.3 - Simulador SINPHA

Fonte [28]

3.3.

Descrição da metodologia para a criação do plano amostral

Os parâmetros básicos para proposição do plano amostral do estudo determinam como deve ser extraída a amostra¹, ou seja: os domicílios onde serão aplicados os questionários.

A amostra da pesquisa para o segmento residencial é obtida em cinco etapas:

- Etapa 1: Definição do tamanho da amostra da pesquisa
- Etapa 2: Levantamento de informações da concessionária de energia elétrica
- Etapa 3: Ponderação e distribuição da amostra por polo regional
- Etapa 4: Seleção dos municípios dentro de cada polo regional e definição de amostra dos mesmos
- Etapa 5: Distribuição das amostras nas faixas de consumo estratificadas

3.3.1.

Definição do tamanho da amostra da pesquisa

A amostra deve ser dimensionada visando estimar uma proporção P, desconhecida, fixando-se uma precisão mínima de 4% com nível de confiança² de 95%. A amostra resultante possibilita o fornecimento de estimativas das proporções da população que possuem determinados atributos, com nível de confiança de 95%.

A fórmula utilizada,

$$d = z \sqrt{\frac{PQ}{n}}$$

em que,

- $d = 4$ é o erro padrão³ máximo admitido

¹ A amostra é um subgrupo dos elementos de uma população selecionado para participação em determinado estudo [29].

² O nível de confiança de uma amostra é a probabilidade de um intervalo de confiança conter o parâmetro populacional [29].

³ Desvio-padrão da distribuição amostral da média ou da proporção [36].

- $z = 1,96$ é o valor da normal correspondente a um nível de confiança de 95%
- P é a proporção desconhecida e $Q = 100 - P$. Para $P=50\%$ teríamos:

$$4 = 1,96 \sqrt{\frac{50 \cdot 50}{n}}$$

O que nos leva a um valor de $n = 600,25$.

Amostras sugeridas conforme as margens de erro para intervalo de confiança de 95%, conforme tabela Quadro 3.1.

| Margem de erro | Amostra sugerida |
|----------------|------------------|
| ~2% | 2400 |
| ~3% | 1100 |
| ~4% | 600 |

Quadro 3.1 - Amostra sugerida para PPH_ (1- α) = 95%

Fonte: Elaboração própria

3.3.2.

Levantamento de informações da concessionária de energia

Consiste no levantamento do número de consumidores e consumo total (valores médios anuais) por faixa de consumo de energia em kWh/mês. Estes dados devem ser levantados por município e polo regional nas seguintes faixas já determinadas: 0 a 80, 81 a 150, 151 a 220, 221 a 400 e acima de 400.

Estas informações devem ser fornecidas em uma planilha de dados, resultando ao final em duas tabelas por número de consumidores e consumo total.

3.3.3.

Ponderação e distribuição da amostra por polo regional

Nesta etapa a amostra selecionada é distribuída de acordo com uma ponderação realizada pelo número de consumidores de cada polo regional em relação ao total de consumidores de todos os polos.

3.3.4.

Seleção dos municípios dentro de cada polo regional e definição de amostra dos mesmos

Para seleção dos municípios que farão parte da amostra, primeiramente cria-se uma classificação de acordo com o tamanho dos mesmos, onde:

- Municípios Pequenos: Àqueles que representam até 15% da população do polo regional ao qual pertencem;
- Municípios Médios: Àqueles que representam acima de 15% até 35% da população do polo regional ao qual pertencem;
- Municípios Grandes: Àqueles que representam acima de 35% da população do polo regional ao qual pertencem.

O próximo passo consiste na identificação do peso populacional de cada município referente ao polo regional ao qual pertence.

A seleção dos municípios deve ser feita considerando a representação populacional dos mesmos dentro de seu respectivo polo regional, obedecendo aos três critérios de erro padrão:

- Critério de seleção de municípios considerando amostra com erro de 4%
 - Polo regional que contenha algum município Grande: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 40% da população do polo regional (incluindo todos os municípios Grandes do polo regional);
 - Polo regional que não contenha nenhum município Grande e contenha algum município Médio: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 30% da população do polo regional (incluindo ao menos um Município Médio do pólo regional);
 - Polo regional que contenha apenas municípios Pequenos: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 20% da população do polo regional.
- Critério de seleção de municípios considerando amostra com erro de 3%
 - Polo regional que contenha algum município Grande: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 60% da população do polo regional (incluindo todos os municípios Grandes do polo regional);

- Polo regional que não contenha nenhum município Grande e contenha algum município Médio: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 50% da população do polo regional (incluindo ao menos um Município Médio do pólo regional);
 - Polo regional que contenha apenas municípios Pequenos: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 20% da população do polo regional.
- Critério de seleção de municípios considerando amostra com erro de 2%
 - Polo regional que contenha algum município Grande: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 70% da população do polo regional (incluindo todos os municípios Grandes do polo regional);
 - Polo regional que não contenha nenhum município Grande e contenha algum município Médio: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 60% da população do polo regional (incluindo ao menos um Município Médio do polo regional);
 - Polo regional que contenha apenas municípios Pequenos: deve ser selecionada a quantidade de municípios que representem pelo menos 30% da população do polo regional.

Após a seleção dos municípios de um determinado polo regional, cria-se uma nova tabela com as informações reponderadas para cada um dos municípios selecionados, considerando desta vez, o total de consumidores somente destes municípios para a ponderação dos dados. Após isso, distribui-se a amostra do determinado polo de acordo com a ponderação apresentada para cada município do mesmo polo.

Este procedimento deve ser realizado para todos os polos regionais.

3.3.5. Distribuição das amostras nas faixas de consumo estratificadas

Através dos levantamentos dos polos regionais, é construída uma nova tabela somente com os municípios que forem selecionados

dentro de cada polo regional. Após isso, a amostra definida para cada município deve ser distribuída de acordo com a ponderação do consumo total do município estratificado por faixa de consumo (Quadro 3.2). Chegando-se ao final à definição do plano amostral da pesquisa.

| PLANO AMOSTRAL | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------|---------------------------|-----|----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|--------------|-----|-------|---|
| Polos | Municípios | Faixa de consumo (em kWh) | | | | | | | | | | Total | |
| | | 0 a 80 | | 81 a 150 | | 151 a 220 | | 221 a 400 | | acima de 400 | | | |
| | | % | A* | % | A* | % | A* | % | A* | % | A* | | |
| Polo 1 | Município 1 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Município 2 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Município 3 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Total polo 1 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Polo 2 | Município 1 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Município 2 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Município 3 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Total polo 2 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| Polo n | Município 1 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Município 2 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Município 3 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| | Total polo n | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |

*A (amostra)

Quadro 3.2 - Suposição para um Plano amostral.

Fonte: Elaboração própria.

3.4. Instrumento de coleta de dados da PPH

O instrumento de coleta de dados para a classe residencial, ou seja, o questionário da Pesquisa de Posse de equipamentos e Hábitos de Uso encontra-se no **Apêndice II**.

Esse questionário é composto por cinco módulos, conforme descrito a seguir:

1. Identificação do entrevistado e das pessoas do domicílio – dados demográficos

2. Caracterização física da edificação
3. Posses e Hábitos de Uso dos equipamentos e aparelhos elétricos
 - Iluminação
 - Refrigerador
 - Freezer
 - Condicionador de ar
 - Televisão
 - Outros Eletrodomésticos
 - Aquecimento de água para banho
4. Dados Sócio-econômicos
5. Conservação de Energia – consciência e hábitos

A descrição detalhada de cada um desses módulos é apresentada a seguir.

3.4.1.

Identificação do entrevistado e das pessoas do domicílio – dados demográficos (Item 1 do questionário)

Esse primeiro módulo tem como objetivo classificar o entrevistado e os moradores do domicílio de acordo com a idade, nível de instrução, localização geográfica e nível de consumo de energia para, posteriormente, em conjunto com os dados sócio econômicos do questionário e de fontes como IBGE, estabelecer uma relação e correções de renda e consumo.

3.4.2.

Caracterização física da edificação (Item 2 do questionário)

Essas informações permitem identificar alguns dos materiais utilizados na construção do imóvel, suas características básicas estruturais como os tipos de paredes e forros entre outros para que seja possível avaliar as possíveis influências dos materiais e características físicas da moradia no consumo de energia elétrica dos domicílios.

3.4.3.**Posses e Hábitos de Uso dos equipamentos elétricos (Item 3 a 9 do questionário)**

Esse é o principal tópico do instrumento de coleta de dados e está dividido em sete partes. As cinco primeiras buscam identificar os perfis de uso dos principais aparelhos elétricos de um domicílio, que são: lâmpadas (iluminação), refrigerador, freezer, condicionador de ar e televisor. A sexta parte engloba os outros aparelhos de menor consumo, como aparelhos de som, máquina de lavar roupa, ferro de passar roupa entre outros. A sétima parte identifica o tipo de aquecimento de água e se há ou não a utilização do chuveiro elétrico. A seguir serão descritos cada um dos sete itens de posses e hábitos de uso:

- a. O item de iluminação coleta informações sobre os tipos de lâmpadas usadas, quantidades, suas potências, localização no domicílio e o período em que são usadas. (Item 3 do questionário)
- b. O levantamento de informações sobre o uso de refrigeradores identifica o tipo de refrigerador existente (número de portas, *frost free*, etc) a idade, quantidade, sua capacidade e intensidade de uso (Item 4 do questionário).
- c. Para o freezer são obtidas as mesmas informações levantadas para os refrigeradores (Item 5 do questionário).
- d. Sobre os condicionadores de ar são coletadas informações sobre quantidade e tipo dos aparelhos, localização no domicílio, capacidade em BTU/h, intensidade de uso e o período em que são usados em função da época do ano, se possuem ou não standby e a idade do equipamento (Item 6 do questionário).
- e. Para os televisores são identificados a quantidade existente por domicílio, o tipo de tela/aparelho, o tamanho, a idade, se possuem ou não standby, a intensidade de uso e o período de tempo que são utilizados (Item 7 do questionário).

- f. No caso dos outros aparelhos são coletadas as informações de posse e hábitos dos seguintes equipamentos, conforme Quadro 3.3.

| APARELHO | APARELHO |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. APARELHO DE SOM | 20. VAPORETTO |
| 2. RÁDIO ELÉTRICO | 21. VIDEO GAME |
| 3 - BLUE RAY | 22. MÁQUINA DE COSTURA |
| 4 - DVD | 23. FERRO ELÉTRICO |
| 5. COMPUTADOR | 24. FORNO ELÉTRICO |
| 6. NOTEBOOK /LAPTOP | 25. LIQUIDIFICADOR |
| 7. IMPRESSORA | 26. SECADOR DE CABELO |
| 8. CAFETEIRA ELÉTRICA | 27. PRANCHA ALISADORA |
| 9. FORNO MICROONDAS | 28. BATEDEIRA |
| 10. TV POR ASSINATURA | 29. LAVA ROUPA |
| 11. ROTEADOR DE REDE SEM | 30. LAVA LOUÇA |
| 12. NOBREAK | 31. SECADORA DE ROUPA |
| 13. PANELA ELÉTRICA | 32. VENTILADOR DE TETO |
| 14. EXAUSTOR | 33. CIRCULADOR / VENTILADOR |
| 15. ENCERADEIRA | 34. AQUECEDOR DE AMBIENTE |
| 16. ASPIRADOR DE PÓ | 35. BEBEDOURO ELÉTRICO |
| 17. BOMBA D'ÁGUA | 36. GRILL |
| 18. TORNEIRA ÉLETRICA | 37. TORRADEIRA ELÉTRICA |
| 19. HIDROMASSAGEM | |

Quadro 3.3 - Outros aparelhos cujas informações de posse e hábito de uso são coletadas no campo

Fonte: Elaboração própria

Essas informações contemplam quantidade de aparelhos no domicílio, tempo de uso diário, intensidade de uso, horários em que são utilizados e se possuem ou não standby (Item 8 do questionário).

- g. Embora o chuveiro elétrico seja um dos principais aparelhos elétricos para aquecimento de água, dependendo da localização geográfica, nem sempre ele é utilizado. Em algumas situações a água simplesmente não é aquecida, em outras são utilizados

sistemas alternativos, como o aquecimento a gás ou solar. Sendo assim, nesse item, busca-se em primeiro lugar identificar o tipo de aquecimento de água que é utilizado e no caso de ser o chuveiro elétrico, a quantidade, o tipo, a potência, o número de banhos diários, o tempo de uso, a hora do dia em que são utilizados e a intensidade do aquecimento (inverno/verão) em função da época do ano (Item 9 do questionário).

3.4.4. Dados socioeconômicos (Item 10 do questionário)

As informações obtidas nesse módulo possibilitam a identificação da renda domiciliar, do padrão de acabamento do domicílio, se são realizadas atividades geradoras de renda e os equipamentos elétricos utilizados para esse fim. Com as informações de renda é possível estabelecer a relação entre renda e consumo de energia.

3.4.5. Conservações de energia – consciência e hábitos (Item 11 do questionário)

O último módulo sobre conservação de energia busca avaliar as atitudes e o comportamento referente ao uso eficiente da energia elétrica, buscando levantar hábitos de uso, de compra de equipamentos elétricos, o conhecimento do Selo PROCEL e por último identificar as principais mídias que impactam esse público.

3.5. Descrição da metodologia adotada para realização do campo da pesquisa

O procedimento para o sorteio da amostra, ou seja, para a seleção do consumidor a ser entrevistado; segue alguns passos conforme abaixo:

1. Seleção das Áreas de Ponderação (AP)⁴ (divisão territorial utilizada pelo IBGE) dentro de cada município
 - a. A seleção da quantidade de APs deve considerar o tamanho de cada um dos municípios:
 - i. Municípios Grandes: A quantidade de APs selecionadas deve representar pelo menos 20% do número total de APs existentes no município;
 - ii. Municípios Médios: A quantidade de APs selecionadas deve representar pelo menos 50% do número total de APs existentes no município;
 - iii. Municípios Pequenos: Seleção de no máximo 2 APs.
 - b. A seleção das APs deve considerar a renda média de cada uma delas dentro do seu respectivo município. Devem ser selecionadas as APs que apresentarem uma renda média mais próxima à mediana da distribuição das rendas médias de todas as APs.
 - c. A amostra de cada município deve ser distribuída de forma igual para cada uma das APs selecionadas previamente.
2. Distribuição da amostra de cada AP por bairros previamente selecionados
 - a. Deve ser selecionado 1 bairro a cada 10 entrevistas dentro de cada área de ponderação.
3. Seleção das ruas e domicílios por arrolamento
 - a. Dentro do bairro, deve ser selecionada uma rua considerando 1 das coordenadas geográficas (N, S, L, O) e entrevistar o primeiro domicílio da rua situado do lado direito da mesma; para a próxima entrevista o pesquisador deve entrar na próxima rua à direita e entrevistar o segundo domicílio do lado esquerdo da rua; para a próxima entrevista o pesquisador deve entrar na próxima rua à esquerda e entrevistar o terceiro domicílio à direita; e assim por diante, conforme trajeto apresentado na próxima página;
 - b. Caso o pesquisador não consiga realizar a entrevista em um determinado domicílio sorteado, a entrevista deve ser realizada no domicílio seguinte (na mesma rua e lado), porém para o critério de sorteio do domicílio da próxima rua o pesquisador deve considerar o domicílio cujo entrevistador não conseguiu entrevistar na rua anterior.

⁴ Define-se Área de Ponderação(AP) como sendo uma unidade geográfica, formada por um agrupamento mutuamente exclusivo de setores censitários, para a aplicação dos procedimentos de calibração das estimativas com as informações conhecidas para a população como um todo [30].

- c. O segundo bairro deve começar pela coordenada à direita da escolhida no bairro anterior, e assim o pesquisador deve repetir a mesma metodologia aplicada conforme explicado acima e assim pelos bairros a serem sorteados adiante.

Esquema do Mapa de arrolamento para a pesquisa

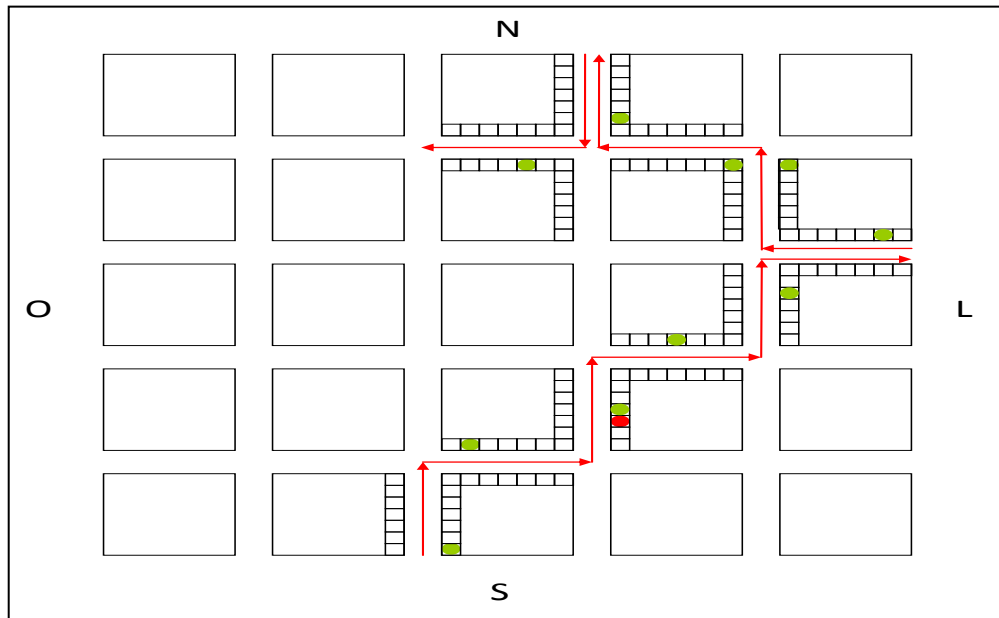


Figura 3.4 - Mapa de arrolamento

Fonte: Elaboração própria - projeto da dissertação Puc-Rio

4. Amostragem por quotas
- Para realização das entrevistas o pesquisador deve obedecer as quotas definidas no plano amostral por faixa de consumo de energia elétrica. Para que o pesquisador possa identificar a qual faixa de consumo o domicílio pertence, ele deve solicitar a última conta de energia elétrica ao entrevistado.
 - Caso o domicílio sorteado pertença a uma faixa de consumo cujo pesquisador já tenha realizado todas as suas devidas amostras, o domicílio deve então ser substituído pelo seguinte conforme critério de arrolamento.

3.6.

Produtos e resultados da PPH

3.6.1.

Banco de dados

A pesquisa será executada com o objetivo de constituir uma base de dados com informações técnicas sobre a posse de

equipamentos e hábitos de uso. Este banco de dados fornecerá informação atualizada sobre posse, uso e penetração de eletrodomésticos na classe residencial. Além disso, permitirá compreender os hábitos do consumidor, como também o impacto de políticas de eficiência energética sobre o mercado de eletricidade residencial. A especificação do banco de dados de uma PPH é como mostrado no **Apêndice I**.

3.6.2.

Relatório da pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de uso – extraído do Apêndice II.

3.6.2.1.

Introdução

1. Descrição do objetivo;
2. Identificação da concessionária de Energia: nome e razão social;
3. Dados gerais da Concessionária de energia: área de concessão, total de unidades consumidoras, unidades consumidoras por classe de consumo, entre outros;
4. Plano amostral;
5. Metodologia para seleção da amostra.

3.6.2.2.

Principais resultados

1 – Caracterização do consumo

- 1.1 - Estratificação por faixa de consumo de energia elétrica;
- 1.2 - Estratificação do consumo na carga residencial e a participação dos eletrodomésticos no consumo e considerando a sazonalidade, verão, inverno e meia estação;
- 1.3 - Representação da curva de carga diária da classe residencial, estratificada por aparelhos de eletrodomésticos e considerando a sazonalidade, verão, inverno e meia estação;
- 1.4 - Distribuição da amostra por faixa de consumo identificada na metodologia.

2 – Condições socioeconômicas

- 2.1- Tipos de domicílios por faixa de consumo;
- 2.2- Área construída do domicílio por faixa de consumo;

- 2.3- Padrão do domicílio;
- 2.4- Média de moradores dos domicílios por faixa de consumo;
- 2.5- Renda familiar dos domicílios em relação ao piso salarial nacional;
- 2.6- Análise das atividades comerciais realizadas nos domicílios;
- 2.7- Caracterização do consumo dos principais equipamentos elétricos utilizados nas atividades comerciais realizadas nos domicílios;
- 2.8- Lâmpadas: Posse e Hábitos de uso

3 – Eletrodomésticos: posse e hábitos de uso

3.1- Refrigerador

- 3.1.1- Tipo de aparelho;
- 3.1.2- Capacidade de armazenagem;
- 3.1.3- Posse média de refrigeradores;
- 3.1.4- Faixa de idade dos refrigeradores;
- 3.1.5- Ação de conservação de energia: manutenção da borracha de vedação da porta dos refrigeradores;
- 3.1.6- Ação de conservação de energia: ajuste na posição do termostato em função do clima/estação do ano.

3.2- Freezer

- 3.2.1- Tipo de aparelho;
- 3.2.2- Capacidade de armazenagem;
- 3.2.3- Posse média de freezers;
- 3.2.4- Faixa de idade dos freezers;
- 3.2.5- Intensidade no uso dos freezers;
- 3.2.6- Ação de conservação de energia: ajuste na posição do termostato em função do clima/estação do ano.

3.3- Condicionador de ar

- 3.3.1- Posse média de condicionador de ar;
- 3.3.2- Capacidade térmica;
- 3.3.3- Domicílios que possuem pelo menos um condicionador de ar;
- 3.3.4- Localização do aparelho: sala, escritório, quarto ou quarto principal;
- 3.3.5- Tipo de aparelho: split, janela, portátil, outros;
- 3.3.6- Tipo de operação: frio, quente/frio (ciclo reverso);
- 3.3.7- Controle de temperatura: mecânico ou eletrônico (com controle remoto);
- 3.3.8- Faixa de idade dos condicionadores de ar;

3.3.9- Intensidade no uso dos condicionadores de ar de acordo com o tipo de clima: verão, primavera/outono e inverno;

3.3.10- Ação de conservação de energia: ajusta a posição do termostato em função do clima/estação do ano;

3.3.11- Ação de conservação de energia: Limpeza no filtro dos condicionadores de ar.

3.4- Televisores

3.4.1- Posse média de televisores;

3.4.2- Tipo de tela;

3.4.3- Tamanho (polegadas);

3.4.4- Faixa de idade dos televisores;

3.4.5- Intensidade no uso dos televisores.

3.5- Outros eletrodomésticos

3.5.1- Posse média por eletrodoméstico;

3.5.2- Uso da função stand by dos eletrodomésticos;

3.4.3- Destino do aparelho antigo em razão da aquisição de novo eletrodoméstico.

4 – Aquecimento de água

4.6.1- Fonte utilizada para aquecimento de água para banho;

4.6.2- Posse média de chuveiro elétrico;

4.6.3- Potência máxima do aparelho;

4.6.4- Domicílios que possuem pelo menos um chuveiro elétrico;

4.6.5- Tempo médio do banho por pessoa utilizando chuveiro elétrico;

4.6.6- Conhecimento dos sistemas de aquecimento de água para banho solar e a gás;

4.6.7- Predisposição para substituir o sistema de aquecimento de água elétrico para solar.

5 – Conservação de energia

5.6.1- Medidas de conservação de energia adotadas nos domicílios;

5.6.2- Percepção do consumidor sobre os atributos observados no ato da compra de um eletrodoméstico;

5.6.3- Conhecimento do Selo Procel;

5.6.4- Percepção dos pesquisados que declaram receber informações sobre eficiência energética e os tipos de mídia com o melhor resultado: TV, internet, jornais, outros;

5.6.5- Percepção dos pesquisados que declaram não receber informações sobre eficiência energética e qual a mídia mais adequada: TV, internet, jornais, outros.

3.7. Uso da PPH no contexto

A PPH, pesquisa executada no campo, cuja finalidade é permitir o cálculo de uma estimativa do consumo de energia elétrica de uma unidade consumidora e a elaboração da respectiva curva de carga diária ou mensal por intermédio do levantamento das poses dos equipamentos ou aparelhos elétricos e do perfil de uso de cada um deles.

Para a obtenção dessas informações é utilizado um instrumento de coleta de dados que, além das informações de poses e hábitos de uso de aparelhos elétricos, levanta um conjunto de informações que contempla dados sócioeconômicos, demográficos e sobre conservação de energia entre outros. Essas informações permitem a classificação das poses e consumo sob diversas óticas, fornecendo parâmetros para o estabelecimento de ações por parte das concessionárias, para apoiar a formulação de políticas públicas voltadas para o uso eficiente da energia e alavancar estratégias de gerenciamento da demanda pela Concessionária de energia elétrica.

Com base nestes dados, obtém-se informações para o traçado de curva de carga para cliente de BT, cuja finalidade na dissertação, é de ajustar estas curvas de carga com as curvas das Medições (real), através dos coeficientes de ajuste de carga, que é apresentado no capítulo “5” no Estudo de caso.

4. Método de Estimação dos Coeficientes de ajuste

4.1. Introdução

As empresas de distribuição de energia elétrica cada vez mais realizam Pesquisas de Posses e Hábitos (PPH) em suas áreas de concessão para conhecimento do perfil de uso dos equipamentos elétricos e para fazer a estimativa da curva de carga de seus consumidores.

Todavia, muitas vezes as estimativas das curvas de cargas diárias e consumo mensal não traduzem bem a realidade do consumo de uma determinada região ou faixa de consumo. Desta forma, é muito importante que estas curvas consigam revelar o real consumo da amostra dos clientes pesquisados, uma vez que esta representa o consumo de uma região, ou às vezes de um estado.

Para que se chegue a uma curva de carga representativa de uma determinada região é necessária uma pesquisa de posses e hábitos (PPH) que relacione todos os usos dos aparelhos eletrodomésticos, aparelhos eletrônicos e iluminação de uma residência. De posse destas informações e de um bom algoritmo que estime por aparelho esta curva de carga, é possível se chegar à curva de carga estimada de um determinado cliente. Todavia, mesmo com algoritmos bem otimizados, erros são encontrados e algum fator de correção é necessário para se aproximar a curva real de um determinado cliente (curva medida) com a curva estimada através da PPH e seu respectivo algoritmo.

O objetivo deste projeto é, portanto, melhorar as estimativas das curvas de cargas realizadas a partir das PPH's, através da estimação de índices de correções horários aplicados às curvas de carga estimadas.

Através da estimação de índices de correções de horários aplicados às curvas de carga tinha-se o objetivo de melhorar as estimativas das curvas de cargas realizadas à partir das PPH's,. Tentou-se para tanto, a metodologia de regressão linear simples, considerando duas abordagens: incluindo os coeficientes linear e angular e a outra, considerando somente o coeficiente angular, estimado também através da minimização do erro médio quadrático.

4.2. Análise de Regressão - Fundamentos

Modelos de regressão são modelos matemáticos que relacionam o comportamento de uma variável Y com outra X. São chamados de modelo de regressão simples, quando envolve uma relação causal entre duas variáveis são chamados de modelo de regressão múltiplo quando envolve uma relação causal com mais de duas variáveis. O material desta seção foi extraído das referências [31] e [32].

I- Variável Dependente x Variável(eis) Independente(s).

II- Modelo Matemático: Função de Regressão que envolve um conjunto de parâmetros. Se esta função é linear nos parâmetros (mas não necessariamente nas variáveis independentes), implica que se trata de um **Modelo de Regressão Linear**.

III- Objetivos da Análise via Modelo de Regressão Linear:

- Estimar parâmetros desconhecidos;
- Testar hipóteses a respeito destes parâmetros;
- Adequar o modelo;
- Verificar outras hipóteses.

IV- Razões para a análise de Regressão:

- Estudar a relação entre variáveis para testar causalidades (Econometria);

- Predição da variável Dependente (Previsão).

4.3. Regressão Linear Simples

A regressão é o processo estatístico pelo qual se deriva os parâmetros de um modelo linear que relaciona variável dependente “Y” com a variável independente “X”.

4.3.1. Dependência Linear entre X e Y

Pode-se obter através:

I – Diagrama de “Scattergram”

É um diagrama de correlação, cuja finalidade é para interpretação dos dados. Através do diagrama, pode-se examinar o quanto é forte a relação entre duas variáveis, pode-se também confirmar que existe uma relação causal entre elas.

O diagrama é um gráfico cartesiano onde são plotados pares de informações referentes a cada observação, onde se obtém uma nuvem de pontos definidos pelas coordenadas “x” e “y” de cada ponto.

As relações entre as variáveis podem ser positivas, quando os valores de Y aumentam em decorrência da elevação de “X” e será negativa, quando os valores de “Y” variam inversamente em relação ao “X”.

O processo de regressão significa que os pontos plotados (Gráficos 4.1 e 4.2), tende para uma reta que corresponde à menor distância possível entre cada ponto plotado e a reta.

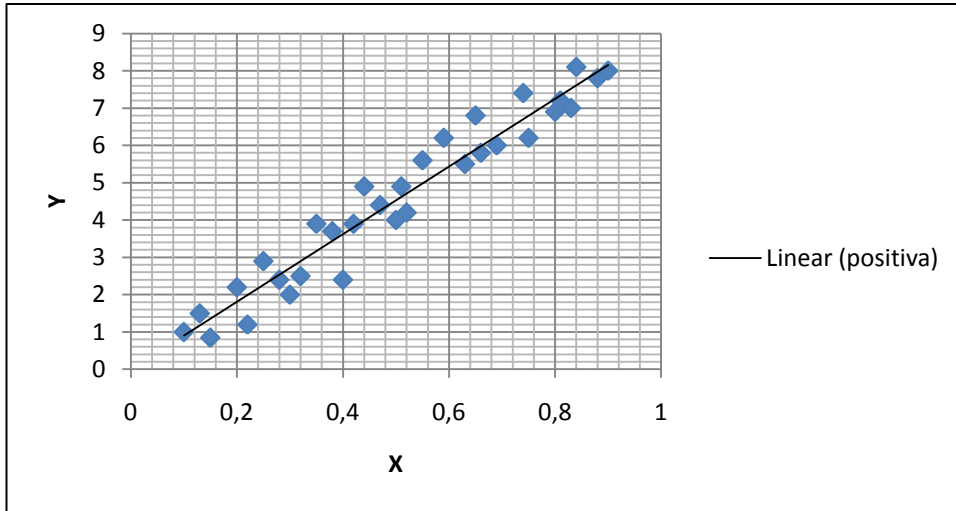


Figura 4.1 - Gráfico de Correlação linear positiva

Fonte: Elaboração própria

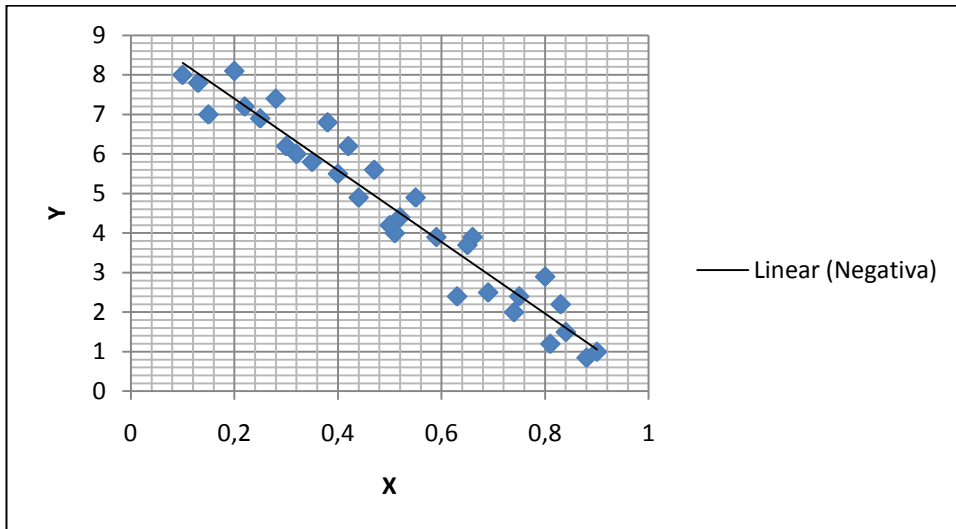


Figura 4.2 - Correlação linear negativa

Fonte: Elaboração própria

II – Coeficiente de Correlação linear (r) entre “X” e “Y”

Mede a dependência linear entre duas variáveis lineares “X” e “Y”, e os valores sempre serão entre -1 e +1. O sinal indica a direção, se a correlação é positiva ou negativa e o tamanho indica a força da correlação.

Quando $|r| \sim 1$, indica forte dependência linear entre “X” e “Y”.

Equação do Coeficiente de Correlação linear (r):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{COV(X, Y)}{\sqrt{VAR(X)} \cdot \sqrt{VAR(y)}}; 0 \leq |r| \leq 1$$

Onde:

- x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n , são os valores medidos de ambas as variáveis.

- $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$ e $\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$, são as médias aritméticas de ambas as variáveis

4.3.2.

Modelo de Regressão Linear Simples

O modelo de regressão simples, é do tipo $f(Y | X=x_i) = \beta_0 + \beta_1 X$, onde a variável “X” é a variável independente da equação, enquanto $Y = f(Y | X=x_i)$ é a variável dependente das variações de “X”.

Equação do Modelo geral de regressão linear simples:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

β_0 → coeficiente linear

β_1 → coeficiente angular

e_i → erro no ponto “i” de “n” informações

- e_1, e_2, \dots, e_n : - v.a. “iid” (variável aleatória independente e identicamente distribuída)

- $E\{e_i\} = 0$

- $Var\{e_i\} = \sigma^2, \quad y_i = 1, 2, \dots, n.$

$E\{Y | X=x_i\} = \beta_0 + \beta_1 x_i \quad \xi \quad Var\{Y | X=x_i\} = \sigma^2$

As Figuras 4.3 e 4.4 mostram esquemas da distribuição de Y para vários valores de X:

- Pode-se verificar que para qualquer valor x_i , a média de y_i é $\mu_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$.
- As médias estão sobre a linha reta para todos os valores de X. Devido aos erros aleatórios, os valores de Y_i se distribuem ao redor da reta.
- O erro e_1 é a diferença entre y_1 e $E(y_1)$.

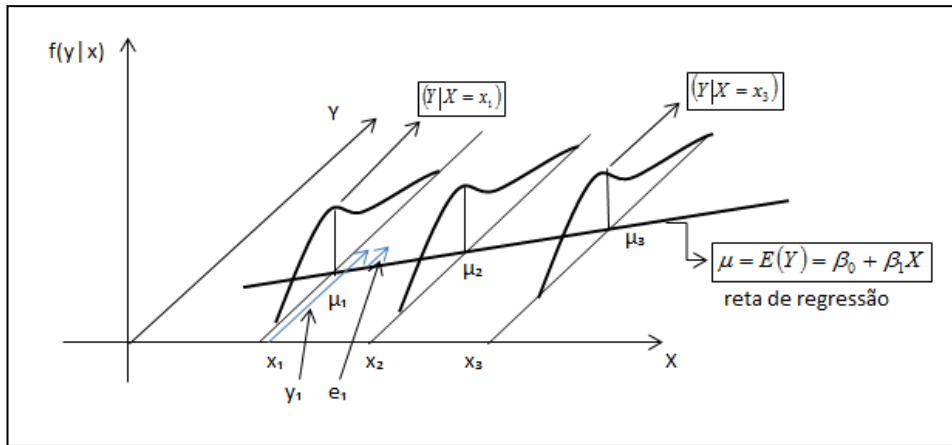


Figura 4.3 - Gráfico de Médias alinhadas_ distribuições normais e homocedásticas

Fonte: Elaboração própria

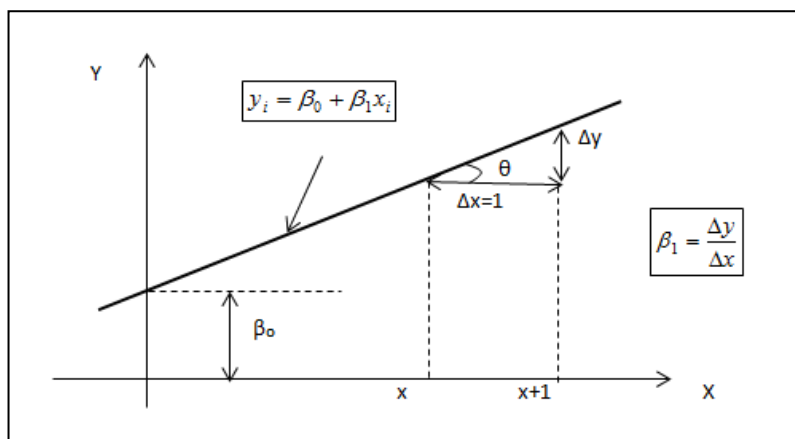


Figura 4.4 - Esquema dos parâmetros de regressão linear

Fonte: Elaboração própria

4.4. Estimação dos Parâmetros

4.4.1. Estimadores de β_0 e β_1

Dados:

- Amostra aleatória (n) $\implies (x_1, y_1); (x_1, y_1); \dots; (x_n, y_n)$;
- b_0 e b_1 : estimadores não tendenciosos de β_0 e β_1 , isto é: $E\{b_0\} = \beta_0$;
 $E\{b_1\} = \beta_1$, onde: b_0 e b_1 são tais que:

$$S^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \quad \text{é minimizado} \quad (i)$$

Derivando a função objetiva em relação aos parâmetros desconhecidos (β_0 e β_1), e igualando a “zero”, ou seja:

$$\frac{\partial S^2}{\partial \beta_0} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{\partial S^2}{\partial \beta_1} = 0 \quad (ii)$$

Resolvendo o sistema de equações (i e ii) obtém-se os estimadores “ b_0 ” e “ b_1 ”.

Resultados:

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{X}$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \implies \text{Equação de regressão estimada}$$

$$d_i = y_i - \hat{y}_i \implies \text{Resíduo (deviation)}$$

Interpretações de \hat{y}

- \hat{y} é o melhor estimador pontual de Y (quantidade real desconhecida) no ponto $X=x$.
- \hat{y} é o melhor estimador da média de Y na subpopulação especificada por $X=x$.

4.4.2. Estimador de σ^2 : $\text{Var}(e_i)$

$$\hat{\sigma}^2 = S^2 = \sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2 / (n - 2)$$

$$\hat{e}_i = y_i - b_0 - b_1 x_i$$

Onde:

$i=1,2,3,\dots,n$

$S^2 \rightarrow$ é o estimador da variância (e_i)

$\hat{e}_i \rightarrow$ é o estimador do erro no ponto “i”

$n \rightarrow$ é o número de informações

4.5. Tabela ANOVA

| Fonte de Variação | Soma dos Quadrados | Graus de Liberdade | Mean Square | F-ratio |
|--------------------|---|--|-----------------------|---------------------|
| Devido à regressão | $SS_D = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ | $\nu_D = 1$ $= (p)$ | $MS_D = SS_D$ | $F_0 = MS_D / MS_R$ |
| Resíduo | $SS_R = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2$ | $\nu_R = n - 2$ $= (n - p - 1)$ | $MS_R = SS_R / \nu_R$ | |
| Total | $SS_T = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ | $\nu_T = n - 1$ $= (\nu_D + \nu_R)$ | | |

Quadro 4.1 - Tabela ANOVA

Fonte: Elaboração própria

Onde:

SSD \rightarrow variação devido à regressão

SSR \rightarrow variação devido ao resíduo

SST \rightarrow variação total

$F_0 \rightarrow$ teste F da ANOVA

$\nu_D \rightarrow$ grau de liberdade devido à regressão

$\nu_R \rightarrow$ grau de liberdade devido ao resíduo

$\nu_T \rightarrow$ grau de liberdade total

4.6. Testes de significância dos parâmetros

Suposição importante: $e_i \sim N(0, \sigma^2), \forall i = 1, 2, \dots, n$

I – Teste de b_1

1- Teste de Hipótese:

$H_0: \beta_1 = 0$

$H_1: \beta_1 \neq 0$ (alternativa)

- Estatística do teste (Figura 4.5)

$F_0 = \frac{MS_D}{MS_R}$ onde: $(F_0 | H_0 \text{ verd}) \sim F(\nu_D = 1, \nu_R = n - 2)$

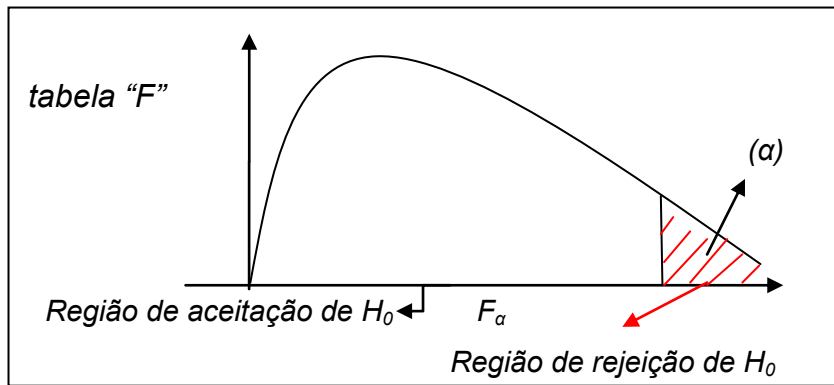


Figura 4.5 - Esquema para verificação de área crítica_tabela “F”

Fonte: Elaboração própria

2- Teste de Hipótese:

$H_0: \beta_1 = \beta_1^{(0)}$

$H_1: \beta_1 > \beta_1^{(0)}$

$H_1: \beta_1 < \beta_1^{(0)}$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_1^{(0)}$

(alternativa)

- Estatística do teste (Figura 4.6)

$t_0 = \frac{(b_1 - \beta_1^{(0)})}{\left[\hat{V}(b_1) \right]^{1/2}}$ onde: $(t_0 | H_0 \text{ verd}) \sim t\text{-student}(\nu_R = n - 2)$

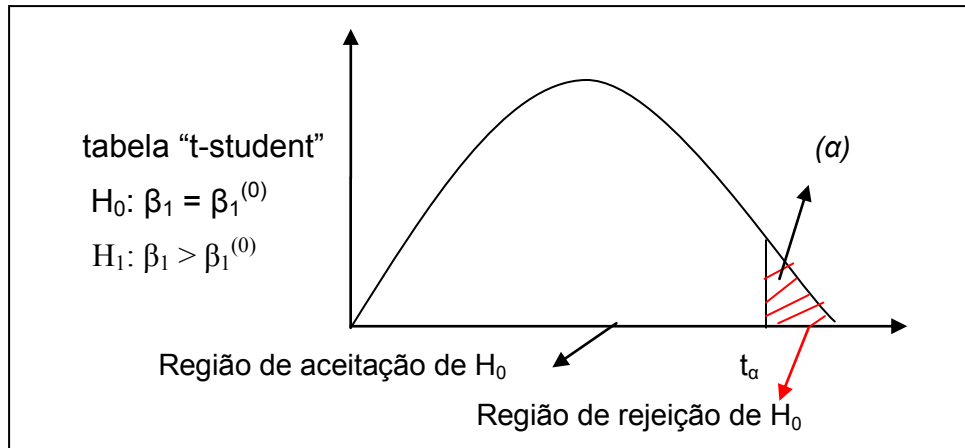


Figura 4.6 - Esquema para verificação de área crítica_tabela "t-student"

Fonte: Elaboração própria

II – Teste de b₀

- Teste de Hipótese:

$$\left. \begin{array}{l} H_0: \beta_0 = \beta_0^{(0)} \\ H_1: \beta_0 > \beta_0^{(0)} \\ H_1: \beta_0 < \beta_0^{(0)} \\ H_1: \beta_0 \neq \beta_0^{(0)} \end{array} \right\} \text{ (alternativa)}$$

- Estatística do teste (Figura 4.7)

$$t_0^* = \frac{(b_0 - \beta_0^{(0)})}{[\hat{V}(b_0)]^{1/2}} \quad \text{onde: } (t_0^* | H_0 \text{ verd}) \sim t\text{-student}(v_R = n - 2)$$

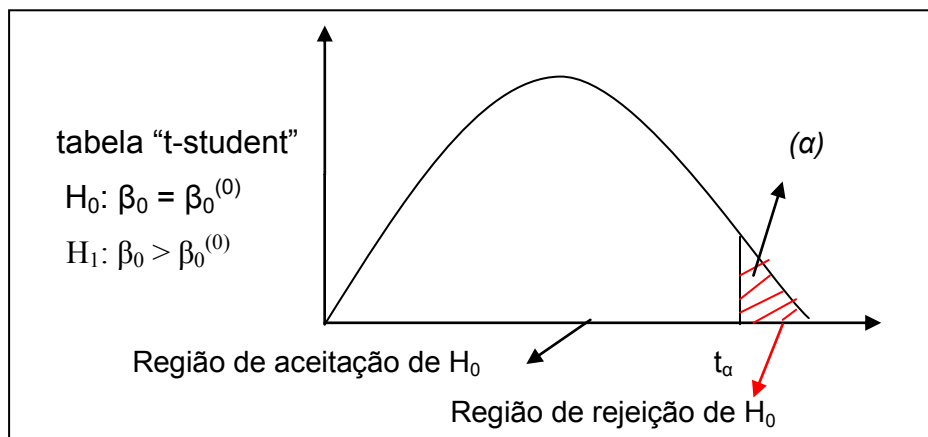


Figura 4.7 - Esquema para verificação de área crítica_tabela "t-student"

Fonte: Elaboração própria

4.7.**Estimativa dos Intervalos de confiança – b_0 , b_1 e \hat{y}**

Variância dos estimadores b_0 e b_1

$$\hat{V}(b_0) = \frac{S^2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad ; \quad \hat{V}(b_1) = \frac{S^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Intervalos de confiança de 100% (1- α)

(i) *Intervalo de Confiança para o Coeficiente linear - b_0 :*

$$I(b_0) = \left[b_0 \pm \sqrt{\hat{V}(b_0)} \cdot t_{(1-\alpha/2), (n-2)} \right]$$

(ii) *Intervalo de Confiança para o Coeficiente angular - b_1 :*

$$I(b_1) = \left[b_1 \pm \sqrt{\hat{V}(b_1)} \cdot t_{(1-\alpha/2), (n-2)} \right]$$

(iii) *Intervalo de confiança para o estimador y - \hat{y} (no ponto $X=x$):*

$$I(\hat{y}) = \left[\hat{y} \pm S \left[\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot t_{(1-\alpha/2), (n-2)} \right]$$

Onde:

- b_0 → coeficiente linear
- b_1 → coeficiente angular
- S → desvio padrão amostral
- V → variância amostral
- \hat{y} → estimador pontual de “y”

obs.: material de regressão linear deste capítulo [33].

5. Estudo de Caso

5.1. Introdução

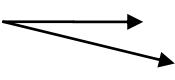
As empresas de distribuição de energia elétrica cada vez mais realizam Pesquisas de Posses e Hábitos (PPH) em suas áreas de concessão para conhecimento do perfil de uso dos equipamentos elétricos e para fazer a estimativa da curva de carga de seus consumidores.

O objetivo deste trabalho compreende o desenvolvimento de uma ferramenta estatística que apresente um fator de ajuste das cargas estimadas através de Pesquisas de Posses e Hábitos de consumo (PPH) dos consumidores da Ampla e Coelce, ambas, pertencentes ao grupo ENDESA, em relação à curva de carga real do domicílio.

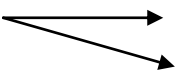
Para isso foram realizadas pesquisas de campo e medições eletrônicas junto aos clientes, conforme metodologia no capítulo 2 (medidores) e capítulo 3 (PPH) para o levantamento destas informações de consumo e carga, podendo-se assim entender e analisar o comportamento real e o comportamento declarado de cada indivíduo chegando-se a uma equação corretiva que tornará mais preciso os estudos de campo de PPH.

O estudo de caso foi elaborado nas regiões de concessão das concessionárias Ampla e Coelce (Figuras 5.1 e 5.5), com a melhor representatividade conforme explicado nas Situações I e II:

- Situação I: PPH completa, obtida da amostra populacional com a margem de erro de ~2%.

PPHs Completas  Ampla – 2100 pesquisas
Coelce – 2100 pesquisas

- Situação II: PPHs e Medição, obtida da subamostra da Situação I com a margem de ~ 8%.

PPHs + Medição  Ampla – 124 pesquisas
Coelce – 125 pesquisas

5.2. PPHs Completas

Nesta seção foram realizadas, as Pesquisas de Posses e Hábitos de consumo de energia elétrica (PPH), cujo levantamento de informações servirá de base para as estimações de curvas de cargas da concessionária, dos seus polos regionais e até mesmo de alguns municípios. Estas curvas são todas elas obtidas através de declarações de hábito de uso; portanto, sujeitas a imprecisões das declarações de uso.

Nesta seção reportamos alguns resultados das PPHs realizadas nas duas concessionárias (Amostras de 2100 domicílios), utilizando também alguns resultados das PPHs realizadas pelo PROCEL/Eletrobrás – Puc-Rio em 2005 em ambas áreas de concessão (com amostras de tamanhos inferiores), que ilustram a evolução temporal das posses destes aparelhos [27].

5.2.1. PPH Ampla (2100 amostras)

A concessionária de distribuição de energia elétrica Ampla Energia e Serviços S.A., atende cerca de 2,5 milhões de clientes residenciais, comerciais e industriais em 66 municípios do Rio de Janeiro, que representam 73% do território do Estado, com a

cobertura de uma área de 32.188 km². A Região Metropolitana de Niterói e São Gonçalo e os municípios de Itaboraí e Magé concentram a maior parte dos clientes da distribuidora, que são, ao todo, sete milhões de pessoas. [22]

Através do mapa do Rio de Janeiro (Figura 5.1), pode-se ver os polos e municípios onde foram geradas as PPHs completas da distribuidora Ampla.



Figura 5.1 - Polos regionais(municípios) “Ampla”

Fonte: Ampla

5.2.1.1. Plano Amostral

O resultado do Plano Amostral final para PPH completa foi gerado conforme a metodologia do capítulo 3 (plano amostral), que pode ser visto, através da distribuição dos polos e municípios (Quadro 5.1).

| Plano amostral - Consumidores Residenciais | | | | | | | | |
|--|-------------------------|---|--------|---------|---------|------|-----------------------|----------------|
| Polo | Municípios | Número de consumidores por faixa de consumo | | | | | Amostra por município | Total por polo |
| | | <80 | 81-150 | 151-220 | 221-400 | >400 | | |
| Campos | Campos | 15 | 40 | 38 | 48 | 43 | 184 | 209 |
| | São João da Barra | 2 | 5 | 5 | 7 | 6 | 25 | |
| Lagos | Cabo Frio | 14 | 32 | 28 | 37 | 36 | 147 | 281 |
| | Araruama | 7 | 17 | 15 | 20 | 19 | 78 | |
| | Arraial do Cabo | 3 | 6 | 5 | 7 | 7 | 28 | |
| | Búzio | 3 | 6 | 5 | 7 | 7 | 28 | |
| Macaé | Macaé | 9 | 25 | 20 | 24 | 21 | 99 | 162 |
| | Rio das Ostras | 5 | 16 | 13 | 15 | 14 | 63 | |
| Magé | Saracuruna | 11 | 34 | 29 | 29 | 17 | 120 | 218 |
| | Magé | 9 | 28 | 23 | 24 | 14 | 98 | |
| Niterói | Macaé | 15 | 42 | 43 | 61 | 39 | 200 | 262 |
| | Rio das Ostras | 5 | 13 | 13 | 19 | 12 | 62 | |
| Noroeste | Bom Jesus do Itabapoana | 2 | 4 | 4 | 7 | 9 | 26 | 157 |
| | Itaperuna | 4 | 12 | 13 | 20 | 25 | 74 | |
| | Santo Antônio de Pádua | 2 | 5 | 5 | 8 | 10 | 30 | |
| | São Fidélis | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 27 | |
| São Gonçalo | São Gonçalo | 21 | 65 | 75 | 117 | 71 | 349 | 429 |
| | Itaboraí | 5 | 15 | 17 | 27 | 16 | 80 | |
| Serrana | Petrópolis | 13 | 32 | 30 | 37 | 19 | 131 | 206 |
| | Teresópolis | 7 | 18 | 17 | 21 | 12 | 75 | |
| Sul | Angra dos Reis | 8 | 24 | 21 | 20 | 15 | 88 | 176 |
| | Resende | 5 | 14 | 12 | 12 | 9 | 52 | |
| | Mangaratiba | 3 | 10 | 9 | 8 | 6 | 36 | |
| Total | | 170 | 467 | 445 | 582 | 436 | 2100 | 2100 |

Quadro 5.1 - Plano Amostral Residencial "Ampla"

Fonte: Elaboração própria

5.2.1.2. Alguns Resultados da PPH

Inicialmente, a Figura 5.2 ilustra a posse atual de lâmpadas agregadas em incandescentes e fluorescentes (posse média por domicílio). Pode-se verificar que a posse média de lâmpadas cresceu de 8.15 para 9.50 lâmpadas por domicílio. Entretanto, este crescimento deveu-se, a um acréscimo substancial da posse de lâmpadas eficientes, cuja posse média passou de 2.88 em 2005 para

7.77 em 2012. Pode-se, desta forma, constatar que a penetração das LFC (Lâmpadas fluorescentes compactas) nos lares dos consumidores residenciais da Ampla é um fato concreto.

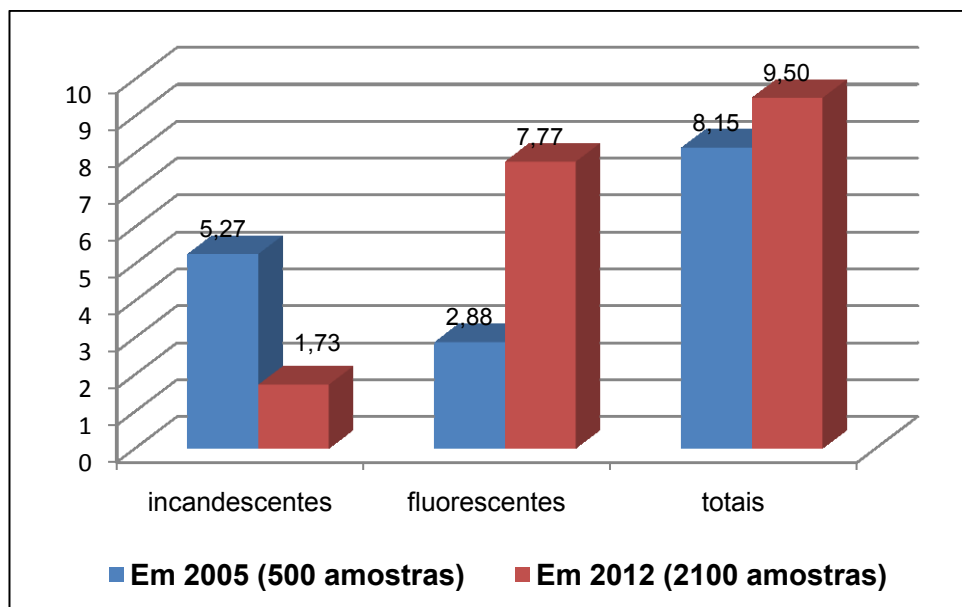


Figura 5.2 - Gráfico de barras - Posse média de lâmpadas “Ampla”

Fonte: Elaboração própria

Com relação à posse dos principais eletrodomésticos na Ampla, a Figura 5.3 ilustra a evolução destes, comparando as estimativas de 2005 e 2012. Vê-se claramente que os refrigeradores atingiram neste período de sete anos uma provável universalidade (ou seja, um aparelho por domicílio), os freezers praticamente não mudaram (aliás, este fato é observado em várias regiões do país – referência, PPH CEB 2012). Os demais aparelhos todos apresentaram uma evolução considerável nestes sete anos, destaque para a posse dos microcomputadores e os aparelhos de ar condicionado que praticamente duplicaram em sete anos. Como última observação, pode-se também afirmar que a posse dos chuveiros elétricos e televisor, tiveram um acréscimo significativo.

Estes comentários foram extraídos da base de dados da PPH da Ampla que contém estas informações para **todos** os usos finais, bem como a sua estratificação por faixas e/ou polos regionais. Para mais detalhes, ver (Relatório da PPH Ampla - 2012).

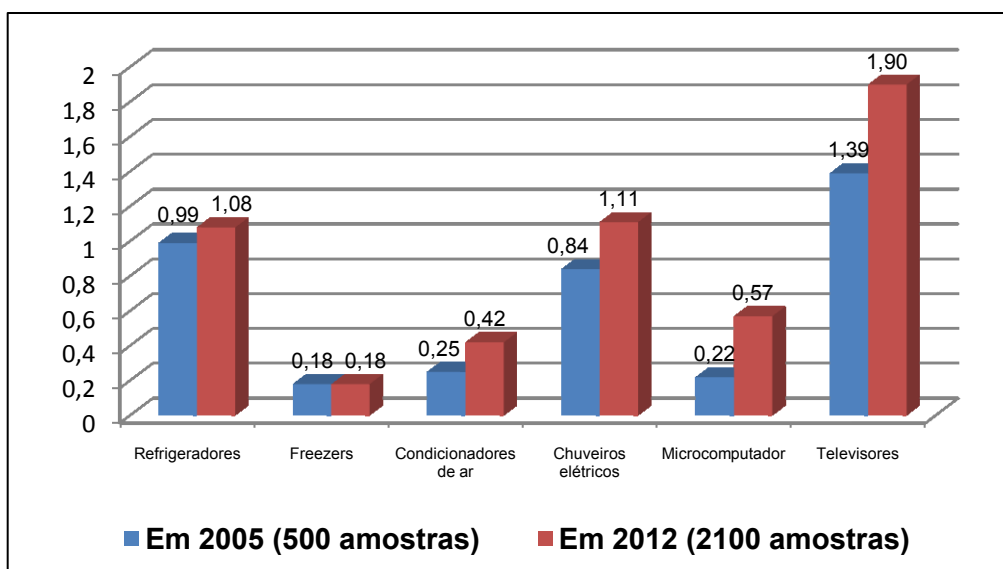


Figura 5.3 - Gráfico de barras - Posse média dos principais aparelhos “Ampla”

Fonte: Elaboração própria.

No Quadro 5.2, são mostrados alguns resultados da posse média por aparelhos.

| APARELHOS ELÉTRICOS | POSSE MÉDIA |
|----------------------------|-------------|
| Ar condicionado | 0,42 |
| Bomba D'água | 0,44 |
| Cafeteira Elétrica | 0,31 |
| Chapinha/Prancha | 0,20 |
| Chuveiro Elétrico | 1,11 |
| Ferro | 0,95 |
| Forno Elétrico | 0,14 |
| Freezer | 0,18 |
| Geladeira | 1,08 |
| Grill | 0,21 |
| Lâmpadas | 9,50 |
| Lava Roupas | 0,84 |
| Máquina de Costura | 0,09 |
| Microcomputador | 0,57 |
| Forno de Microondas | 0,43 |
| Máquina de Overloque | 0,01 |
| Panela Elétrica/Fritadeira | 0,02 |
| Secador de Cabelo | 0,18 |
| TV | 1,90 |
| Ventilador | 2,25 |

Quadro 5.2 - Posse média por aparelhos “Ampla”

Fonte: Elaboração própria

**5.2.1.3.
Curva de carga típica da PPH**

Por fim, também a título de ilustração, mostra-se (Figura 5.4) a curva de carga média, por aparelho, obtida a partir das declarações da PPH, correspondente a um consumidor típico da Ampla.

Esta curva é estimada do sistema computacional desenvolvido para processar a base de dados de uma PPH. Este sistema fornece estas curvas por cliente, por grupo de clientes, por polos e para a concessionária como um todo, e todas estas estratificadas por faixas de consumo.

Como palavra final, o objetivo desta dissertação é obter coeficientes de ajuste das posses destes usos finais e possibilitar, desta forma, a geração destas mesmas curvas com mais precisão [34].

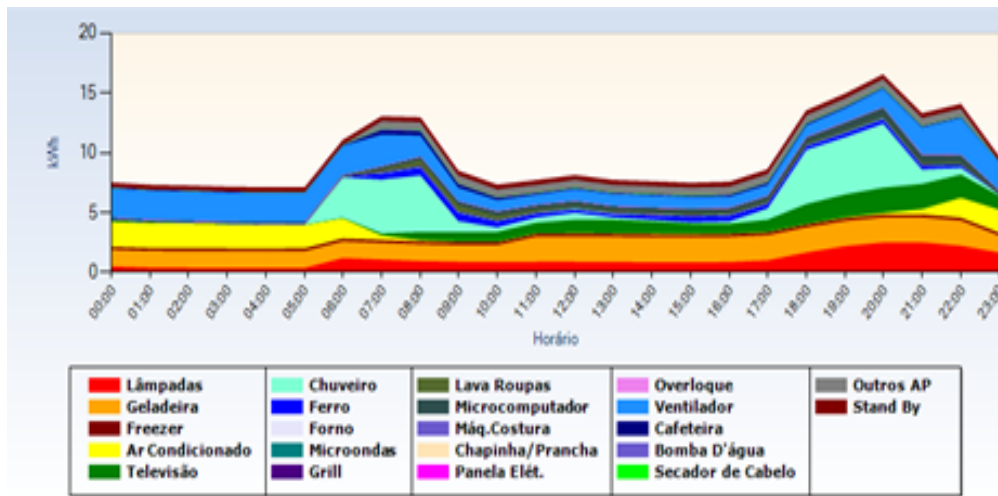


Figura 5.4 - Curva de carga média mensal declarada (hxh) para aparelhos “por consumidor Ampla”

Fonte: Elaboração própria

**5.2.2.
PPH Coelce (2100 amostras)**

A concessionária de distribuição de energia elétrica Coelce Energia e Serviços S.A., oferta energia elétrica para todo o Estado do

Ceará. Sua área de concessão abrange os 184 municípios cearenses, que possuem uma população de mais de 8 milhões de habitantes, em um território de 149 mil quilômetros quadrados. É a terceira maior distribuidora do Nordeste em volume comercializado de energia, com fornecimento para mais de 2,8 milhões de clientes, dos quais 2,1 milhões são de classe residencial, 5,9 mil da categoria industrial, 151,3 mil comerciais e 35,7 mil institucionais [35].

Conforme o mapa da Figura 5.5, podemos ver os polos e municípios onde foram geradas as PPHs completas.



Figura 5.5 - Polo regionais(municípios) “Coelce”

Fonte: Coelce

5.2.2.1. Plano Amostral

O resultado do Plano Amostral final para PPH completa foi gerado conforme a metodologia do capítulo 3 (plano amostral), como se verifica na distribuição dos polos e municípios. (Quadro 5.3)

| Plano amostral - Consumidores Residenciais | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|--------|---------|---------|------|-----------------------|----------------|
| Polo | Municípios | Número de consumidores por faixa de consumo | | | | | Amostra por município | Total por polo |
| | | <80 | 81-150 | 151-220 | 221-400 | >400 | | |
| Atlântico | Itapipoca | 19 | 29 | 7 | 5 | 4 | 64 | 132 |
| | Itapage | 11 | 17 | 4 | 3 | 2 | 37 | |
| | Trairi | 10 | 14 | 3 | 2 | 2 | 31 | |
| Centro Norte | Quixada | 20 | 29 | 7 | 3 | 3 | 62 | 164 |
| | Caninde | 16 | 25 | 6 | 4 | 2 | 53 | |
| | Quixeramobim | 14 | 23 | 6 | 4 | 2 | 49 | |
| Centro Sul | Iguatu | 27 | 33 | 8 | 6 | 4 | 78 | 141 |
| | Ico | 13 | 14 | 3 | 2 | 2 | 34 | |
| | Acopiara | 10 | 12 | 3 | 2 | 2 | 29 | |
| Fortaleza | Fortaleza | 80 | 216 | 119 | 155 | 211 | 781 | 781 |
| Leste | Aracati | 12 | 23 | 6 | 5 | 3 | 49 | 120 |
| | Russas | 9 | 18 | 5 | 4 | 3 | 39 | |
| | Limoeiro do Norte | 8 | 15 | 4 | 3 | 2 | 32 | |
| Metropolitana | Caucaia | 41 | 86 | 26 | 19 | 20 | 192 | 367 |
| | Maracanau | 25 | 56 | 17 | 13 | 13 | 124 | |
| | Aquiraz | 11 | 23 | 7 | 5 | 5 | 51 | |
| Norte | Sobral | 43 | 64 | 17 | 15 | 12 | 151 | 189 |
| | Tiangua | 11 | 16 | 4 | 4 | 3 | 38 | |
| Sul | Juazeiro do Norte | 43 | 52 | 15 | 12 | 11 | 133 | 206 |
| | Crato | 20 | 22 | 6 | 5 | 4 | 57 | |
| | Brejo Santo | 5 | 6 | 2 | 2 | 1 | 16 | |
| Total | | 448 | 793 | 275 | 273 | 311 | 2100 | 2100 |

Quadro 5.3 - Plano Amostral Residencial “Coelce”

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.2. Alguns Resultados da PPH

A Figura 5.6 ilustra a posse atual de lâmpadas agregadas em incandescentes e fluorescentes (posse média por domicílio). Também, pode-se verificar que a posse média de lâmpadas cresceu de 6,12 para 6,91 lâmpadas por domicílio. Entretanto, este crescimento deveu-se, a um pequeno acréscimo da posse de lâmpadas eficientes cuja posse média passou de 5,48 em 2005 para 5,63 em 2012 e, as lâmpadas incandescentes cuja posse média passou de 0,64 em 2005 para 1,28 em 2012. Pode-se, desta forma, constatar que a penetração das LFC (Lâmpadas fluorescentes

compactas) nos lares dos consumidores residenciais da Coelce ainda não é um fato concreto, constatando-se que na região as pessoas ainda utilizam como troca as lâmpadas não eficientes, fato este, o fator do poder aquisitivo da região.

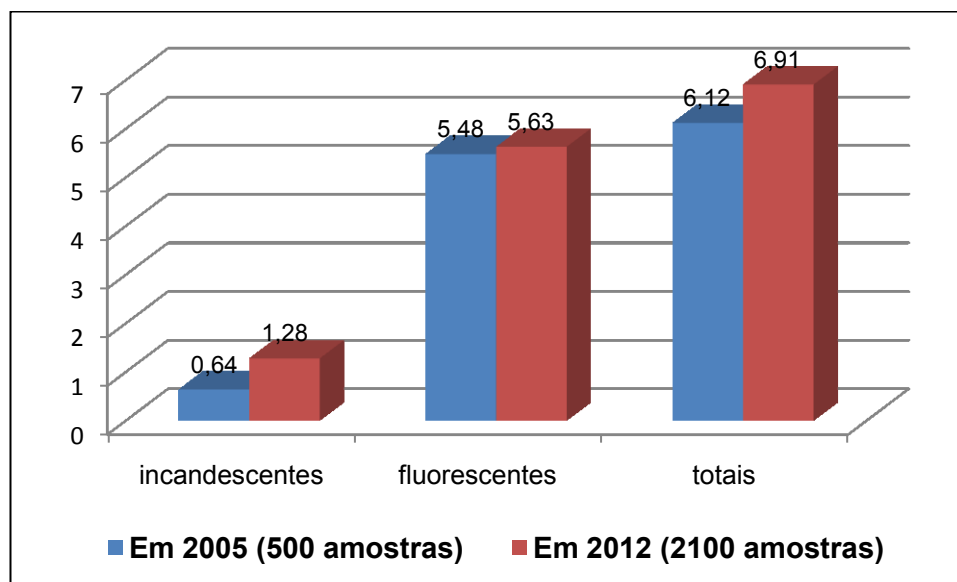


Figura 5.6 - Gráfico de barras - Posse média de lâmpadas “Coelce”

Fonte: Elaboração própria

A posse dos principais eletrodomésticos na Coelce, a Figura 5.7 ilustra a evolução destes, comparando as estimativas de 2005 e 2012. Com relação à Coelce, vê-se que os refrigeradores atingiram neste período de sete anos uma provável universalidade. Os freezers e os condicionadores de ar tiveram uma pequena queda, praticamente não mudaram (aliás, este fato é observado em várias regiões do país – referência, PPH CEB 2012). Os demais aparelhos todos apresentaram uma evolução considerável nestes sete anos, destaque para a posse dos microcomputadores e os televisores que praticamente duplicaram em sete anos. Como última observação, pode-se também afirmar que a posse dos chuveiros elétricos teve um decréscimo considerável, fato este de as pessoas não utilizarem este aparelhos ligados para o banho, já que o clima da região propicia o uso do banho na forma do aparelho desligado nesta área de concessão da Coelce.

Estes comentários foram extraídos da base de dados da PPH da Coelce que contém estas informações para **todos** os usos finais, bem como a sua estratificação por faixas e/ou polos regionais. Para mais detalhes, ver (Relatório da PPH Coelce - 2012).

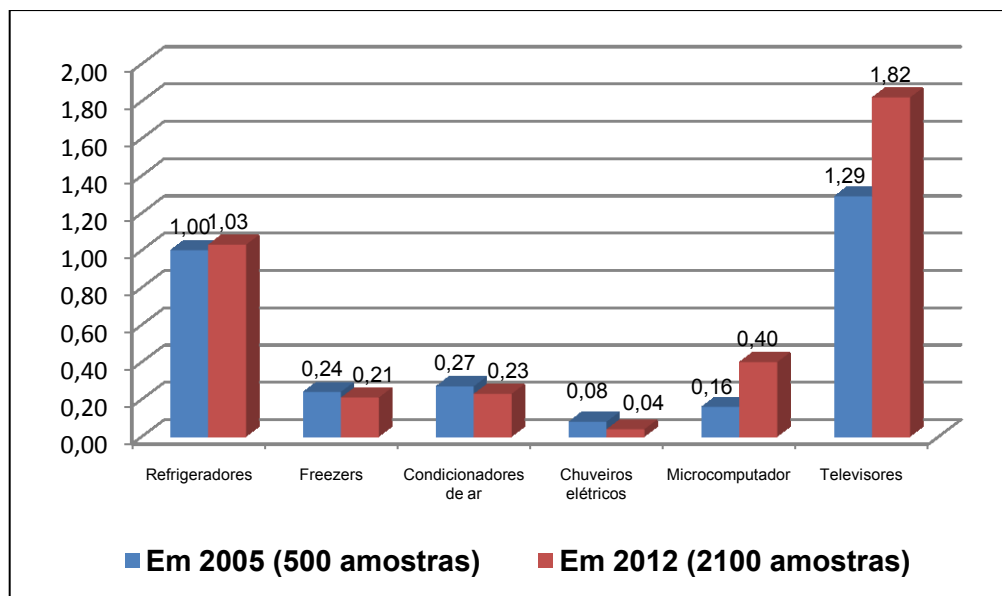


Figura 5.7 - Gráfico de barras - Posse média dos principais aparelhos “Coelce”

Fonte: Elaboração própria

No Quadro 5.4, são mostrados alguns resultados da posse média por aparelhos.

| APARELHOS ELÉTRICOS | POSSE MÉDIA |
|----------------------------|--------------------|
| Ar condicionado | 0,23 |
| Bomba D'água | 0,05 |
| Cafeteira Elétrica | 0,01 |
| Chapinha/Prancha | 0,12 |
| Chuveiro Elétrico | 0,04 |
| Ferro | 0,77 |
| Forno Elétrico | 0,02 |
| Freezer | 0,21 |
| Geladeira | 1,03 |
| Grill | 0,19 |
| Lâmpadas | 6,91 |
| Lava Roupas | 0,31 |
| Máquina de Costura | 0,04 |
| Microcomputador | 0,40 |
| Forno de Microondas | 0,30 |
| Máquina de Overloque | 0,02 |
| Panela Elétrica/Fritadeira | 0,00 |
| Secador de Cabelo | 0,07 |
| TV | 1,82 |
| Ventilador | 1,64 |

Quadro 5.4 - Posse média por aparelhos “Coelce”

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.3. Curva de carga típica da PPH

Também, como título de ilustração, mostra-se abaixo (Figura 5.8) a curva de carga média, por aparelho, obtida a partir das declarações da PPH, correspondente a um consumidor típico da Coelce.

Conforme mostrado na curva de carga típica da PPH da Ampla, esta curva é estimada do sistema computacional desenvolvido para processar a base de dados de uma PPH [34].

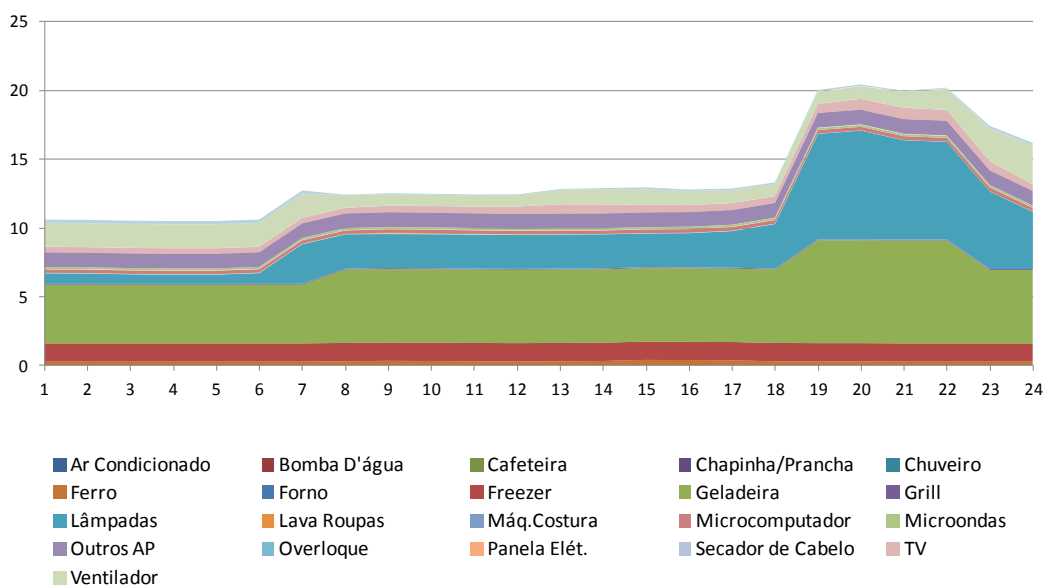


Figura 5.8 - Curva de carga média mensal declarada (hxh) para aparelhos “um consumidor Coelce”

Fonte: Elaboração própria

5.2.3. Comparação das Posses: Ampla x Coelce

Avaliando o quadro 5.5 contendo as posses médias dos principais eletrodomésticos das duas distribuidoras, alguns aspectos podem ser obtidos e constatados através do teste de hipóteses em relação da média por aparelho (“ α ” é chamado de tamanho do teste ou nível de significância do teste) entre os dois resultados (Ampla e Coelce):

1. A posse média da quase da totalidade de eletrodomésticos da Ampla é estatisticamente significativamente maior que as correspondentes posses da Coelce. Este é o caso do chuveiro elétrico, bomba d’água, lava roupas, lâmpadas, cafeteira elétrica e secador de cabelos.
2. Outros usos finais, tais como, prancha para cabelos, ferro elétrico, microcomputador, microondas e ventilador apresentam maiores posses médias na concessionária Ampla, mas em menor proporção do que os citados no item (1).
3. O teste apontou igualdade nas posses médias somente da TV, geladeira e freezer.

| APARELHOS ELÉTRICOS | POSSE MÉDIA - AMPLA | POSSE MÉDIA -COELCE |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ar condicionado | 0,42 | 0,23 |
| Bomba D'água | 0,44 | 0,05 |
| Cafeteira Elétrica | 0,31 | 0,01 |
| Chapinha/Prancha | 0,20 | 0,12 |
| Chuveiro Elétrico | 1,11 | 0,04 |
| Ferro | 0,95 | 0,77 |
| Forno Elétrico | 0,14 | 0,02 |
| Freezer | 0,18 | 0,21 |
| Geladeira | 1,08 | 1,03 |
| Grill | 0,21 | 0,19 |
| Lâmpadas | 9,46 | 7,63 |
| Lava Roupas | 0,84 | 0,31 |
| Máquina de Costura | 0,09 | 0,04 |
| Microcomputador | 0,57 | 0,40 |
| Forno de Microondas | 0,43 | 0,30 |
| Máquina de Overloque | 0,01 | 0,02 |
| Panela Elétrica/Fritadeira | 0,02 | 0,00 |
| Secador de Cabelo | 0,18 | 0,07 |
| TV | 1,90 | 1,82 |
| Ventilador | 2,25 | 1,64 |

Quadro 5.5 - Posse média por aparelhos “Ampla-Coelce”

Fonte: Elaboração própria

5.3. Medição xPPH

Nesta seção foram realizadas de forma presencial as Pesquisas de Posses e Hábitos de consumo de energia elétrica (PPH) e a Pesquisa de Medição (Aparelhos eletrônicos), cujo levantamento de informações, serviu de base para as estimações de curvas de cargas para o cálculo dos Estimadores dos Coeficientes.

As Medições e as PPHs foram realizadas nos domicílios conforme o Plano amostral do quadro 5.5, baseado em uma sub-amostra do Plano Amostral da PPH completa. Estes dados chegaram a um denominador de quais os aparelhos elétricos que seriam os mais importantes no consumo de energia elétrica do domicílio.

Foram instalados medidores individuais para cada aparelho elétrico e um medidor para medir o consumo final de todo o domicílio, estas medições ficaram armazenadas em uma memória de massa e utilizadas na confecção das curvas de carga de consumo de 15 em 15 minutos, posteriormente foram agregadas de hora em hora para ficarem compatíveis com as curvas geradas pelas PPHs que também são geradas hora x hora.

Através de uma sub-amostra da amostra completa da pesquisa PPH descrita acima, foram realizadas as medições com os medidores eletrônicos, conforme descritos na seção 2.9.2 do capítulo 2 nas duas concessionárias. A comparação destas medições com as declarações das PPHs permitiu a obtenção do produto final desta dissertação, ou seja, os coeficientes de ajustes horários dos principais eletrodomésticos.

Apresenta-se nesta seção, a metodologia desenvolvida para obter tais fatores, aplicando-se somente aos dados da concessionária Ampla. O mesmo método foi também utilizado para a concessionária Coelce, entretanto, para tornar mais didática à apresentação, selecionou-se somente a Ampla para a descrição metodológica. Importante mencionar que a metodologia desenvolvida (i.e. os fatores de ajustes) pode ser utilizada para acurar as curvas de carga obtidas por declaração (PPH) de qualquer concessionária.

5.3.1. Medição x PPH - Ampla

Abaixo são mostrados os resultados relativos ao experimento da AMPLA, informando sobre a amostra da medição, aparelhos medidos e as curvas médias diárias destes aparelhos.

5.3.1.1. Amostra

O Quadro 5.6, mostra a distribuição da sub-amostra da concessionária Ampla para a aplicação dos medidores, levando em

consideração uma melhor representatividade para o resultado final do trabalho.

| Amostra para Medidores - Consumidores Residenciais (AMPLA) | | | | | | |
|--|---|--------|---------|---------|------|----------------|
| Polo | Número de consumidores por faixa de consumo | | | | | Total por polo |
| | <80 | 81-150 | 151-220 | 221-400 | >400 | |
| Lagos | 1 | 4 | 8 | 8 | 5 | 26 |
| Niterói | 0 | 6 | 5 | 6 | 5 | 22 |
| São Gonçalo | 2 | 8 | 12 | 10 | 9 | 41 |
| Serrana | 0 | 4 | 4 | 5 | 5 | 18 |
| Sul | 0 | 4 | 5 | 5 | 3 | 17 |
| Total | 3 | 26 | 34 | 34 | 27 | 124 |

Quadro 5.6 - Plano amostral para Medição “Ampla”

Fonte: Elaboração própria

5.3.1.2. Aparelhos Medidos

Para a medição do consumo dentro do domicílio, foram utilizados medidores eletrônicos individuais para medir os principais aparelhos eletrônicos e um medidor de uso final.

Na concessionária Ampla, os aparelhos que foram analisados e tinham uma certa representatividade do consumo global da residência são os seguintes: chuveiro, geladeira, freezer, ar condicionado, televisão e máquina de lavar. Os demais aparelhos, incluso o sistema de iluminação, são encontrados pela diferença entre a curva de carga total e a curva de carga da soma dos equipamentos acima relacionados.

Na concessionária Coelce, com os mesmos fins, também foram medidos os aparelhos individuais: Geladeira, TV, Máquina de Lavar, Ventilador, Ar Condicionado, Freezer e Chuveiro, e os outros aparelhos encontrados pela diferença entre a curva de carga total e a curva de carga da soma dos equipamentos acima relacionados. Uma síntese destes resultados pode ser vista na referência [36].

5.3.1.3. Curvas de carga obtidas por Medição e PPH

Nas figuras (5.9 a 5.20), são mostradas as curvas de carga diárias obtidas pelas declarações (PPH) e pelas medições. Estas curvas foram obtidas pela média das correspondentes curvas individuais de cada cliente pesquisado e medido. Para cada aparelho, mostra-se o número total dos mesmos encontrados nos clientes medidos.

- Para a **geladeira**, percebe-se claramente que a curva gerada pela PPH tende a subestimar o consumo na madrugada (a partir das 23 horas) e parte da manhã. A partir daí as curvas medidas e geradas pela pesquisa estão mais próximas (Figura 5.9).

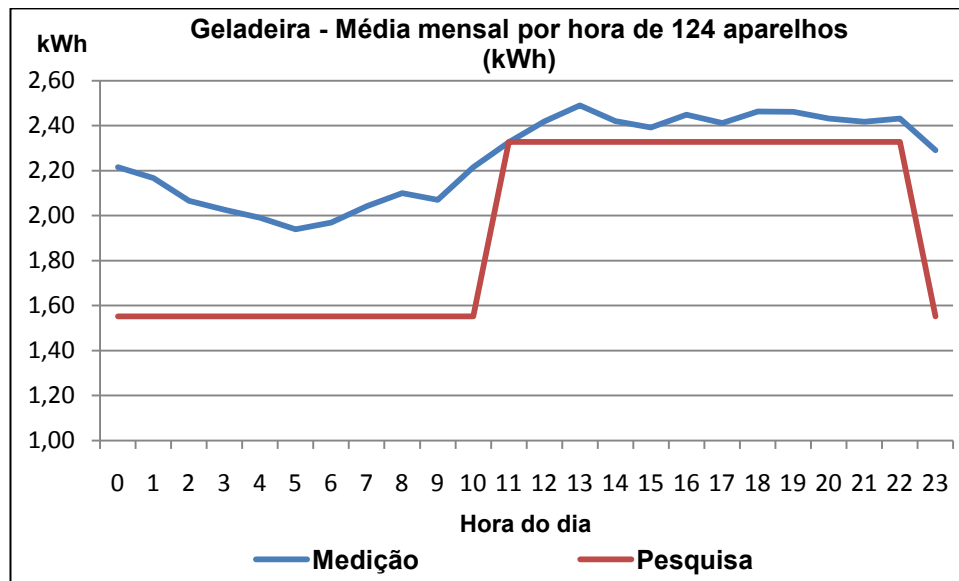


Figura 5.9 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Geladeiras - 124 casos

Fonte: Elaboração própria

- Para o **freezer**, vê-se que a medição está sempre acima da linha horizontal que caracteriza a curva de carga da PPH em todos os horários do dia. Entretanto, a discrepância entre elas é mais ou menos constante exceto no período da tarde (entre 12 e 16 horas) onde a curva da medição é superior (figura 5.10).

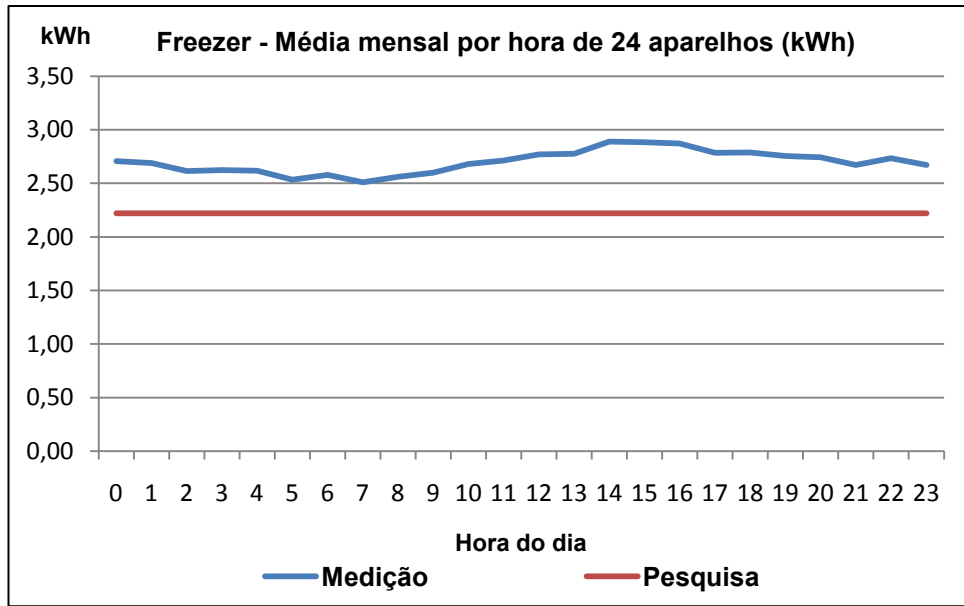


Figura 5.10 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Freezer - 24 casos

Fonte: Elaboração própria

• No que diz respeito ao **televisor**, nota-se uma forte similaridade das curvas entre às 6 da manhã e às 15 horas, sendo que, no horário de uso mais intenso da TV (a partir de 17 horas), a curva da PPH sobrestima a medição em larga escala. Interessante observar que na madrugada acontece o inverso, ou seja, a medição é superior à curva gerada pela declaração (Figura 5.11).

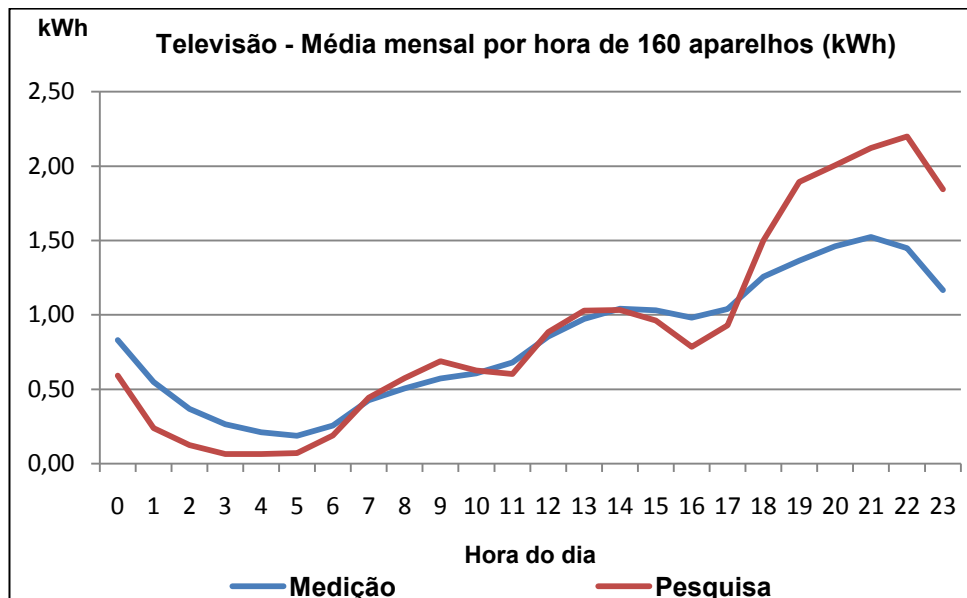


Figura 5.11 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Televisor - 160 casos

Fonte: Elaboração própria

• A **máquina de lavar** apresentou coincidência das curvas na madrugada e bastante proximidade a partir das 12 horas. A discrepância entre elas acontece na parte da manhã, onde a declaração de uso leva a curva a um pico bem maior do que observado na medição. Isto se deve aos ciclos de lavagem de roupas que nas declarações não são observados (Figura 5.12).

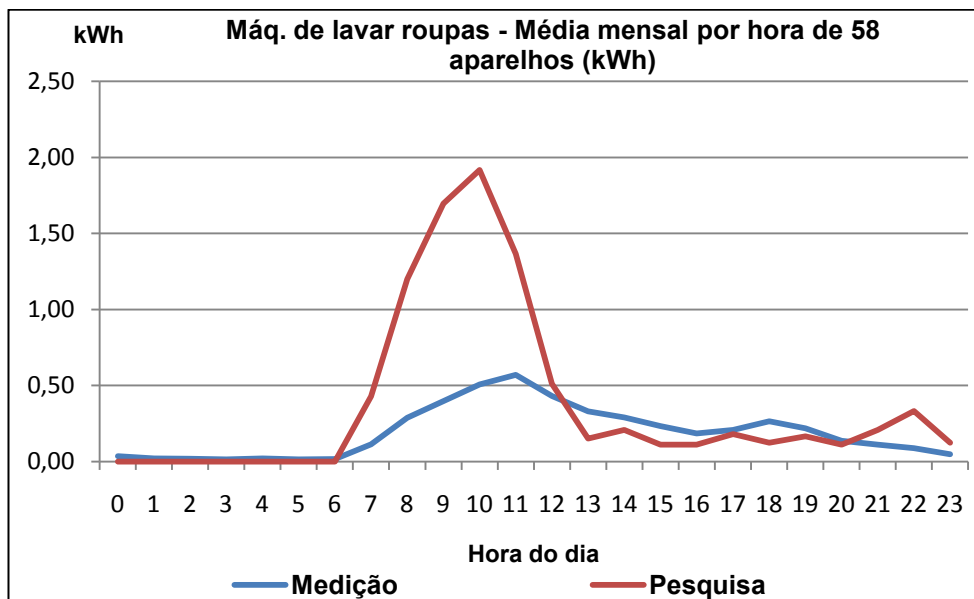


Figura 5.12 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Máquina de lavar - 58 casos

Fonte: Elaboração própria

• As medições do **ar condicionado**, confirmam até certo ponto o fato do uso intenso deste aparelho no período que vai das 19:00 horas e segue a madrugada. Entretanto, as curvas revelam de forma inequívoca, que a curva da medição está bem acima da curva das declarações da PPH. Nos outros períodos do dia as medições estão bem mais próximas, porém com as medições sempre acima das declarações (Figura 5.13).

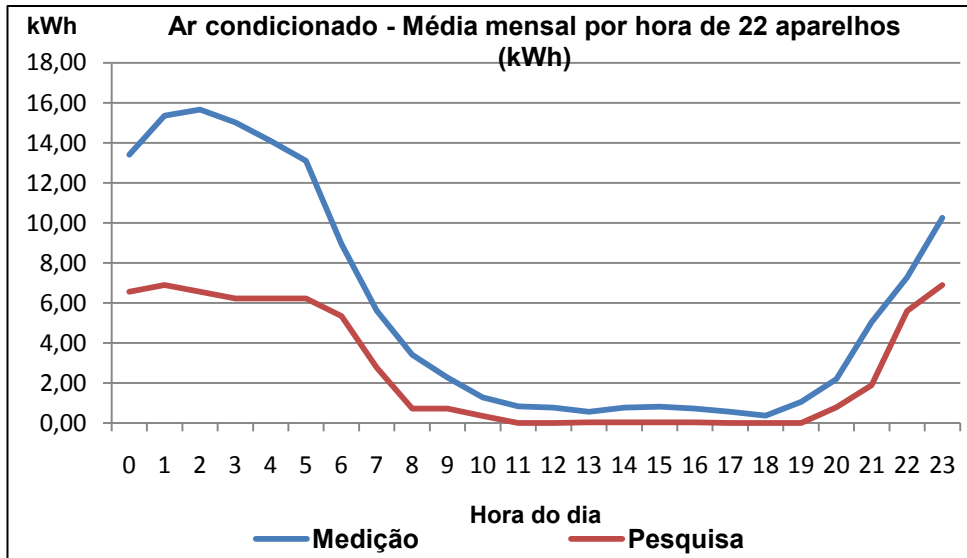


Figura 5.13 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Ar condicionado - 22 casos

Fonte: Elaboração própria

- Com relação ao **chuveiro elétrico**, verifica-se uma alta discrepância entre a pesquisa e a medição durante todo o dia (exceto na madrugada onde o uso deste aparelho é mínimo). Por outro lado, conforme será detalhado mais à frente, o grande problema da metodologia aplicada a este aparelho reside no fato do seu uso ter duração pequena (em geral, pelos dados do PROCEL, o tempo médio de banho é de 8 a 10 minutos), enquanto a medição apresenta o consumo no período de 15 em 15 minutos, o que resulta na suavização da curva da medição conforme pode ser visto na Figura 5.14.

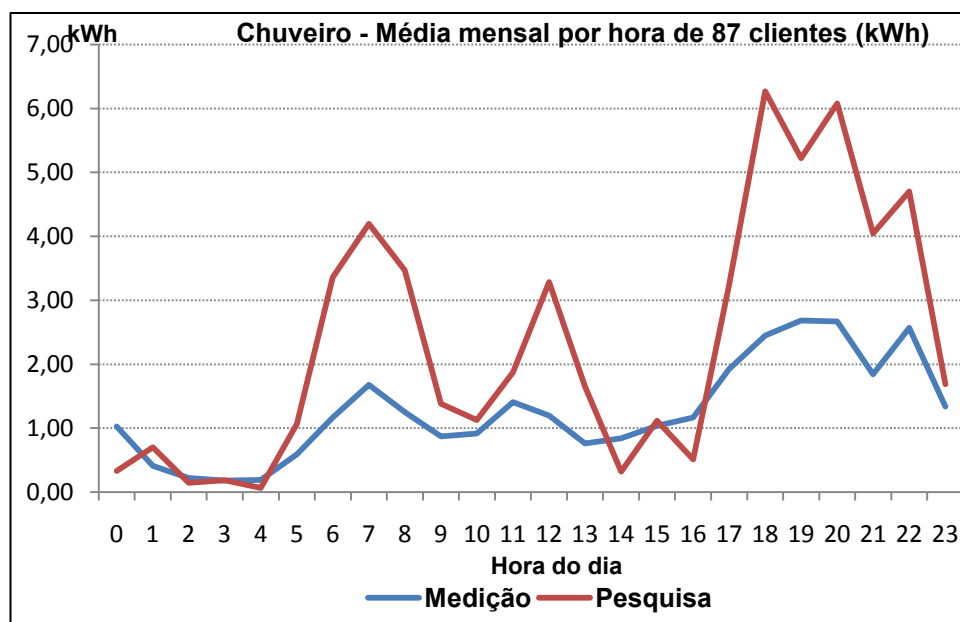


Figura 5.14 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Chuveiro - 87 casos

Fonte: Elaboração própria

- No que segue (Figuras 5.15 a 5.19), são mostradas as curvas declaradas e medidas para os **outros usos dos aparelhos** que não foram medidos individualmente. Como estes “OUTROS” variam de domicílio a domicílio, nesta dissertação, considerou-se as curvas declaradas destes aparelhos agregadas para cada domicílio e, estes, agrupados nas quatro faixas de consumo e agregados. Com relação à medição, o consumo destes “OUTROS” foi obtido por diferença entre o consumo total do domicílio (medido pelo “SAGA 2000”) e o somatório dos consumos dos principais aparelhos medidos.

▪ **Outros usos, faixa de 0 – 150 kWh**

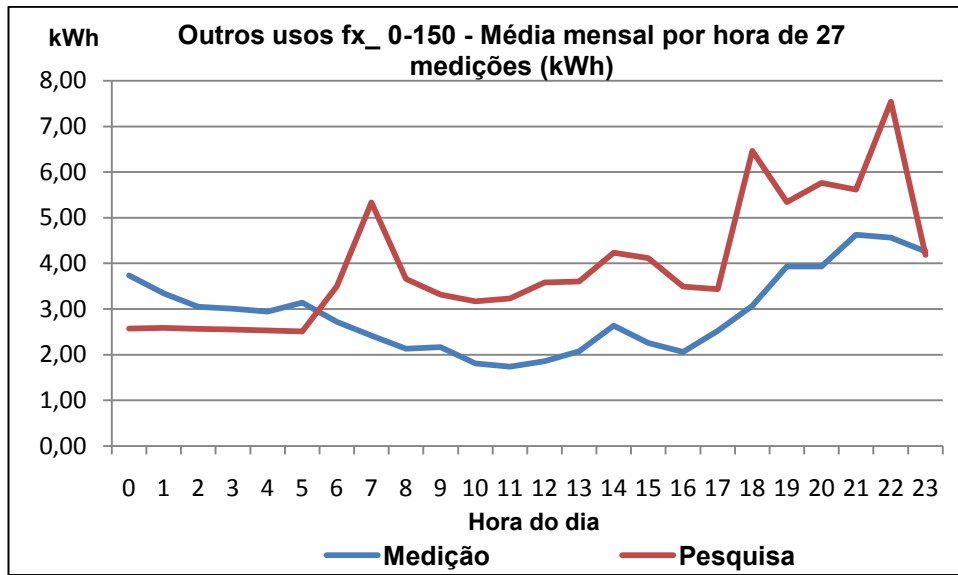


Figura 5.15 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Outros usos Fx_0-150 kWh - 27 casos

Fonte: Elaboração própria

▪ **Outros usos, faixa de 151 – 220 kWh**

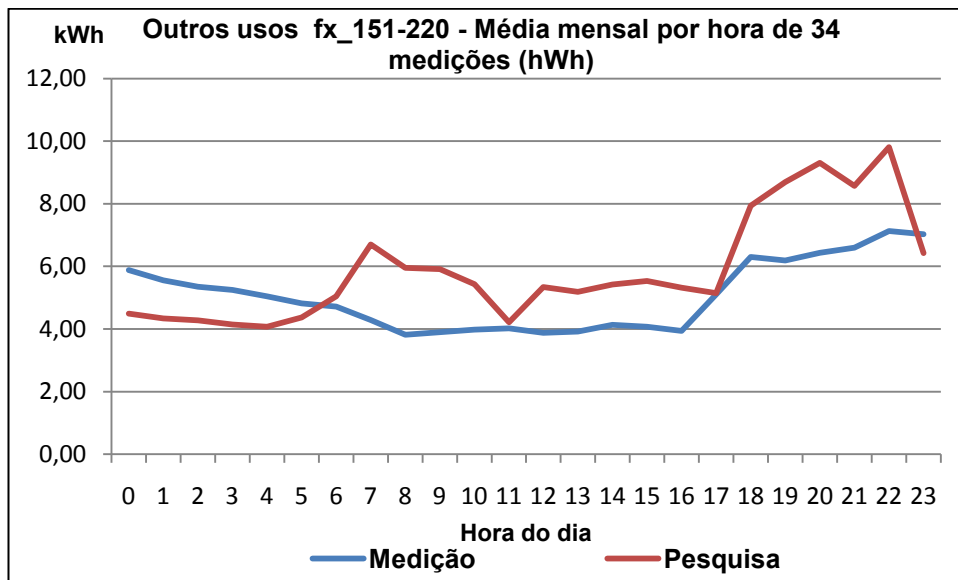


Figura 5.16 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Outros usos Fx_151-220 kWh - 34 casos

Fonte: Elaboração própria

▪ Outros usos, faixa de 221 – 400 kWh

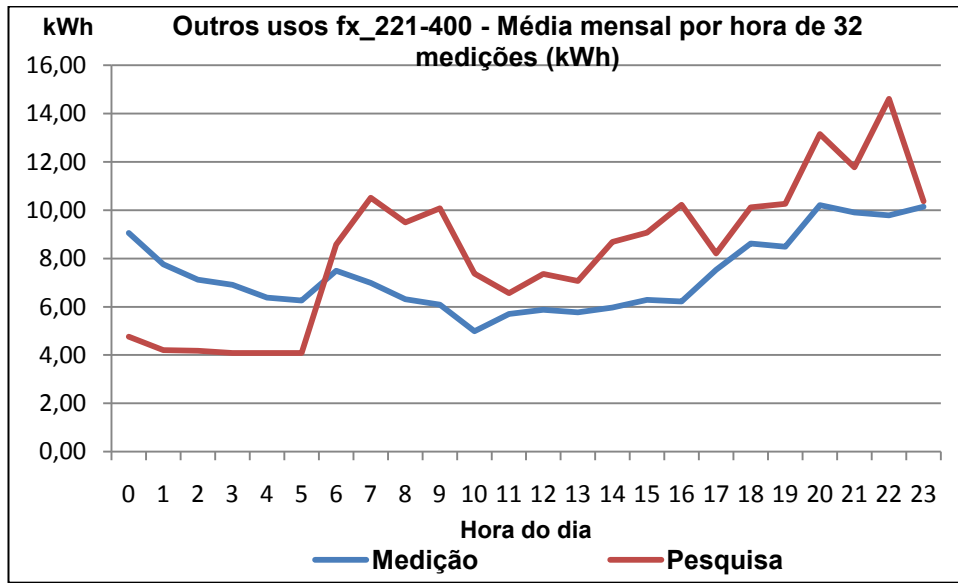


Figura 5.17 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Outros usos Fx_221-400 kWh - 32 casos

Fonte: Elaboração própria

▪ Outros usos, faixa de maiores de 400 kWh

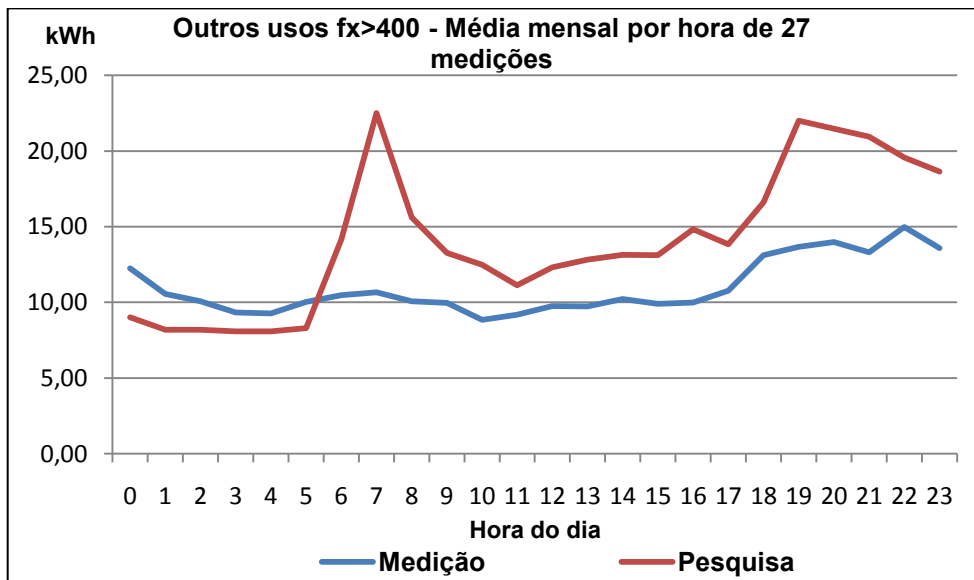


Figura 5.18 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxx) para Outros usos Fx>400 kWh - 27 casos

Fonte: Elaboração própria

▪ **Outros usos, todas as faixas**

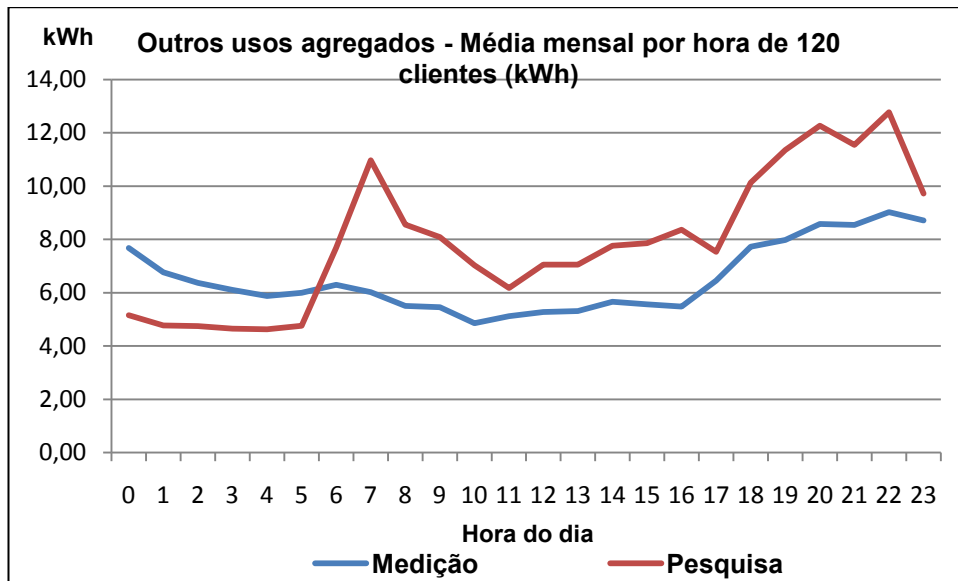


Figura 5.19 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Outros usos agregados - 120 casos

Fonte: Elaboração própria

• No que segue (figura 5.20), são mostradas as curvas declaradas e medidas para o **total dos equipamentos** dos domicílios pesquisados, independente da faixa à qual pertencem.

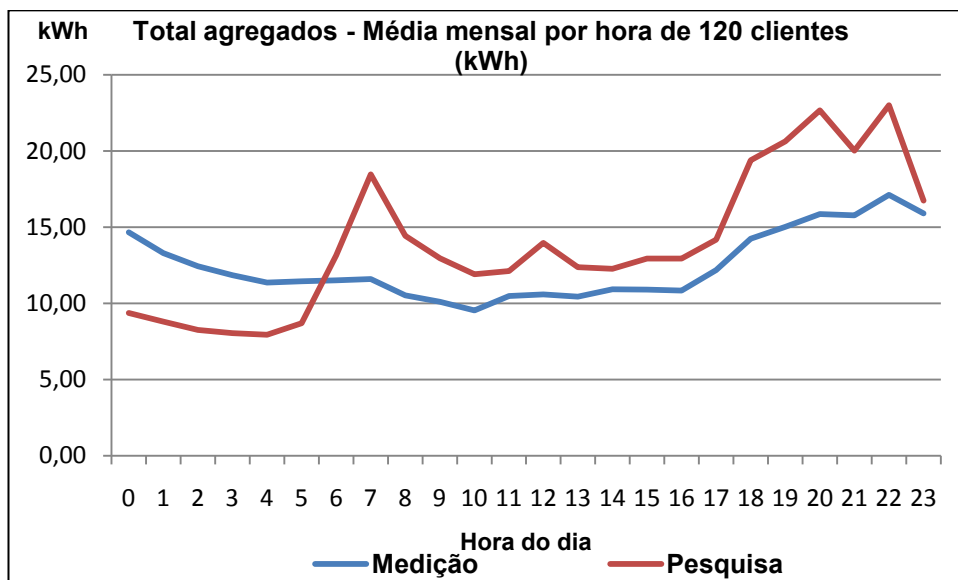


Figura 5.20 - Curvas de cargas médias mensais declaradas e medidas (hxh) para Total dos equipamentos - 120 casos

Fonte: Elaboração própria

5.4. Estimativas dos Coeficientes de ajustes

Antes de implementar a metodologia de coeficientes de ajuste de correção, foi feito um estudo de cada um dos eletrodomésticos que foram medidos e pesquisados na residência de clientes da Ampla.

Neste estudo, comparou para cada um dos aparelhos as curvas de cargas médias das medições e as curvas estimadas pelas PPH's e ainda, verificou-se hora a hora qual seria o desvio, ou diferença entre o valor medido e estimado das curvas de carga para cada um dos aparelhos. Mostra-se detalhadamente a seguir a implementação do método para a geladeira. Para os demais aparelhos serão apresentado somente os resultados dos coeficientes estimados. Na figura 5.9, são comparadas as curvas de cargas das geladeiras medidas e pesquisadas e na Figura 5.21 os seus respectivos desvios.

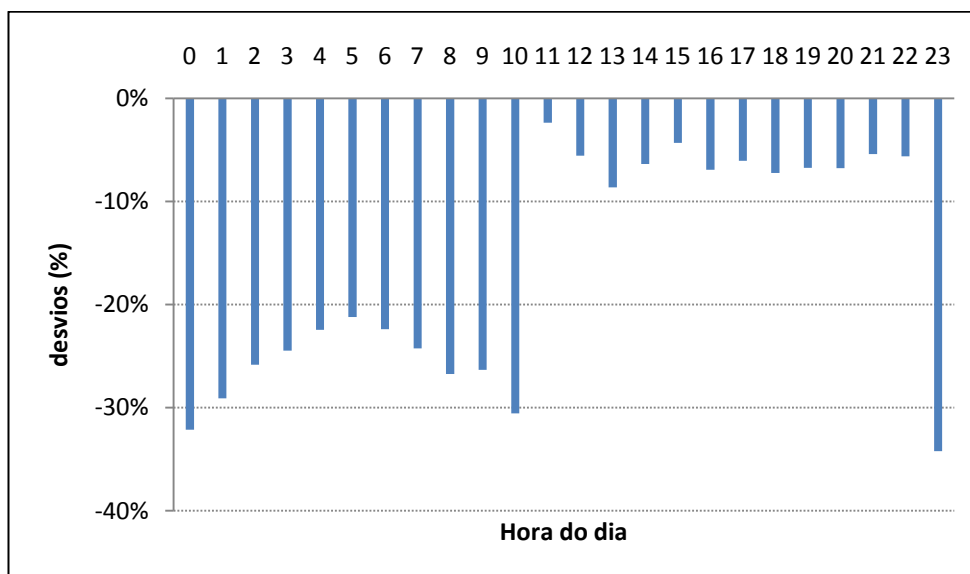


Figura 5.21- Desvio percentual entre os valores estimados e medidos

Fonte: Elaboração própria

Pode-se notar para uma maior diferença entre a medição e a pesquisa, entre os horários de 0:00 e 10:00 horas e 23:00 horas, sendo esta diferença sempre maior para o valor medido, havendo uma subestimação da PPH.

Visto que existe esta diferença, partiu-se para um estudo das correlações horárias entre os dados medidos e pesquisados. Estudando os coeficientes de correlação dos 124 (cento e vinte e quatro) dados de medições e de PPH hora a hora para a geladeira, verificou-se que estes são todos muito próximos e elevados; em média 0,56. Sendo que o menor coeficiente encontrado foi 0,53, às 7:00 horas. A Figura 5.22 mostra os valores encontrados dos coeficientes de correlação.

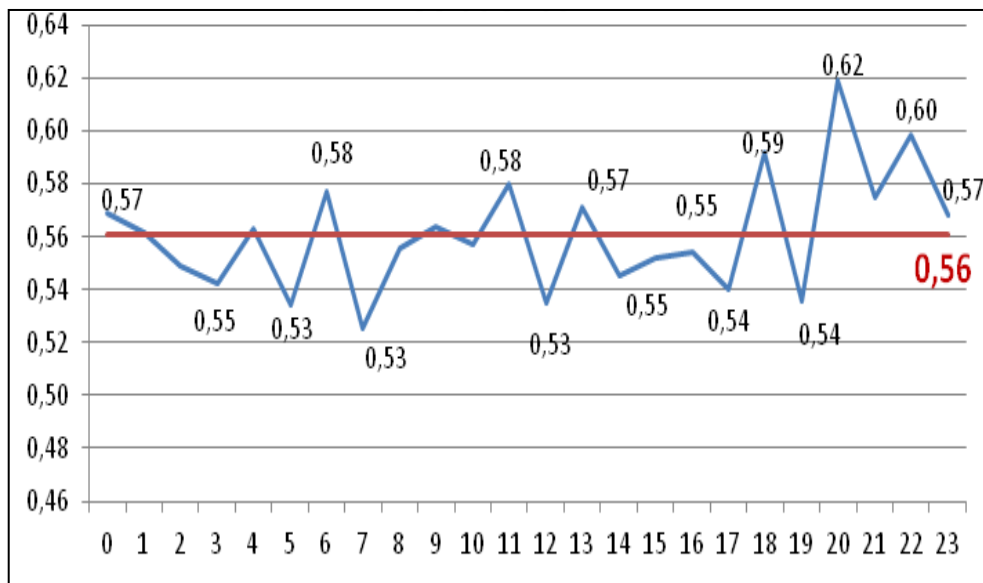


Figura 5.22 - Coeficiente de correlação entre dados medidos e estimados para geladeira – 124 casos

Fonte: Elaboração própria

Já que há uma correlação dos dados, pode-se traçar uma curva de dispersão dos dados medidos e estimados pela PPH para cada horário. No caso de 0:00 hora, esta curva é apresentada a seguir (Figura 5.23).

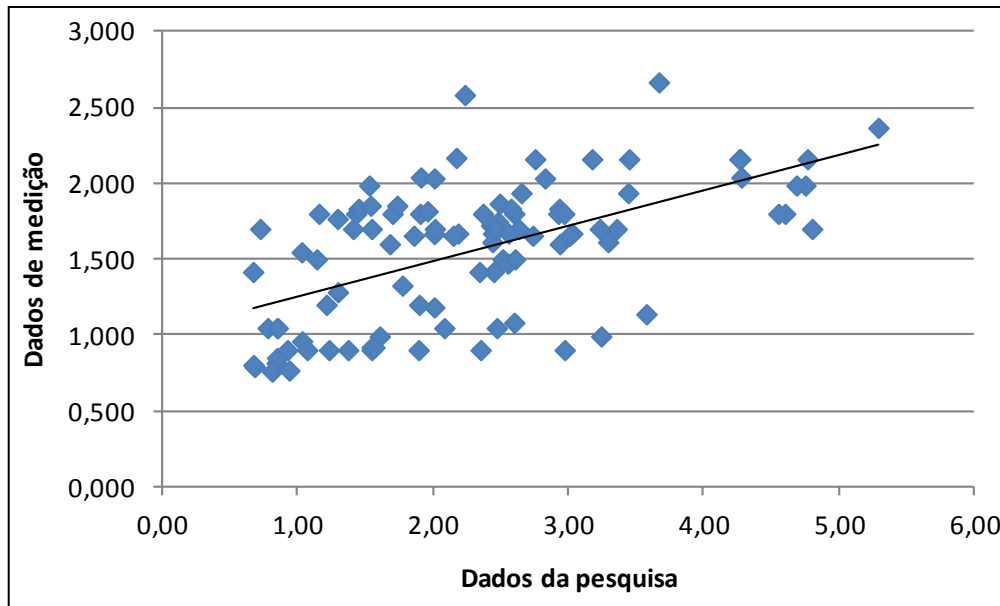


Figura 5.23 - Curva de dispersão entre os dados medidos e pesquisados para a geladeira - 0:00 hora.

Fonte: Elaboração própria

Pelo gráfico da Figura 5.23, percebe-se claramente que se pode admitir a existência de uma linha de tendência e que esta tem um comportamento linear. Assim, pode-se pensar em uma regressão linear entre os dados medidos e os dados estimados pela PPH.

Pode-se, portanto, adotar para cada hora e equipamento, um modelo de regressão linear simples cujos coeficientes (linear e angular) são estimados por minimização do erro quadrático médio. A equação geral do modelo seria como é mostrado na equação (1), onde, "e" denota o equipamento e "h" a hora correspondente:

$$\text{Medição}(e, h) = \alpha_h + \beta_h * \text{Pesquisa}(e, h) + \text{erro}(e, h) \quad (1)$$

Para as geladeiras, os resultados da estimação da regressão para todas às 24 horas do dia, mostrou que apenas os coeficientes angulares (betas) eram significativos, módulo da estatística do teste "t", $t_0 > 1,96$ ($t_0 > (t_{\alpha/2=0,025} = Z_{\alpha/2})$), pois o número de amostras é superior a 30. Estes resultados podem ser vistos no Quadro 5.7 a seguir.

- Teste de Hipótese:

- $H_0: \alpha = \alpha^{(0)}$ $H_1: \alpha < \alpha^{(0)}$ (*unicaudal*)
 e

- $H_0: \beta = \beta^{(0)}$ $H_1: \beta < \beta^{(0)}$ (*unicaudal*)

- Estatística do teste

$$t_0 = \frac{(b_1 - \alpha^0)}{\left[\hat{V}(b_1)\right]^{1/2}} \quad \text{onde: } (t_0|H_0\text{verd}) \sim t\text{-student}(v_R = n - 2)$$

e

$$t_0 = \frac{(b_2 - \beta^0)}{\left[\hat{V}(b_1)\right]^{1/2}} \quad \text{onde: } (t_0|H_0\text{verd}) \sim t\text{-student}(v_R = n - 2)$$

| | alfa (a) | stat t (alfa) | beta (b) | stat t (beta) |
|----|----------|---------------|----------|---------------|
| 0 | 0,14 | 0,42 | 1,39 | 6,89 |
| 1 | 0,06 | 0,18 | 1,37 | 6,75 |
| 2 | 0,08 | 0,27 | 1,29 | 6,54 |
| 3 | 0,07 | 0,20 | 1,28 | 6,43 |
| 4 | -0,05 | -0,17 | 1,32 | 6,78 |
| 5 | 0,14 | 0,48 | 1,18 | 6,28 |
| 6 | 0,04 | 0,14 | 1,26 | 7,03 |
| 7 | 0,19 | 0,60 | 1,20 | 6,15 |
| 8 | 0,20 | 0,66 | 1,24 | 6,65 |
| 9 | 0,11 | 0,37 | 1,28 | 6,79 |
| 10 | 0,17 | 0,51 | 1,33 | 6,67 |
| 11 | 0,06 | 0,19 | 1,00 | 7,09 |
| 12 | 0,36 | 1,05 | 0,90 | 6,30 |
| 13 | 0,21 | 0,58 | 1,01 | 6,92 |
| 14 | 0,29 | 0,83 | 0,94 | 6,48 |
| 15 | 0,30 | 0,88 | 0,92 | 6,58 |
| 16 | 0,26 | 0,73 | 0,96 | 6,62 |
| 17 | 0,29 | 0,83 | 0,94 | 6,38 |
| 18 | 0,06 | 0,18 | 1,05 | 7,31 |
| 19 | 0,42 | 1,22 | 0,89 | 6,31 |
| 20 | -0,07 | -0,20 | 1,10 | 7,85 |
| 21 | 0,20 | 0,60 | 0,97 | 6,98 |
| 22 | 0,11 | 0,34 | 1,01 | 7,44 |
| 23 | 0,21 | 0,64 | 1,39 | 6,87 |

Quadro 5.7- Estimativas hora a hora dos coeficientes da regressão linear

Fonte: Elaboração própria

Com base nas estimativas acima, pôde-se, portanto, reestimar as curvas das PPHs. Aplicando os resultados desta regressão completa (i.e. com os parâmetros lineares e angulares) conforme estimados no Quadro 5.7, à curva da pesquisa (em vermelho), obteve-se a curva corrigida (em verde), que melhorou bastante (Figura 5.24). Entretanto, pelas estatísticas “t” dos parâmetros estimados, vê-se claramente que os 24 coeficientes lineares não são significantes. Diante desses resultados, partiu-se para uma formulação de uma regressão linear sem estes coeficientes lineares.

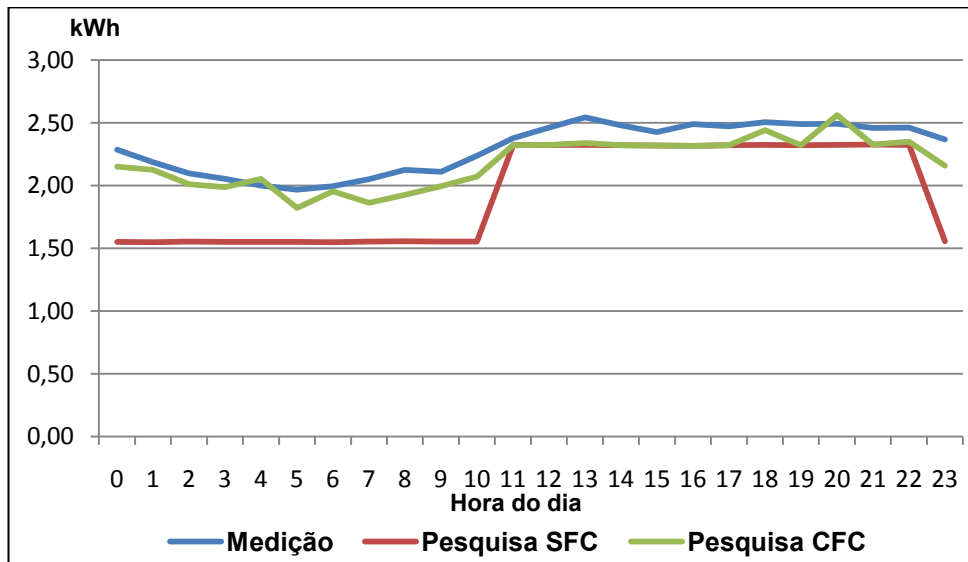


Figura 5.24 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (2 parâmetros) (h_{xh}) para geladeiras – 124 casos

Fonte: Elaboração própria

Assim, tem-se a seguinte expressão alternativa que será adotada para todos os equipamentos que foram medidos.

$$\text{Medição}(e, h) = \beta_h * \text{Pesquisa}(e, h) + \text{erro}(e, h) \quad (2)$$

Os valores de beta (β_h) foram obtidos utilizando um procedimento de otimização da ferramenta “SOLVER do Excell”, cuja função objetiva é a minimização do somatório do erro médio

quadrático entre os valores medidos e os valores pesquisados, para cada hora “h”, e equipamento “e”, conforme mostrada na expressão abaixo:

$$S_{e,h} = \sum_{i=1}^{n_e} [Medição(e, h), i - \beta_h \cdot Pesquisa(e, h), i]^2 \quad (3)$$

Onde n_e : número de equipamentos de tipo “e”; no caso: geladeira (124), freezer (24), ar condicionado (22), televisor (160), máquina de lavar roupas (58), chuveiro (87) e outros (120).

No Quadro 5.8, são mostradas as estimativas dos parâmetros obtidos pelo SOLVER, bem como aqueles obtidos pela regressão linear com os dois parâmetros. Observa-se que, devido aos estimadores dos coeficientes lineares na regressão, estes betas estimados pelos dois métodos são próximos, porém não são os mesmos. Aqueles coeficientes que foram iguais a 1, marcados em amarelo significam que, naquela hora os valores obtidos pela PPH já são os ótimos, sem a necessidade de ajustes..

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,43 | 1,39 | 1,33 | 1,31 | 1,28 | 1,25 | 1,27 | 1,31 | 1,35 | 1,33 | 1,42 | 1,00 |
| β (regressão) | 1,39 | 1,37 | 1,29 | 1,28 | 1,32 | 1,18 | 1,26 | 1,20 | 1,24 | 1,28 | 1,33 | 1,00 |
| Hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,03 | 1,06 | 1,03 | 1,02 | 1,04 | 1,03 | 1,06 | 1,04 | 1,05 | 1,04 | 1,04 | 1,47 |
| β (regressão) | 0,90 | 1,01 | 0,94 | 0,92 | 0,96 | 0,94 | 1,05 | 0,89 | 1,10 | 0,97 | 1,01 | 1,39 |

Quadro 5.8 - Fatores de ajustes – regressão e otimização (geladeira)

Fonte: Elaboração própria

A Figura 5.25 a seguir, mostra os índices estimados hora a hora para as geladeiras. Pode-se verificar que nos horários de 23:00 às 10:00 horas, onde havia um maior erro na estimação, os valores dos índices foram em média maiores que nos outros horários, onde a estimação original pela PPH já tinha resultados aceitáveis. Mas mesmo nos horários onde as estimações já eram boas a metodologia proposta melhorou ainda mais a estimação da curva de carga das PPH's.

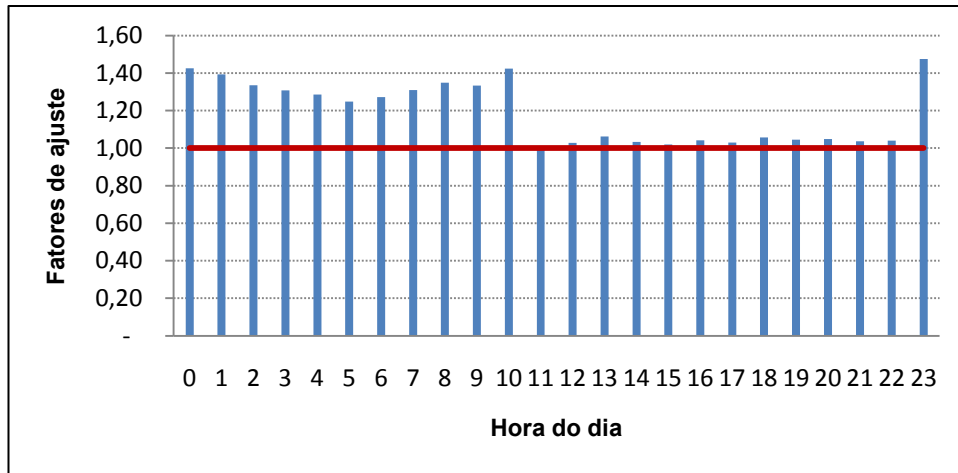


Figura 5.25 - Índices de correções estimados para geladeiras

Fonte: Elaboração própria

Para geladeira todos os coeficientes betas ajustados melhoram a estimativa em relação à pesquisa sem fator de correção e os desvios em relação aos dados medidos foram muito baixos. No gráfico da figura 5.26, são mostrados as curvas da pesquisa sem o fator de correção (curva vermelha) e com o fator de correção pelo método de otimização (curva verde). Pode-se notar que a curva com o fator de correção (otimizado) aproxima-se **muito mais** da curva de medição (curva azul), e a aproximação é **melhor** que do método de regressão mostrado na Figura 5.24.

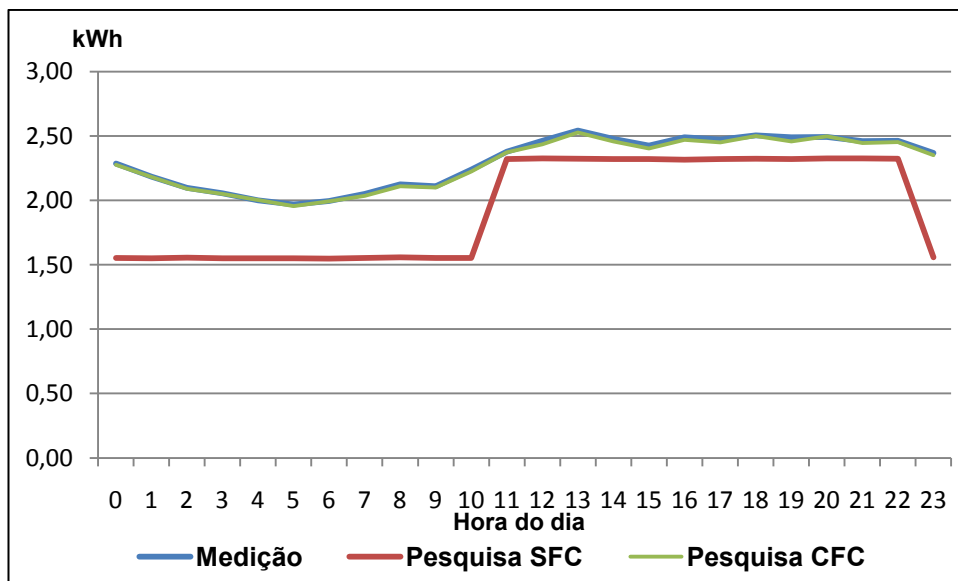


Figura 5.26 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas e declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para geladeiras (124 casos)

Fonte: Elaboração própria

Na Figura 5.27, são mostradas através do gráfico, as relações dos desvios das três curvas de pesquisa (sem fator de correção, com fator de correção por regressão linear e com fator de correção por otimização) em relação aos dados de medição. Esta curva ilustra mais uma vez o ganho com a utilização dos betas estimados via SOLVER.

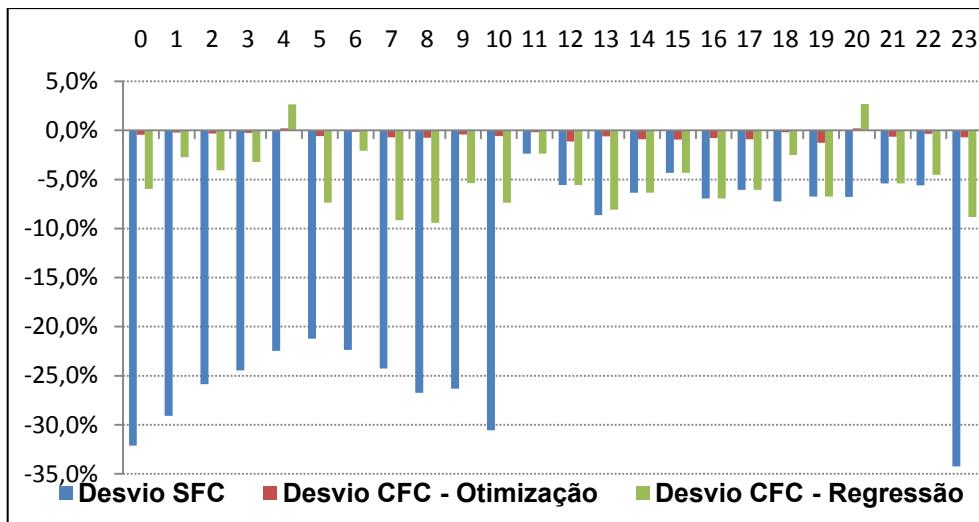


Figura 5.27- Desvios percentuais das curvas estimadas em relação às curvas medidas

Fonte: Elaboração própria

Visto que nesta seção, o melhor método para estimação dos fatores de correção foi a otimização pela estimação dos fatores de correção (β) que minimizam o somatório do erro médio quadrático entre os valores medidos e pesquisados, foi adotado este método para se estimar os demais aparelhos. Na próxima seção são apresentados os resultados encontrados com esta metodologia para cada um dos aparelhos estudados e medidos na Ampla.

5.5. Resultados das Estimativas dos coeficientes de ajustes

Nesta seção são apresentados os resultados encontrados com a estimação do fator de correção por meio do método de otimização para cada um dos aparelhos medidos por clientes pesquisados neste

trabalho, visto que, o equipamento da geladeira foi mostrado anteriormente na seção 5.4.

**5.5.1.
Freezer (24 casos)**

O Quadro 5.9 e Figura 5.28 a seguir, mostram os índices estimados hora a hora para este equipamento. Pode-se verificar que entre os horários de 12:00 e 22:00 horas, onde havia um maior erro na estimação, os valores dos índices foram em média maiores que nos outros horários, onde a estimação original pela PPH já tinha resultados aceitáveis, conforme pode ser visto na Figura 5.10.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,19 | 1,19 | 1,15 | 1,16 | 1,15 | 1,12 | 1,13 | 1,11 | 1,12 | 1,15 | 1,17 | 1,18 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,21 | 1,22 | 1,27 | 1,27 | 1,26 | 1,22 | 1,23 | 1,21 | 1,21 | 1,18 | 1,20 | 1,18 |

Quadro 5.9 - Fatores de ajustes –otimização (freezer)

Fonte: Elaboração própria

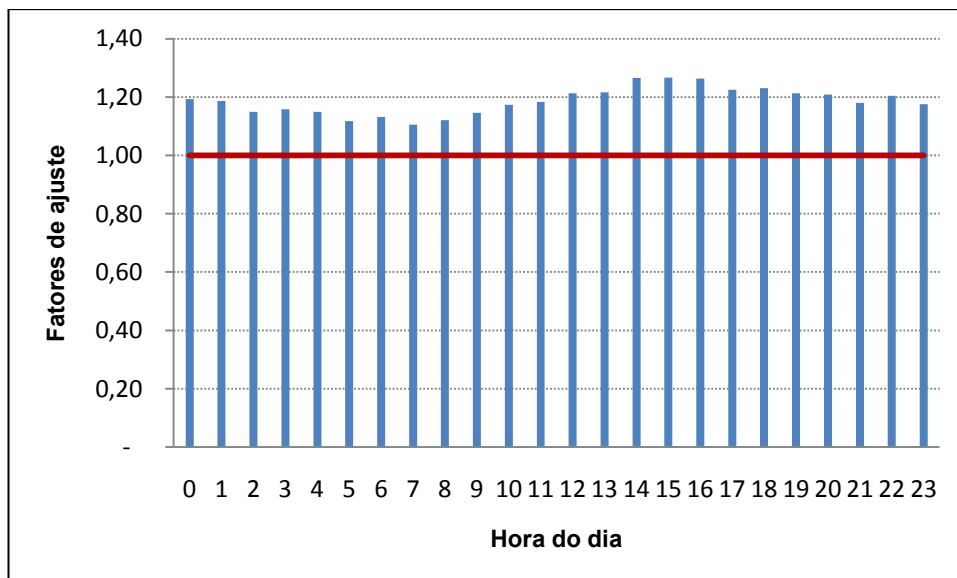


Figura 5.28 - Índices de correções estimados para freezers

Fonte: Elaboração própria

No caso dos freezers, houve melhora significativa das estimativas com os fatores de correção, como pode ser visto na Figura 5.29 a seguir. Mesmo com a aplicação dos fatores de correção, está havendo uma subestimação da curva de carga, porém, a melhoria é bem visível.

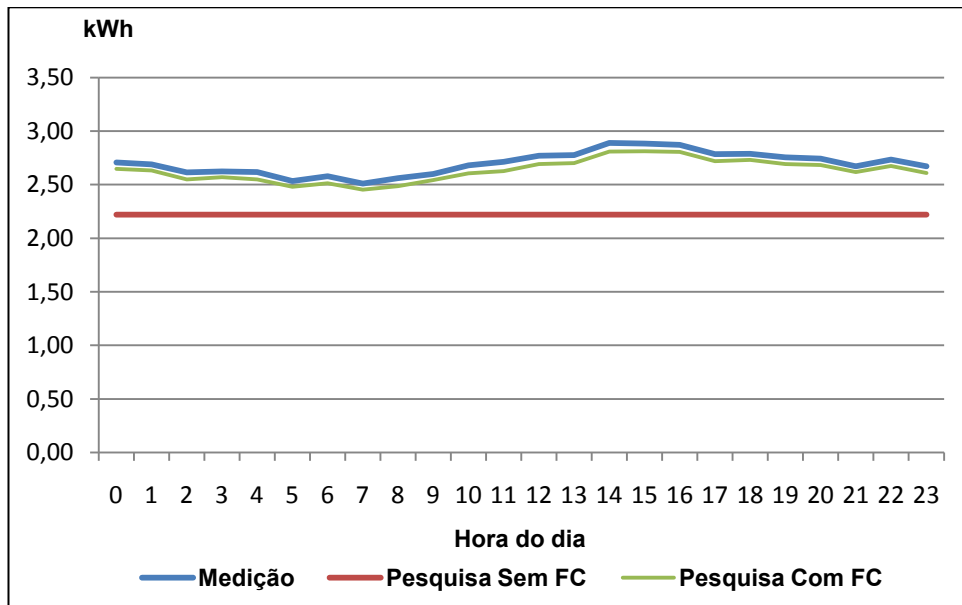


Figura 5.29 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxxh) para freezers – 24 casos.

Fonte: Elaboração própria

5.5.2. Ar condicionado (22 casos)

O Quadro 5.10 e a Figura 5.30 mostram os índices estimados hora a hora para o ar condicionado. Verifica-se na Figura 5.13, que há uma subestimação muito grande nos horários entre 0:00 a 5:00 horas da manhã. Por este motivo, na maioria destes horários os índices de correção são maiores que dois, significando que há em média erros de mais de 50%, entre o valor medido e o valor estimado.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,95 | 2,28 | 2,44 | 2,32 | 2,25 | 2,13 | 1,55 | 1,56 | 2,04 | 1,78 | 1,53 | 1,00 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,07 | 1,21 | 1,31 | 1,54 |

Quadro 5.10 - Fatores de ajustes –otimização (Ar condicionado)

Fonte: Elaboração própria

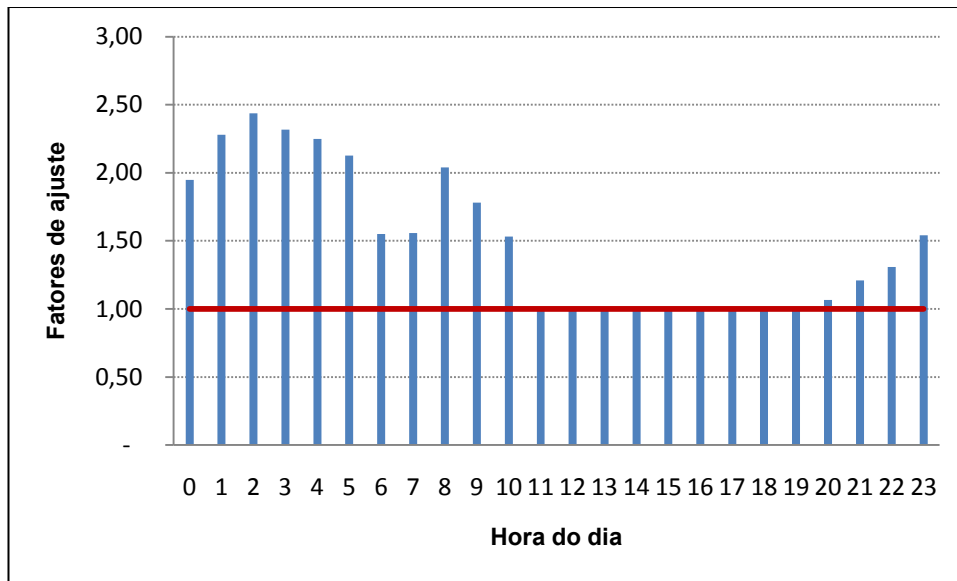


Figura 5.30 - Índices de correções estimados para ar condicionados

Fonte: Elaboração própria

Portanto, para este aparelho, houve melhora significativa das estimativas com os fatores de correção nos horários de maior uso deste equipamento (madrugada), como pode ser visto na Figura 5.31. Nota-se que no horário de 11:00 às 19:00 horas, há uma declaração de não uso do ar condicionado pela maioria dos clientes. Todavia, há, em média, um valor muito baixo de consumo de energia neste horário, como pode ser visto na curva de medição (azul).

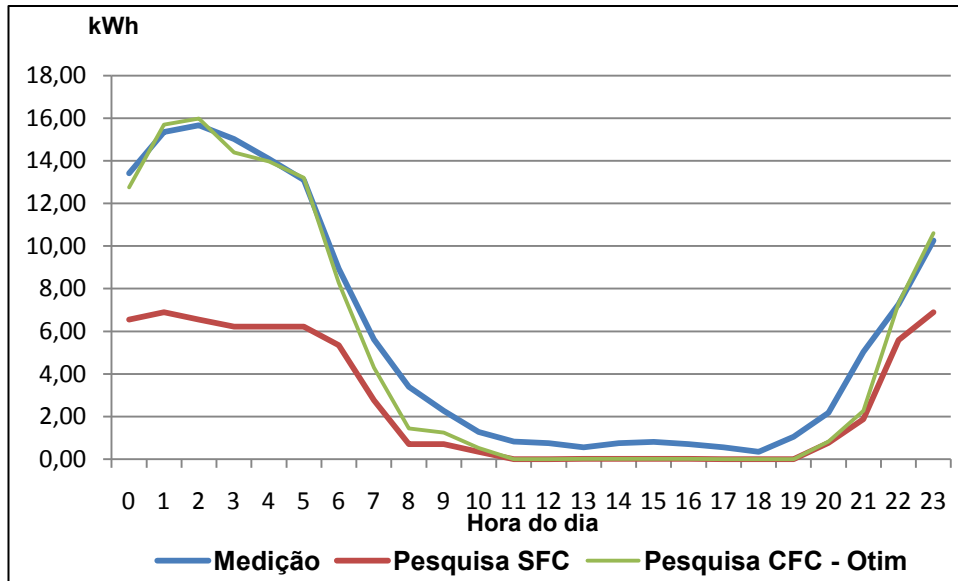


Figura 5.31- Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Ar condicionado – 22 casos.

Fonte: Elaboração própria

5.5.3. Televisor (160 casos)

No caso deste equipamento, os maiores erros de estimativa estavam concentrados entre 19:00 e 23:00 horas, horário de maior utilização deste aparelho, como pode ser verificado na Figura 5.11. Desta forma, apenas nestes horários, os índices de correção foram diferentes de 1, como pode ser visto no Quadro 5.11 e na Figura 5.32 , e na curva da pesquisa com fator de correção no gráfico da Figura 5.34 (linha roxa). Nos demais horários, o fator de correção é igual a 1, o que equivale a dizer que a estimativa com o fator de correção não melhorou a estimativa sem fator de correção.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,59 | 0,53 |

Quadro 5.11- Fatores de ajustes – otimização (Televisor)

Fonte: Elaboração própria

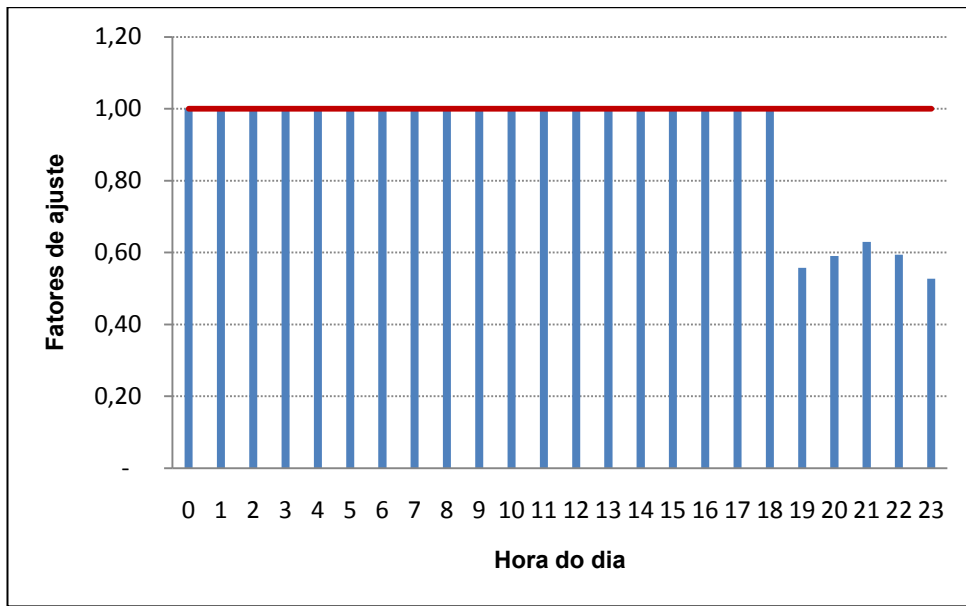


Figura 5.32 - Índices de correções estimados para Televisor

Fonte: Elaboração própria

Para tentar melhorar ainda mais as estimativas definiu-se dois horários de utilização deste equipamento, um denominado hora ponta, sendo este o de maior utilização do equipamento e outro chamado fora ponta, de menor utilização do equipamento. O horário de maior uso do equipamento (hora ponta) foi definido entre 19:00 e 23:00 horas. Assim, foram feitas as estimativas de dois fatores de ajustes, considerando-se estes dois horários, onde a energia em cada um destes horários foi somada de forma a se obter apenas dois valores de fatores de correção, como pode ser notado no Quadro 5.12 e na Figura 5.33.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,85 | 0,85 | 1,00 | 1,00 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 |

Quadro 5.12 - Fatores de ajustes – otimização (Televisor - ponta)

Fonte: Elaboração própria

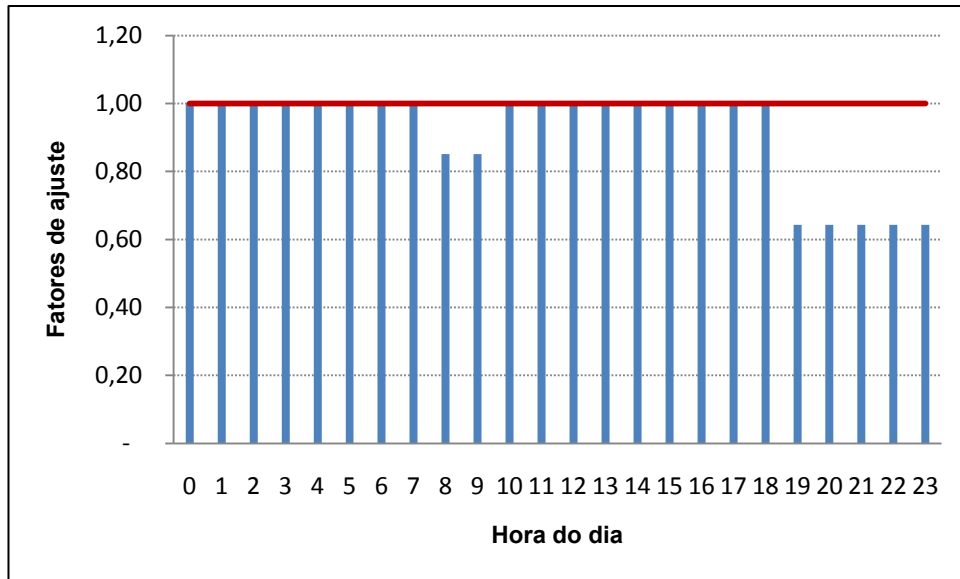


Figura 5.33 - Índices de correções estimados para Televisor - ponta

Fonte: Elaboração própria

Os resultados das estimativas das pesquisas utilizando o fator de correção na hora ponta do equipamento e fora ponta podem ser vistos na linha verde da Figura 5.34. Pode-se notar que os resultados para esta estimativa foram melhores do que quando se considerou a estimativa de um fator de correção para cada hora (linha roxa).

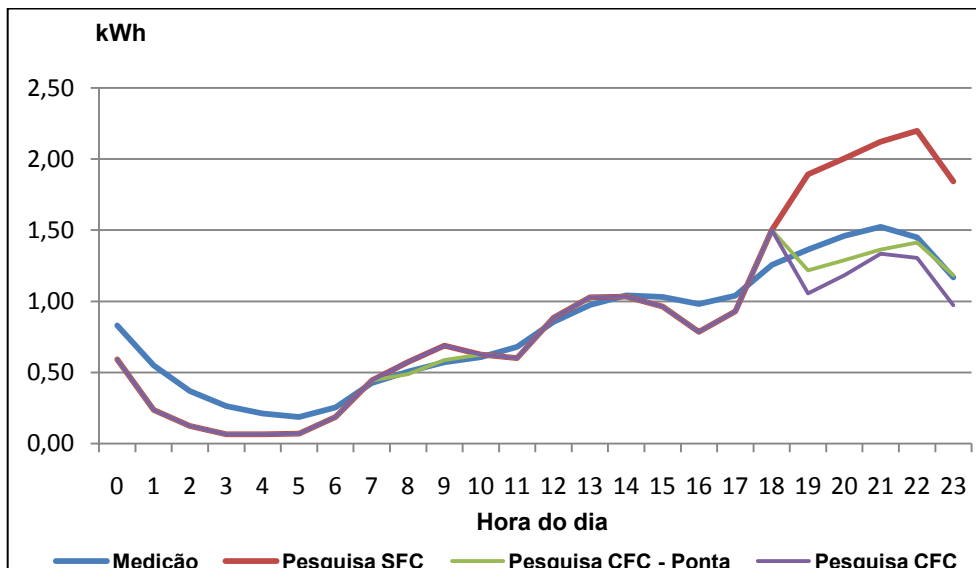


Figura 5.34 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER), declaradas CFC-ponta (SOLVER) (hxh) para Televisores – 160 casos.

Fonte: Elaboração própria

5.5.4. Máquina de lavar roupas (58 casos)

Assim como visto para a TV, no caso da maquina de lavar, conforme mostrado na Figura 5.12, há períodos do dia em que acontecem as grandes discrepâncias entre as medições e declarações. Aplicando a metodologia de otimização aos dados deste equipamento, pode-se verificar na Figura 5.35 e Quadro 5.13, que o fator de correção é igual a 1 em boa parte dos horários, pois a estimativa com o fator de correção não melhorou a estimativa sem fator de correção, que já era boa nestes outros horários. Aplicando estes fatores à curva declarada (PPH), obtêm-se a curva ajustada mostrada na Figura 5.37 em roxo.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,13 | 0,15 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,02 | 0,04 |

Quadro 5.13 - Fatores de ajustes – otimização (Máquina de lavar roupas)

Fonte: Elaboração própria

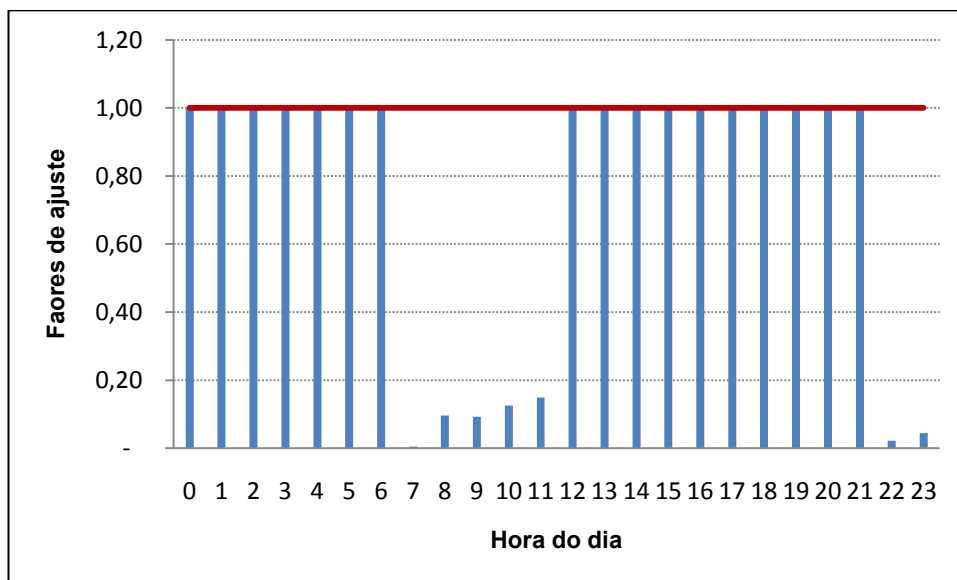


Figura 5.35 - Índices de correções estimados para máquinas de lavar roupas

Fonte: Elaboração própria

Devido aos mesmos motivos levantados para o caso da TV, foram considerados os horários de maior utilização deste equipamento, como horário de ponta de uso do equipamento, sendo este o período entre 7:00 e 11:00 horas e uma pequena utilização entre 21:00 e 23:00 horas. Estimando-se estes novos coeficientes de ajuste para os horários ponta e fora ponta, obteve-se os resultados apresentados nas Figuras 5.36 e Quadro 5.14.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,45 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |

Quadro 5.14 - Fatores de ajustes – otimização (Máquina de lavar roupas - ponta)

Fonte: Elaboração própria

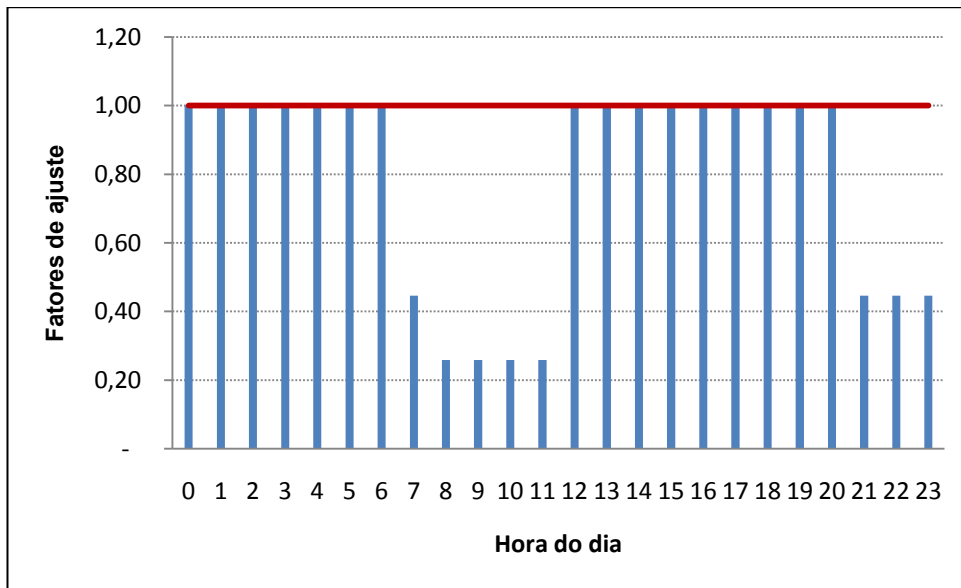


Figura 5.36 - Índices de correções estimados para máquinas de lavar roupas – ponta

Fonte: Elaboração própria

Aplicando estes novos fatores de correção da máquina de lavar à curva declarada pela PPH obteve-se a curva ajustada (curva verde), conforme mostrada na Figura 5.37. Vê-se claramente que a segunda opção, como no caso da TV, foi a que apresentou o melhor resultado.

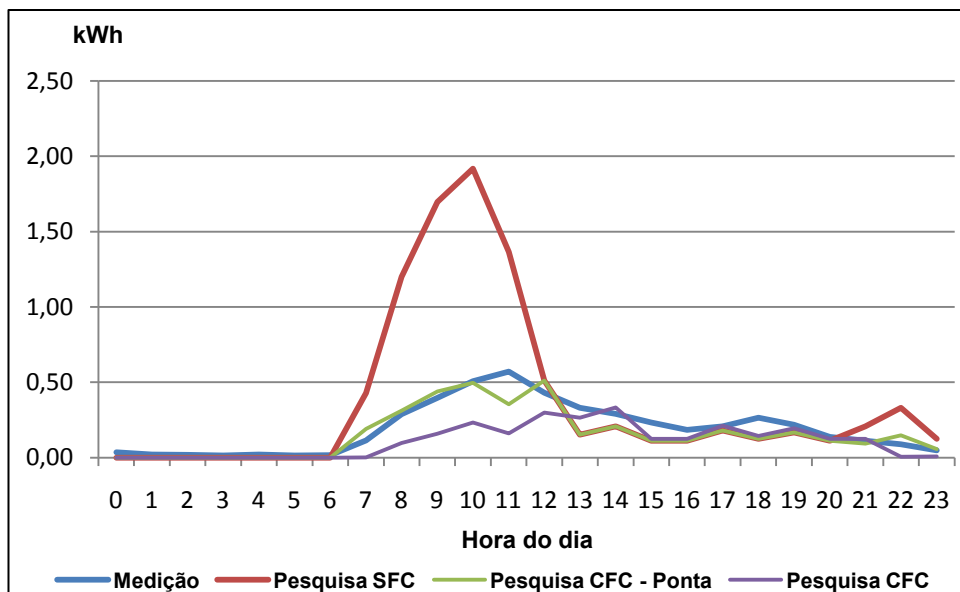


Figura 5.37- Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER), declaradas CFC-ponta (SOLVER) (hxh) para Máquina de Lavar – 58 casos.

Fonte: Elaboração própria

5.5.5. Chuveiro (58 casos)

Analisando as curvas: medição x declaração (PPH) do chuveiro elétrico, conforme apresentado na Figura 5.14, nota-se com bastante nitidez que existe uma grande discrepância entre ambas, onde os valores da curva da PPH estão superestimados. Como era de se esperar, uma vez que os valores de medição estão subestimados, os fatores de medição são menores ou iguais a 1. Pode-se verificar também que em horários de menor utilização deste aparelho, que o fator de correção é igual a 1, o que equivale a dizer que a estimativa com o fator de correção não melhorou a estimativa sem fator de correção, pois esta já era boa para aquele horário (Quadro 5.15 e Figura 5.38).

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,29 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 1,00 | 0,28 | 1,00 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 0,20 | 0,13 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,24 | 0,25 | 0,27 | 0,31 | 0,32 | 0,31 | 1,00 |

Quadro 5.15 - Fatores de ajustes – otimização (Chuveiro)

Fonte: Elaboração própria

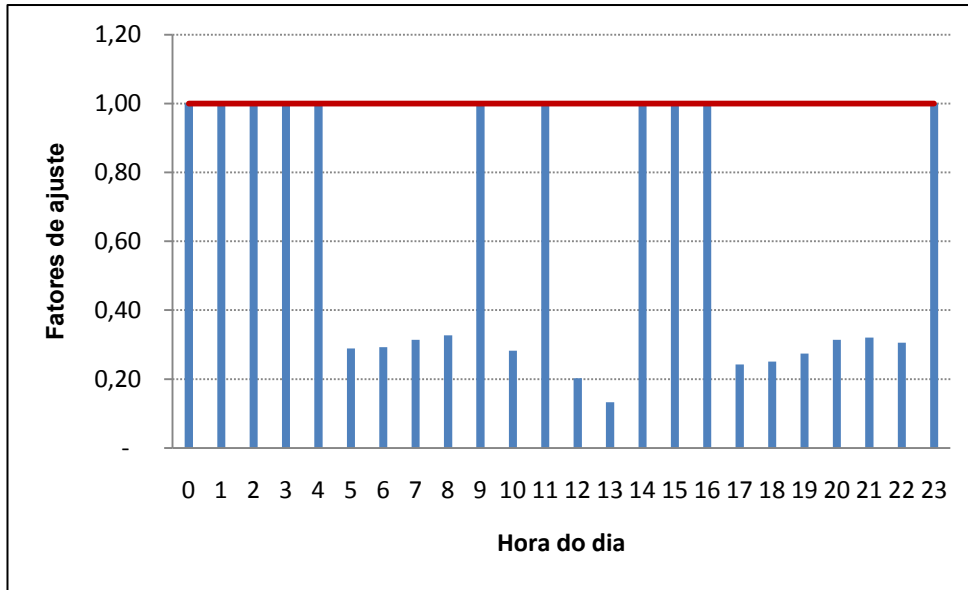


Figura 5.38 - Índices de correções estimados para chuveiros

Fonte: Elaboração própria

Analisando a curva do chuveiro, verificou-se que havia uma defasagem entre os dados medidos e os dados estimados pela pesquisa de -1 e de +1 hora, ou seja, um determinado cliente declarava na pesquisa que tomava banho às 8 horas, por exemplo, mas com a medição verificava-se que este mesmo cliente tomava seu banho às 7:00 ou 9:00 horas.

Para se ter certeza que este problema realmente ocorria, fez-se uma análise de correlação entre as curvas de cargas de cada cliente para os dados de medição e os dados da PPH. Esta análise foi feita com uma defasagem na curva de carga de pesquisa para cada um dos 73 clientes medidos variando entre -2 e mais +2 horas e os resultados são mostrados no Quadro 5.16.

| | t-2 | t-1 | t+1 | t+2 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Número de clientes | 43 | 47 | 45 | 32 |
| Percentual de clientes | 59% | 64% | 62% | 44% |

Quadro 5.16 - Comparação entre a correlação com e sem defasagem entre os dados de medição e de pesquisa

Fonte: Elaboração própria

Pode-se perceber no quadro 5.16, que quando se defasava os dados de medição em -1 hora e +1 hora a correlação nestes dois casos, comparadas com a correlação sem qualquer defasagem, era maior em 64% e 62% dos casos, respectivamente. Esta análise corroborou a tese inicial que há uma decalagem de -1 ou +1 hora entre a declaração da hora de consumo na PPH e a medição efetiva dos clientes.

Para amenizar este problema, que dava maus resultados na estimação dos índices de correção, excepcionalmente para este equipamento, calculamos uma curva equivalente à curva original, que possuía as médias móveis de tamanho 3 para cada um dos horários. Nesta curva, o horário de 9:00 horas, por exemplo, nada mais era do que a média dos consumos entre os horários de 8:00, 9:00 e 10:00 horas. Este procedimento foi feito para todos os horários das curvas de cargas medidas e estimadas de cada um dos 73 clientes e podem ser vistos na figura 5.39 a seguir. Pode-se notar nesta curva que a média móvel atenua a curva original, reduzindo valores extremos, o que facilita em muito a estimação dos fatores de correção. Ainda, com este procedimento, a média geral não é mudada.

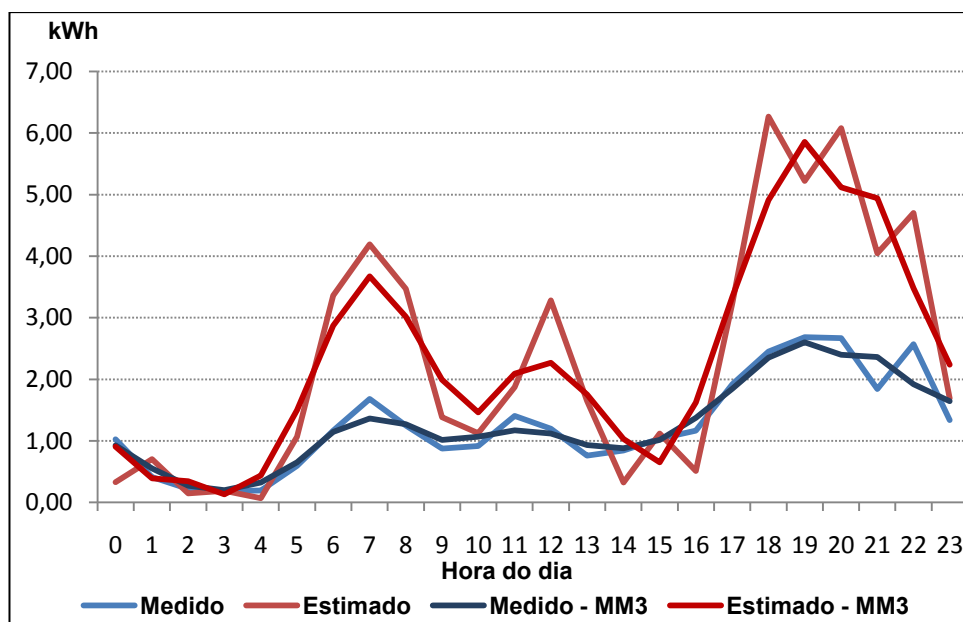


Figura 5.39 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas MM3, medidas MM3 (hxx) para Chuveiro – 58 casos.

Fonte: Elaboração própria

Os resultados para os cálculos dos fatores de correção para os chuveiros, considerando as médias móveis de tamanho 3, melhoraram em muito as estimativas da curvas via PPH. Verifica-se na figura 5.40 que há uma superestimação destas curvas, principalmente nos horários que vão de 17:00 às 22:00 horas, que é quando a maioria das pessoas estão chegando em casa do trabalho e ligam seus chuveiros e às 7 horas da manhã, que é o horário que as pessoas tomam banho para irem ao trabalho.

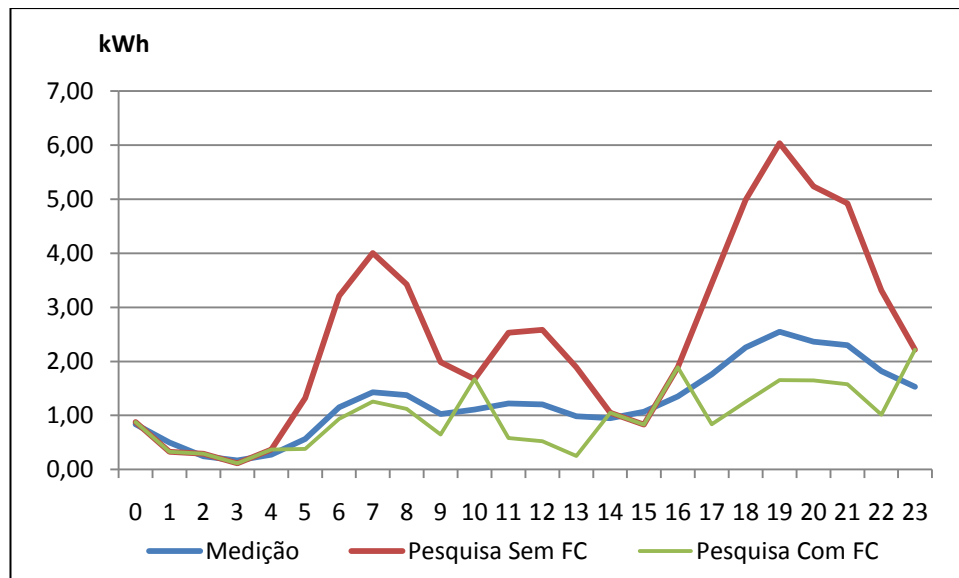


Figura 5.40 - Curvas de cargas médias mensais declaradas MM3, medidas MM3, declaradas CFC MM3 (SOLVER) (h/h) para Chuveiro – 58 casos

Fonte: Elaboração própria

5.5.6. Outros usos

No caso do consumo e curva de carga dos outros usos de equipamentos, estes são calculados pela diferença entre o consumo total dos domicílios e o consumo dos equipamentos estudados anteriormente (item 5.5.1 ao item 5.5.5). Como há uma diferença muito grande dos tipos de equipamentos utilizados pelos clientes quando se muda a faixa de consumo mensal, optou-se neste caso, por fazer um estudo destes índices separados por faixa de consumo e fazer o cálculo do resultado da curva total no final.

Os clientes foram separados em quatro faixas de consumo: 0 a 150 kWh; 151 a 220 kWh; 221 a 400 kWh; e maior do que 400 kWh. Estes estudos são apresentados nos quatro itens que se seguem.

5.5.6.1.

Outros usos - faixa de consumo de 0 a 150 kWh (27 casos)

Nesta primeira faixa de consumo, que vai de 0 a 150 kWh, a curva de carga está superestimada, conforme mostra a Figura 5.15. Aplicando a metodologia a estes dados, obtêm-se os fatores de ajuste conforme apresentados no Quadro 5.17 e Figura 5.41. Interessante observar que os fatores estimados de 11:00 da noite até 5:00 da manhã são todos unitários, o que enfatiza a não necessidade de reajustes na curva declarada nestes horários.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,23 | 0,44 | 0,49 | 0,41 | 0,47 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 0,43 | 0,52 | 0,62 | 0,48 | 0,52 | 0,65 | 0,19 | 0,56 | 0,57 | 0,73 | 0,36 | 1,00 |

Quadro 5.17- Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa de 0 - 150 kWh)

Fonte: Elaboração própria

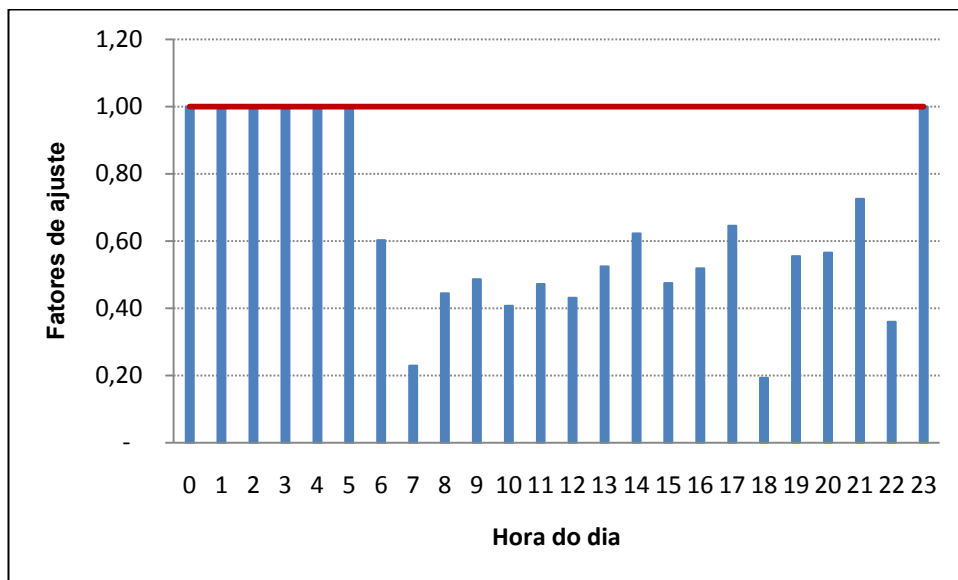


Figura 5.41- Índices de correções estimados para outros usos - faixa de 0 a 150 kWh

Fonte: Elaboração própria

A aplicação destes fatores estimados à curva declarada resultou numa melhora na curva estimada (curva verde da Figura 5.42), muito embora, por se tratar de um conjunto de equipamentos, que não necessariamente são os mesmos nos diversos domicílios da amostra, a aproximação não foi tão boa como aconteceu nos aparelhos individuais.

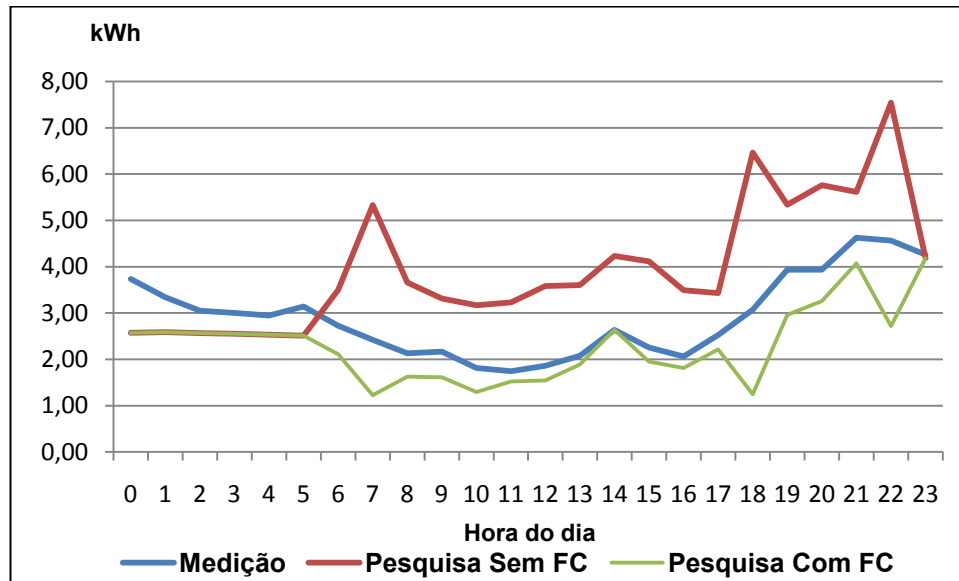


Figura 5.42 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Outros usos fx 0-150kWh – 27 casos.

Fonte: Elaboração própria

5.5.6.2.

Outros usos - faixa de consumo de 151 a 220 kWh (34 casos)

Para os outros usos na faixa de consumo que vai de 151 a 220 kWh, a curva de carga declarada também superestima a curva medida entre os horários de 6:00 às 22:00 horas, como pode ser visto na Figura 5.16. Aplicando a metodologia a estes dados, chega-se aos fatores de correção conforme Quadro 5.18 e figura 5.43. Para esta faixa, não há necessidade de reajustes nos horários que vão de 23:00 às 6:00 horas, 11:00 às 13:00, e 17:00 às 18:00 horas.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,35 | 0,44 | 0,50 | 0,57 | 1,00 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 0,56 | 0,62 | 0,65 | 1,00 | 1,00 | 0,59 | 0,62 | 0,63 | 0,66 | 1,00 |

Quadro 5.18 - Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa de 151 - 220 kWh)

Fonte: Elaboração própria

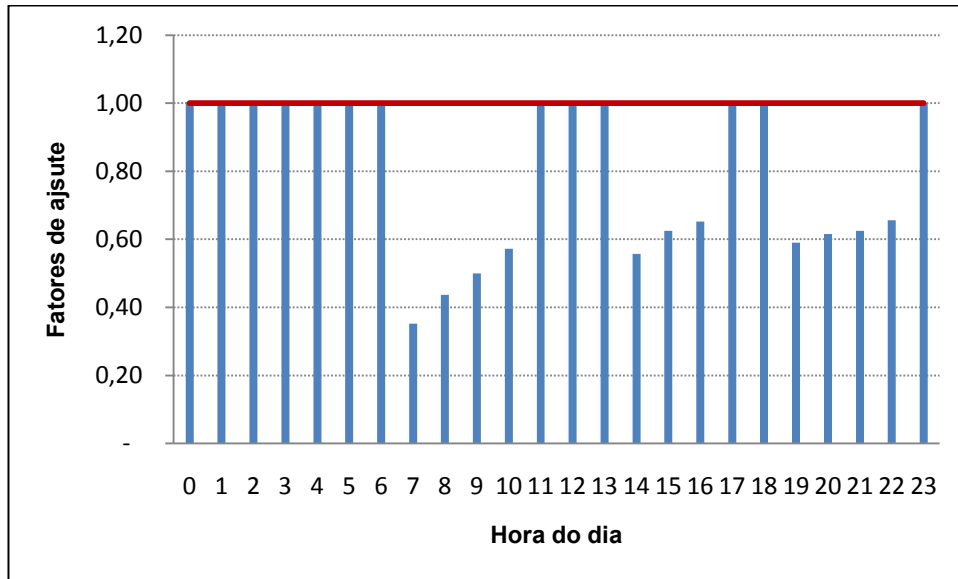


Figura 5.43 - Índices de correções estimados para outros usos - faixa de 151 a 200 kWh

Fonte: Elaboração própria

Pode-se verificar que as curvas resultantes com a aplicação destes fatores estimados, resultaram numa melhora na curva estimada (curva verde da Figura 5.44). Por fim, como na faixa anterior, este ajuste não foi tão bom como nos aparelhos individuais.

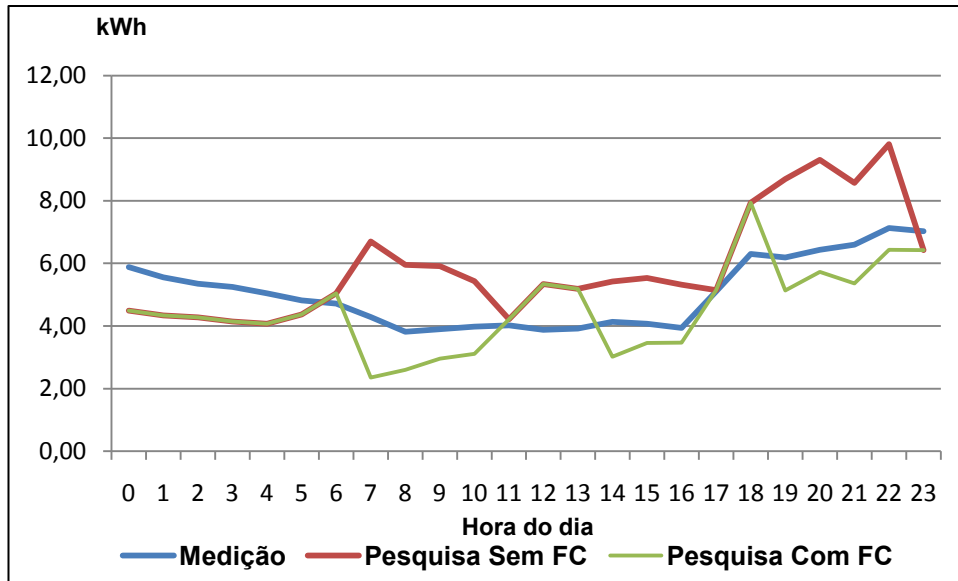


Figura 5.44 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Outros usos fx 151-220 kWh – 34 casos

Fonte: Elaboração própria

5.5.6.3.

Outros usos - faixa de consumo de 221 a 400 kWh (32 casos)

Como nos casos anteriores de agregação por faixa de consumo, a curva de carga da faixa de consumo que vai de 221 a 400 kWh está superestimada no horário que vai de 6:00 às 23:00 horas, como pode ser notado na figura 5.17. Aplicando a metodologia a estes dados, chega-se aos fatores de correção conforme Quadro 5.19 e Figura 5.45. O resultado mostra que não ha necessidade de reajustes nos horários de 6:00, 11:00, 17:00 e 23:00 horas.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,42 | 1,41 | 1,33 | 1,34 | 1,23 | 1,16 | 1,00 | 0,51 | 0,42 | 0,39 | 0,59 | 1,00 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 0,75 | 0,75 | 0,56 | 0,57 | 0,33 | 1,00 | 0,73 | 0,75 | 0,63 | 0,77 | 0,59 | 1,00 |

Quadro 5.19 - Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa de 221 - 400 kWh)

Fonte: Elaboração própria

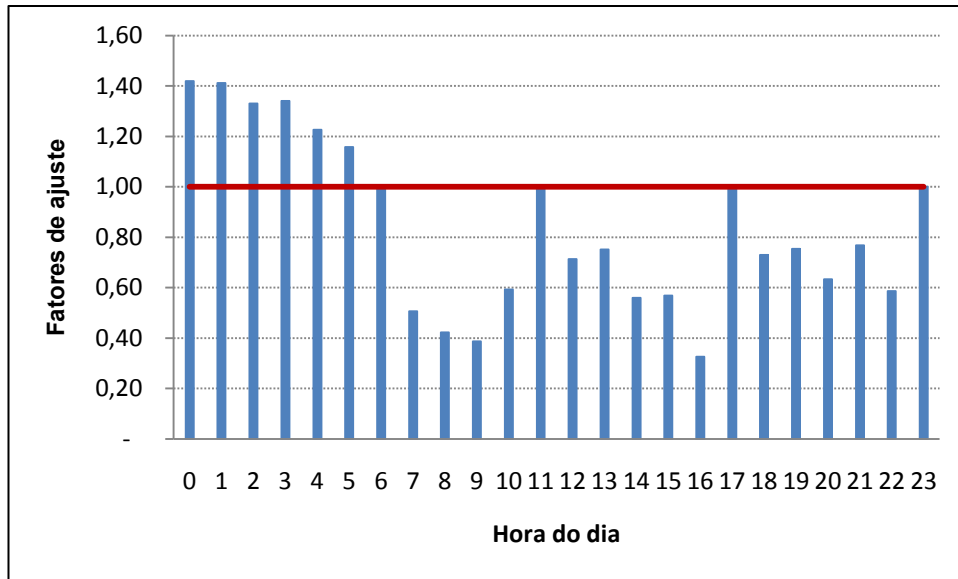


Figura 5.45 - Índices de correções estimados para outros usos - faixa de 221 a 400 kWh

Fonte: Elaboração própria

Os fatores de correção melhoraram as estimativas, mas também fazem com que esta curva, na maior parte das vezes, seja subestimada em relação à curva de medição (azul). (Figura 5:46)

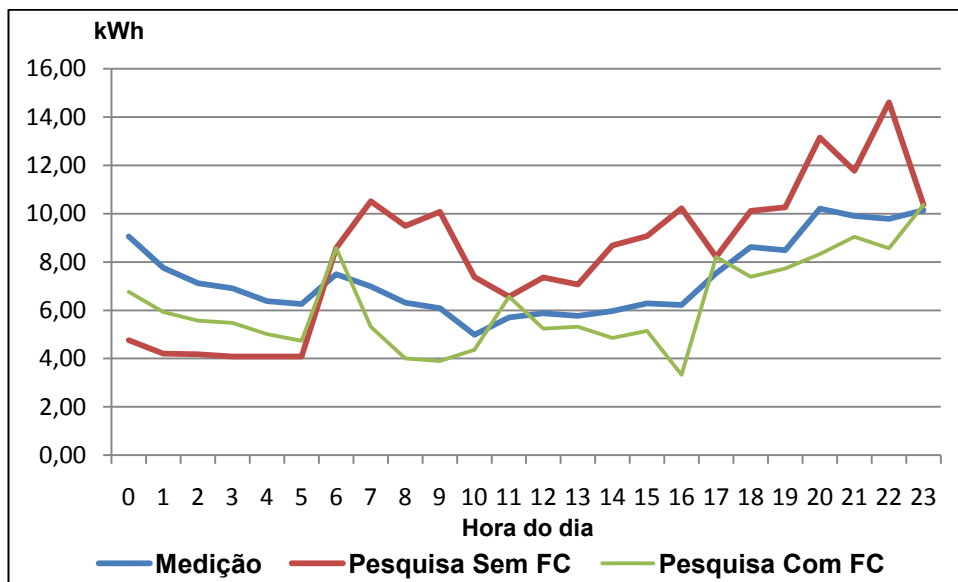


Figura 5.46 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Outros usos fx 221-400kWh – 32 casos.

Fonte: Elaboração própria

5.5.6.4. Outros usos - faixa de consumo maior do que 400 kWh (27 casos)

Finalmente, como em casos anteriores de outros usos, nesta faixa de consumo maior do que 400 kWh, a curva de carga declarada está superestimada no horário que vai 5:00 às 23:00 horas, conforme pode ser visto na Figura 5.18,. Aplicando a metodologia, pode-se notar no Quadro 5.20 e Figura 5.47, que o fator de correção é igual a 1 nos horários de 0:00 às 5:00 horas da manhã, conseqüentemente, não precisando de reajustes neste horários.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,56 | 0,30 | 0,49 | 0,61 | 0,59 | 0,76 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 0,75 | 0,72 | 0,71 | 0,73 | 0,56 | 0,71 | 0,71 | 0,45 | 0,57 | 0,59 | 0,70 | 0,49 |

Quadro 5.20 - Fatores de ajustes – otimização (Outros usos- faixa maior do que 400 kWh)

Fonte: Elaboração própria

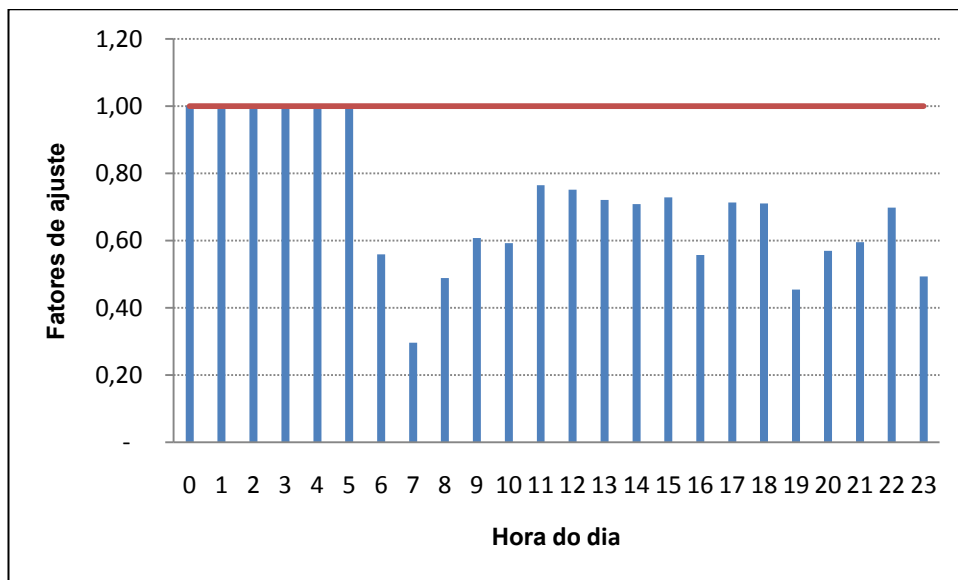


Figura 5.47 - Índices de correções estimados para outros usos - faixa maior do que 400 kWh

Fonte: Elaboração própria

Como em casos anteriores, nesta faixa de consumo, a curva de carga declarada foi melhorada com a aplicação dos fatores de

correção. Mesmo assim, ela está sistematicamente abaixo da curva medida (curva azul) em todos os horários do dia.. Pode-se notar ainda, no gráfico da Figura 5.48, que no horário de 7:00 horas, há a correção de um elevado pico na curva da PPH que foi corrigido pelo fator de correção estimado (0.30).

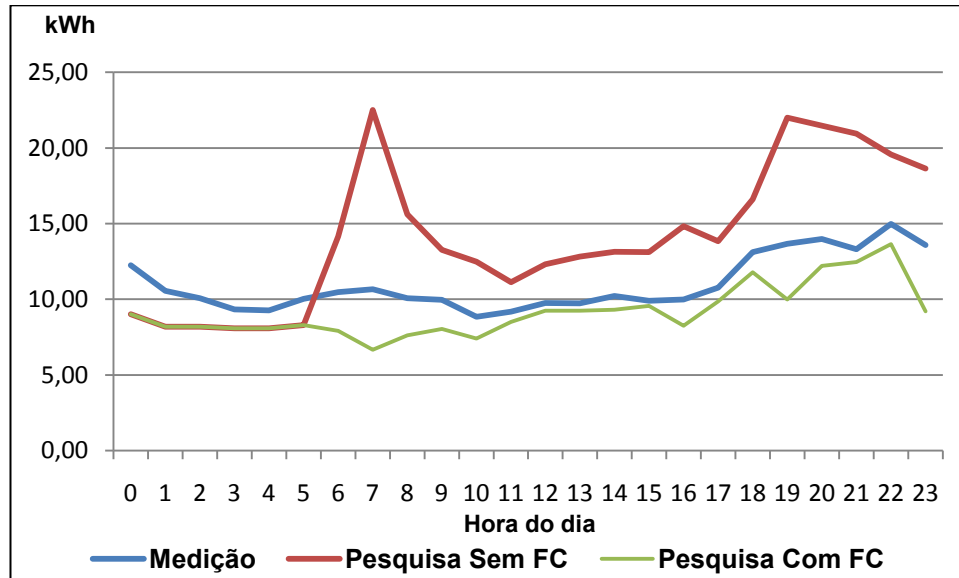


Figura 5.48 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Outros usos fx >400kWh – 27 casos

Fonte: Elaboração própria

5.5.7. Curva de carga total (120 clientes)

No caso da curva de carga total, aplicou-se a metodologia para gerar os coeficientes de ajuste que corrigem o envoltório da curva de carga gerada pela PPH. Isto é possível pelo fato de ter sido feita a medição do consumo total da residência pelo SAGA 2000. A figura 5.20 mostra a média das curvas medidas e das envoltórias das PPHs dos 120 clientes do experimento. Verifica-se por esta figura, que há uma superestimação da curva declarada média nos horários que vão de 6:00 às 23:00 horas e uma subestimação desta curva nos horários de 0:00 às 5:00 horas. Os fatores estimados para cada hora através

do procedimento de otimização produziu os fatores de correção da envoltória PPH mostrado no quadro 5.21 e Figura 5.49. Nota-se que o fator de correção é maior que 1 nos horários que vão de 0:00 às 5:00 horas, pois havia uma subestimação da pesquisa, como mencionado anteriormente. E, ainda em três horários de 6:00, de 16:00 às 17:00 e 23:00 horas, o fator de correção não melhorou a estimativa que da curva declarada.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| hora | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| β (otimizado) | 1,32 | 1,32 | 1,43 | 1,38 | 1,35 | 1,14 | 1,00 | 0,46 | 0,62 | 0,65 | 0,68 | 0,75 |
| hora | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| β (otimizado) | 0,60 | 0,69 | 0,81 | 0,74 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 0,58 | 0,56 | 0,68 | 0,64 | 1,00 |

Quadro 5.21 - Fatores de ajustes – otimização (Total)

Fonte: Elaboração própria

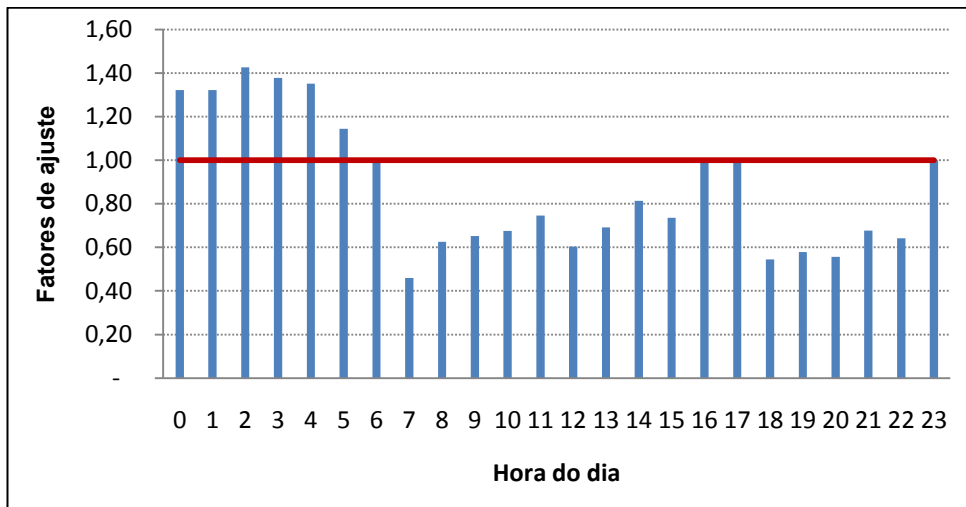


Figura 5.49 - Índices de correções estimados para a curva de carga total

Fonte: Elaboração própria

A aplicação destes fatores de correção estimados à curva declarada resultou numa melhora na curva estimada (curva verde da Figura 5.50). Evidentemente, o objetivo deste trabalho é gerar fatores de correção para os principais usos finais de uma residência. Isto foi obtido com relativo sucesso para os seis aparelhos considerados neste estudo.

Os fatores de correção gerados nesta seção, têm como finalidade ajustar as curvas de carga de uma residência qualquer obtida por uma PPH (envoltória total da curva por aparelho), aproximando esta envoltória que são as declarações de uso, do valor real de consumo, obtido pela medição do consumo total do domicílio.

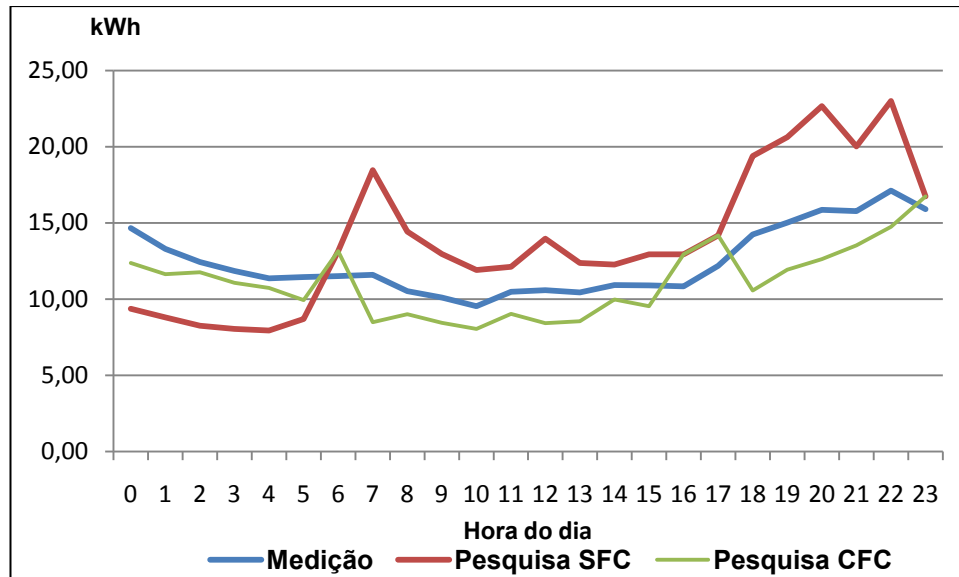


Figura 5.50 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para Todos os aparelhos – 120 clientes

Fonte: Elaboração própria

5.6. Comparação das metodologias

Nesta seção é apresentada uma análise do desempenho das abordagens desenvolvidas nesta dissertação. Para tal, foram consideradas isoladamente as 3 possibilidades de geração de curvas de carga via declaração de PPH, a saber:

- (1) SFC, curva gerada pelas declarações de uso dos usos finais sem a aplicação de qualquer coeficiente de ajuste.
- (2) CFC, curva gerada pela aplicação dos fatores de correção da curva de carga total (seção 5.5.7) aplicados diretamente à envoltória da curva de carga total gerada pela declaração de uso.

(3) CFC – Soma: curva de carga gerada pela aplicação dos fatores de correção de cada aparelho medido, adicionados à contribuição dos “outros” corrigidos pelos fatores de correção da faixa de consumo a qual pertence o consumidor.

Estas três curvas são comparadas com as curvas medidas pelo medidor SAGA2000 instalado logo após o medidor eletromecânico do consumidor. Os resultados são comparados considerando a média destas curvas na amostra medida & pesquisada (120 clientes). Os resultados destas curvas de carga geradas são mostradas na Figura 5.51 abaixo. Vê-se pelas curvas de carga geradas pelas três possibilidades acima que a CFC – Soma (curva verde) parece se aproximar mais da curva verdadeira (i.e. a curva medida – curva em azul).

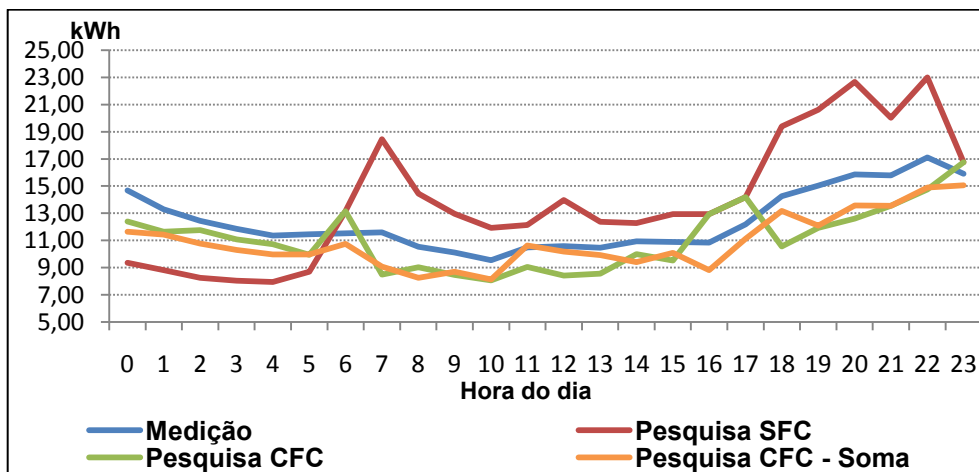


Figura 5.51 - Curvas de cargas médias mensais declaradas, medidas, declaradas CFC (SOLVER), declaradas CFC-Soma (SOLVER) (hxx) – 120 clientes

Fonte: Elaboração própria

Os resultados mostrados na Figura 5.51 são apresentados de outra forma no Quadro 5.22 abaixo. São mostrados os desvios hora a hora das três curvas (SFC, CFC e CFC – Soma) em relação à curva medida (médias de todos os clientes pesquisados), bem como o desvio percentual absoluto médio de cada uma delas. Corroborando o

que já foi constatado na Figura 5.51 vê-se que o ajuste pela opção 3ª coluna (CFC – Soma) fornece um melhor ajuste, especialmente no horário de ponta do sistema.

| Hora | Desvio SFC | Desvio CFC | Desvio CFC Soma |
|------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| 0 | -36,2% | -15,6% | -20,7% |
| 1 | -33,7% | -12,4% | -14,0% |
| 2 | -33,6% | -5,4% | -13,4% |
| 3 | -32,2% | -6,6% | -13,1% |
| 4 | -30,1% | -5,6% | -12,3% |
| 5 | -24,1% | -13,2% | -12,9% |
| 6 | 14,1% | 14,1% | -6,8% |
| 7 | 59,2% | -26,7% | -21,7% |
| 8 | 37,2% | -14,3% | -21,6% |
| 9 | 28,3% | -16,4% | -13,9% |
| 10 | 24,9% | -15,6% | -14,8% |
| 11 | 15,8% | -13,7% | 1,5% |
| 12 | 32,0% | -20,4% | -3,9% |
| 13 | 18,4% | -18,2% | -5,1% |
| 14 | 12,3% | -8,7% | -14,0% |
| 15 | 18,8% | -12,5% | -7,5% |
| 16 | 19,2% | 19,2% | -18,8% |
| 17 | 16,4% | 16,4% | -8,6% |
| 18 | 36,0% | -25,9% | -7,6% |
| 19 | 37,2% | -20,6% | -19,6% |
| 20 | 42,9% | -20,4% | -14,3% |
| 21 | 26,9% | -14,2% | -14,1% |
| 22 | 34,3% | -13,9% | -13,0% |
| 23 | 5,3% | 5,3% | -5,3% |
| Desvio absoluto | 27,9% | 14,8% | 12,4% |

Quadro 5.22 - Comparação dos desvios entre as curvas estimadas pela PPH com e sem fator de correção e as curvas medidas

Fonte: Elaboração própria

Finalmente, apresenta-se no Quadro 5.23, o resumo dos coeficientes de ajustes estimados que foram aplicados às curvas de cargas declaradas por PPH, que originaram as análises constantes do Quadro 5.22. Os coeficientes em vermelho correspondem aqueles em que a curva declarada não necessita de ajuste.

| Equipamentos "β (otimizado)" | Hora do dia | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Geladeira | 1,43 | 1,39 | 1,33 | 1,31 | 1,28 | 1,25 | 1,27 | 1,31 | 1,35 | 1,33 | 1,42 | 1,00 |
| Freezer | 1,19 | 1,19 | 1,15 | 1,16 | 1,15 | 1,12 | 1,13 | 1,11 | 1,12 | 1,15 | 1,17 | 1,18 |
| Ar condicionado | 1,95 | 2,28 | 2,44 | 2,32 | 2,25 | 2,13 | 1,55 | 1,56 | 2,04 | 1,78 | 1,53 | 1,00 |
| Chuveiro | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,29 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 1,00 | 0,28 | 1,00 |
| TV | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,85 | 0,85 | 1,00 | 1,00 |
| Máquina de lavar | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,45 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| Outros usos - Faixas 0 a 150 kWh | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,23 | 0,44 | 0,49 | 0,41 | 0,47 |
| Outros usos - Faixas 151 a 220 kWh | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,35 | 0,44 | 0,50 | 0,57 | 1,00 |
| Outros usos - Faixas 221 a 400 kWh | 1,42 | 1,41 | 1,33 | 1,34 | 1,23 | 1,16 | 1,00 | 0,51 | 0,42 | 0,39 | 0,59 | 1,00 |
| Outros usos - Faixas > 400 kWh | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,56 | 0,30 | 0,49 | 0,61 | 0,59 | 0,76 |
| Total - todos os agregados | 1,32 | 1,32 | 1,43 | 1,38 | 1,35 | 1,14 | 1,00 | 0,46 | 0,62 | 0,65 | 0,68 | 0,75 |

| Equipamentos "β (otimizado)" | Hora do dia | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| Geladeira | 1,03 | 1,06 | 1,03 | 1,02 | 1,04 | 1,03 | 1,06 | 1,04 | 1,05 | 1,04 | 1,04 | 1,47 |
| Freezer | 1,21 | 1,22 | 1,27 | 1,27 | 1,26 | 1,22 | 1,23 | 1,21 | 1,21 | 1,18 | 1,20 | 1,18 |
| Ar condicionado | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,07 | 1,21 | 1,31 | 1,54 |
| Chuveiro | 0,20 | 0,13 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,24 | 0,25 | 0,27 | 0,31 | 0,32 | 0,31 | 1,00 |
| TV | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| Máquina de lavar | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Outros usos - Faixas 0 a 150 kWh | 0,43 | 0,52 | 0,62 | 0,48 | 0,52 | 0,65 | 0,19 | 0,56 | 0,57 | 0,73 | 0,36 | 1,00 |
| Outros usos - Faixas 151 a 220 kWh | 1,00 | 1,00 | 0,56 | 0,62 | 0,65 | 1,00 | 1,00 | 0,59 | 0,62 | 0,63 | 0,66 | 1,00 |
| Outros usos - Faixas 221 a 400 kWh | 0,75 | 0,75 | 0,56 | 0,57 | 0,33 | 1,00 | 0,73 | 0,75 | 0,63 | 0,77 | 0,59 | 1,00 |
| Outros usos - Faixas > 400 kWh | 0,75 | 0,72 | 0,71 | 0,73 | 0,56 | 0,71 | 0,71 | 0,45 | 0,57 | 0,59 | 0,70 | 0,49 |
| Total - todos os agregados | 0,60 | 0,69 | 0,81 | 0,74 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 0,58 | 0,56 | 0,68 | 0,64 | 1,00 |

Quadro 5.23 - Coeficientes de ajustes ótimos estimados pelo SOLVER

Fonte: Elaboração própria

Simulação de uma curva estimada pela PPH com o fator de correção (SOLVER) de um cliente da concessionária Ampla no horário de verão (Simulador PPH Ampla – 2012).

- Curva estimada pela PPH, Figura 5.52:

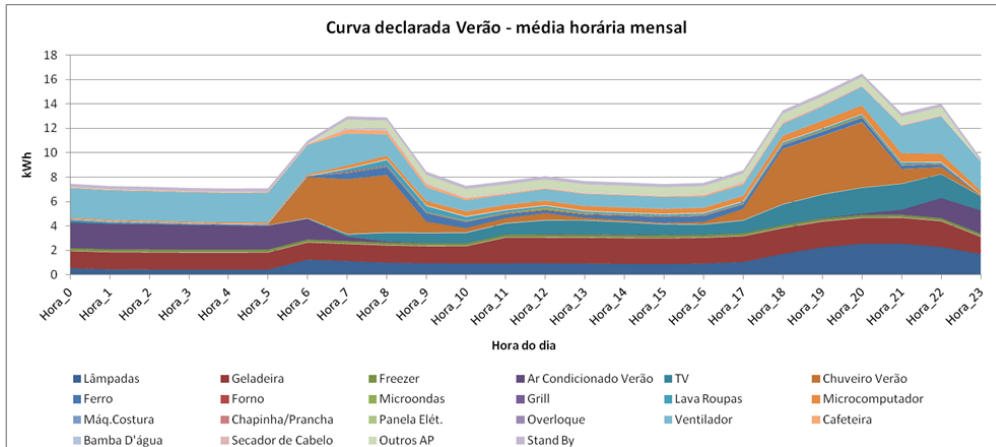


Figura 5.52 - Curvas de cargas médias mensais declaradas (hxh) para um cliente Ampla - verão

Fonte: Elaboração própria

- Curva estimada pela PPH com fator de correção (SOLVER), Figura 5.53:

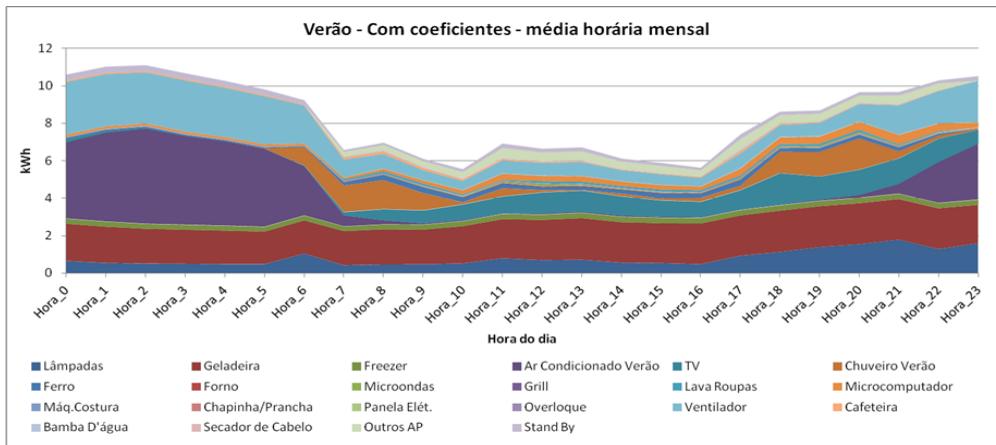


Figura 5.53 - Curvas de cargas médias mensais declaradas CFC (SOLVER) (hxh) para um cliente Ampla – verão.

Fonte: Elaboração própria

6. Conclusões e Recomendações

Um dos grandes desafios que as distribuidoras de energia elétrica brasileiras tiveram que enfrentar com a liberalização do setor, foi a necessidade de mudança radical do seu relacionamento com os consumidores atendidos na BT. Até as privatizações, este relacionamento era bastante impessoal; o cliente BT consumia, era faturado por este consumo, recebia a sua fatura pelo correio e efetuava o pagamento do mesmo, normalmente pela rede bancária. Com as privatizações destas distribuidoras, o regulador passou a exigir das distribuidoras um atendimento aos seus clientes com modicidade tarifária e, principalmente, com qualidade.

A não observância destas exigências implica em penalização para as distribuidoras através de redução nas tarifas controladas pelo regulador. Dessa forma, esta grande “massa cinzenta” de consumidores atendidos na BT (que correspondem a mais de 99% dos clientes cadastrados de uma distribuidora), passa a ter uma atenção especial por parte das distribuidoras com o advento das privatizações. Por outro lado, para implementar esta mudança de comportamento, era necessário que as distribuidoras tivessem um conhecimento mínimo de como estes seus clientes utilizavam o seu “produto vendido” (energia elétrica), que tipo de usos finais eles mantinham, qual era o hábito de uso dos mesmos e quais as suas atitudes em relação ao uso deste produto, entre outros. Este conhecimento era bastante dificultado pela forma que o uso do produto energia é mensurado para estes clientes através dos medidores eletromecânicos, que não têm memória de massa, que permitam um conhecimento mais detalhado de como é a utilização deste produto por parte dos clientes.

Com o intuito de fornecer um instrumento que pudesse ser utilizado pelas distribuidoras para amenizar estes problemas, o PROCEL, em conjunto com o NEC (Núcleo de Estatística Computacional) da PUC-Rio, sob a coordenação do Prof Reinaldo C. Souza, desenvolveu e implementou o procedimento descrito no capítulo 3 desta dissertação, conhecido como PPH (Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos). Esta parceria, formalmente iniciada na década de 90, é mantida até os dias de hoje. Através destas PPHs, as distribuidoras passam a ter um conhecimento mais preciso dos equipamentos existentes nos lares e estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços de seus clientes atendidos na BT. Estas informações são de fundamental importância para que a distribuidora possa ter uma idéia mais clara do seu mercado, das tendências de crescimento do mesmo e assim permitir acurar melhor as projeções de evolução do consumo em suas respectivas áreas de concessão. Estes dados são também bastante úteis na especificação de projetos de eficiência energética e de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) que as concessionárias são obrigadas pelo regulador a desenvolver para seus clientes BT.

Além da importante informação da posse média de TODOS os usos finais de um estabelecimento BT, as PPHs permitem também a estimação do perfil horário da curva de carga destes clientes BT por aparelho, conforme mostrado nos capítulos anteriores. Entretanto, em função da imprecisão das declarações de uso dos equipamentos elétricos, estas curvas são, naturalmente, uma aproximação da curva de carga real do cliente, que só poderia ser obtida com precisão caso a medição do consumo do cliente utilizasse medidores eletrônicos com memória de massa, o que ainda não é a realidade do país.

Dessa forma, a imprecisão destas curvas obtidas pelas PPHs se constituiu na motivação maior desta dissertação. Com efeito, o objetivo central do trabalho foi o desenvolvimento de um algoritmo com base estatística que fornecesse estimativas de fatores de correção horários para os principais usos finais; fatores estes que quando aplicados às curvas geradas pelas declarações das PPHs

tornariam estas curvas mais próximas das correspondentes curvas reais. Para atingir este objetivo, foi montado um experimento com uma amostra de 120 domicílios da distribuidora Ampla que tiveram medidos os seus consumos totais e dos principais usos finais (geladeira, freezer, ar condicionado, chuveiro elétrico, TV e máquina de lavar) através de medidores eletrônicos com memória de massa durante 1 semana completa (O mesmo experimento foi também feito na outra distribuidora do grupo – Coelce, porém, nesta dissertação só estão sendo reportadas as estimativas dos coeficientes de ajuste da Ampla). Estes mesmos clientes foram também submetidos à auditoria da PPH, gerando assim as curvas declaradas dos aparelhos e da envoltória total do consumo. A comparação hora a hora destas duas curvas permitiu a obtenção destes coeficientes de ajustes. Os resultados das curvas ajustadas confrontadas com as curvas medidas, mostrou-se ganho substancial do procedimento proposto. Com efeito, para os 120 clientes residenciais do experimento, a discrepância média entre as curvas declaradas e medidas (com e sem fatores de correção) caiu de 27.8% para 12.4%, o que é uma evidência da eficácia da metodologia proposta (o fluxograma desta metodologia desenvolvida na dissertação é mostrado no Apêndice II). Dessa forma, pode-se concluir que os objetivos estabelecidos para esta dissertação foram alcançados com sucesso. Com efeito, através das informações das PPHs de 2100 clientes obteve-se estimativas atualizadas das posses de todos usos finais nas duas distribuidoras (objetivo secundário). Já o objetivo principal da dissertação, foi alcançado utilizando a sub-amostra de 120 clientes que, além das PPHs tiveram também seus consumos medidos pelos medidores eletrônicos. A comparação das PPHs e medições, com o apoio de um modelo estatístico, resultaram nos coeficientes de ajuste, objetivo maior deste trabalho.

Como sugestões para continuidade desta linha de investigação pode-se citar:

- 1) Incrementar o número de medições / PPHs, especialmente daqueles usos finais que tiveram baixa

representatividade na amostra (freezers, máquinas de lavar e chuveiros). Este aumento do tamanho da amostra levará à estimativas mais precisas ainda dos fatores obtidos neste trabalho

2) Desenhar um experimento específico para o chuveiro elétrico, considerando medições em intervalos de 5 em 5 minutos (ao invés de 15 em 15 minutos do experimento desta dissertação). Com isto, o problema de tempo de banho (que é, em geral inferior aos 15 minutos utilizados no projeto) não resultará em curvas medidas suavizadas em excesso, conforme visto neste estudo.

3) Com o aumento de amostras conforme recomendado acima (item 1), seria possível segmentar mais os fatores de ajustes dos aparelhos. Por exemplo, fatores de correção para geladeiras de 1 porta e de 2 portas.

4) Incluir outros usos finais que não puderam ser considerados neste estudo (por razões estritamente econômicas), tais como, fornos micro-ondas, microcomputadores, impressoras, liquidificadores, batedeiras, entre outros.

Referências bibliográficas

[1] Resolução da ANELL nº 395 de 15/12/2009. Disponível em www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009395.pdf. Acessado em 20/01/2013.

[2] VERGARA, S., **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 6ª edição. Rio de Janeiro. Atlas, 2005.

[3] Energia Elétrica BRASIL: Ministério de Minas. Disponível em: www.mme.gov.br/.../Energia/Resumo_Informativo_Portal_MME. Acesso em 15.01.2013.

[4] A Eletrobrás e a história do setor de Energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro, centro de Memória da eletricidade no Brasil, 1995. ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: Breve histórico, centro de Memória da Eletricidade no Brasil, 1995.

[5] HISTÓRICO DO SETOR ELÉTRICO – NEOENERGIA –INSTITUCIONAL, 2008. Disponível em: www.neoenergia.com/section/histórico-setor-elétrico.asp. Acesso em 15.01.2013.

[6] TIPLER, Paul A. & MOSCA, Gener P., **Física para cientistas e engenheiros 5ª edição Rio de Janeiro. LTC, 2006**.

[7] MUSEU LIGHT. Disponível em: www.museulight.com.br>Biblioteca>Material de apoio. Acesso em 09.01.2013.

[8] WIKIPEDIA – A enciclopédia livre. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_renovável. Acesso em 16.01.2013.

[9] WIKIPEDIA – A enciclopédia livre. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_não_renovável. Acesso em 16.01.2013.

[10] Balanço Energético Nacional 2012. BEN. Ano base 2011. Disponível em: http://ben.epe.gov.br/downloads/relatorio_final-2012.pdf. Acesso em 17.01.2013.

[11] PORTER, Michael E. **Vantagens Competitiva: oriundo e sustentando um desempenho superior**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

[12] Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em 17.01.2013.

[13] Ministério de Minas e energia - MME. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso em 10.01.2013.

[14] COPEL Pura energia. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel>. Acesso em 14.01.2013.

- [15] SANTANA, Eduardo Alves, **Economia dos Custos de Transação e a Reforma na Indústria** - Núcleo de Economia da Energia UFSC. 1999.
- [16] Associação Brasileira Distribuidores de Energia Elétrica - ABRADDEE. Disponível em: www.abradee.gov.br. Acesso em 17.01.2013.
- [17] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Disponível em: www.aneel.gov.br. Acesso em 15.01.2013.
- [18] Distribuição Portal Brasil. Disponível em: www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/setor-eletrico/distribuicao. Acesso em 19.01.2013.
- [19] Companhia Paraense de Energia. Disponível em: www.copel.com/hpcopel/redsub. Acessado em 24/01/2013.
- [20] Wikipedia - Medidor de Energia Elétrica. Disponível em: http://PT.wikipedia.org/wiki/medidor_de_energia_eletrica. Acesso em 18.01.2013.
- [21] Nansen. Produtos Medidores. Disponível em: http://www.nansen.com.br/produtos_medidores. Acessado em 19/01/2013.
- [22] Portal - Ampla. Disponível em: <http://www.ampla.com>. Acessado em 30/01/2013.
- [23] Medidor Powersave. BRE Brazil Electronics Indústria e Comércio de Produtos Eletrônicos Ltda.
- [24] Potenza – Solução em Economia de Energia. Disponível em: <http://www.potenza-rio.com.br/port/produtos.htm>. Acessado em 25/01/2013.
- [25] Pesquisa de Mercado. Disponível em: http://www.wikipedia.org/wiki/Pesquisa_de_mercado. Acessado em 24/01/2013.
- [26] Pesquisa de Posse e Hábitos - Procel Info. Disponível em: www.procelinfo.com.br/pph/index.htm. Acessado em 22/08/2012.
- [27] Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Pesquisa de Posse e Hábitos de consumo. Ano base 2005. Classe Residencial. Relatório Brasil, Julho 2007.
- [28] Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética – Procel Info. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>. Acessado em 25/01/2013.
- [29] MALHOTRA, Naresh. **Pesquisa de marketing, uma orientação aplicada**. 4ª edição. Porto Alegre: Bookman 2006.
- [30] 2002 - IBGE-Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/pnad2002. Acessado em 17.01.2013.
- [31] NETO, Costa, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

[32] FONSECA, J.S., & MARTINS, G.A., **Curso de Estatística**, Atlas, 6 edição, 2011.

[33] Material de Estatística - Prof. Reinaldo Castro Souza. Mestrado em Metrologia - Puc-Rio.

[34] SOUZA, R.C., PINHO, J.A., FROTA, M.N., **Estimativa de curvas de cargas de clientes residenciais por uso final via auditoria energética e medições**. Artigo apresentado e publicado nos Anais do ERPO 2010 (Encontro Regional de Pesquisa Operacional), Rio de Janeiro, RJ, Outubro, 2010.

[35] Portal - Coelce. Disponível em: <http://www.coelce.com>. Acessado em 31/01/2013.

[36] SOUZA, R.C., VALENÇA, A., PINHO, J.A., DANTAS, B. & MUSAFIR, J.R., **Desenvolvimento de coeficientes de ajustes das declarações de pesquisas de clientes para a estimativa e simulação do consumo por uso final dos consumidores**. Artigo apresentado e publicado nos Anais do XX SENDI (Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica), Rio de Janeiro, RJ, Outubro, 2012.

Apêndice I - Especificação do Banco de dados - PPH

1- Requisitos

Os dados devem ser armazenados em um banco de dados escolhido de acordo com a conveniência da concessionária, podendo ser Access, SQL Server, ORACLE, PostgreSQL entre outros. Estes dados devem ser disponibilizados e entregues à ANEEL no formato do próprio banco de dados utilizado, e também em formato “.txt”, com separação das colunas por ponto e vírgula e com casas decimais separadas por vírgula.

2- Formatos

O banco de dados é dividido em 18 tabelas, conforme o quadro da tabela abaixo. Cada uma destas tabelas compreende um grupo de dados advindos de perguntas do questionário. Todas as tabelas do banco de dados devem ser criadas no formato matriz, ou seja, apresentar informações de cada questionário (ou consumidor/entrevistado) em uma única linha, alocando as suas devidas respostas em cada uma das colunas a serem especificadas.

| Tabelas |
|-----------------------------|
| Tab_00_principal |
| Tab_01_12_Moradores |
| Tab_03_01a_Iluminação |
| Tab_03_01b_Iluminação |
| Tab_03_01c_Iluminação |
| Tab_03_01d_Iluminação |
| Tab_04_02_Geladeira |
| Tab_05_02_Freezer |
| Tab_06_02_Ar_condicionado |
| Tab_06_02a_Ar_condicionado |
| Tab_06_02b_Ar_condicionado |
| Tab_07_02_Televisores |
| Tab_07_03_Televisores |
| Tab_08_01_Eletrrodomesticos |
| Tab_08_02_Eletrrodomesticos |
| Tab_08_03_Eletrrodomesticos |
| Tab_09_08_Chuveiros |
| Tab_09_09_Chuveiros |

Quadro de tabelas do banco de dados de uma PPH.

Todas as perguntas que não se referem à descrição ou consumo de um determinado aparelho, ou ainda que não se referem às informações dos moradores do domicílio, estão concentradas na tabela “Tab_00_Principal. Em alguns casos, uma única questão do questionário é dividida em mais de uma tabela no banco de dados. Isso ocorre devido à grande quantidade de informações levantadas, geralmente apresentada no questionário como um quadro. Lembrando que como as tabelas estão em formato de matriz fica impossibilitado de se construir uma única tabela para alguns casos, devido à enorme quantidade de colunas.

3- Especificações

Este item irá especificar resumidamente o conteúdo de cada uma das tabelas que compõem o banco de dados.

- Tabela (Tab_00_Principal)

Compreende às seguintes questões do questionário: Hora de início da entrevista, Nº do questionário, Questões 1.1 à 1.11; 2.1 à 2.8; 3.2 e

3.3; 4.1 e 4.3; 5.1; 6.1 e 6.4; 7.1; 9.1 à 9.5; 9.8; 10.1 à 10.4; 11.1 à 11.6. Para criação desta tabela, utilizou-se como critério a letra Q antes do número da questão, exemplo: Q1_1, Q1_2 e assim por diante.

- Tabela (Tab_01_12_Moradores)

Tabela referente aos dados das pessoas que residem no domicílio (questão 1.11 no questionário), especificando o NOME DO MORADOR, CONDIÇÃO NO DOMICILIO, IDADE, SEXO, NIVEL DE INSTRUÇÃO E A PARTE DO DIA QUE O MORADOR PERMANECE NO DOMICÍLIO. Para criação do banco de dados, utilizou-se como critério de nomeação o termo REF para designar cada um dos moradores do domicílio: onde REF1 significa morador 1, REF2 morador 2, REF3 morador 3, etc. O restante da nomenclatura foi adotado como dito anteriormente, ou seja, o número da questão. Exemplo para o morador 1: REF1_1_12_1 a REF1_1_12_5, REF1_1_12_6_M, REF1_1_12_6_T, REF1_1_12_6_N, estes três últimos separa Manhã, Tarde e Noite.

- Tabelas de ILUMINAÇÃO

Tabela referente às características e hábito de uso de lâmpadas no domicílio, cuja questão é a 3.1. Devido à grande quantidade de dados nesta questão, foi necessário dividir a mesma em 5 tabelas. Segue abaixo uma breve descrição de cada uma delas.

- Tabelas (Tab_03_01a_Iluminação)

Nesta tabela encontram-se os cômodos: “Sala de Estar, Jantar e TV” até “Quarto 3”. Para criação do banco de dados, utilizou-se como critério o nome do cômodo e suas respectivas colunas, exemplo: Sala1_tip (tipo de lâmpada), Sala1_tot (total de lâmpadas), Sala1_eve (total de lâmpadas com o uso eventual), Sala1_0 à Sala1_23 (horário de uso das lâmpadas), e assim por diante.

- Tabelas (Tab_03_01b_Iluminação)

Nesta tabela encontram-se os cômodos: “Quarto 4” até “Banheiro 3”. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério o nome do cômodo e suas respectivas colunas, exemplo: Q4_1_tip (tipo de lâmpada), Q_1_tot (total de lâmpadas), Q_1_eve (total de lâmpadas com o uso eventual), Q_1_0 à Q_1_23 (horário de uso das lâmpadas), e assim por diante.

- Tabelas (Tab_03_01c_Iluminação)

Nesta tabela encontram-se os cômodos: “Corredores” até “Garagem”. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério o nome do cômodo e suas respectivas colunas, exemplo: CORRE1_1_tip (tipo de lâmpada), CORRE1_1_tot (total de lâmpadas), CORRE1_1_eve (total de lâmpadas com o uso eventual), CORRE1_1_0 à CORRE1_1_23 (horário de uso das lâmpadas), e assim por diante.

- Tabelas (Tab_03_01d_Iluminação)

Nesta tabela encontram-se os cômodos: “Área externa” até “Outros”. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério o nome do cômodo e suas respectivas colunas, exemplo: AEXT1_1_tip (tipo de lâmpada), AEXT1_1_tot (total de lâmpadas), AEXT1_1_eve (total de lâmpadas com o uso eventual), AEXT1_1_0 à AEXT1_1_23 (horário de uso das lâmpadas), e assim por diante.

- Tabela (Tab_04_02_Geladeira)

Tabela referente aos dados de refrigeradores no domicílio, cuja questão é a 4.2. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: REF1_4_2_1, onde REF significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: REF1_4_2_1 a REF1_4_2_7.

- Tabela (Tab_05_02_Freezer)

Tabela referente aos dados de freezers no domicílio, cuja questão é a 5.2. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: REF1_5_2_1, onde REF significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: REF1_5_2_1 a REF1_5_2_6.

- Tabelas de CONDICIONADOR DE AR

Tabelas referentes às características e hábitos de uso de condicionadores de ar no domicílio, cuja questão é a 6.2 e 6.3. Abaixo segue uma breve descrição de cada uma delas.

- Tabela (Tab_06_02_Ar_condicionado)

Tabela referente aos dados de características dos condicionadores de ar no domicílio, cuja questão é 6.2. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: REF1_6_2_1, onde REF significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adotou o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: REF1_6_2_1 a REF1_6_2_8.

- Tabela (Tab_06_03a_Ar_condicionado e Tab_06_03b_Ar_condicionado)

Tabelas referentes aos hábitos de uso de acordo com o clima do ar condicionado no domicílio, cuja questão é a 6.3. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: REF1_V_6_3_1, onde REF significa a referência do aparelho, as letras V, I e PO significam as estações representadas no item 6.3.1; e o restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: REF1_V_6_3_2, REF1_V_6_3_3_E a REF1_V_6_3_3_23.

- Tabelas de TELEVISORES

Tabelas referentes às características e hábitos de uso dos televisores presentes no domicílio, cuja questão é a 7.2 e 7.3. Segue abaixo uma breve descrição de cada uma delas.

- Tabela (Tab_07_02_Televisores)

Tabela referente aos dados de características dos aparelhos televisores presentes no domicílio, cuja questão é a 7.2. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: REF1_7_2_1, onde REF significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: REF1_7_2_1 a REF1_7_2_5.

- Tabela (Tab_07_03_Televisores)

Tabela referente aos dados de horários de uso dos aparelhos de televisão no domicílio, cuja questão é a 7.3. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: Tv1_E, Tv1_0 a Tv1_23, onde Tv significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o horário de uso do aparelho, sendo “E” o horário eventual. Exemplo: Tv1_E, Tv1_0, Tv1_1, Tv1_2 ate Tv1_23.

- Tabelas de OUTROS ELETRODOMÉSTICOS

Tabelas referentes às características e hábitos de uso de outros eletrodomésticos presentes no domicílio, cuja questão é a 8.1 e 8.2. Segue abaixo uma breve descrição de cada uma delas.

- Tabela (Tab_08_01_Eletrodomésticos)

Tabela referente aos dados de posses e hábitos de uso dos aparelhos eletrônicos no domicílio, cuja questão é a 8.1. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: AP1, onde AP significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: AP1_8_1_1 a AP1_8_1_4.

- Tabela (Tab_08_02_Eletrodomésticos)

Devido a grande quantidade de informações, o quadro 8.2 presente no questionário foi separado em duas tabelas, que possuem a mesma estrutura, onde a Tab_08_02_Eletrrodomésticos apresenta os aparelhos eletrônicos de 1 a 7 do quadro 8.2 e a Tab_08_03_Eletrrodomésticos apresenta os aparelhos eletrônicos de 8 a 13 do mesmo quadro.

Para criação do banco de dados, utilizou-se como critério de nomeação: AP1, onde AP significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: AP1_8_2_1 a AP1_8_2_4, e AP1_8_2_5_E a AP1_8_2_5_23 para os horários de uso dos mesmos, sendo a letra “E” considerada como uso horário eventual.

- Tabelas de CHUVEIROS ELÉTRICOS

Tabelas referentes às características e hábitos de uso dos chuveiros elétricos presentes no domicílio, cuja questão é a 9.6 e 9.7. Segue abaixo uma breve descrição de cada uma delas.

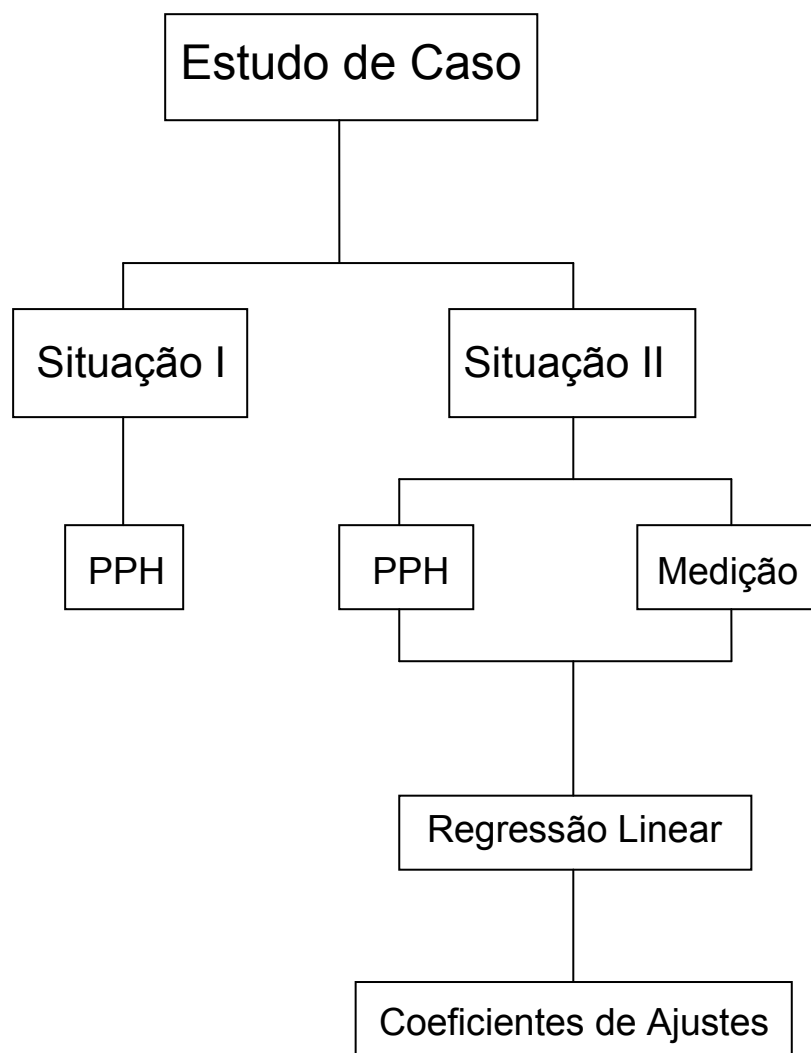
- Tabela (Tab_09_08_Chuveiros)

Tabela referente a características dos chuveiros, cuja questão é a 9.6. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: REF1_9_6_1, onde REF significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e assim por diante. Exemplo: REF1_9_6_1 a REF1_9_6_3, e REF1_9_6_4_V, REF1_9_6_4_I, REF1_9_6_4_PO considerando as estações do ano (Verão, Inverno e Primavera/Outono).

- Tabela (Tab_09_09_Chuveiros)

Tabela referente aos hábitos de uso dos chuveiros, cuja questão é a 9.7. Para criação do banco de dados utilizou-se como critério de nomeação: REF1_9_7_E, REF1_9_7_0 a REF1_9_7_23, onde REF significa a referência do aparelho. O restante da nomenclatura adota o próprio número da questão e o horário de uso, assim por diante.

Apêndice II - Fluxograma do Estudo de Caso



Apêndice III - Instrumento de Coleta de dados – PPH

PESQUISA DE POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS E HÁBITOS DE CONSUMO QUESTIONÁRIO RESIDENCIAL - BT

Bom dia (tarde/noite), meu nome é _____ e sou um pesquisador da PUC do Rio de Janeiro e estamos realizando uma pesquisa de campo para um projeto desenvolvido pelo IEPUC (Instituto de Energia da PUC), sobre o perfil e hábitos de consumo de energia dos clientes da AMPLA/COELCE. Gostaria de saber se você teria disponibilidade para uma entrevista, que deve durar cerca de 30 minutos.

O objetivo do projeto é ceder informações que possam melhorar os serviços prestados pelas concessionárias de Energia Elétrica.

Posso entrevistá-lo(a)?

HORA DE INÍCIO DA ENTREVISTA: _____ : _____

CONCESSIONÁRIA: 1. AMPLA 2. COELCE

NÚMERO DO CLIENTE: _____

FAIXA DE CONSUMO DO CLIENTE (kWh):

1. 0 a 80 2. 80 a 150 3. 150 a 220 4. 220 a 400 5. 400+

1. CARACTERIZAÇÃO DO DOMICÍLIO

1.1 – QUANTIDADE DE PESSOAS QUE MORAM NO DOMICÍLIO: _____

1.2 – O RELÓGIO (MEDIDOR) SERVE SÓ A ESTE DOMICÍLIO?

1. SIM 2. NÃO 99. NÃO SABE / NR

1.3 – QUANTO TEMPO VOCÊS (FAMÍLIA) MORAM NESTE DOMICÍLIO? ANOS MESES

1.4 – QUAL O TEMPO APROXIMADO DE CONSTRUÇÃO DO IMÓVEL? ANOS NS/NR

1.5 – ITENS DE CONFORTO FAMILIAR:

| ITENS | QUANTIDADE |
|---------------------|------------|
| BANHEIRO | |
| AUTOMÓVEL | |
| EMPREGADA DOMÉSTICA | |

2. POSSES E HÁBITOS DE USO DE LÂMPADAS

2.1 – CARACTERÍSTICAS E HÁBITOS DE USO:

| TIPO DE CÔMODO | LÂMPADAS | | QUANTIDADE DE LÂMPADAS ACESAS POR PERÍODO (EVENTUAL X HABITUAL) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------|----------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | Total | Tipo (1) | E | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | |
| Sala de estar, Jantar e TV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quarto 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quarto 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quarto 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quarto 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Banheiro 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Banheiro 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Banheiro 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corredores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sala/Cozinha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Área de Serviço | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sala Externa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Outras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CHAMADA: (1)

(1) INCANDESCENTE 25W

(2) INCANDESCENTE 40W

(3) INCANDESCENTE 60W

(4) INCANDESCENTE 100W

(5) INCANDESCENTE 150W

(6) FLUORESCENTE TUBULAR 20W

(7) FLUORESCENTE TUBULAR 40W

(8) FLUORESCENTE COMPACTA 3W

(9) FLUORESCENTE COMPACTA 9W

(10) FLUORESCENTE COMPACTA 11W

(11) FLUORESCENTE COMPACTA 13W

(12) FLUORESCENTE COMPACTA 15W

(13) FLUORESCENTE COMPACTA 20W

(14) FLUORESCENTE COMPACTA 25W OU MAIS

(15) FLUORESCENTE CIRCULAR 22W

(16) FLUORESCENTE CIRCULAR 32W

(17) DICRÓICA

(18) OUTRO

NOTA: (1) Na sala e na copa/cozinha deve ser verificada a potência na própria lâmpada, nos demais cômodos essa medida pode ser feita por declaração.

(2) Se não for possível identificar um horário habitual de uso marque o número de lâmpadas na coluna referente a uso eventual "E".

3. POSSES E HÁBITOS DE USO DOS PRINCIPAIS ELETRODOMÉSTICOS

3.1 – QUANTIDADE DE REFRIGERADORES (GELADEIRAS) NO DOMICÍLIO: _____

3.2 – SELECIONE OS 3 PRINCIPAIS REFRIGERADORES DO DOMICÍLIO E PREENCHA AS CARACTERÍSTICAS DE CADA UM, NA TABELA ABAIXO:

| REF. | 3.2.1 TIPO DE APARELHO (VER CARTÃO 1) | 3.2.2 UTILIZAÇÃO 1-uso permanente 2-desligado | | 3.2.3 POSIÇÃO DO TERMOSTAT O 1-mínimo 2-médio 3-máximo | | | 3.2.4 IDADE DO APARELHO (em anos) | 3.2.5 PROBLEMAS OCORRIDOS NOS ÚLTIMOS 12 MESES (*) | | | | | |
|------|---|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|----|
| | CÓDIGO | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 99 |
| 2 | | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 99 |
| 3 | | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 99 |

Pode ser marcado mais de 1 problema ocorrido

CHAMADA: (*) (1) MOTOR COM DEFEITO OU RUIDO EXCESSIVO (3) CONGELADOR FAZENDO GELO DEMAIS OU DE MENOS
(2) PORTA COM DIFICULDADE PARA FECHAR (4) OUTROS PROBLEMAS
(5) NÃO OCORREU NENHUM PROBLEMA (99) NÃO SABE/NR

- TABELA PARA PREENCHIMENTO CASO O ENTREVISTADO NÃO TENHA ENCONTRADO O REFRIGERADOR NO CARTÃO

| REF. | 3.2.11 MARCA | 3.2.12 MODELO | 3.2.13 QTD PORTAS | 3.2.14 QTD LITROS | 3.2.15 CONSUMO MÉDIO | 3.2.16 POTÊNCIA |
|------|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

3.3 – QUANTIDADE DE FREEZERS NO DOMICÍLIO: _____

3.4 – SELECIONE OS 3 PRINCIPAIS FREEZERS DO DOMICÍLIO E PREENCHA AS CARACTERÍSTICAS DE CADA UM, NA TABELA ABAIXO:

| REF. | 3.4.1 TIPO DE APARELHO (VER CARTÃO 2) | 3.4.2 UTILIZAÇÃO 1-uso permanente 2-uso parte do dia 3-ligo eventualmente 4-desligado | | | | 3.4.3 IDADE DO APARELHO (em anos) |
|------|---|--|---|---|---|---|
| | CÓDIGO | | | | | |
| 1 | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 2 | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 3 | | 1 | 2 | 3 | 4 | |

- TABELA PARA PREENCHIMENTO CASO O ENTREVISTADO NÃO TENHA ENCONTRADO O FREEZER NO CARTÃO

| REF. | 3.4.11 MARCA | 3.4.12 MODELO | 3.4.13 TIPO 1-vertical 2-horizontal | 3.4.14 QTD LITROS | 3.4.15 CONSUMO MÉDIO | 3.4.16 POTÊNCIA |
|------|-----------------|------------------|--|----------------------|-------------------------|--------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

3.5 – QUANTIDADE DE CONDICIONADORES DE AR NO DOMICÍLIO: _____

3.6 – SELECIONE OS 4 PRINCIPAIS CONDICIONADORES DE AR DO DOMICÍLIO E PREENCHA AS CARACTERÍSTICAS DE CADA UM, NA TABELA ABAIXO:

| REF. | 3.6.1 TIPO DE APARELHO (VER CARTÃO 3) | 3.6.2 TIPO 1-janela 2-split | 3.6.3 IDADE DO APARELHO (em anos) | 3.6.4 ESTE CÔMODO RECEBE SOL? | | | 3.6.5 CONTROLE REMOTO | | 3.6.6 STAND-BY | |
|------|--|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-----|-----------------------------|-----|-------------------|-----|
| | 3.6.1 CÓDIGO | | | M | T | SIM | SIM | NÃO | SIM | NÃO |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |

- TABELA PARA PREENCHIMENTO CASO O ENTREVISTADO NÃO TENHA ENCONTRADO O AR CONDICIONADO NO CARTÃO

| REF. | 3.6.11 MARCA | 3.6.12 MODELO | 3.6.13 TIPO 1-janela 2-split 3-portátil | 3.6.14 QTD BTU'S | 3.6.15 CONSUMO MÉDIO | 3.6.16 POTÊNCIA |
|------|-----------------|------------------|---|---------------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |

3.7 – HÁBITOS DE USO DE ACORDO COM O CLIMA NOS DIAS DE SEMANA E FINAIS DE SEMANA.

| AP. | 3.7.1 USA O APARELHO NOS MESES DE..... (MARQUE UM "X") | 3.7.2 GRAU DE UTIL (1) | 3.7.3 TEMPO DE USO POR PERÍODO (marque um "X") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | E | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 1 | VERÃO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PRI/OUT () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | INVERNO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | VERÃO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PRI/OUT () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | INVERNO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | VERÃO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PRI/OUT () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | INVERNO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | VERÃO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PRI/OUT () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | INVERNO () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CHAMADA: (1) (1) GRANDE – UTILIZA MAIS DE 4 VEZES POR SEMANA (2) MÉDIA – DE 1 A 3 VEZES POR SEMANA
(3) REGULAR – DE 1 A 3 VEZES POR MÊS (4) PEQUENA – MENOS DE 1 VEZ POR MÊS
(5) NUNHUMA – NÃO UTILIZA
NOTA: NÃO CONSIDERAR O PERÍODO EM QUE O CONDICIONADOR É UTILIZADO APENAS NA VENTILAÇÃO.

3.8 – QUANTIDADE DE TELEVISORES NO DOMICÍLIO: _____

3.9 – SELECIONE OS 5 PRINCIPAIS TELEVISORES DO DOMICÍLIO E PREENCHA AS CARACTERÍSTICAS DE CADA UM NA TABELA ABAIXO:

| REF. | 3.9.1 TIPO DE APARELHO (VER CARTÃO 4) | 3.9.2 ESTIMATIVA DE IDADE DO APARELHO (em anos) | 3.9.3 GRAU DE UTILIZAÇÃO (*) | | | | | 3.9.4 STAND BY | |
|------|--|--|---------------------------------------|---|---|---|---|-------------------|-----|
| | 3.9.1 CÓDIGO | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | SIM | NÃO |
| 1 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 2 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 3 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 4 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 5 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |

CHAMADA: (*) (1) GRANDE – UTILIZA DE 5 A 7 VEZES POR SEMANA (2) MÉDIA – DE 1 A 4 VEZES POR SEMANA
(3) REGULAR – DE 1 A 3 VEZES POR MÊS (4) PEQUENA – MENOS DE 1 VEZ POR MÊS
(5) NUNHUMA – NÃO UTILIZA

- TABELA PARA PREENCHIMENTO CASO O ENTREVISTADO NÃO TENHA ENCONTRADO A TELEVISÃO NO CARTÃO

| REF. | 3.9.11 MARCA | 3.9.12 POLEGADAS | 3.9.13 TIPO 1-convencional 2-LCD 3-Plasma 4-LED | 3.9.14 CONSUMO MÉDIO | 3.9.15 POTÊNCIA |
|------|-----------------|---------------------|--|----------------------------|--------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

3.10 – HORÁRIOS DE USO DOS APARELHOS DE TV DE ACORDO COM O DIA DA SEMANA.

| DIAS | Nº REF | 3.10 HORÁRIOS DE USO DOS APARELHOS DE TV (marque um "X") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| DIAS DE SEMANA | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SÁBADO | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DOMINGO | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5. OUTRAS INFORMAÇÕES SOBRE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

5.1 – PRETENDE COMPRAR ALGUM ELETRODOMÉSTICO NOS PRÓXIMOS SEIS MESES, PARA ESTE DOMICÍLIO; CASO SUA RENDA AUMENTE?

1. SIM – (PREENCHA TABELA ABAIXO IDENTIFICANDO NO **CARTÃO 6**)
 2. NÃO [vá para 5.3] 99. NÃO SABE / NR [vá para 5.3]

| | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

5.2 – CASO PRETENDA COMPRAR ALGUM DESTES ELETRODOMÉSTICOS, SENDO QUE JÁ POSSUA OUTRO DENTRO DE CASA, QUAL O DESTINO QUE VAI SER DADO PARA O ANTIGO?

| APARELHO | DESTINO | | | | |
|--------------------|------------|-----------------|--------|-------------------|----------|
| | JOGAR FORA | DAR PARA ALGUÉM | VENDER | FICAR COM OS DOIS | NÃO SABE |
| 1. GELADEIRA | | | | | |
| 2. AR CONDICIONADO | | | | | |
| 3. FREEZER | | | | | |
| 4. APARELHO DE SOM | | | | | |

CASO NÃO PRETENDA COMPRAR NENHUM DESTES CITADOS (JÁ POSSUINDO OUTRO DENTRO DE CASA), PULAR PARA A PRÓXIMA QUESTÃO

5.3 – NESTE DOMICÍLIO É FEITO ALGUM TIPO DE TRABALHO PARA SER COMERCIALIZADO? (VEJA NO **CARTÃO 7)**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

CASO NÃO SEJA FEITO NENHUM TIPO DE TRABALHO COM FIM COMERCIAL, VÁ PARA O ITEM 5.5.

5.4 – QUAIS SÃO OS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS UTILIZADOS NESTE(S) TRABALHO(S)? (IDENTIFIQUE OS EQUIPAMENTOS NO **CARTÃO 6)**

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

5.5 – EM QUE FAIXA VOCÊ CLASSIFICARIA A RENDA MÉDIA TOTAL DO SEU DOMICÍLIO?

1. 1 (R\$ 510) 5. 4 a 5 (R\$ 1.661 a 2.075) 9. 15 a 20 (R\$ 6.226 a 8.300)
 2. 1 a 2 (R\$ 510 a 830) 6. 5 a 7 (R\$ 2.076 a 2.905) 10. 20 a 30 (R\$ 8.301 a 12.450)
 3. 2 a 3 (R\$ 831 a 1.245) 7. 7 a 10 (R\$ 2.906 a 4.150) 11. 30 a 40 (R\$ 12.451 a 16.600)
 4. 3 a 4 (R\$ 1.246 a 1.660) 8. 10 a 15 (R\$ 4.151 a 6.225) 12. 40 (R\$ 16.601)
 99. NÃO SABE / NR

5.6 – LISTE AS PESSOAS QUE MORAM NESTE DOMICÍLIO, ESPECIFICANDO GRAU DE PARENTESCO OU RELAÇÃO COM O(A) CHEFE DA FAMÍLIA, IDADE, SEXO, NÍVEL DE INSTRUÇÃO E PERÍODO HABITUAL DE PERMANÊNCIA NO DOMICÍLIO:

| 8.7.1 NOME DO MORADOR | 8.7.2 CONDIÇÃO NO DOMICÍLIO (1) | 8.7.3 IDADE | 8.7.4 SEXO | 8.7.5 NÍVEL DE INSTRUÇÃO (2) | 8.7.6 EM QUE PARTE DO DIA O MORADOR PERMANECE NO DOMICÍLIO? | | | |
|--------------------------|---|----------------|---------------|---------------------------------------|--|-------|-------|-----------|
| | | | M=1 F=2 | | Manhã | Tarde | Noite | Madrugada |
| 1) | | | | | | | | |
| 2) | | | | | | | | |
| 3) | | | | | | | | |
| 4) | | | | | | | | |
| 5) | | | | | | | | |
| 6) | | | | | | | | |
| 7) | | | | | | | | |
| 8) | | | | | | | | |
| 9) | | | | | | | | |
| 10) | | | | | | | | |

CHAMADA: (1)

(1) CHEFE DA FAMÍLIA
(2) CÔNJUGE/COMPANHEIRO(A)
(3) FILHO

(4) OUTRO PARENTE
(5) AGREGADO
(6) PENSIONISTA

(7) EMPREGADO DOMÉSTICO
(8) PARENTE DE EMPREGADO
(9) HÓSPEDE

CHAMADA: (2)

(1) ANALFABETO
(2) ATÉ PRIMÁRIO INCOMPLETO
(3) ATÉ GINASIAL INCOMPLETO
(4) ATÉ COLEGIAL INCOMPLETO

(5) ATÉ SUPERIOR INCOMPLETO
(6) CURSO SUPERIOR COMPLETO
(99) NS/NR

OBS.1: Hoje a terminologia é ensino fundamental (1ª a 9ª série) e ensino médio (1ª a 3ª série do 2º grau)

OBS.2: Criança de até 7 anos, é considerada no nível de instrução, como primário incompleto

6. IDENTIFICAÇÃO:

6.1 – ENTREVISTADOR: _____

6.2 – ENTREVISTADO: _____

6.3 – ENDEREÇO: _____

6.4 – BAIRRO: _____ **6.5 – MUNICÍPIO:** _____

6.6 – TELEFONE: _____ **6.7 – DATA DA ENTREVISTA:** ____/____/____

6.8 - ESSA PESQUISA FOI CONTRATADA PELA SUA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA. O SR.(A) ACEITARIA A INSTALAÇÃO DE UM MEDIDOR DE ENERGIA POR 1 SEMANA AQUI NO SEU DOMICÍLIO PARA QUE POSSAMOS INTENSIFICAR AS NOSSAS ANÁLISES?

1. SIM, RUBRICAR DE ACORDO: _____

2. NÃO