



XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Thales Augusto de Oliveira Ramos	Peterson da Costa Paiva	Iloneide Carlos de Oliveira Ramos
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	Companhia Energética do Rio Grande do Norte	Universidade Federal do Rio Grande Norte
thales.ramos@cosern.com.br	peterson.paiva@cosern.com.br	iloneide@ufrnet.br

Manoel Firmino de Medeiros Junior	Estefane George Macedo de Lacerda	Samir Pontes Ramos
Universidade Federal do Rio Grande Norte	Universidade Federal do Rio Grande Norte	Universidade Federal do Rio Grande Norte
firmino@dca.ufrn.br	estefanegeorge@hotmail.com	samir_pontes@hotmail.com

Determinação de frequência e tempo médio de utilização de equipamentos de instalações residenciais para fins de pós-faturamento

Palavras-chave

Hábitos de consumo
Perdas comerciais
Redes Neurais
Resolução 414/2010-ANEEL

Resumo

Através de levantamento de dados nos TOIs aplicados pela COSERN, em clientes residenciais fraudadores, observou-se que os fatores de carga e de demanda que serviam de base para o cálculo do ressarcimento não refletiram o verdadeiro consumo de energia elétrica dos fraudadores, após a aplicação do processo de regularização. Dessa forma, busca-se uma nova metodologia para melhorar significativamente essa estimativa, de maneira que a cobrança da energia fraudada, com base na legislação vigente, seja a mais justa possível, para as partes. O acompanhamento realizado pela COSERN tem demonstrado que, usando os

fatores de carga e de demanda tradicionais, conforme definidos na literatura, o consumidor paga, costumeiramente, por valores de consumo menores que os realizados, após a regularização. Isso pode significar uma perda de recuperação de receita para a Concessionária, favorecendo negativamente os indicadores de perdas comerciais.

1. Introdução

A alínea c do inciso IV do artigo 72, da Resolução 456/2000-ANEEL define que os fatores de carga e de demanda devem ser obtidos a partir de consumidores com atividades similares. No entanto, como já afirmamos, observamos que a similaridade encontrada nas tabelas de aplicação atuais, para muitos casos, não refletem os verdadeiros fatores de carga e de demanda dos clientes da COSERN, possivelmente, por influência da metodologia utilizada na época de sua elaboração ou, simplesmente, pela mudança de posse e hábitos de consumo atual da população. A construção de um modelo de solução deve se fundamentar na correlação entre equipamentos das instalações dos consumidores, hábitos de uso desses equipamentos e os valores registrados de consumo de consumidores de perfis semelhantes. Buscando solucionar essa deficiência e a inexistência de uma ferramenta de suporte à decisão, propõe-se utilizar nova correlação, que será estabelecida por meio de uma estrutura de Rede Neural Artificial, treinada e validada através de dados coletados em pesquisa de campo, bem como de dados reais obtidos do sistema de faturamento, caracterizando um sistema multirrelacional único.

Durante o ano de 2008, foram gerados 3614 TOIs na COSERN, dos quais, em torno de 30 por cento foram enquadrados na alínea c do inciso IV do artigo 72, da Resolução 456/2000-ANEEL. A ausência de uma ferramenta baseada em uma metodologia cientificamente fundamentada tem levado a equipe técnica, responsável pelo cálculo do consumo fraudado, a utilizar critérios simplistas, levando certamente a estimativas que não refletem o consumo real. Dessa forma, a ferramenta a ser desenvolvida encontrará grande aplicabilidade para substituir a metodologia até então empregada e poderá ser adotada para gerar ferramentas semelhantes para todo setor elétrico nacional, de acordo com as peculiaridades regionais e locais. Embora não se possam extrapolar os valores dos fatores de carga e de demanda para todo o território nacional, a metodologia apresentada neste trabalho será aplicável para consumidores residenciais de qualquer área de concessão, pois apenas estimativas de consumo serão abordadas.

Os benefícios, tanto para a concessionária, quanto para o consumidor, consistem em dispor de uma ferramenta capaz de definir de forma adequada e justa, através de uma metodologia científica, os valores substitutivos de consumo não medidos, para fins de faturamento, reduzindo os pontos de conflito no desdobramento do TOI. Outro ponto relevante da metodologia proposta é a transparência e conhecimento do Órgão Regulador da aplicação dos valores faturados na recuperação da receita fraudada, tendo como base uma ferramenta originada de uma técnica de decisão consolidada, que é a aplicação de múltiplas bases em uma rede neural.

Em um período de 12 meses, os TOIs enquadrados na alínea c do inciso IV do artigo 72, da Resolução 456/2000-ANEEL, apresentaram uma diferença estimada, entre o faturamento efetivo após a regularização da infração e o faturamento do consumo devido (conforme metodologia de estimativa empregada à época, pela COSERN), da ordem de R\$ 780 mil. Salienta-se que, a estimação do consumo foi, por vezes, inferior ao consumo após a regularização e, outras vezes, superior a esse consumo. A aplicação de uma ferramenta de suporte à geração dos novos valores deverá reduzir esse desvio, tornando essa cobrança mais justa.

2. Desenvolvimento

Objetivos atualizados

Através de levantamento de dados nos TOIs aplicados pela COSERN, em clientes residenciais fraudadores, observou-se que os fatores de carga e de demanda que serviam de base para o cálculo do ressarcimento não refletiam o verdadeiro consumo de energia elétrica dos fraudadores, após a aplicação do processo de regularização. Busca-se com a nova metodologia melhorar significativamente essa estimativa, de maneira que a cobrança da energia fraudada, com base na legislação vigente, seja a mais justa possível e obtenha o reconhecimento do órgão regulador. O acompanhamento realizado pela COSERN tem demonstrado que, usando os fatores de carga e de demanda tradicionais, conforme definidos na literatura, os consumidores pagaram, na maioria das vezes, por valores de consumo menores que os realizados, após a regularização. Isso certamente correspondeu uma perda de recuperação de receita para a Concessionária, favorecendo negativamente os indicadores de perdas comerciais.

Entretanto, a resolução 456 foi extinta e, em seu lugar surgiu a resolução normativa no. 414 – 2010, que estabelece nova forma de apuração do consumo não faturado. Em lugar da forma tradicional, por meio de fatores de carga e de demanda, cuja aplicação demonstrou-se, na prática como prejudicial à Empresa, até mesmo pela forma como esses fatores eram tradicionalmente avaliados, a nova resolução estabelece uma apuração por meio da utilização de indicadores como frequência e tempo de utilização de cada equipamento existente na instalação. Dessa forma, embora o objetivo final do trabalho **não tenha sido alterado**, consistindo no desenvolvimento de uma metodologia, cuja aplicação proporcione uma recuperação **justa** da receita perdida por fraude, os parâmetros de apuração do consumo foram substituídos.

A fim de estabelecer parâmetros adequados à avaliação de consumo para pós-faturamento, torna-se importante, pois, estudar hábitos de utilização dos diversos equipamentos pertencentes à maioria das instalações residenciais. Além disso, é preciso observar as diferenças de comportamento de utilização, para diferentes grupos de consumidores. A fim de definir esses grupos, bem como seus diferentes hábitos de utilização, realizou-se uma pesquisa de hábitos, com uma quantidade significativa de consumidores, conforme se relata na seção seguinte.

Pesquisa de campo

A pesquisa foi realizada por meio de amostragem, sendo considerado como unidade amostral o consumidor da classe residencial. Conforme dados fornecidos pela COSERN em junho de 2011, dentre os 1.196.806 de consumidores havia 1.008.551 dessa classe, distribuídos de acordo com a Mesorregião do Estado do RN e o tipo de consumidor segundo a tabela a seguir.

Tabela 1. Distribuição dos Consumidores por Mesorregião e Tipo

Mesorregião	Tipo de consumidor		Total
	Residencial	Residencial baixa renda	
Agreste Potiguar	69.878	52.096	121.974
Central Potiguar	72.122	43.969	116.091
Leste Potiguar	380.075	122.968	503.043
Oeste Potiguar	171.037	96.406	267.443
Total	693.112	315.439	1.008.551

A Figura abaixo apresenta o mapa do Rio Grande do Norte dividido pelas suas quatro mesorregiões e seus

167 municípios. Os municípios estão distintos pela quantidade de consumidores residenciais em cada um, variando da menor quantidade de consumidores (mais claro no mapa) até o município com a maior quantidade de consumidores (mais escuro no mapa).

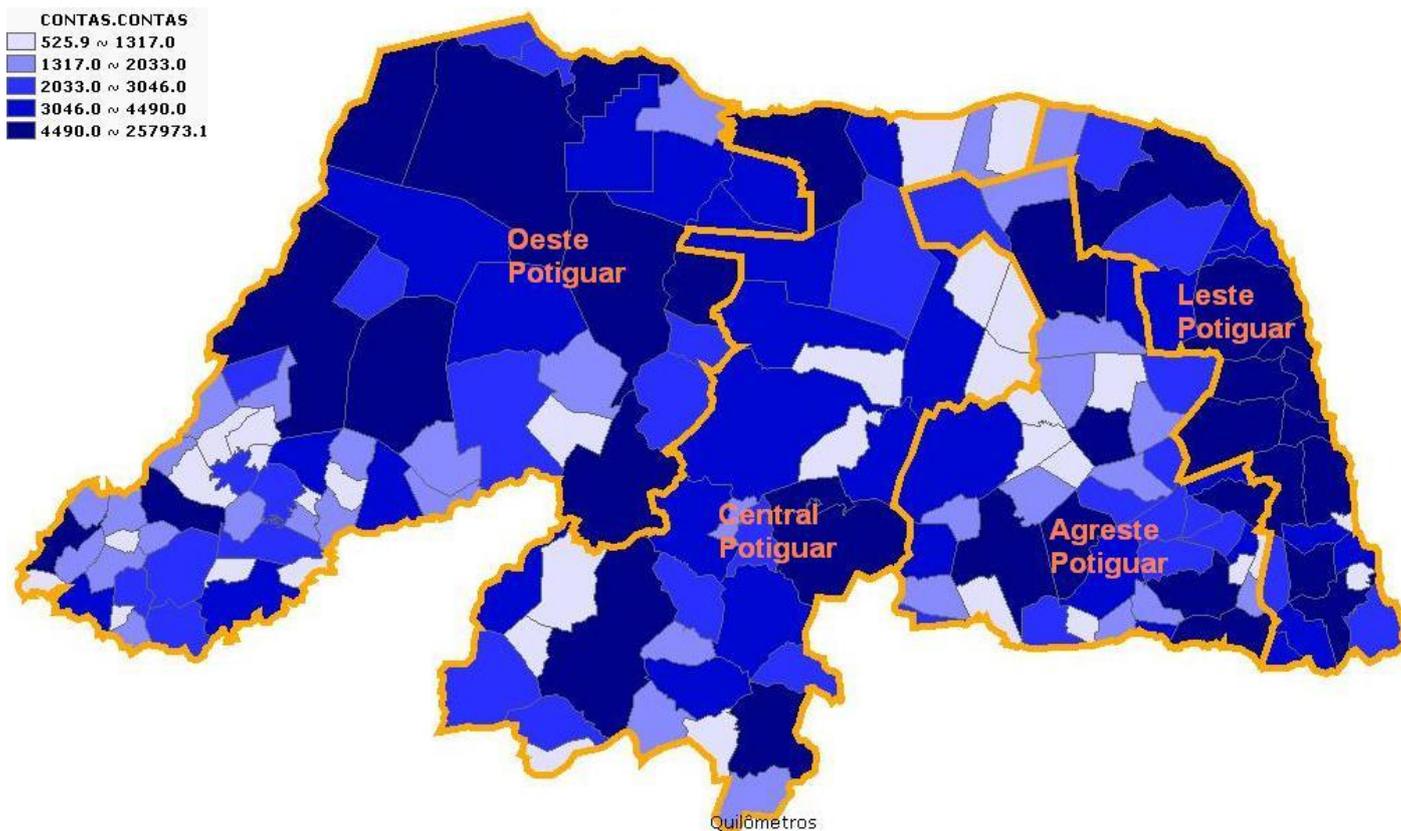


Figura 1. Mapa do Rio Grande do Norte dividido por mesorregião e municípios

Para a seleção da amostra foram considerados 16 municípios do Estado distribuídos nas quatro mesorregiões. Cada mesorregião contou com um município auto-representativo (com o maior número de consumidores) e três selecionados aleatoriamente dentre os municípios da mesorregião, de forma proporcional ao número de consumidores de cada município. Os municípios selecionados estão apresentados na Figura 2.

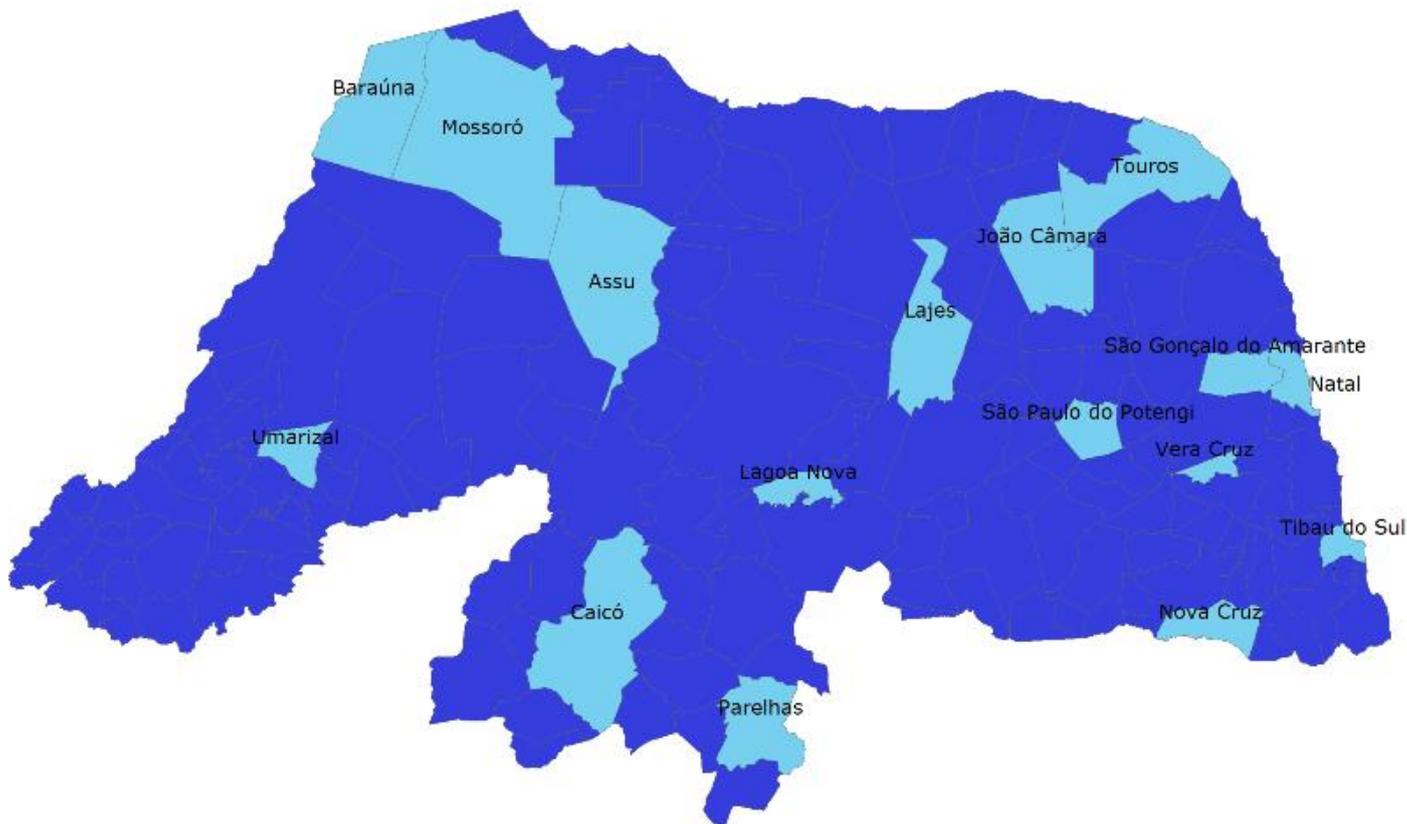


Figura 2. Mapa do Rio Grande do Norte com os municípios selecionados para a pesquisa

Decidiu-se pelo esquema de amostragem por cotas em que os estratos são considerados relevantes para representar o universo e a seleção é feita de forma proporcional ao tamanho de cada estrato no universo, observando uma cobertura espacial homogênea em cada município selecionado, de forma a garantir a representatividade do universo.

A pesquisa de campo foi, então, realizada com 944 consumidores, distribuídos proporcionalmente segundo as categorias das variáveis: município, tipo de consumidor, zona, nível de tensão e quatro faixas de consumo de forma proporcional ao universo. A distribuição dos consumidores selecionados na amostra segundo município e zona encontra-se na Tabela 2.

No questionário, além das questões referentes às variáveis da estratificação, foram consideradas questões para obtenção dos tempos médios e respectivas frequências de utilização e do número de unidades de cada equipamento doméstico. Foram listados 55 equipamentos com espaços livres para a cobertura de outros equipamentos encontrados na residência. A fim de facilitar a entrevista, as questões relativas ao tempo e à frequência de utilização dos equipamentos foram consideradas em caso de uso diário, semanal e mensal.

Tabela 2. Distribuição da Amostra por Município e Zona

Cidade	Zona		Total
	Rural	Urbana	
Assu	6	25	31
Baraúna	5	12	17
Caicó		86	86
João Câmara	10	25	35
Lagoa Nova	1	13	14
Lajes		10	10
Mossoró	12	182	194
Natal		370	370
Nova Cruz	14	42	56
Parelhas	2	18	20
São Gonçalo do Amarante	10	25	35
São Paulo do Potengi		20	20
Tibau do Sul	10	6	16
Touros	7	4	11
Umarizal	1	9	10
Vera Cruz	12	7	19
Total	90	854	944

Validação da pesquisa de campo e redimensionamento da amostra

Com o objetivo de validar as informações colhidas em campo e selecionar as entrevistas com as melhores respostas, uma estimativa de energia consumida foi realizada com os dados fornecidos por cada entrevistado. Essa estimativa foi realizada transformando o tempo médio de utilização de cada equipamento e sua respectiva frequência de utilização em horas de uso no mês, então multiplica-se essa hora pela potência ativa em kW para obter o consumo estimado em kWh de cada equipamento doméstico. A estimativa de consumo mensal é feita pelo somatório do consumo de todos os equipamentos da residência.

Com essa informação foi possível gerar um erro entre o consumo estimado com os dados da pesquisa e o consumo medido pela distribuidora no mês de outubro de 2011 (mês da pesquisa). Essa foi a medida de erro utilizada para selecionar os entrevistados que melhor responderam a pesquisa.

Baseado no consumo estimado e no consumo medido pela COSERN foi possível calcular dois tipos de erro: absoluto em kWh e o relativo em percentual de acordo com as fórmulas abaixo.

$$E_a = C_e - C_m \quad (1)$$

$$E_r = \frac{C_e - C_m}{C_m} \quad (2)$$

Em que:

E_a é o erro absoluto;

C_e é o consumo estimado;

C_m é o consumo medido; e

E_r é o erro relativo.

Após análise dos dados de erro obtidos, conclui-se que era necessário desconsiderar as entrevistas que obtiveram altos erros absolutos ou altos erros relativos. Sendo assim, a nova amostra não contará com as entrevistas que obtiveram erro absoluto maior que ± 100 kWh ou erro relativo maior que ± 30 %. Os erros obtidos para a nova amostra estão apresentados nos gráficos da Figura 3.

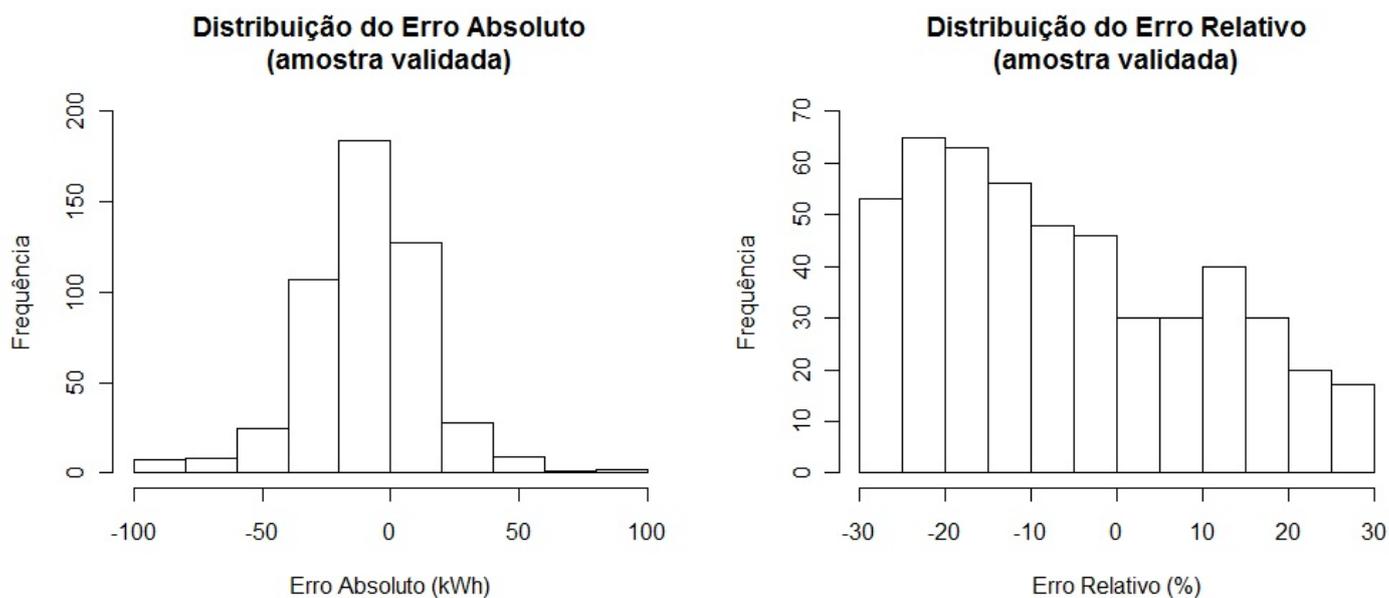


Figura 3. Erros absolutos e relativos da amostra validada

Após a exclusão das entrevistas com os maiores erros conforme definido anteriormente, a nova amostra ficou distribuída conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Distribuição da Amostra Validada por Município e Zona

Cidade	Zona		Total
	Rural	Urbana	
Assu	5	12	17
Baraúna	1	6	7
Caicó		51	51
João Câmara	9	15	24
Lagoa Nova	1	8	9
Lajes		5	5
Mossoró	10	98	108
Natal		161	161
Nova Cruz	9	28	37
Parelhas	1	10	11
São Gonçalo do Amarante	5	14	19
São Paulo do Potengi		14	14
Tibau do Sul	5	5	10
Touros	3	3	6
Umarizal	1	6	7
Vera Cruz	7	5	12
Total	57	441	498

3. Conclusões

Considerando os critérios adotados para redimensionamento do espaço amostral, verificou-se uma ótima coincidência entre os resultados da pesquisa de campo com os dados disponíveis no sistema de faturamento, para os consumidores pesquisados. A partir de uma primeira análise, verificou-se que as regiões escolhidas para dividir o espaço amostral apresentam consumidores com perfis distintos. Naturalmente, devido à quantidade de consumidores envolvidos, uma simples observação não é suficiente para definir clusters de consumidores, para aplicação de valores distintos para frequência e tempo médio de utilização dos diferentes equipamentos utilizados em unidades residenciais. Dada a responsabilidade e importância dessa decisão, torna-se importante adotar uma técnica de ajuste e decisão cientificamente consolidada. Assim, como um próximo passo da pesquisa, adotar-se-á uma Rede Neural Artificial para proceder à decisão de enquadramento do consumidor fraudador aos índices de frequência e tempo médio de utilização.

4. Referências bibliográficas

1. Estimação de Estado em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, para Avaliação das Perdas Técnicas - Projeto de P&D COSERN-UFRN, ciclo 2001-2002.
2. Estimação da Demanda de Instalações Elétricas de Edificações com Múltiplas Unidades de Consumo. - Projeto de P&D COSERN-UFRN, ciclo 2003-2004.
3. Pesquisas que resultaram na Tese de Doutorado do Prof. Marcos Antonio Dias de Almeida, PPgEE-UFRN.
4. Pesquisas que resultaram no Relatório nº 4 da UNIFACS sobre Fatores de Carga e de Demanda Típicos de Consumidores Residenciais de Baixa Tensão na Região Metropolitana de Salvador.

5. Estimativa de Perdas Comerciais através da Análise de Comportamento dos Consumidores apresentado no XIII ERIAC.
