

**MEDIDORES DE ENERGIA ATIVA: FUNCIONAMENTO, PRÁTICAS USUAIS,
PRINCIPAIS ENSAIOS E ANÁLISE DAS FRAUDES MAIS COMUNS**

Agustín Mínguez

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Aprovada por:

Prof. Alessandro Manzoni (D.Sc.)
(Orientador)

Prof. Sergio Sami Hazan (Ph.D.)

Prof. Marcos de Moura Monteiro (LIGHT / Químico)

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
FEVEREIRO DE 2007

Agradecimentos

Num abraço apertado ou num beijo emocionado, vou ao seu encontro. Dizer das alegrias que senti, dos problemas que tive, mas acima de tudo que venci. Na busca incessante da perfeição, só me resta o agradecimento, por suas mãos que me guiaram pelos caminhos do conhecimento. Queridos pais, meu carinho especial a vocês que me amam com a força de seus corações, hoje e sempre, por isso dedico esta obra a vocês, José Antonio Mínguez e Adriana Luisa Recayte.

Aos meus irmãos, Victoria, Maria Luján e Mariano, por todos os anos de dedicação e apoio, nos momentos de dificuldade que somos submetidos, os quais foram tomados como simples obstáculos necessários ao alcance do sucesso.

À minha namorada, Giany, que com sua paciência, com o sorriso amigo, a palavra de carinho e amor dedicado contribuiu das mais diversas formas para o êxito, compreendendo minhas ausências, compartilhando ideais e me incentivando a prosseguir.

Aos meus amigos, especialmente ao Diogo, Fabão, Severino, Galo, Felipe, Osama, Manel, Tete, Tatu, Mario, Roberto, Rômulo, Marcelo, Mudão, Ana, Grazi, Lorena, Vanessa, Lívia, Bruce, Adriano, Rato, Jason e ao André do Nascimento, que estiveram ao meu lado quando não havia mais ninguém e vibraram com meu sucesso, com ou quais convivi e carregou a marca da experiência comum, partamos confiantes em busca de novas lides, no exercício de nossa profissão. Que este adeus seja transformado num até breve e ressoe em nossos corações, pelo reflexo da saudade que já se faz presente. A minha amizade àqueles que me quiseram bem e o meu perdão àqueles que por motivos alheios a minha vontade, não me compreenderam.

Não poderia deixar de fora os meus companheiros de trabalho, Sergio, Marquinhos, Roldão, Rongel, Celso, Ronaldo, João, Lima, Tânia, Carlão e Alexandre, com os quais aprendi a ser uma pessoa melhor, me aperfeiçoando a cada dia como profissional.

A todos vocês meu muito obrigado.

Resumo

O medidor de energia mais empregado hoje é o do tipo indução, por sua simplicidade, robustez, exatidão e desempenho ao longo dos anos. As concessionárias têm grande interesse no perfeito e correto desempenho deste medidor, pois nele é que se repousam as bases econômicas da empresa.

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar as providências no sistema de medição direta de energia elétrica ativa para o combate à fraude. Portanto, será tema principal dessa pesquisa o medidor de energia elétrica eletromecânico do tipo indução, assim como serão abordados os diferentes tipos de indícios de fraudes nesse aparelho de medição; os métodos utilizados para a detecção da fraude; e os artifícios utilizados para dificultar essa prática.

O princípio de funcionamento do medidor eletromecânico, sua prática de uso e seus principais ensaios também são partes integrantes desse estudo visando, assim, um conhecimento básico do equipamento usado para medição e foco principal dos artifícios utilizados para a prática do furto de energia. Alguns procedimentos referentes ao recebimento do medidor pelas concessionárias de energia também são citados, sejam para medidor novo ou recuperado, apresentando tabelas de índices de detecção de irregularidades em lotes de medidores recuperados, onde podemos ver qual o tipo de furto mais utilizado.

Índice

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE MEDIDORES DE ENERGIA</u>	3
2.1 <u>DEFINIÇÕES</u>	3
2.2 <u>MEDIDORES ELETROME CÂNICOS</u>	4
2.2.1 <u>Componentes do medidor tipo indução</u>	4
2.2.2 <u>Princípio de funcionamento do medidor</u>	9
2.2.3 <u>Calibração do medidor</u>	15
2.2.3.1 <u>Verificação da constante do medidor</u>	17
2.3 <u>MEDIDORES ELETRÔNICOS</u>	17
2.3.1 <u>Princípio de funcionamento</u>	18
3. <u>PRINCIPAIS ENSAIOS E PROCEDIMENTOS</u>	19
3.1 <u>PRINCIPAIS ENSAIOS E AFERIÇÕES</u>	20
3.1.1 <u>Ensaio de exatidão</u>	20
3.1.2 <u>Marcha em vazio</u>	21
3.1.3 <u>Tensão aplicada</u>	21
3.1.4 <u>Corrente de partida</u>	22
3.1.5 <u>Exemplo de Resultados para um lote de medidores</u>	23
3.2 <u>PRINCIPAIS AJUSTES</u>	25
3.2.1 <u>Ajuste em carga nominal</u>	25
3.2.2 <u>Ajuste em carga pequena</u>	26
3.2.3 <u>Ajuste em carga indutiva</u>	28
3.3 <u>ERROS EM DECORRÊNCIA DO ENVELHECIMENTO</u>	31
3.3.1 <u>Ação do tempo</u>	31
3.3.2 <u>Desgaste das partes móveis</u>	32
3.3.3 <u>Debilitação dos ímãs</u>	33
3.4 <u>AQUISIÇÃO DOS MEDIDORES</u>	33
3.4.1 <u>Medidores vindos de fábrica ou recuperadora (ALTM)</u>	34
3.4.2 <u>Medidores vindos do campo</u>	34
4. <u>FRAUDES EM MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA</u>	38
4.1 <u>TIPOS DE FRAUDES INTERNAS</u>	38
4.2 <u>PADRÕES DE MEDIDORES PARA EVITAR AS FRAUDES</u>	39
4.2.1 <u>Padrão do medidor eletromecânico</u>	39
4.2.2 <u>Padrão do medidor eletrônico</u>	40
4.3 <u>INDÍCIOS DE FRAUDES</u>	40
4.3.1 <u>Indícios na parte externa</u>	40
4.3.2 <u>Indícios na parte interna:</u>	41
4.4 <u>TRATAMENTO DADO PELAS CONCESSIONÁRIAS</u>	41
4.5 <u>EXEMPLO DE FRAUDES DETECTADAS EM 10 LOTES INSPECIONADOS</u>	43
4.6 <u>DETALHAMENTO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE FRAUDES</u>	49
4.6.1 <u>Travamento do disco do medidor</u>	49
4.6.2 <u>Bobina do medidor desativada</u>	50
4.6.3 <u>Pontes nos bornes do medidor</u>	50

4.6.4 Manuseio do sistema de engrenagens (Registrador)	52
4.6.5 Ligação direta	54
4.7 MEDIDAS PARA DETECTAR E EVITAR FRAUDES	56
4.7.1 Tampa de vidro x Tampa de plástico	56
4.7.2 Inspeção de medidores em campo	56
4.7.2.1 Teste da constante do medidor monofásico	56
4.7.2.2 Teste da constante do medidor polifásico	58
4.7.3 Medidor com detecção de Fraudes da Genus	59
4.7.3.1 Esquemas de fraudes para teste do medidor BF4AO	60
4.8 PROCEDIMENTO APÓS A DETECÇÃO DA FRAUDE	67
4.9 QUANTIFICAÇÃO DE FRAUDES, INADIMPLÊNCIAS E SEUS CLIENTES	69
4.9.1 Quantificação dos clientes e seus respectivos consumos	69
4.9.2 Segmentação de perdas por Regionais e Classes sociais	71
5. CONCLUSÃO	74
6. OBRAS CITADAS.....	75

1. Introdução

A medição da energia elétrica é empregada, na prática, para possibilitar à entidade fornecedora o faturamento adequado da quantidade de energia elétrica consumida por cada usuário, dentro de uma tarifa estabelecida.

Os litígios entre consumidores e fornecedor podem ser bastante reduzidos se os cuidados necessários forem dispensados à correta medição da energia elétrica consumida.

A energia elétrica é uma “mercadoria” comercializada como outra qualquer. As empresas distribuidoras de energia elétrica apresentam queda de receita ligada à perda comercial de energia. A perda global de energia é dada pela diferença entre a energia requerida pelo sistema elétrico e a energia realmente faturada, e possui duas componentes: a perda técnica e a perda comercial.

As perdas técnicas são aquelas originadas pela passagem da corrente elétrica e todas as suas interações com os equipamentos elétricos. As perdas comerciais são oriundas de problemas apresentados na unidade de medição que influenciam a leitura, por fraudes cometidas no consumo de energia elétrica, por ligações clandestinas, realizadas diretamente no sistema de distribuição, e também ocasionadas devido a dificuldades administrativas.

A Light, que perde anualmente cerca de R\$ 350 milhões com o furto de energia, realizou 400 mil inspeções em 2006, encontrando irregularidades nas instalações elétricas de 92 mil unidades [informação interna].

Uma das principais causas de perdas comerciais são as fraudes nos medidores de energia elétrica. Elas podem se realizar tanto externamente ao medidor (através de “by-pass”) como também no próprio medidor.

Os medidores comerciais de energia elétrica podem ser eletromecânicos ou eletrônicos. Os medidores eletromecânicos remontam a mais de cem anos e sua tecnologia é robusta sendo ainda os mais usados no mercado brasileiro. A média anual de produção de medidores eletromecânicos é da ordem de três milhões de unidades. Uma parte destina-se a consumidores novos e outra a reposição de medidores antigos e exportação

Os medidores eletrônicos inicialmente eram usados em situações onde se exige boa exatidão (medição de fronteira entre fronteiras, por exemplo) e seu custo normalmente era maior que o dos medidores eletromecânicos. Contudo, eles vêm baixando de preço e começam a ser vistos como uma opção viável ao medidor eletromecânico.

Este trabalho tem por objetivo apresentar as modificações nos medidores de energia elétrica, visando o combate ao furto de energia e em consequência, a redução do índice de perdas comerciais da concessionária. Abordar-se-á o princípio de funcionamento tanto dos medidores eletrônicos como dos eletromecânicos, assim como os métodos de ensaio utilizados para aferição e calibração dos aparelhos, para a aprovação de lote para recebimento de aparelhos novos ou retornados do campo, com o objetivo de comprovação de indícios de fraude.

Deve-se ressaltar que as modificações apresentadas nesse trabalho são referentes aos medidores eletromecânicos utilizados para medição direta de energia ativa em clientes residenciais.

2. Princípio de funcionamento de medidores de energia

Abordar-se-á neste capítulo o princípio de funcionamento dos medidores eletromecânicos e eletrônicos de energia elétrica.

2.1 Definições

Para os fins desse trabalho serão adotadas algumas definições, que serão colocadas a seguir com o objetivo de situar o leitor no contexto (NBR8377).

- Constante do disco (K_d): número de watts-hora correspondentes a uma rotação completa do elemento móvel.
- Constante do registrador (K): número pelo qual se deve multiplicar a leitura do mostrador para se obter a quantidade de energia medida.
- Constante primária (K_{dp}): constante do disco multiplicada pela relação dos transformadores para instrumentos associados ao medidor.
- Relação do registrador (R_r): relação entre as quantidades de energia medidas pelo medidor e pelo medidor padrão multiplicada por 100.
- Relação de acoplamento (R_a): número de rotações do elemento móvel, correspondente a uma rotação completa da primeira engrenagem motora do registrador.
- Relação total das engrenagens (R_e): número de rotações do elemento móvel, correspondente a uma rotação completa do cilindro ciclométrico da unidade de kWh.
- Instrumento: dispositivo de determinação de uma grandeza ou variável.
- Exatidão: medida do grau de concordância entre a indicação de um instrumento e o valor verdadeiro da variável sob medição.
- Precisão: medida do grau de reprodutibilidade da medida; isto é, para um determinado valor da variável, a precisão é a medida do grau de afastamento entre várias medidas sucessivas.

- Sensibilidade: razão entre a intensidade do sinal de saída ou resposta do instrumento e a intensidade do sinal de entrada, ou variável sob medição.
- Resolução: menor variação na variável medida que pode ser indicada pelo instrumento.
- Erro: medida do desvio entre o valor medido e o valor verdadeiro.
- Erro absoluto: diferença entre o valor exato de um número e o valor aproximado do mesmo.
- Erro relativo: resultado da divisão do erro absoluto pelo número exato.
- Medidor padrão: medidor projetado e construído especialmente para servir de referência para ensaios de aferição e calibração.
- Tensão nominal: tensão para a qual o equipamento foi construído, no caso do medidor é a tensão para a qual sua bobina de potencial foi construída, é essa tensão que vem gravada na placa de identificação.
- Remoto: centros de estocagem localizados nas áreas isoladas de atuação da LIGHT, com o objetivo de ter o equipamento ou material necessário para a manutenção e operação da rede próximos a esses pontos.

2.2 Medidores Eletromecânicos

Esta seção aborda o princípio físico e de funcionamento do medidor eletromecânico tipo indução, assim como a base teórica necessária para aferição e calibração dos medidores de energia elétrica.

2.2.1 Componentes do medidor tipo indução

Mostra-se na figura 01 os componentes principais de um medidor do tipo indução. Este desenho é baseado no modelo M12 medidor monofásico de energia ativa, da Landis&Gyr (www.landisgyr.com.br).

VISTA EXPLODIDA

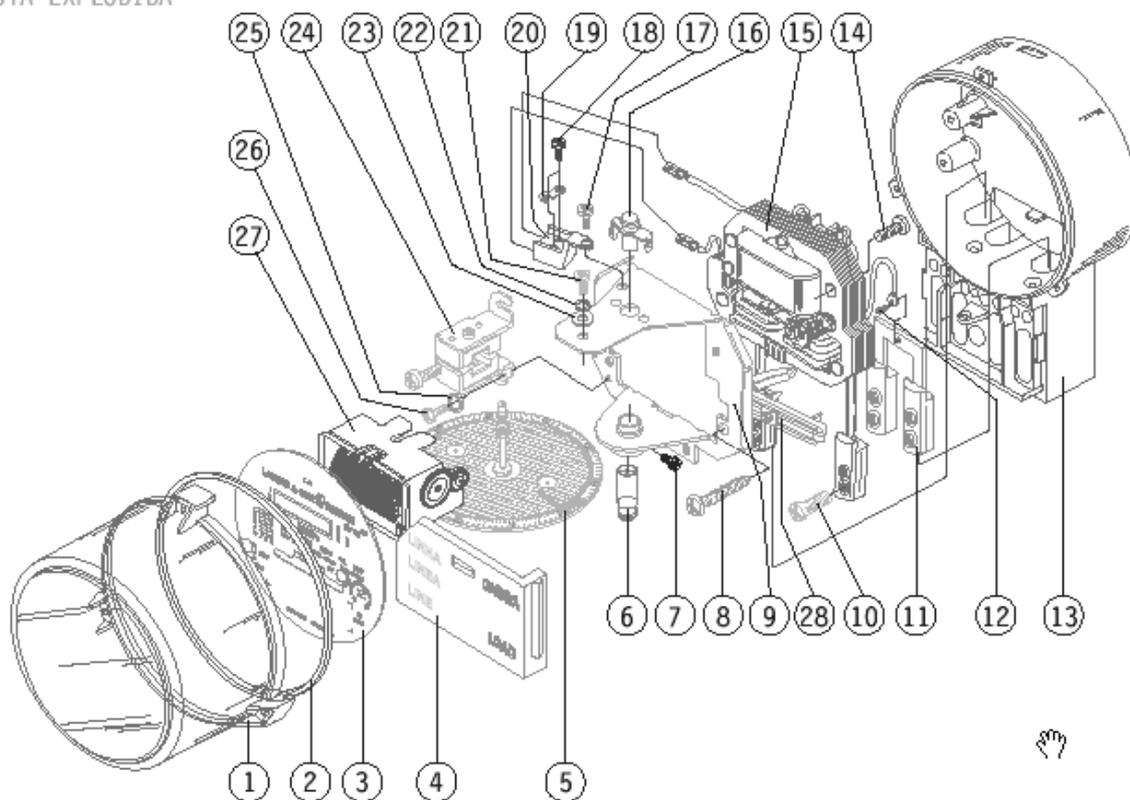


Figura 01 – Vista explodida de medidor M12 da Landis&Gyr

- | | |
|--|---|
| 01. Tampa do medidor | 15. Elemento motor |
| 02. Gaxeta da tampa do medidor | 16. Mancal superior (pino guia) |
| 03. Placa de identificação | 17. Parafuso de fixação superior do terminal de prova |
| 04. Tampa do bloco de terminais | 18. Parafuso de fixação do gancho de prova |
| 05. Elemento móvel | 19. Gancho de prova |
| 06. Mancal inferior (magnético) | 20. Suporte prova interno |
| 07. Parafuso de fixação do mancal inferior | 21. Parafuso de fixação do registrador |
| 08. Parafuso de fixação do elemento motor | 22. Arruela de pressão |
| 09. Armadura | 23. Arruela lisa |
| 10. Parafuso terminal de corrente | 24. Ímã frenador |
| 11. Ligador de neutro | 25. Arruela de pressão |
| 12. Parafuso de fixação do terminal de potencial-ligador de neutro | 26. Parafuso de fixação do conjunto ímã |
| 13. Base e bloco do medidor | 27. Registrador |
| 14. Parafuso de fixação do elemento armadura | 28. Suporte da indutiva |

A lista a seguir descreve os principais componentes estruturais do medidor de energia eletromecânico:

- Terminais: dispositivos destinados a ligar o medidor ao circuito a ser medido. Devem conter dois parafusos de modo a garantir a fixação segura e permanente de condutores com 4 mm^2 a 35 mm^2 , para medidores monofásicos 2 de 4 mm^2 a 50 mm^2 , para medidores polifásicos. Os mesmos não devem ser passíveis de deslocamento para o interior do medidor, independente dos parafusos de fixação dos cabos de ligação.

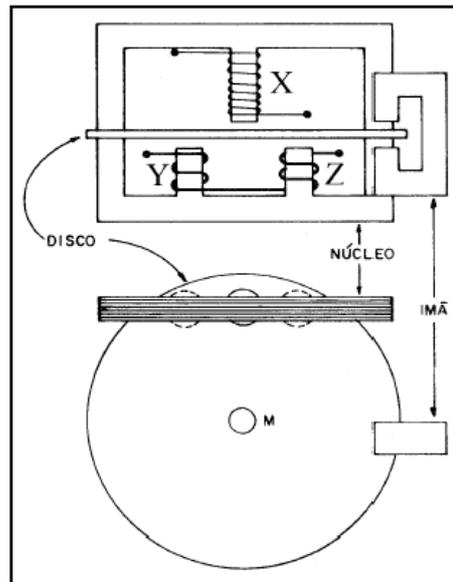
- Bloco de terminais: suporte de material isolante no qual são agrupados os terminais do medidor. Não devem apresentar deformações após o medidor ter sido submetido ao ensaio de aquecimento com a corrente máxima. Deve ter tampa independente da tampa do medidor, estar adaptado à base de modo a impedir a entrada de insetos, poeira, umidade, bem como a fraude, por introdução de corpos estranhos, sem deixar vestígios. A fixação do mesmo à base deve ser feita de forma que este somente possa ser retirado com o rompimento dos selos da tampa do medidor.

- Catraca: dispositivo que impede o movimento do elemento móvel em sentido contrário ao normal.

- Mostrador: placa que contém abertura para leitura dos algarismos do ciclômetro. Os dígitos devem ser indelévels e visíveis com a tampa do medidor fixada. Deve apresentar o valor de R_r e a grandeza medida.

- Rotor ou elemento móvel: conjunto formado por um disco de material não magnético solidário a um eixo que, de acordo com a teoria de funcionamento do medidor, gira no entreferro principal do estator, com uma velocidade proporcional a potência da carga. O alumínio eletricamente puro para o disco e o alumínio duro e suas ligas para o eixo, são os materiais geralmente utilizados para fabricação. O disco deve ter rigidez suficiente para evitar o empeno. A borda do disco deve ter marca indelével de cor preta para referência na contagem das rotações, marcas e/ou 2 ranhuras para calibração estroboscópica e 100 divisões ou riscos numerados de 10 em 10 para calibração por comparação com medidor padrão. O sentido de rotação do elemento móvel deve ser da esquerda para a direita do medidor visto de frente e deve ser indicado por uma seta.

- Estator ou Elemento motor: conjunto formado pela bobina de potencial (Bp - bobina X da Figura 02) e seu núcleo, por uma ou mais bobinas de corrente (Bc - bobina Y e Z da Figura 02), destinado a gerar os fluxos φ_v e φ_i necessários à formação do conjugado C_m .



(Solon de Medeiros Filho. Medição de energia elétrica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986, p. 168, com adaptações)

Figura 02 – Esquema básico medidor eletromecânico

- Bp – Bobina de potencial: bobina cujo campo magnético resultante é função da tensão do circuito cuja energia se pretende medir. Tem por principal característica ser altamente indutiva, com um grande número de espiras de fio fino de cobre, é ligada em paralelo com a carga.

- Bc – Bobina de corrente: bobina cujo campo magnético resultante é função da corrente que circula no circuito cuja energia se pretende medir. Possui poucas espiras de fio grosso de cobre dividida em duas meias bobinas enroladas em sentidos contrários como mostra a figura, é ligada em série com a carga.

- Núcleo laminado de ferro magnético: conjunto de lâminas construído por várias laminas de ferro magnético, que forma os circuitos magnéticos das bobinas de potencial e de corrente, que tem por objetivo de diminuir as perdas por corrente de Foucault (correntes parasitas).

- Mancais: São o conjunto de peças destinadas a manter o elemento móvel em posição adequada e permitir sua livre rotação, não devem produzir vibrações do elemento móvel, e devem ser de fácil substituição.

- Elemento frenador: O conjunto frenador tem a finalidade de reduzir a velocidade do rotor a um valor compatível com a calibração / aferição do medidor e com os desgastes dos mancais produzindo um conjugado frenador no disco.

- Registrador: É o conjunto destinado a registrar o número de rotações do rotor, segundo uma relação determinada de maneira que, sua leitura indique, em kWh, a energia consumida pela carga. Podem ser de dois tipos, registrador ciclométrico ou de ponteiro (figura 03). O tipo ciclométrico apresenta a grande vantagem da facilidade de leitura para o empregado encarregado deste trabalho. Entretanto, o seu sistema de engrenagens tem maior atrito que o do tipo ponteiro, embora ambos fiquem dentro da classe de exatidão permissível pelas normas.

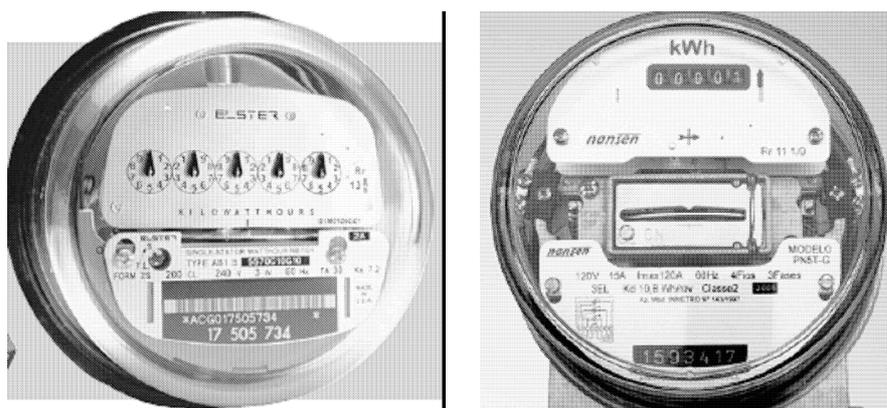


Figura 03 – Tipos de registradores: esq. medidor de ponteiro; dir. medidor ciclométrico

- Base: É a parte do medidor destinada a sua instalação e sobre a qual são fixadas a estrutura, a tampa do medidor, o bloco de terminais e sua tampa. Os materiais mais utilizados para fabricação são: o plástico ou uma liga de alumínio-silício. A base deve ser de construção rígida, não deve ter parafusos, rebites ou dispositivos de fixação das partes internas do medidor. A base deve ter dispositivos para sustentar o medidor na parte superior e um ou mais furos na parte inferior para sua fixação, localizados, de modo a impedir a remoção do medidor, sem violação dos selos da tampa do bloco de terminais.

- Armadura ou estrutura: é uma peça destinada a fixar os principais conjuntos do medidor à base. Na armadura estão fixados o estator, os mancais, o registrador e

o elemento frenador. É geralmente fabricado em liga de alumínio-silício. A estrutura deve ter rigidez suficiente para evitar deformações que possam afetar a exatidão do medidor, podendo formar com a base uma única peça.

- Tampa do medidor: É uma peça sobreposta à base e destinada a cobrir e proteger o conjunto da armadura (armadura e peças nela montadas) e a permitir a visão perfeita do registrador e do rotor. Podem ser fabricadas em policarbonato ou vidro. A tampa deve ser inteiriça, moldada em uma única peça, indeformável, transparente na parte frontal, e ser adaptada à base de modo a impedir a entrada de insetos, poeira, bem como a fraude, por introdução de corpos estranhos, sem deixar vestígios. Não deve ter furos.

- Dispositivos de ajuste ou de calibração: São dispositivos por meio dos quais se calibra o medidor para que indique corretamente a energia elétrica consumida. Os tipos de ajuste serão abordados mais a frente.

- Dispositivo de selagem: Todo medidor deve ter dispositivos independentes para selagem de tampa do medidor e da tampa do bloco de terminais. Os diâmetros dos dispositivos de selagem não devem ser inferiores a 2,0 mm.

2.2.2 Princípio de funcionamento do medidor

O medidor de energia elétrica tipo indução é um motor elétrico cuja interação de fluxos magnéticos produz movimento no rotor com correntes elétricas. O medidor é composto por um estator, um rotor, uma carcaça e um registrador, sendo que este último registra, com uma relação pré-determinada, o número de rotações efetuadas pelo rotor.

O princípio de funcionamento do medidor tipo indução é baseado no fenômeno de indução eletromagnética, a qual afirma que, um condutor percorrido por uma corrente I na presença de um campo magnético B , fica submetido a uma força F cujo sentido é dado pela regra da mão direita e possui módulo que é dado por:

$$F = B I L \text{ sen} \alpha , \quad (2.1)$$

onde L é o comprimento do condutor sob a ação do campo magnético B e α é o ângulo compreendido entre o vetor do campo magnético e a direção do vetor \vec{IL} no espaço.

A figura 04 [1], que ilustra o funcionamento do fenômeno eletromagnético responsável pela rotação do disco, mostra uma situação na qual o fator de potência é unitário, mas as mesmas considerações podem ser usadas para qualquer fator de potência. A figura 04a apresenta as formas de onda da tensão e da corrente, e os fluxos correspondentes às bobinas de tensão e de corrente. Na figura, o fluxo da bobina de tensão está atrasado de 90° com relação ao fluxo da bobina de corrente. Isto ocorre porque a corrente é proporcional ao fluxo, já a tensão e o fluxo por ela produzido não obedecem a mesma proporcionalidade (ver fórmula 2.7, pág. 08).

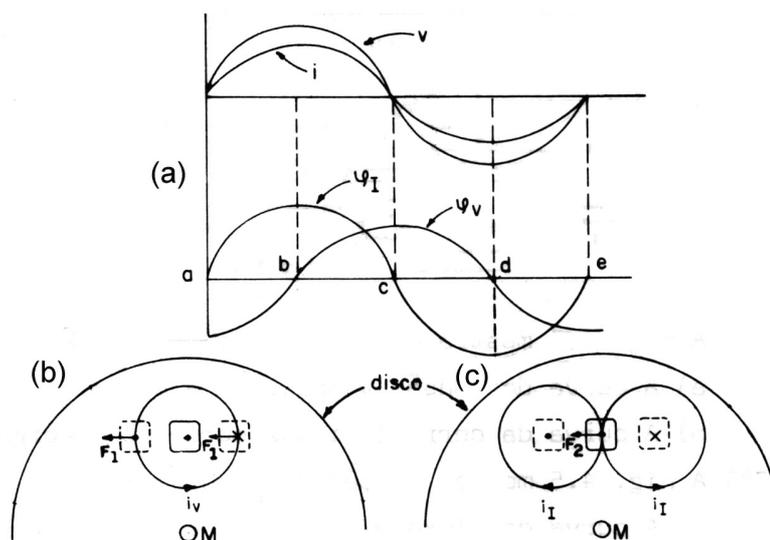


Figura 04 – Gráfico $V \times I$ (a); vista de cima do disco do medidor (b e c)

As figuras 04b e 04c apresentam o disco do medidor visto de cima. A bobina de potencial é representada por uma linha contínua (central), e as bobinas de corrente apresentam suas extremidades nas laterais, e estão representadas por linhas pontilhadas porque estão na parte de baixo do disco.

O símbolo \odot significa que o fluxo correspondente está saindo.

O símbolo \otimes significa que o fluxo correspondente está entrando.

No intervalo a-b o fluxo devido à bobina de potencial (ϕ_v) está saindo. Este está decrescendo em magnitude. Produz-se então uma corrente no disco. Esta corrente se opõe ao decréscimo do fluxo e, pela regra da mão direita, gira o disco no sentido contrário aos dos ponteiros do relógio, como mostrado na figura 04b. Esta corrente interage com o fluxo produzido pela bobina de corrente produzindo duas forças de mesmo sentido e magnitude (F1).

Ainda neste mesmo intervalo a-b, o fluxo devido à bobina de corrente está aumentado em magnitude. Geram-se então duas correntes, uma no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio e outra no sentido dos ponteiros do relógio. Estas correntes interagem com o fluxo produzido pela bobina de potencial gerando uma força F2 com o mesmo sentido de F1. É possível demonstrar [1] que para qualquer trecho (a-b, b-c, c-d e d-a) as forças serão somente para um sentido do disco, fazendo-o girar.

Com isso podemos dizer que o conjugado motor é originado no disco devido ao fenômeno da indução eletromagnética entre os enrolamentos do estator, onde o fluxo magnético produzido pela bobina de potencial (ϕ_v), ao atravessar o disco de alumínio, induz correntes parasitas (I_v) no disco. Essas correntes interagem com as correntes parasitas produzidas pelo fluxo magnético gerado pela bobina de corrente (ϕ_i) dando origem a uma força e, conseqüentemente, a um conjugado em relação ao eixo do disco, fazendo-o girar.

Da mesma forma, o fluxo magnético produzido pela bobina de corrente (ϕ_i), ao atravessar o disco de alumínio, induz correntes parasitas (I_i), essas correntes interagem com o fluxo magnético da bobina de potencial, dando origem a outra força, e, conseqüentemente, a um outro conjugado em relação ao eixo do disco, se somando ao conjugado anterior fazendo o disco girar.

O elemento frenador induz um conjugado oposto ao criado pelas bobinas de corrente e potencial, tornando a velocidade do rotor compatível com a velocidade de calibração e reduzindo desgastes nos mancais.

É possível demonstrar o conjugado motor médio final partindo das seguintes expressões [1].

Sejam:

$$v = \sqrt{2}.V.\text{sen}(wt) \quad (2.2)$$

$$i = \sqrt{2}.I.\text{sen}(wt - \theta) \quad (2.3)$$

$$\phi_V = \sqrt{2}.\phi_V.\text{sen}(wt - \Delta) \quad (2.4)$$

$$\phi_I = \sqrt{2}.\phi_I.\text{sen}(wt - \theta) \quad (2.5)$$

Onde V , I , ϕ_V e ϕ_I são os valores eficazes da tensão, da corrente, dos fluxos ϕ_V e ϕ_I , respectivamente; θ é o ângulo de defasagem entre v e i ; Δ é o ângulo de defasagem entre v e ϕ_V , o qual será de 90° para uma bobina Bp ideal.

As forças eletromotrizes induzidas no disco podem ser calculadas da seguinte maneira:

$$e_I = -\frac{d\phi_I}{dt} = -\sqrt{2}.\phi_I.w.\cos(wt - \theta) \quad (2.6)$$

$$e_V = -\frac{d\phi_V}{dt} = -\sqrt{2}.\phi_V.w.\cos(wt - \Delta) \quad (2.7)$$

E suas respectivas correntes de Foucault:

$$i_I = \frac{e_I}{R_1} = -\frac{w\sqrt{2}}{R_1}.\phi_I.\cos(wt - \theta) \quad (2.8)$$

$$i_V = \frac{e_V}{R_2} = -\frac{w\sqrt{2}}{R_2}.\phi_V.\cos(wt - \Delta) \quad (2.9)$$

R_1 e R_2 são as resistências elétricas oferecidas pelo disco à circulação das correntes i_I e i_V , respectivamente, considerando o disco como puramente resistivo.

A partir de teoria mostrada em 2.2.2, e sabendo-se que nos medidores, a força F estando à distância d do eixo de rotação M , haverá sobre o disco um conjugado motor da forma:

$$C = F.d \quad (2.10)$$

Sendo ainda: B normal à direção da corrente, L = constante, e $B = k' \cdot \varphi$, podemos escrever:

$$C = k \cdot \varphi \cdot i \quad (2.11)$$

Se φ e i são funções periódicas do tempo, então o valor a ser considerado será o valor médio do conjugado motor indicado acima:

$$C = k \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \varphi \cdot i \cdot dt \quad (2.12)$$

Para o medidor de energia elétrica teremos dois conjugados motores a considerar, atuando simultaneamente:

- Interação entre o fluxo φ e a corrente i_V :

$$C_1 = k_1 \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \varphi_1 \cdot i_V \cdot dt \quad (2.13)$$

Levando em conta os valores instantâneos de φ e i_V já mostrados, teremos:

$$C_1 = k_1 \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T -\frac{2 \cdot w}{R_2} \phi_V \cdot \phi_1 \cdot \cos(wt - \Delta) \cdot \text{sen}(wt - \theta) \cdot dt \quad (2.14)$$

$$C_1 = -k_1' \cdot w \cdot \phi_V \cdot \phi_1 \cdot \text{sen}(\Delta - \theta) \quad (2.15)$$

- Interação entre o fluxo φ e a corrente i_I :

$$C_2 = k_2 \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \varphi_V \cdot i_I \cdot dt \quad (2.16)$$

Com a mesma consideração, chegamos a:

$$C_2 = k_2' \cdot w \cdot \phi_1 \cdot \phi_V \cdot \text{sen}(\Delta - \theta) \quad (2.17)$$

O conjugado motor resultante, pode ser calculado da seguinte maneira:

$$C_m = C_1 + C_2 \quad (2.18)$$

Embora tenhamos encontrado C_1 e C_2 com sinais contrários, o valor de C_m será calculado considerando os conjugados com sinais positivos uma vez que, no espaço, estes conjugados atuam no mesmo sentido como foi mostrado em 2.2.2 e não em sentidos contrários como as expressões calculadas parecem mostrar.

Assim, a expressão do conjugado motor resultante ficará:

$$C_m = k' \cdot 2\pi \cdot f \cdot \phi_1 \cdot \phi_v \cdot \text{sen}(\Delta - \theta) \quad (2.19)$$

Vemos que C_m depende da freqüência e é proporcional ao produto desta pelos valores eficazes respectivos dos dois fluxos e pelo seno do ângulo de defasagem entre eles. Como:

$$\phi_1 = k_1 \cdot I \quad (2.20)$$

$$\phi_v = k_2 \cdot V \quad (2.21)$$

Temos que, para uma freqüência fixada, a expressão do conjugado C_m é:

$$C_m = KVI \cdot \text{sen}(\Delta - \theta) \quad (2.22)$$

Considerando que a bobina B_p é ideal, ou seja, que $\Delta = 90^\circ$, temos que:

$$C_m = KVI \cos \theta \quad (2.23)$$

Onde:

K é uma constante, V é a tensão e I a corrente aplicadas ao medidor.

Como o disco pode girar em torno do seu eixo M , a sua velocidade será proporcional à potência de carga (2.23).

Esta velocidade pode ser ajustada de tal modo que o número de rotações, durante um dado intervalo de tempo, seja proporcional à energia solicitada pela carga. Assim, o disco dará um certo número de voltas (constante) por Wh. O movimento do disco é transmitido, por meio de um sistema mecânico de engrenagens, ao mostrador do instrumento que indicará em kWh a quantidade de energia elétrica absorvida pela carga.

2.2.3 Calibração do medidor

A calibração é feita através da comparação do medidor que será aferido com um medidor padrão, a fim de determinarmos seus erros. Para tal devemos colocar as bobinas de corrente e de potencial do medidor padrão ligadas, respectivamente, em série e em paralelo com as bobinas de corrente (B_c) e de potencial (B_p) do medidor sob aferição, conforme ilustrado na figura 05.

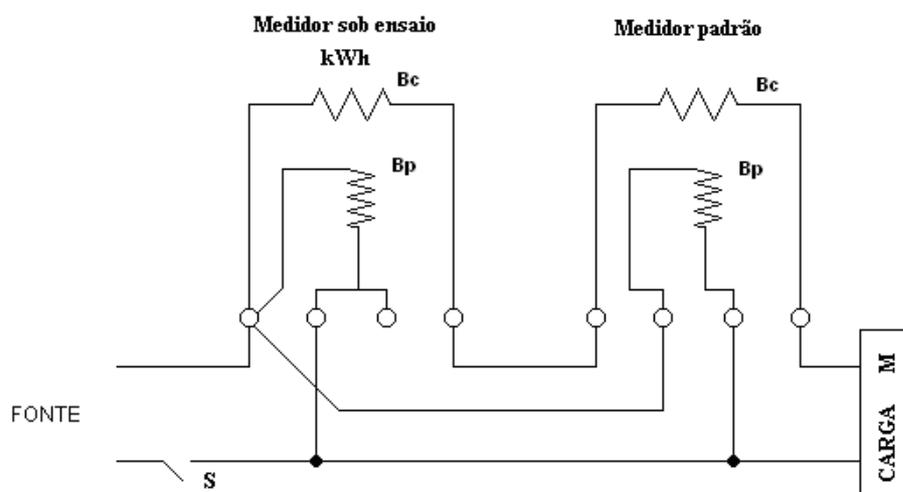


Figura 05 – Esquema de ligação das bobinas de potencial e de corrente

A constante do medidor (K_d) encontra-se gravada na sua placa de identificação do medidor. Esta constante, que também é conhecida como “constante do disco”, representa a quantidade de Wh que será registrada por cada rotação do disco.

Para diferenciar da constante do medidor a ser calibrado, a constante do medidor padrão será representada por K_s .

Quando fechamos a chave, representada no esquema anterior, por um determinado intervalo de tempo, e tendo uma carga M que solicita certa quantidade de energia W, sendo sua potência ativa (P) conhecida, podemos então calcular essa quantidade de energia através da fórmula:

$$W = P \times T, \quad (2.24)$$

onde T é o tempo decorrido desde o fechamento da chave até a sua abertura.

Logo, o medidor a ser aferido registra uma quantidade W de energia, que pode ser calculada pela fórmula:

$$W = K_d \times N_m, \quad (2.25)$$

onde N_m representa a quantidade de rotações que o disco do medidor a ser aferido irá efetuar, durante o tempo em que a chave permanecer ligada.

O medidor padrão registra por sua vez:

$$W = K_s \times N_s, \quad (2.26)$$

onde N_s representa a quantidade de rotações que o disco do medidor padrão irá efetuar durante o tempo em que a chave permanecer ligada.

Então igualando as duas expressões temos:

$$K_d \times N_m = K_s \times N_s \quad (2.27)$$

Logo:

$$N_s = \left(\frac{K_d}{K_s} \right) \times N_m \quad (2.28)$$

Essa equação é utilizada na prática, sendo tomada como base para aferição dos medidores de energia elétrica. Com isso, quando é fixado certo número de rotações N_m no medidor a ser aferido, através dessa expressão é calculado o número de rotações N_s , que será o padrão que servirá para comparação.

Pela definição de erro relativo, que foi apresentada no começo do capítulo, chegamos à seguinte fórmula:

$$E = \left[\frac{(N_s - N)}{N} \right] \times 100 \quad (2.29)$$

Sendo N o número de rotações que o disco padrão efetivamente efetuou durante o tempo de aferição, e N_s o número de rotações que o disco do medidor padrão deveria efetuar,

se $N < N_s$ então $E > 0$:

e significa dizer que o medidor sob ensaio está adiantado, isto é, registrando uma quantidade de energia superior a que foi realmente consumida.

Se $N > N_s$ então $E < 0$:

e significa dizer que o medidor sob ensaio está atrasado, isto é, registrando uma quantidade de energia inferior a que foi realmente consumida.

2.2.3.1 Verificação da constante do medidor

Inicialmente compara-se o medidor em questão com um medidor padrão. Para N_s rotações no medidor padrão, verificamos N_m rotações no medidor em questão, usando:

$$N_s = \left(\frac{K_d}{K_s} \right) \times N_m \quad (2.30)$$

Em seguida submete-se o medidor a uma carga ativa P durante um certo intervalo de tempo, contando o número de rotações N_m do disco durante o intervalo de tempo:

$$Kd = \frac{P \times T}{3600 \times N_m} \quad (2.31)$$

2.3 Medidores Eletrônicos

A tecnologia atual de medição eletrônica garante melhor exatidão que os medidores eletromecânicos, oferecendo informações detalhadas sobre o consumo. O medidor pode ainda ser monitorado à distância via modem (através de uma linha telefônica), ou mesmo via Internet, dependendo do modelo.

Através destes dados, o sistema de distribuição de energia pode ser mais bem dimensionado e o consumidor de energia elétrica pode, com isso, ter uma energia de melhor qualidade, com menos variação e menos interrupção no fornecimento. Contudo, estas novas tecnologias devem, assim como com o medidor eletromecânico, garantir confiabilidade e robustez ao medidor eletrônico.

Dentre as principais vantagens da utilização do medidor eletrônico podemos destacar: automação do processo de aquisição e tratamento de dados dos consumidores para fins de faturamento, e ganhos na exatidão.

Os principais fabricantes estão “vendo com bons olhos” a comercialização de medidores eletrônicos de energia ativa para uso residencial, que ainda não eram vendidos na Brasil devido a seu alto custo, como informa a reportagem do Jornal Valor On Line – Valor Econômico/Empresas & Tecnologia de 04/08/2005 a seguir:

“... e o principal entrave à entrada do produto eletrônico no Brasil até então era o preço: chegava a custar o equivalente ao preço de um carro zero Km. Atualmente, porém, esta tecnologia está mais acessível, e um medidor digital para consumidores industriais custa entre R\$500 e R\$1.000, e para o cliente residencial, entre R\$60 e R\$80... vem animando empresas como a nacional Mobix, a Francesa Actaris, a alemã Elstere as chinesas Shenzhen Star e Hang Zhou Hualong”.

2.3.1 Princípio de funcionamento

A figura 06 mostra o diagrama de um medidor eletrônico, onde podemos ver os princípios de funcionamento do mesmo, assim como os componentes básicos necessários para fazer a medição da energia elétrica.

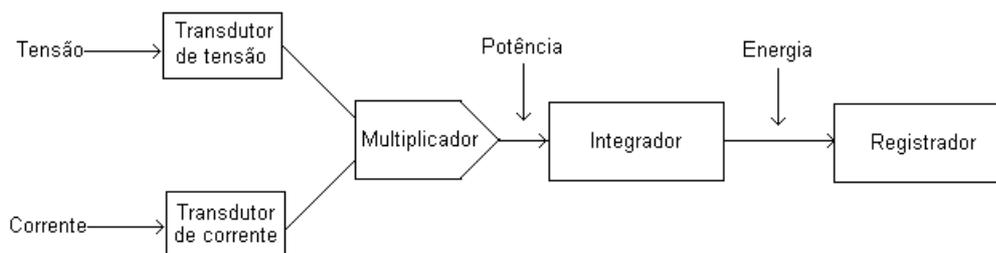


Figura 06 – Diagrama de blocos

Os transdutores de tensão e corrente são responsáveis por receber os sinais de entrada do medidor e adequá-los de modo a serem multiplicados. A potência é obtida através do bloco multiplicador. A energia é obtida através do bloco integrador, finalmente esse valor é armazenado e registrado no bloco registrador.

3. Principais Ensaios e Procedimentos

Neste capítulo serão descritos os principais ensaios realizados no medidores, ajustes nos mesmos assim como mostrados os procedimentos normais e padrões de uso de medidores adotados pela concessionária de energia elétrica LIGHT.

Para medidores de uso residencial são utilizados os medidores eletromecânicos, os quais são mais baratos que os eletrônicos e mais usados pelas concessionárias de energia elétrica. Os medidores eletrônicos, embora estejam ganhando espaço no mercado, ainda são utilizados em sua maioria para consumidores industriais ou grandes consumidores que fazem uso de tarifas diferenciadas para consumo e demanda, conforme resolução 456 da ANEEL.

Os medidores eletrônicos para uso residencial vêm sofrendo uma redução de custo devido ao avanço tecnológico. Quando os preços de venda destes medidores eletrônicos chegarem a um nível em que o seu custo compense sua instalação, (considerando os diversos recursos disponíveis nesse tipo de equipamento, inclusive no seu desempenho frente ao combate a fraudes) certamente esses acabarão assumindo um papel bem mais representativo na porcentagem de uso e aquisição das empresas concessionárias de energia elétrica.

Os principais fabricantes de medidores eletromecânicos, FAE, ELSTER, NANSEN, ACTARIS, ABB, GE, projetam seus aparelhos de medição conforme padrão estabelecido pelas empresas concessionárias, visando à fabricação de medidores de maior qualidade e com alto índice de segurança contra fraudes.

O projeto do medidor pode variar em função do fabricante. Porém, como não poderia deixar de ser, todos são baseados no mesmo princípio de funcionamento já descrito. A diferença basicamente de um fabricante para outro são os mecanismos utilizados na calibração, principalmente para calibração da carga pequena e da carga indutiva, já que para calibração da carga nominal é apenas ajustado o ímã que fornece o conjugado frenador.

3.1 Principais Ensaios e Aferições

Pela norma (NBR 5313), com a intenção de uniformizar os procedimentos e de obter elementos de referência para análise de resultados de desempenho desses medidores, os medidores são fixados em mesas (figura 07) e submetidos aos seguintes ensaios:

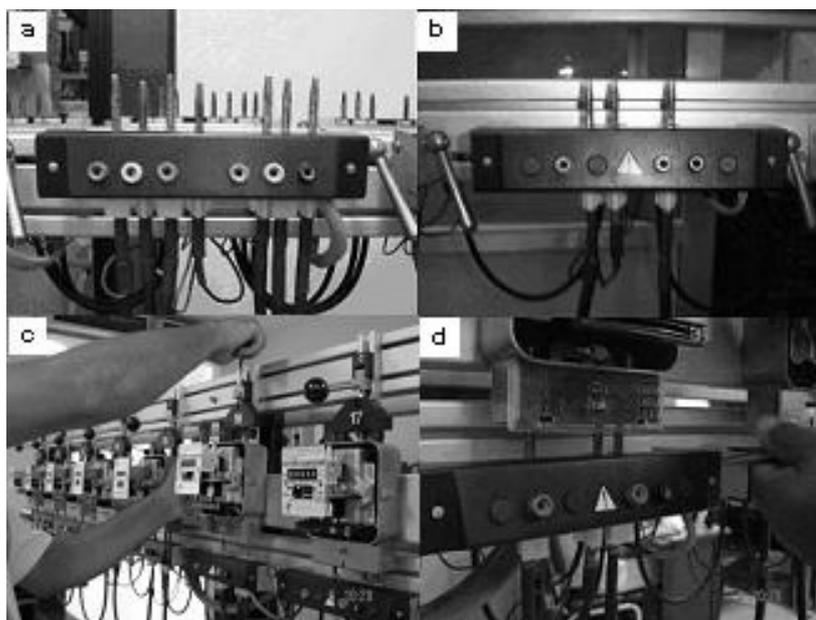


Figura 07 - Detalhes da mesa de ensaio

3.1.1 Ensaio de exatidão

Utilizado para verificar se os medidores foram devidamente ajustados. Ele deve ser feito pelo método do medidor padrão ou por outro método, de pelo menos igual exatidão, na carga nominal, carga indutiva (fator de potência 0,5) e carga pequena (0,1 In FP 1) utilizando-se a tensão nominal. Os medidores polifásicos devem ser verificados trifasicamente.

- Carga nominal: o ensaio é efetuado com uma carga que produz corrente, tensão nominais e com fator de potência unitário sob uma frequência nominal.

- Carga pequena: o ensaio é efetuado com uma carga que produz uma corrente igual a 10% da corrente nominal, sendo utilizado tensão e frequência nominais e com fator de potência unitário.

- Carga indutiva: o ensaio é efetuado com uma carga que produz uma corrente nominal, sendo utilizado tensão e frequência nominais e com fator de potência 0,5 indutivo.

3.1.2 Marcha em vazio

O ensaio é realizado com o medidor em vazio, ou seja, sem carga, com uma tensão igual a 110% da tensão nominal e com frequência nominal, sendo que em medidores polifásicos é feito com seus circuitos de potencial ligados em paralelo. O medidor é considerado aprovado nesse ensaio se o disco não completar uma rotação completa em 15 minutos.

3.1.3 Tensão aplicada

O ensaio consiste em aplicar uma tensão de 2 kV à frequência nominal de uma só vez, durante aproximadamente 10 segundos entre:

- Para medidores monofásicos:

- os circuitos ligados entre si e a base.

- Para medidores polifásicos:

- os terminais de linha (ou carga) e a base, com os terminais de prova ligados.

- os terminais de linha (ou carga) e a base, com os terminais de prova desligados.

Neste ensaio, os medidores serão considerados aprovados se não ocorrer descarga disruptiva nem efeito corona, sendo este efeito constatado por equipamento adequado.

3.1.4 Corrente de partida

O ensaio tem por finalidade avaliar a inércia do medidor e deve ser feito sob tensão de calibração (tensão de uso), frequência nominal, fator de potência unitário e 0,8% da corrente nominal para medidores sem catraca ou 1,5% da corrente nominal para medidores com catraca. Os medidores polifásicos devem estar com as bobinas de potencial ligadas em paralelo e as de corrente em série. O medidor será considerado aprovado se o elemento móvel completar uma rotação completa em menos de 45 minutos.

A seguir estão ilustradas as tabelas de erros permissíveis para os ensaios citados acima (Tabelas 01 e 02), conforme portaria do INMETRO n° 246 de 20 de dezembro de 2002, que estabelece as condições mínimas necessárias para fabricação, instalação e utilização de medidores de energia elétrica ativa, inclusive os reconicionados, baseados no princípio de indução, monofásicos e polifásicos.

Tabela 01 - Ensaio de exatidão para os medidores monofásicos

Condição	Corrente nominal (%)	Fator de Potência	Erro percentual admissível (%)
Carga pequena	10	1	± 2,0
Carga nominal	100	1	± 1,5
Carga indutiva	100	0,5 indutiva	± 2,0

Tabela 02 - Ensaio de exatidão para os medidores polifásicos

Condição	Elementos motores ativados	Corrente nominal (%)	Erro máximo admissível (%)			
			Fator de Potência Unitário		Fator de Potência 0,5 indutivo	
			Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
Cp	TODOS	10	±1,0	±2,0	-	-
Cn	TODOS	100	±0,7	±1,5	-	-
Ci	TODOS	100	-	-	±1,0	±2,0
Elemento A	A	100	±1,0	±2,0	-	-
Elemento B	B	100	±1,0	±2,0	-	-
Elemento C	C	100	±1,0	±2,0	-	-

Cp: Carga pequena; Cn: Carga nominal; Ci: Carga indutiva

3.1.5 Exemplo de Resultados para um lote de medidores

Posteriormente foram realizados ensaios de exatidão (carga nominal, carga pequena, carga indutiva e carga nominal por elementos individuais), corrente de partida e marcha em vazio em um lote de 20 medidores polifásicos.

Tabela 03 – Resultados dos ensaios em medidores polifásicos

	Nº de série	Fase A(%)	Fase B(%)	Fase C(%)	CN(%)	CI(%)	CP(%)	Registrador	Corrente de partida	Marcha em vazio
1	1330911	0,73	0,37	0,26	-0,09	0,73	-0,19	Ok!	Ok!	Ok!
2	2119140	0,31	-0,45	0,28	-0,18	-0,04	-0,79	Ok!	Ok!	Ok!
3	2126808	-0,41	0,48	-0,77	-0,32	-0,81	0,21	Ok!	Ok!	Ok!
4	256332	0,31	0,49	0,43	0,42	-0,34	-0,13	Ok!	Ok!	Ok!
5	255429	0,5	-0,1	-0,23	0,25	0,04	-0,53	Ok!	Ok!	Ok!
6	262486	-0,44	0,25	0,44	0,05	0,18	0,45	Ok!	Ok!	Ok!
7	2267913	0,07	0,06	-0,27	0,18	0,34	-0,57	Ok!	Ok!	Ok!
8	253090	-0,28	-0,33	-0,78	-0,3	-0,65	-0,62	Ok!	Ok!	Ok!
9	1458629	-0,22	-0,52	-0,69	-0,48	-0,57	-0,53	Ok!	Ok!	Ok!
10	2333959	-0,18	-0,38	-0,34	0,1	-0,52	-0,9	Ok!	Ok!	Ok!
11	1628635	0,67	-0,73	0,39	0,32	-0,59	-0,45	Ok!	Ok!	Ok!
12	2266488	-0,63	0,21	-0,01	0,22	0,15	-0,67	Ok!	Ok!	Ok!
13	2198526	0,09	0,72	-0,68	0,29	-0,73	0,03	Ok!	Ok!	Ok!
14	2203971	0,25	-0,02	0,59	0,45	-0,95	-0,23	Ok!	Ok!	Ok!
15	2121054	0,16	-0,11	0,11	0,25	0,06	0,6	Ok!	Ok!	Ok!
16	2396192	-0,62	0,48	0,44	0,28	0,02	0,51	Ok!	Ok!	Ok!
17	2123580	0,04	0,38	0,28	0,53	0,16	0,06	Ok!	Ok!	Ok!
18	265043	-0,32	-0,68	-0,37	-0,46	-0,84	0,1	Ok!	Ok!	Ok!
19	1591999	0,25	0,22	-0,12	0,39	-0,18	0,07	Ok!	Ok!	Ok!
20	2019622	-0,45	-0,13	-0,48	0,01	-0,49	-0,64	Ok!	Ok!	Ok!

Vn: tensão nominal (120 V);

In: corrente nominal (15 A);

FP: fator de potência;

CN: carga nominal trifásica - 100% $I_n \cdot V_n \cdot FP=1,0$;

CI: carga indutiva trifásica - 100% $I_n \cdot V_n \cdot FP=0,5$;

CP: carga pequena trifásica - 10% $I_n \cdot V_n \cdot FP=1,0$

As figuras 08, 09, 10 e 11 mostram os resultados dos ensaios realizados nos medidores citados na tabela 03. Nela podemos ver que os mesmos se enquadram na sua classe de exatidão (classe 2).

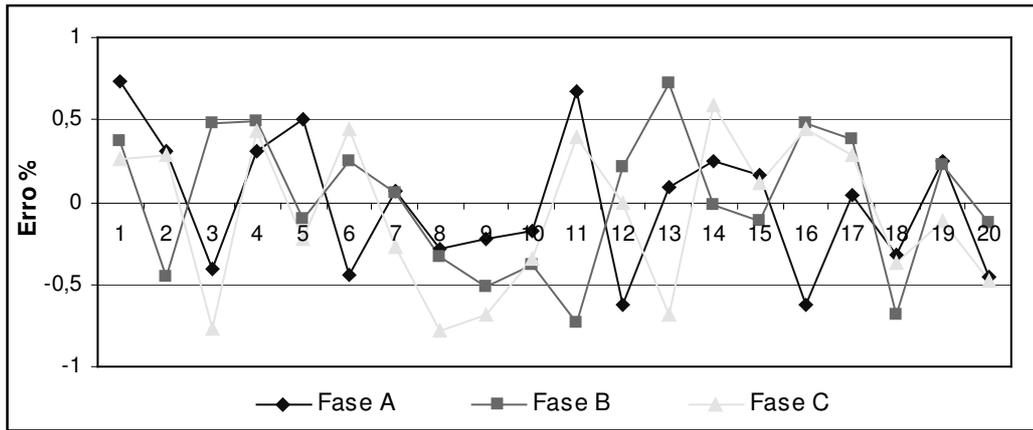


Figura 08 - Variação percentual do erro no ensaio nos elementos por separado

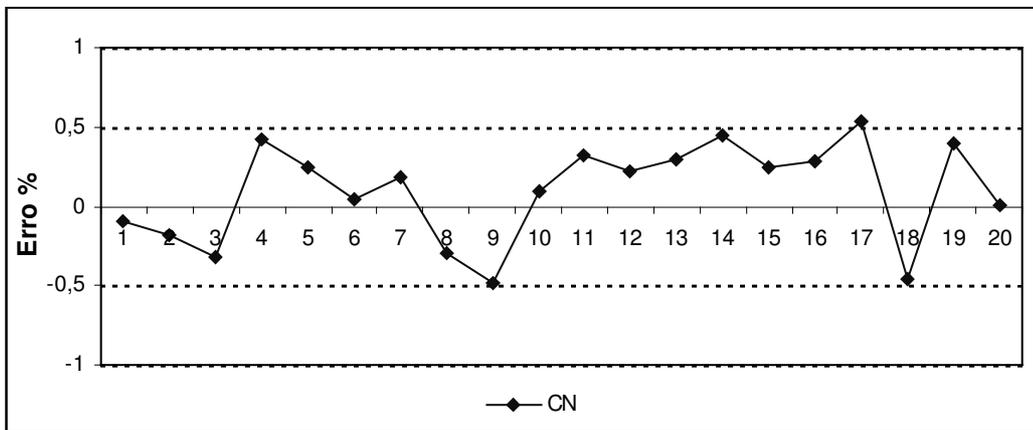


Figura 09 - Variação percentual do erro das amostras no ensaio de carga nominal

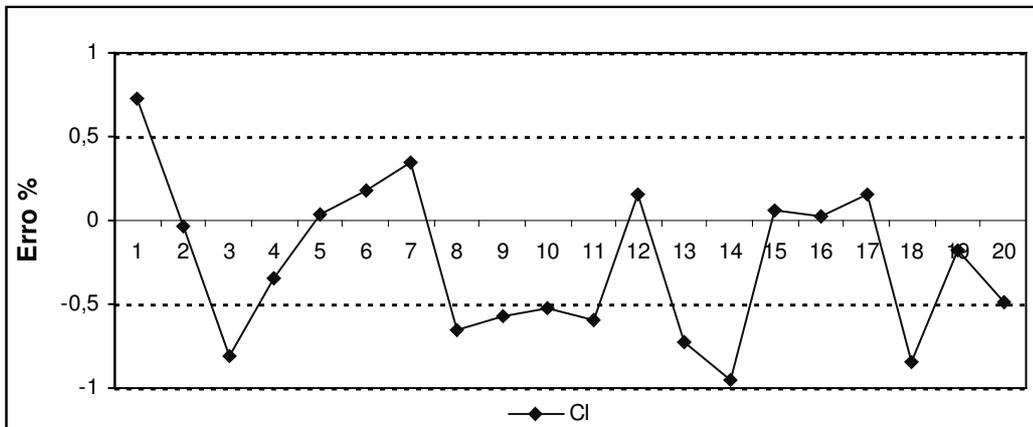


Figura 10 - Variação percentual do erro das amostras no ensaio de carga indutiva

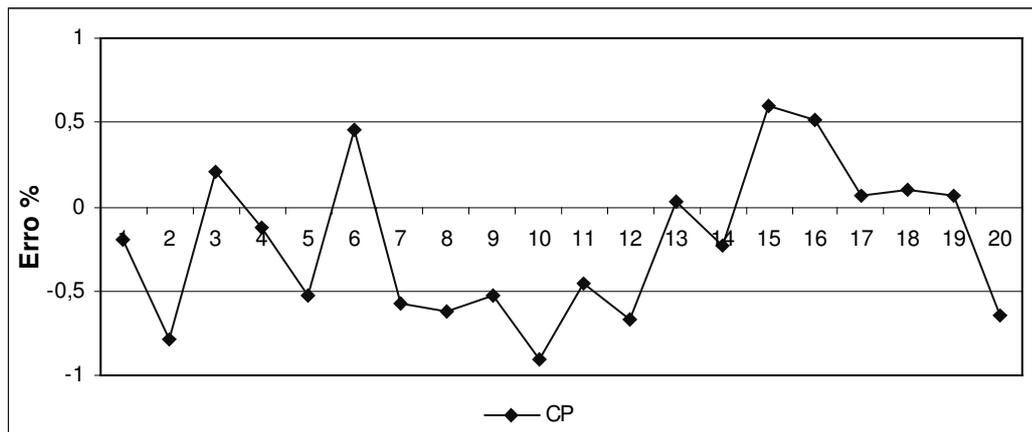


Figura 11 - Variação percentual do erro das amostras no ensaio de carga pequena

3.2 Principais ajustes

Se o medidor, depois de aferido, apresenta erros maiores que os admissíveis por norma, então deve ajustar-se o medidor a fim de que o mesmo atinja as exigências da norma. A calibração é feita em carga nominal, carga pequena e carga indutiva. Após cada calibração o medidor deve ser aferido novamente para a verificação da correta calibração do mesmo.

3.2.1 Ajuste em carga nominal

Para este ajuste, maneja-se o ímã permanente fazendo modificar o conjugado frenador ou de amortecimento C_{am} produzido pelo mesmo sobre o disco, como mostrado na figura 12.

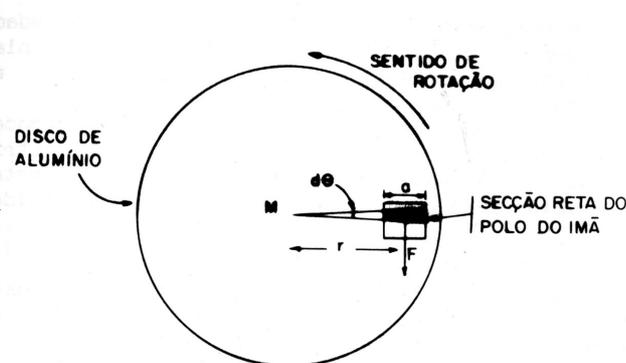


Figura 12- Diagrama para ajuste da carga nominal

O conjugado motor pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$C_{am} = \frac{\phi^2 \cdot a^2 \cdot r^2}{A^2 \cdot R} \cdot \omega \quad (3.1)$$

Baseado na equação acima, o conjugado frenador é modificado, na prática, por um dos três motivos a seguir:

- Alterando o fluxo, ou seja, modificando o N° de linhas de fluxo que atravessam o disco por meio de um derivador magnético ajustável manualmente.
- Alterando R, isto é, modificando a posição do ímã em relação ao eixo de rotação do disco.
- Alterando a, isto é, modificando a dimensão do pólo do ímã que influi no amortecimento.

A figura 13 mostra o mecanismo para ajustar o parafuso da carga nominal para (+) ou para (-), conforme indicado no medidor. Em cada medidor existe a sigla CN indicando onde ajustar a Carga Nominal.

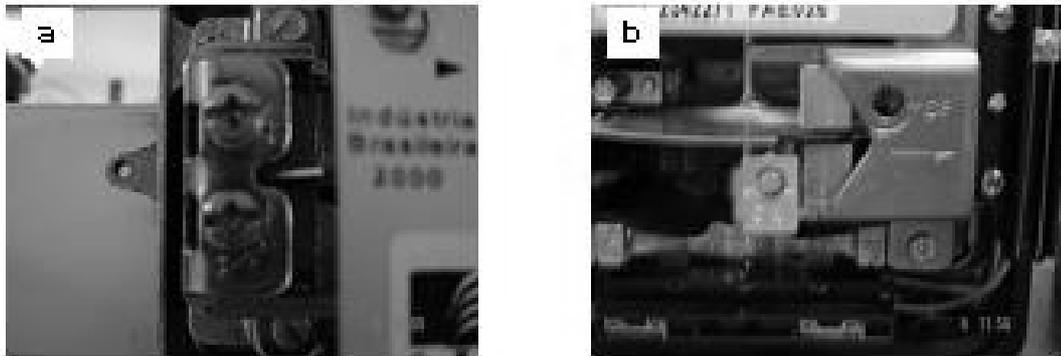


Figura 13 – Detalhe do parafuso de ajuste de carga nominal

3.2.2 Ajuste em carga pequena

Pode ser feita através de uma espira de material condutor não magnético, que é colocada em curto sob o núcleo da bobina de potencial. Esta espira pode ser deslocada paralelamente ao plano do disco, de tal modo a abraçar maior ou menor quantidade de linhas de fluxo útil (figura 14). Com isso é introduzido um pequeno

conjugado suplementar sobre o disco, fazendo com que seu movimento seja retardado ou adiantado, até que o medidor atinja a faixa de exatidão admissível.

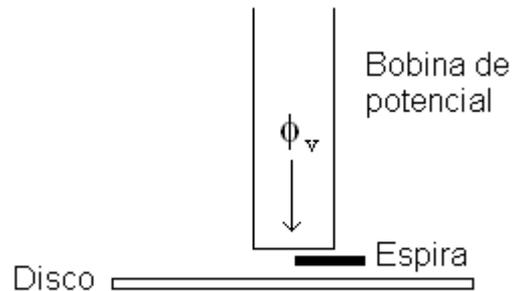


Figura 14 – ilustração de mecanismo para ajuste em carga pequena

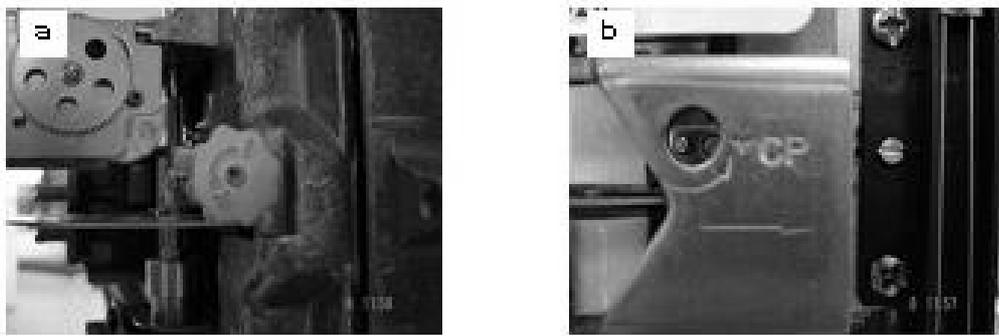


Figura 15 - Detalhe do parafuso de ajuste de carga pequena

A figura 15 mostra o mecanismo para ajustar o parafuso da carga pequena para (+) ou para (-), conforme indicado no medidor. Em cada medidor existe a sigla CP indicando onde ajustar a Carga Pequena.

Finalidades:

- Compensação de atritos nos pontos de apoio do eixo de suspensão;
- Compensação das dissimetrias magnéticas do circuito magnético;
- Compensação da falta de linearidade da curva de magnetização do circuito magnético.

Calibrado o medidor na carga pequena o mesmo pode ficar sobre-compensado, passando o disco a girar vagarosamente quando somente a bobina de

potencial estiver energizada o que é chamado de “marcha em vazio” ou “arrastamento”.

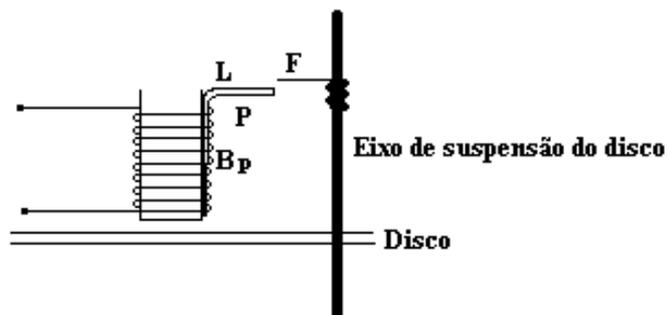


Figura 16 – Mecanismo de correção de marcha em vazio

Conforme mostrado na figura 16, é utilizado um fio de aço (F) acoplado ao eixo do disco, assim como uma lâmina (L) que é colocada junto à bobina de potencial do medidor. A lâmina de material ferromagnético vai atuar como um eletroímã, já que uma vez instalado o medidor a bobina de potencial estará sempre energizada, com isso, devido à ação do imã, o disco pára quando o fio alinha-se com a lâmina.

Outra maneira de corrigir a marcha em vazio é fazendo dois pequenos furos eqüidistantes do eixo e diametralmente opostos. Havendo marcha em vazio, quando um desses furos chega sob o núcleo magnético da bobina de potencial, o disco para. O furo faz reduzir a zero as correntes parasitas do disco que originam o conjugado da marcha em vazio.

3.2.3 Ajuste em carga indutiva

Também chamada de “correção do fator de potência” do medidor. É feita ajustando o ângulo de defasagem entre a tensão da bobina de potencial e o fluxo que esta produz (Δ) para 90° . Este ajuste é obtido através do manejo da presilha A de duas maneiras como mostrado na figura 17 e descrito a seguir.

A figura 17 mostra uma bobina B, curto-circuitada através da presilha condutora A, composta de uma ou duas espiras, com mesmo núcleo de Bp e

colocada abaixo desta. Os fios F em série com B são condutores puramente resistivos.

O fluxo total ϕ_{vt} , produzido por B_p , ao atravessar a bobina B nela induz a f.e.m. e que fará circular a corrente I_B em B. I_B dará origem ao fluxo ϕ que se comporá com ϕ_{vt} dando a resultante ϕ_v . Os valores de α e de I_B , conseqüentemente o de ϕ , dependem da impedância de B. Modificando o valor desta impedância pelo deslocamento da presilha A, podemos ajustar o valor de ϕ e sua defasagem α de tal modo a conseguirmos o fluxo útil ϕ_B normal à tensão V, ou seja $\Delta = 90^\circ$.

Na figura 17, para “adiantar” (aumentar Δ) o medidor, a presilha A é deslocada de modo a se aproximar da bobina B, com isso se reduz a resistência elétrica que está em série com a mesma, o que torna a corrente induzida em B maior, e com isso a defasagem entre o fluxo útil ϕ_v e a tensão V aumentam.

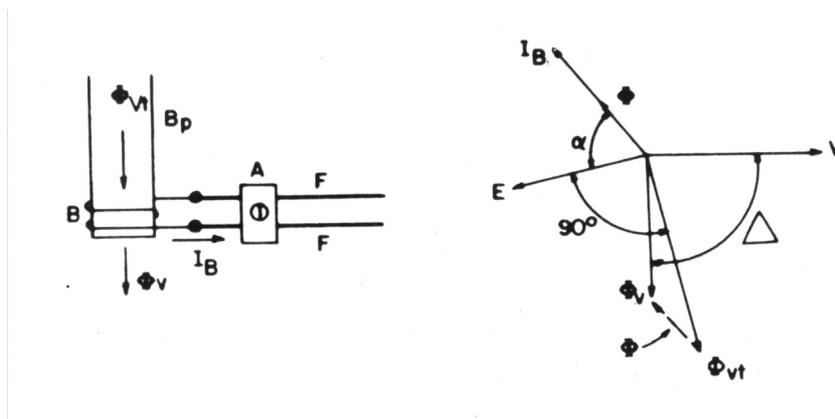


Figura 17 – Mecanismo de ajuste de carga indutiva

A figura 18 mostra o mecanismo para ajustar o parafuso da carga indutiva para (+) ou para (-), conforme indicado no medidor. Em cada medidor existe a sigla CI indicando onde ajustar a Carga Indutiva.



Figura 18 – Detalhe do parafuso de ajuste de indutiva

O segundo artifício se baseia numa corrente I , circulando através da bobina de corrente, em fase com a tensão V .

A figura 19 mostra uma bobina B_1 , curto-circuitada, com o mesmo núcleo de B_p e colocada abaixo desta. Mostra também uma outra bobina B_2 , curto-circuitada através da presilha condutora A , com o mesmo núcleo da bobina B_c e colocada acima desta. Como no caso anterior, os fios F em série com B_2 são condutores puramente resistivos.

A bobina B_1 , chamada de “bobina de compensação”, é projetada de tal modo a fazer com que o fluxo útil ϕ_v que atravessa o disco seja defasado para trás em relação à V de um ângulo maior do que 90° (figura 19). Isto corresponde ao 1º artifício discutido anteriormente, mostrado na figura 16, fazendo-se a presilha A tomar uma posição tal que o ângulo compreendido entre ϕ_v e V seja maior que 90° .

O fluxo total ϕ_{1t} , produzido pela bobina de corrente B_c , ao atravessar a bobina B_2 , chamada de “bobina de contra-compensação”, nela induz a f.e.m. E_2 que fará circular a corrente I_2 . Esta corrente I_2 dá origem ao fluxo ϕ_2 que se comporá com ϕ_{1t} dando a resultante ϕ_1 . Os valores de β e de I_2 , conseqüentemente o de ϕ_2 , dependem da impedância de B_2 . Modificando o valor desta impedância pelo deslocamento da presilha A , podemos ajustar o valor de ϕ_2 e sua defasagem β de tal modo a conseguirmos o fluxo útil ϕ_1 normal ao fluxo útil ϕ_v ou seja, $\Delta = 90^\circ$.

Neste método, para “adiantar” (aumentar Δ) o medidor afastamos a presilha A (figura 19) da bobina B_2 , aumentando a resistência elétrica em série com a mesma, com isso a defasagem entre o fluxo ϕ_1 e a corrente I reduz, acarretando por sua vez uma maior defasagem entre os fluxos ϕ_v e ϕ_1 .

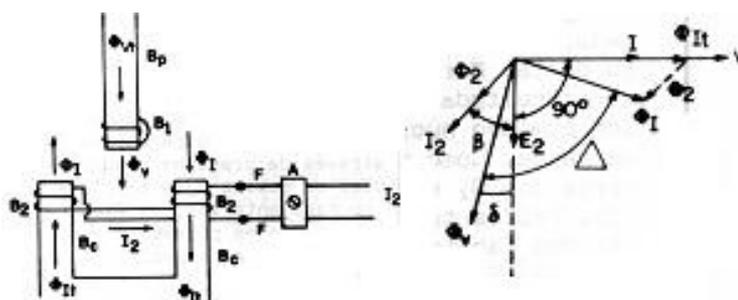


Figura 19 – Mecanismo de ajuste de carga indutiva

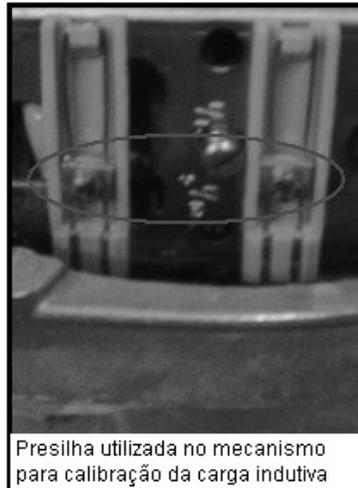


Figura 20 – Detalhe da presilha utilizada no mecanismo para calibração da carga indutiva

Considerações sobre o ajuste:

Como o ajuste do ímã permanente afeta o medidor como um todo em todas as cargas, é recomendável começar a calibração pela carga nominal. Dependendo do projeto do medidor, e do processo adotado na sua fabricação, os outros dois testes não devem influenciar um sobre o outro. Em seguida, devem ser aplicados os ensaios de carga nominal, pequena e indutiva em alguns medidores calibrados, apenas como simples verificação complementar.

3.3 Erros em decorrência do envelhecimento

Os principais motivos que podem causar o envelhecimento de um medidor em funcionamento, e que, contribuem para os erros encontrados na aferição do mesmo, são:

3.3.1 Ação do tempo

Contribui para o envelhecimento técnico dos medidores, através da oxidação dos lubrificantes. A entrada de pó, sujeiras e toxicidades ambientais, com o passar do tempo deterioram os lubrificantes. Primeiro ocorre um escurecimento no lubrificante, a seguir um crescente aumento da viscosidade e após a formação de uma espécie de “barro”, que causa um efeito de frenagem do rotor e do registrador,

e, portanto a ocorrência de erros negativos, os quais com o passar do tempo, podem ser superiores aos permitidos por norma.

A figura 21 mostra a segmentação por idade do parque instalado de medidores. Nela podemos ver que medidores com mais de 30 anos de uso, cerca de 815.000, representando 22% do parque instalado da Light, estão registrando energia elétrica em regime de “sobrevida”, já que segundo as especificações técnicas dos fabricantes a vida útil dos medidores é entre 20 e 25 anos. Tal dado sugere a ocorrência de problemas de ordem técnica por fadiga do material durante o ciclo de vida do produto. Fortalecendo este conceito, há o estudo estatístico da “curva da banheira” no qual o maior índice de problemas em equipamentos está no início e no final de seu período de vida útil.

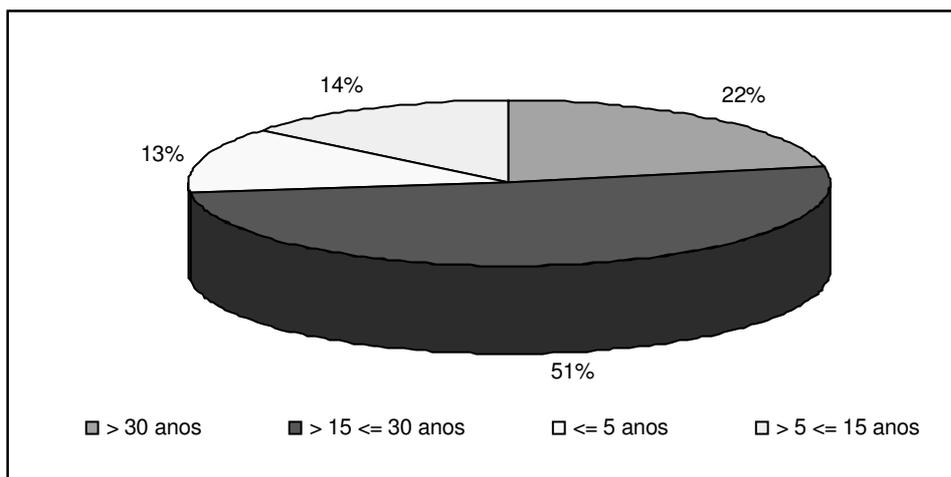


Figura 21 – Porcentagem de medidores por idade no parque instalado

3.3.2 Desgaste das partes móveis

Como partes móveis entendemos, peças do registrador, rotor, partes do mancal. Estas partes estão continuamente em movimento e exposta ao atrito, portanto sujeitas ao envelhecimento por desgaste, os quais serão tanto maiores ou menores conforme características da instalação e construtivas do medidor.

3.3.3 Debilitação dos ímãs

Neste caso verifica-se um sensível enfraquecimento dos ímãs de freio com o decorrer do tempo. Isso causa a diminuição do conjugado frenador que contribui para a formação do conjugado final exercido sobre o elemento móvel. Esse efeito de envelhecimento ao contrário dos anteriores contribui para um erro positivo, isto é, o medidor irá registrar em excesso.

A ultrapassagem dos limites nominais de sobrecarga e até mesmo o funcionamento por longos períodos no limite de sobrecarga dos medidores, fazem com que o mesmo experimente aquecimentos indesejáveis que recozem os materiais isolantes. Este efeito provoca um envelhecimento prematuro de partes do medidor, tendo como consequência uma maior incidência de queima do equipamento e vibrações em bobinas. Este tipo de dano poderá ser acelerado se tais sobrecargas ocorrem com maior frequência e em climas úmidos e ambientes com presença de agentes químicos.

3.4 Aquisição dos medidores

Nesta seção será abordado o processo de aquisição de medidores por parte da LIGHT, levando-se em conta o recebimento de equipamentos de medição em fábrica e na concessionária, escolha de amostras. Serão descritas ainda as características de qualidade exigidas para liberação ou rejeição do equipamento.

Hoje, os ensaios de recebimento dos equipamentos de medição não são realizados na LIGHT. Estes ensaios são realizados pelo fabricante na própria fábrica ou por alguma empresa contratada, como a ALTM (Alston Light Tecnologia e Manutenção), que além de serviços operacionais, faz todos os ensaios relativos ao recebimento de medidores, tanto eletromecânicos quanto eletrônicos. Também é essa empresa que recupera os medidores quebrados ou com defeitos que estão fora do prazo de garantia.

Este item tem como objetivo, descrever o procedimento adotado pela LIGHT, no que diz respeito ao recebimento de medidores de energia ativa provenientes da fábrica, da recuperadora (ALTM) ou do campo.

3.4.1 Medidores vindos de fábrica ou recuperadora (ALTM)

O procedimento para recebimento de medidores vindos de fábrica é o mesmo adotado para os outros equipamentos adquiridos pela empresa. A empresa envia um funcionário para a fábrica que acompanha todos os ensaios de recebimento no laboratório do fornecedor, ou ainda o lote de medidores é enviado para a LIGHT, que envia a amostra estabelecida por norma para o laboratório da ALTM, para que os ensaios sejam feitos, e com ele o parecer de aceitação ou rejeição do lote.

No caso de medidores recuperados, os mesmos já são ensaiados e calibrados, antes de serem enviados para a LIGHT. Juntamente com eles, também são enviados os relatórios dos ensaios de recebimento realizados pela recuperadora, sem os quais os medidores não são aprovados. Os medidores recuperados têm um prazo de garantia dado pela recuperadora em caso de ocorrer um defeito proveniente do processo de recuperação dos mesmos.

Durante a inspeção de recebimento podemos constatar que, para medidores novos vindos de fábrica, os defeitos com maior índice de ocorrência são: Disco empenado, disco travado ou sujeira no disco (limalha).

Na ocorrência de disco empenado, o procedimento correto a fazer é devolver o medidor ao fabricante o qual deve trocar o disco, o mesmo acontecendo quanto ao disco travado. Já quando o problema é sujeira no disco, que geralmente se trata de limalha proveniente do processo de fabricação, o mesmo pode ser limpo sendo em seguida refeito os ensaios de aferição para constatar a permanência ou não do erro.

Já nos medidores recuperados, os defeitos mais comuns são: tampa principal trincada, peças soltas no interior do medidor ou bloco de terminais rachado.

Na ocorrência de qualquer um destes defeitos, o procedimento correto a fazer é devolver o medidor à recuperadora, o qual deverá tomar as medidas cabíveis.

3.4.2 Medidores vindos do campo

O funcionário envia o medidor ao Remoto/EP, que é o chamado “estoque de prontidão” dos remotos, informando os motivos pelo qual o material esta sendo devolvido, dos quais podemos destacar, medidor retirado da rede por motivo de

defeito, medidor apresentando defeito antes de ser instalado, medidor retirado da rede por ampliação da carga do consumidor, medidor com indício de fraude.

O Remoto/EP providencia o envio do material para Triagem, onde funciona o Almoxarifado central da LIGHT, comunicando o setor de Recebimento de material a ocorrência do problema e o laudo fornecido (funcionário da LIGHT que fez a devolução do medidor). Por sua vez o Recebimento comunica por e-mail o ocorrido ao setor de Inspeção solicitando a inspeção do material, então a Inspeção emite uma ordem de serviço e providencia a inspeção do equipamento.

Com base na inspeção realizada nos medidores provenientes da rede, podem-se qualificar os defeitos como “desclassificantes” ou não. Para defeitos desclassificantes, ou seja, defeitos que não podem ser atribuídos a falhas no processo de fabricação ou recuperação, não é possível caracterizá-los como reparo em garantia. A seguir serão descritos os defeitos “desclassificantes” em todos os componentes do medidor passíveis de verificação.

Defeitos desclassificantes:

- Base do medidor: será inspecionado o grau de oxidação no caso de base metálica; furos, trincas ou partes quebradas; sinais de pancada ou má utilização; alça de fixação solta ou quebrada; suportes de fixação dos parafusos da tampa de vidro quebrados.
- Bloco de terminais: será verificado se apresenta partes trincadas, quebradas furadas, queimadas ou ausentes, com sinais de pancadas ou má utilização; vestígios de centelhamento; elevado grau de oxidação.
- Terminais de corrente: será verificado se apresenta partes trincadas, quebradas furadas, queimadas ou ausentes, com sinais de pancadas ou má utilização; rosca espanada; vestígios de centelhamento; elevado grau de oxidação.
- Parafusos dos terminais de corrente: será verificado se apresenta partes trincadas, quebradas furadas, queimadas ou ausentes, com sinais de pancadas ou má utilização; fenda danificada; rosca espanada; emperramento; vestígios de centelhamento; elevado grau de oxidação.

- Tampa do medidor: será verificada a presença de partes trincadas, quebradas furadas, queimadas, com sinais de pancadas ou má utilização; arranhões graves; má fixação; danos no suporte do lacre; marcas de tintas indeléveis.

- Compartimento interno: será verificada a presença de componentes quebrados, trincados, soltos ou queimados, com sinais de pancadas ou má utilização; fragmentos de vidro soltos; presença de limalha; registrador ilegível; sinais de descarga atmosférica; sinais de curto-circuito; sinais de sobrecarga elevada.

- Placa de identificação interna: se apresenta algum sinal de deslocamento ou de má fixação.

- Elemento móvel: identificam-se partes quebradas, trincadas, soltas ou empenadas, com sinais de pancadas ou má utilização; rosca sem-fim com sinais de descarga atmosférica.

- Elemento frenador: verifica-se a presença de sujeira ou limalha em atrito com o disco, com sinais de pancada ou má utilização.

- Bobinas de corrente e potencial: são verificadas quanto à presença de partes queimadas, isolamento danificado, sinais de descarga atmosférica, sinais de curto-circuito; sinais de sobrecarga elevada.

Caso o medidor não se enquadre em nenhuma situação descrita acima poderá ser enquadrado como reparo em garantia, desde que esteja dentro das condições de garantia descritas a seguir:

- Dentro do prazo de garantia, ou seja, dois anos a partir da data de fabricação ou um ano e meio a partir da data de instalação;

- Apresentando os seguintes defeitos de fabricação ou processo de recuperação:

- Erros percentuais de leitura superiores aos permitidos pela norma NBR 5313, ou seja, 2,0% para carga nominal, 1,5% para carga indutiva e 1,5% para carga pequena;

- Disco travado ou girando ao contrário;

- Registrador inoperante após a instalação;

- Parafuso de borne emperrado ou com rosca espanada;
- Tampa de borne com parafuso de fixação emperrado ou com rosca espanada;
- Problemas referentes à solidarização da tampa, quando esta for solidarizada;
- Placa de identificação com dados errados ou ausentes.

4. Fraudes em Medidores de Energia Elétrica

Este capítulo apresenta os principais tipos de fraudes em medidores de energia elétrica eletromecânicos. Podem-se dividir os tipos de fraude em fraudes externas e fraudes internas ao medidor. Este trabalho dedica-se a relatar as fraudes internas mais comuns. As fraudes externas são caracterizadas pela ligação de condutores diretamente na rede de distribuição.

4.1 Tipos de fraudes internas

- Bobina do medidor desativada: Rompimento voluntário de uma ou mais bobinas do equipamento de medição, é detectado observando se o selo de segurança foi violado ou se há indícios da remoção da tampa de vidro.

- Condutor desconectado: Desconexão de um ou mais condutores do circuito secundário ou primário de medição, permitindo que haja consumo sem respectivo registro. Associado à selagem oficial violada e ou da violação das caixas protetoras.

- Condutor secundário partido: Rompimento voluntário de um ou mais condutores do circuito secundário de medição, permitindo que haja o consumo sem o registro. Associado a violação da selagem dos bornes e ou das caixas protetoras.

- Derivação da caixa para a carga: Desvio de corrente não medida, geralmente em caixa terminal ou de distribuição sem o emprego de chave reversora. Associado ao retorno de tensão quando o circuito é desconectado.

- Medidor com o disco preso: Utilização de artifício para travar ou retardar o giro do disco do medidor. Associado a remoção da selagem oficial ou indícios da remoção da tampa de vidro.

- Ligação direta ou shunt: Ligação dos condutores de entrada e saída pelos bornes de terminais sem passar pelo equipamento de medição.

- Ligação invertida: Inversão da ligação de um ou mais condutores do borne de entrada para o borne de saída do medidor e vice-versa. A ligação invertida também pode ocorrer pela inversão das ligações das bobinas do equipamento de

medição. Associado a remoção da selagem oficial ou indícios da remoção da tampa de vidro e ou caixas protetoras.

- Registrador: Desacoplamento do disco do medidor do conjunto de relojoaria encarregado de transmitir as rotações aos ponteiros, isto é, o disco gira, mas não registra o consumo, raspagem das engrenagens internas do registrador ou troca das engrenagens. Associado a remoção da selagem oficial ou indícios da remoção da tampa de vidro.

- Manuseio no calibrador: manuseio de consumo através das conexões existentes no bloco de aferição, isto é, com operações geralmente de liga e desliga dos circuitos secundários de medição de forma intermitente. Associado a violação da selagem da caixa protetora do bloco de aferição.

- Manuseio de consumo: Utilização de artifício para o manuseio dos registros de consumo da instalação, tais como: retorno dos ponteiros, desconexão de condutores primários ou secundários da medição, etc. Associado à violação de selagem oficial ou indícios de remoção da tampa de vidro e/ou caixas protetoras.

4.2 Padrões de medidores para evitar as fraudes

4.2.1 Padrão do medidor eletromecânico

A padronização atual para os medidores de energia elétrica usados pela LIGHT está em vigor desde abril de 2005. Os medidores dentro desse padrão devem apresentar:

- Base de alumínio – Dificultando o acesso aos bornes pela parte de traz dos aparelhos;

- Tampa de vidro – Que deixa mais claro para o funcionário quando há tentativa de furar a tampa, para o posterior bloqueio do disco;

- Aro metálico – Dificulta a abertura da tampa, deixando visível o vestígio da fraude (figura 22);

- Parafuso tipo Pierce – Para fixar melhor a tampa do medidor, evitando o fácil acesso ao interior do aparelho e denunciando o indício de fraude (figura 22);

- Selos de segurança – Colocados tanto nos parafuso Pierce que prendem a tampa, quanto na tampa que protege os bornes.

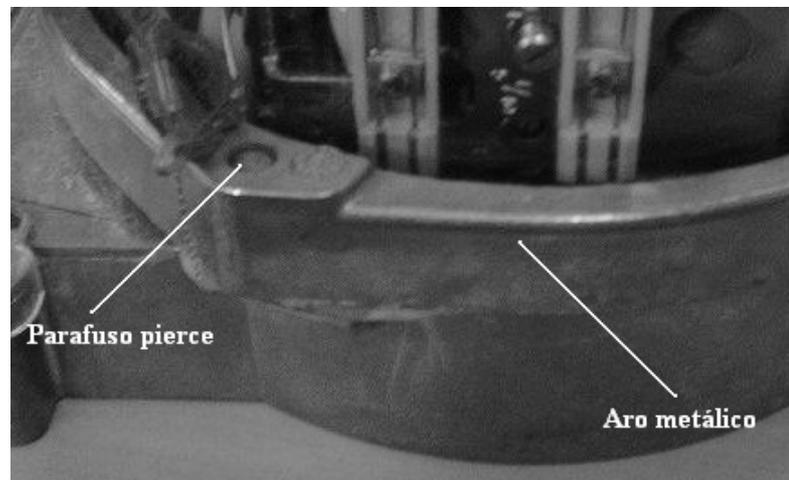


Figura 22 – Detalhe do parafuso e aro metálico

4.2.2 Padrão do medidor eletrônico

Os medidores eletrônicos utilizados para grandes clientes, tanto o de medição direta quanto o de medição indireta (que são conectados à rede através de transformadores de corrente – tc e transformadores de potencial - tp), já vêm projetados de fábrica. Não há grande preocupação por parte da LIGHT em criar mecanismo que dificulte o acesso ao medidor já que, esses aparelhos são fabricados de modo a tornar inviável a tentativa de fraude. Com isso qualquer fraude efetuada em medidores eletrônicos seria facilmente detectada. A prática mais comum de fraude nesse tipo de medidor é através da inversão das fases que saem do tc e entram no medidor, porém esse artifício seria tão grosseiro que poderia ser identificado através de uma simples inspeção visual.

4.3 Indícios de fraudes

4.3.1 Indícios na parte externa

- Lacre com vestígios de manipulação, rompido ou adulterado;

- Suporte dos parafusos Pierce cortados, quebrados, serrados, derretidos, com marcas de cola diferente do selante habitualmente utilizado, ou com outros danos que caracterize a tentativa de retirada do parafuso Pierce;

- Parafuso Pierce cortado, serrado, limado, com marca de usinagem, desbastados, desenroscados, ausentes ou com quaisquer outras marcas de dano proposital;

- Tampa principal perfurada, cortada, levantada, ou com quaisquer outras características que indiquem tentativa de remoção ou levantamento da tampa;

- Carcaça com perfurações;

- Régua e tampa de bornes perfurados, quebradas, lascadas ou com quaisquer outras características que indiquem tentativa de acesso aos bornes do medidor.

4.3.2 Indícios na parte interna:

A seguir são expostos os defeitos internos que devem ser investigados como possíveis indícios de fraude

- Bobinas ou condutores cortados ou com quaisquer danos ocasionados por intervenção externa;

- Engrenagens soltas, quebradas ou com dentes cortados, serrados ou desbastados;

- Peças, componentes ou eixos retirados ou danificados devido à inserção de objetos no interior do medidor;

- Quaisquer outros defeitos que indiquem intervenção externa do medidor.

4.4 Tratamento dado pelas concessionárias

A inspeção deve focar primeiramente a busca de eventuais vestígios na parte externa do medidor, em locais tais como a tampa, a régua e tampa de bornes, os

suportes dos parafusos “pierce”, a carcaça etc. Obviamente também deverão ser observados possíveis indícios na parte interna do medidor.

Caso ocorra a presença de indício de fraude em algum medidor, este deve ser submetido a uma investigação interna, a qual será feita pela empresa contratada para serviço de recuperação e ensaio em medidores (ALTM), no caso da LIGHT.

O tipo de fraude mais encontrado em medidores residenciais é através da base furada. Para inspeção em medidores no campo, o principal indício de fraude é o rompimento do lacre padrão da concessionária de energia, o que indica que provavelmente houve manipulação do aparelho, constatada a violação do lacre, o inspetor realiza o procedimento de inspeção adequado para detecção da irregularidade, podendo realizar no local um teste de constante do medidor.

Constatadas irregularidades que afetem o “Real Registro da Energia Elétrica no Medidor de Consumo”, vulgo “RELÓGIO”, o técnico deverá:

- Nunca mencionar: gato, furto de energia ou polícia;
- Lavrar o TEOR – Termo de Ocorrência e Responsabilidade detalhando: data, hora, nome do acompanhante, nome do responsável pelo local, descrição precisa da irregularidade, descrição detalhada do estado dos selos e dos locais onde estavam instalados;
- Fazer menção a permissão concedida pelo responsável em adentrar a propriedade para a realização da inspeção e, se preciso o levantamento de carga;
- Somente o responsável pelo local deverá assinar o TEOR, inclusive onde está descrito o levantamento de carga, concordando em comparecer a LIGHT para tomar ciência de seu débito junto a empresa;
- Realizar o levantamento da carga instalada (e ou desviada) “SEMPRE” na companhia do responsável pelo local sendo necessária descrição técnica do equipamento, inclusive com marca;
- O levantamento de carga deve ser realizado apenas por um técnico, enquanto o outro deve aguardar na viatura;

- Na recusa do responsável pela unidade consumidora em assinar o TEOR, o técnico deverá coletar a assinatura de duas testemunhas (funcionários do local ou não), com assinatura e endereço;

- Em hipótese alguma deve ser coletada a assinatura de analfabetos.

Uma vez detectada e comprovada a fraude, o cliente infrator terá sua energia cortada sua energia. Ele responderá a um processo criminal, podendo ser até preso. Paralelamente, será calculado o valor a ser pago pelo cliente da seguinte maneira: sua carga máxima, durante 24 horas, nos últimos anos.

4.5 Exemplo de fraudes detectadas em 10 lotes inspecionados

A seguir serão apresentadas algumas estatísticas feitas em lotes de medidores recuperados, nas quais podemos ver o alto índice de indício de fraudes e os tipos de fraudes mais encontrados.

No primeiro lote (figura 23), de 350 medidores inspecionados, 14,28% apresentaram algum indício de fraude. Estes medidores estão separados a seguir por fraudes.

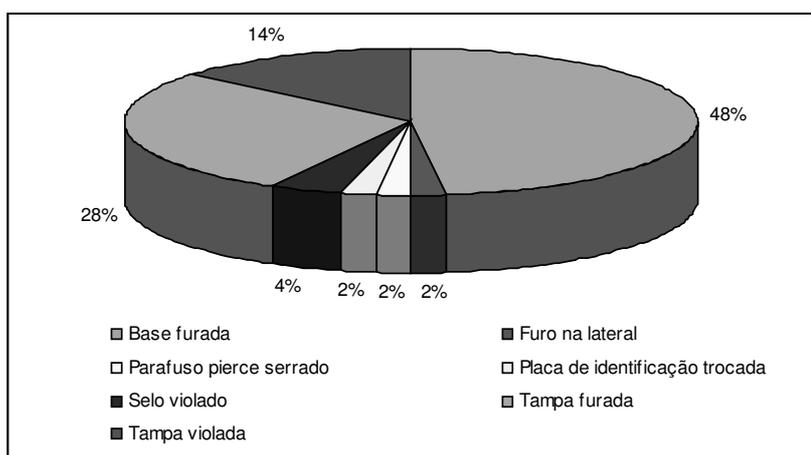


Figura 23 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 24), de 350 medidores, 5,42% deles apresentaram algum tipo de fraude.

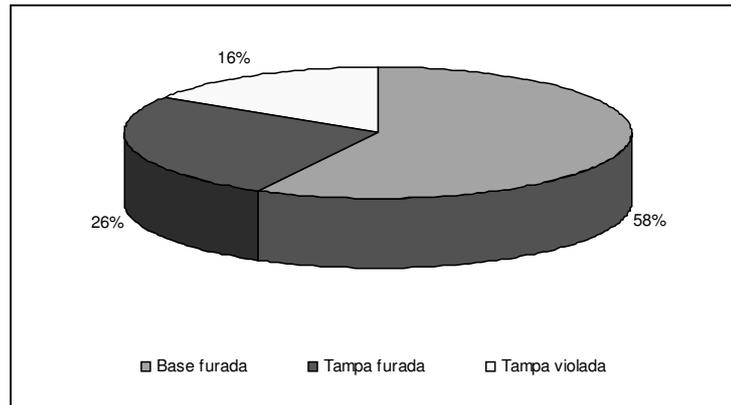


Figura 24 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 25), de 250 medidores, 8,80% deles apresentaram algum tipo de fraude.

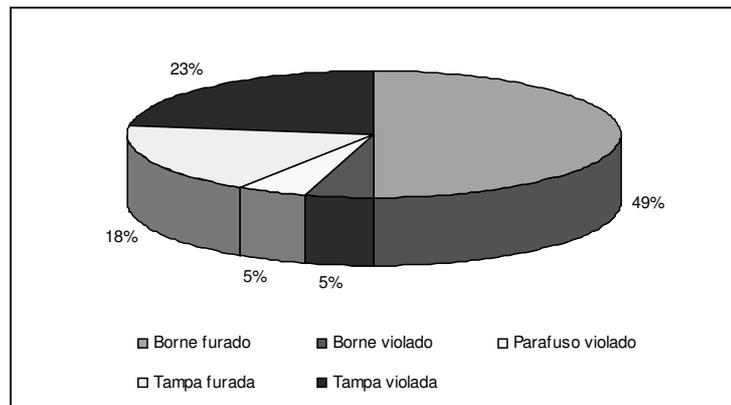


Figura 25 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 26), de 350 medidores, 8,28% deles apresentaram algum tipo de fraude.

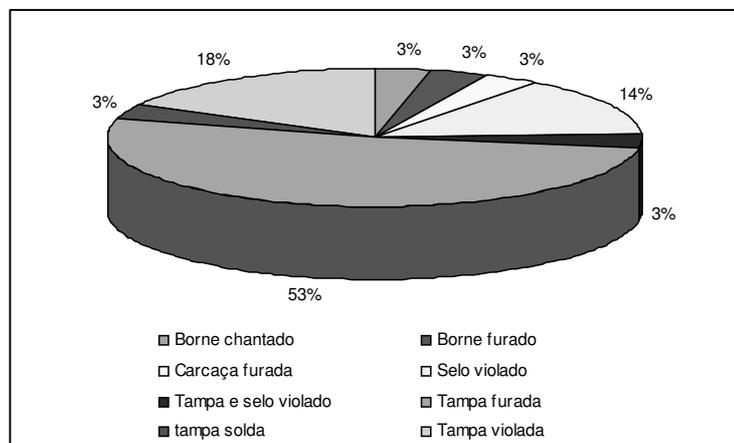


Figura 26 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 27), de 350 medidores, 2,28% deles apresentaram algum tipo de fraude.

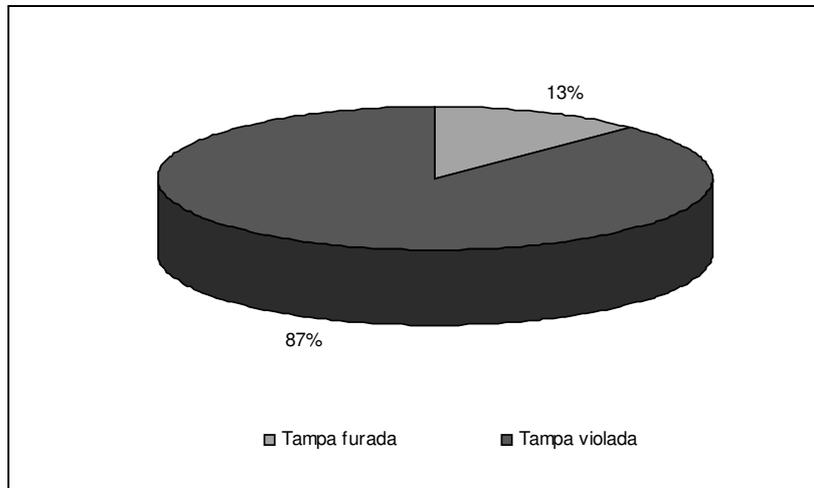


Figura 27 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 28), de 350 medidores, 7,14% deles apresentaram algum tipo de fraude.

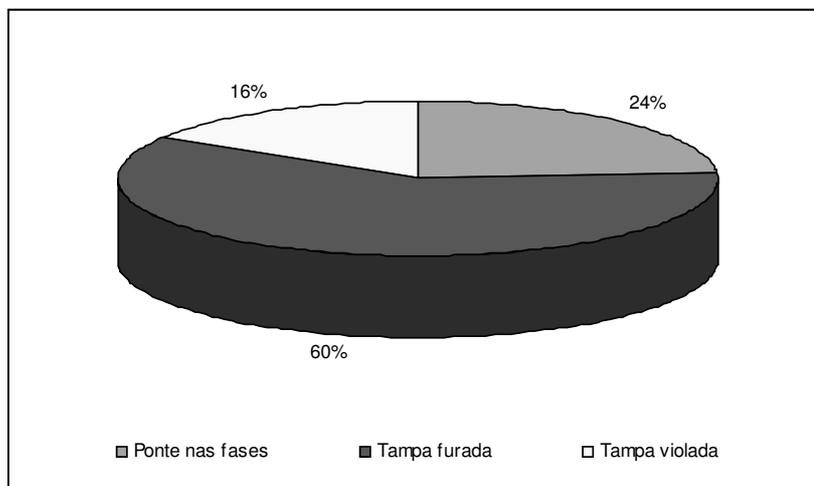


Figura 28 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 29), de 350 medidores, 9,71% deles apresentaram algum tipo de fraude.

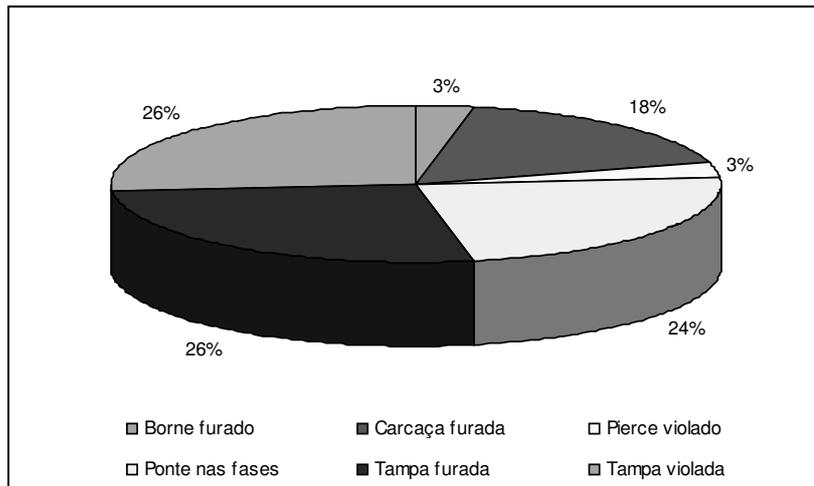


Figura 29 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 30), de 350 medidores, 8,85% deles apresentaram algum tipo de fraude.

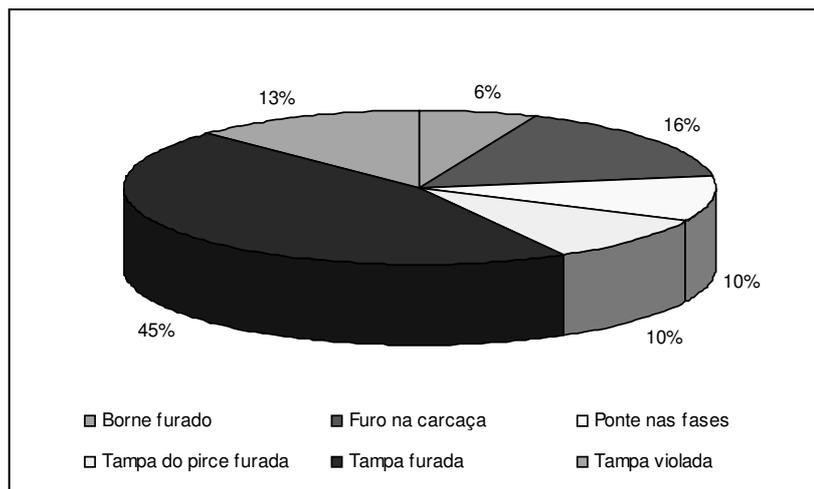


Figura 30 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 31), de 350 medidores, 13,42% deles apresentaram algum tipo de fraude.

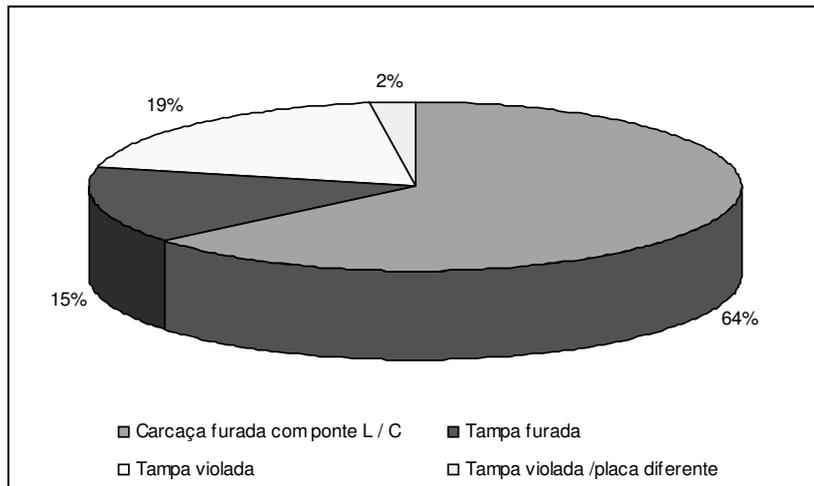


Figura 31 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

No próximo lote a ser inspecionado (figura 32), de 350 medidores, 18,57% deles apresentaram algum tipo de fraude.

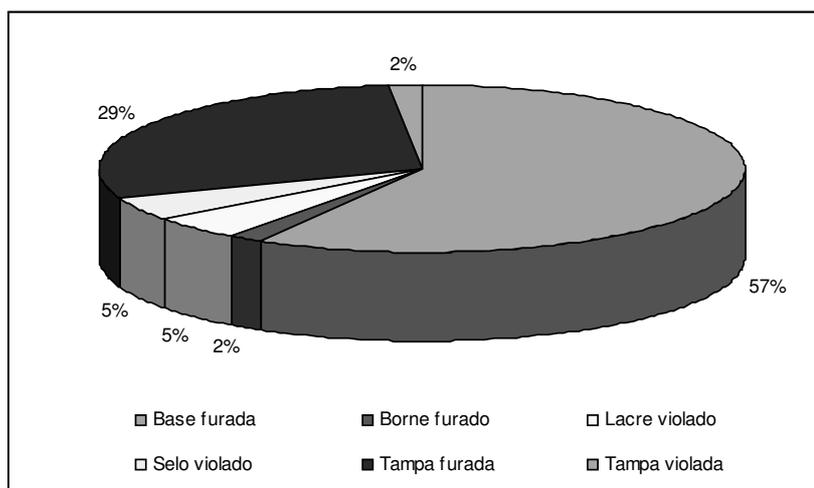


Figura 32 – Porcentagem das principais fraudes encontradas neste lote

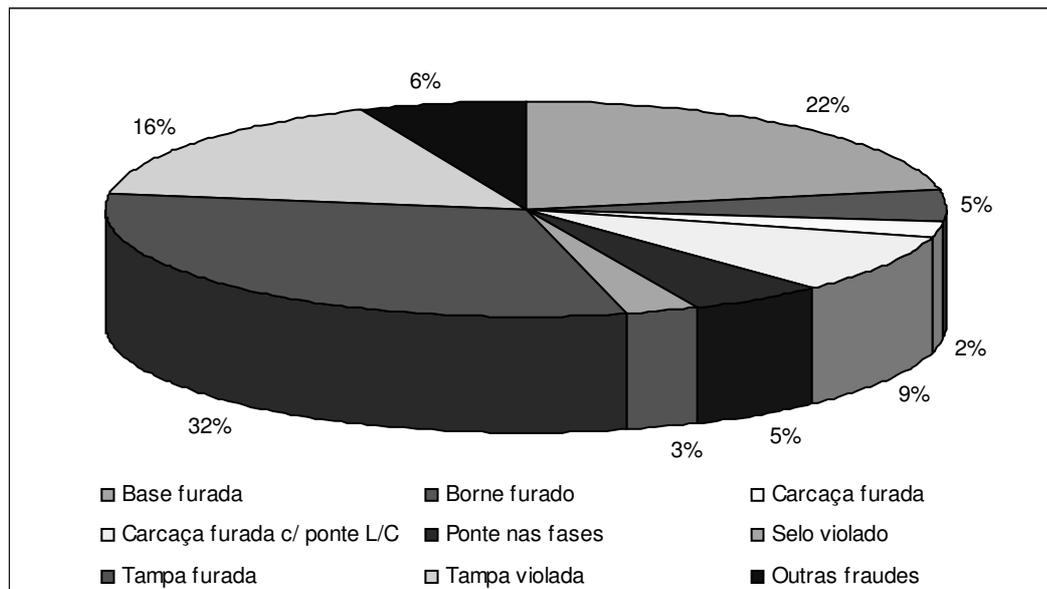


Figura 33 – Percentual das fraudes mais presentes nos lotes

Base furada – Algum tipo de perfuração na base do medidor

Base furada com ponte L / C – Algum tipo de perfuração na base do medidor com uma ponte, ou seja, condutor ligado entre a entrada e a saída (linha / carga) do aparelho;

Borne furado – Algum tipo de perfuração no borne do medidor;

Borne violado – Medidor sem tampa de borne e com indício de manuseio;

Furo na lateral – Algum tipo de perfuração na lateral do medidor;

Lacre violado – Medidor sem lacre, com lacre rompido ou adulterado;

Parafuso Pierce violado – Parafuso com indício de manuseio;

Placa de identificação trocada – Placa do medidor com informações diferentes da original;

Ponte nas fases – Condutor conectado entre entrada e saída;

Tampa furada – Algum tipo de perfuração na tampa do medidor.

A figura 33 mostra os tipos de indício de fraudes encontrados pela quantidade de pedidos de recuperação de medidores. A porcentagem média de medidores fraudados por lote é de 8,05%.

Dentro de cada lote de medidores vindos do campo observamos uma porcentagem considerável de aparelhos danificados por manuseio. Dentre os principais defeitos, levando-se em conta todos os lotes de pedidos de medidores recuperados, podemos destacar: tampa furada (31%) e base furada (22%).

4.6 Detalhamento dos principais tipos de fraudes

Dentre os tipos de fraude, podemos citar alguns e detalhá-los, a fim de colocar os meios de detecção e meios para tentar impedir sua fraude.

4.6.1 Travamento do disco do medidor

Como já foi abordado acima, essa fraude está associada à tentativa do consumidor travar o disco do medidor através de algum tipo de objeto que sirva para tal, como por exemplo, um pedaço de arame fino. Este artifício, porém é de fácil detecção através de inspeção visual do medidor, sendo constatado qualquer tipo de furo na tampa ou na carcaça do aparelho. Em vários medidores foi detectado esse tipo de fraude, inclusive em aparelhos com tampa de vidro onde o furo na tampa é mais visível e a detecção da fraude fica muito mais fácil.

Como tentativa de dificultar a ação do consumidor de furtar energia, a LIGHT passou a adotar medidores com tampa de vidro e solidificada, ou seja, colada à carcaça do medidor, assim como o uso de parafusos pierce e selo de segurança da LIGHT (figura 34), para não permitir o acesso ao interior do medidor.



Figura 34 – Detalhe do parafuso e Lacre

4.6.2 Bobina do medidor desativada

Essa prática de fraude consiste na desativação de uma ou mais bobinas do medidor, geralmente a de potencial, com o objetivo de diminuir o conjugado motor e em consequência disso a velocidade de rotação do disco, ou seja, é caracterizado pela abertura do shunt, localizado no Medidor de Energia Elétrica (figura 35), interrompendo a passagem da corrente pela bobina de potencial fazendo com que o consumo não seja registrado em sua totalidade. Para este tipo de fraude é necessário que o consumidor tenha acesso ao interior do disco, por isso através de verificação visual do medidor é possível detectar esse tipo de irregularidade, já que fatalmente o selo de segurança será violado o que indica o acesso ao interior do aparelho. Verificada a violação do selo é feito o teste da constante do medidor que indicará um erro acima do esperado. São adotadas medidas que impeçam ou dificultem o acesso ao interior do medidor, todas as medidas adotadas no caso anterior servem como medidas de segurança para este.

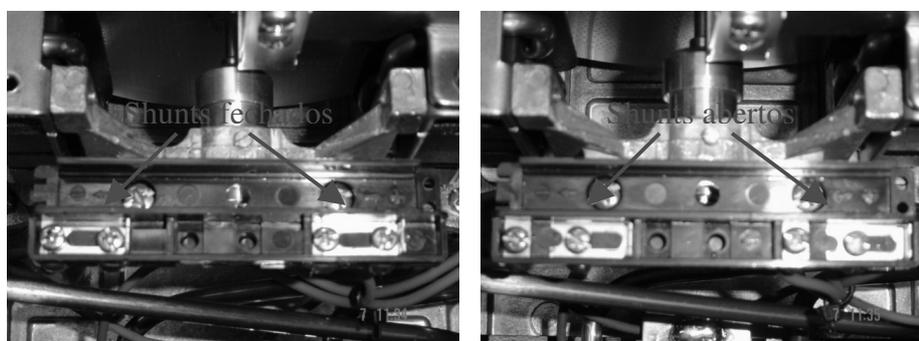


Figura 35 – Detalhe da bobina de potencial desativada

4.6.3 Pontes nos bornes do medidor

Para esse tipo de infração é necessária a instalação de um condutor que sirva de ponte entre os cabos linha/carga do medidor (figuras 36, 37 e 38), logo a detecção é feita através de inspeção visual, sendo verificado os bornes de entrada e saída do medidor, a tampa de bornes e a carcaça do medidor.

Foi adotado como medida para impedir essa fraude, o uso de selo na tampa de bornes, assim como a instalação de parafusos pierce, para impedir o acesso ao interior da caixa de bornes, facilitando a verificação do manuseio dos bornes. Porém é usual esse tipo de fraude por traz do medidor, através de pequenos furos feitos na carcaça do medidor na direção dos bornes, obtendo assim acesso aos mesmos sem que o selo de segurança ou o parafuso pierce seja removido, fazendo com que esse tipo de irregularidade passe despercebido.

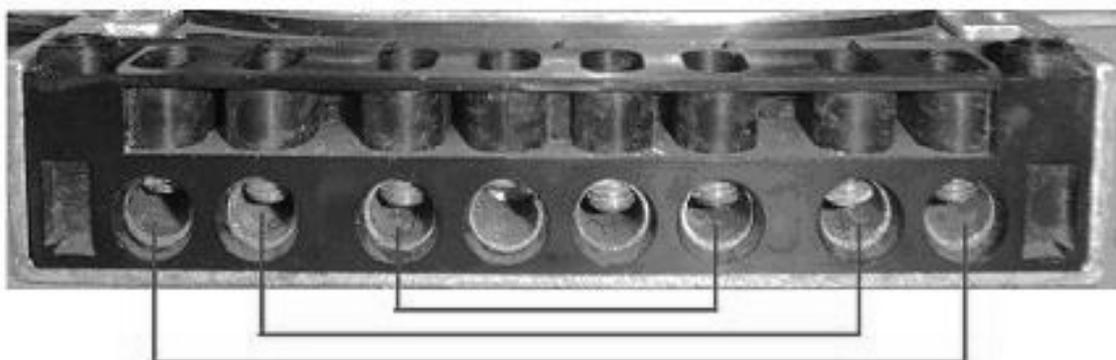
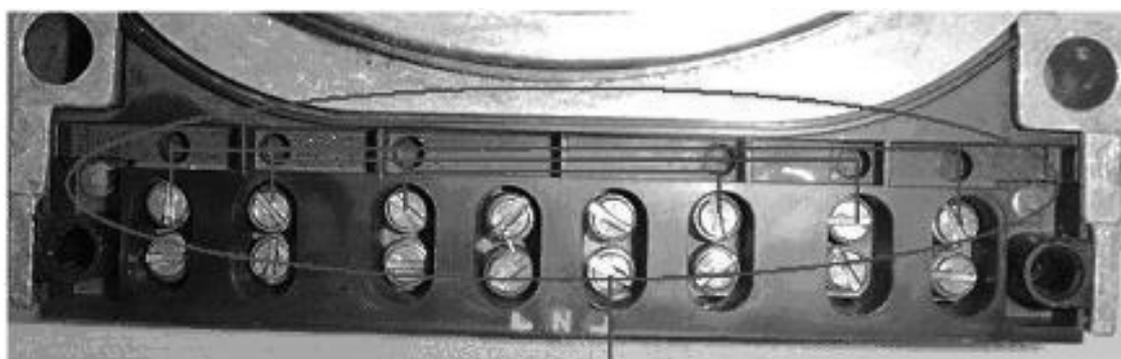


Figura 36 – Exemplo de ponte nos bornes



Os bornes de cada fase são ligados através de pontes (condutores) diretamente da entrada para saída, com isso uma parte da corrente passa "por fora" do medidor, ficando assim sem ser registrada parte da energia consumida.

Figura 37 - Exemplo de ponte nos bornes

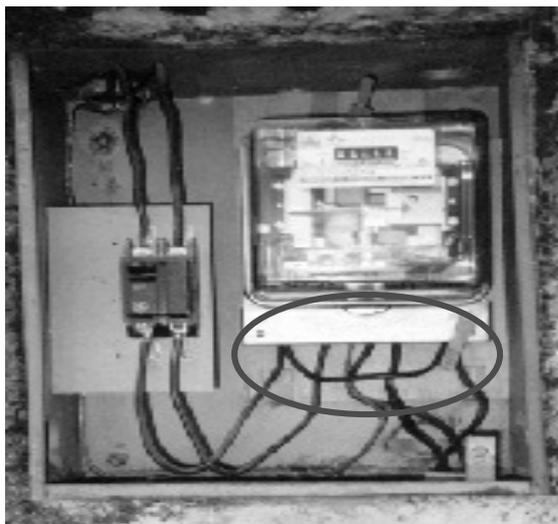


Figura 38 - Exemplo de ponte nos bornes

4.6.4 Manuseio do sistema de engrenagens (Registrador)

Pode ser caracterizado pelo afastamento, troca ou danificação dos dentes da coroa principal do sem-fim do eixo do disco, impedindo o giro do disco e fazendo com que o consumo normal não seja registrado (figuras 39 e 40). Esse tipo de fraude também é bastante comum, porém é um artifício que geralmente é adotado por pessoas que têm conhecimento sobre o funcionamento do aparelho. Isto porque em alguns casos podemos observar a troca de uma engrenagem pequena por outra um pouco maior, o que torna o registrador mais lento e faz com que esse tipo de fraude seja de difícil detecção, pois dependendo da engrenagem que será posta o consumo não diminui tanto, não despertando assim a empresa para o indício da fraude.

Outra técnica adotada e encontrada é a raspagem de uma das engrenagens, fazendo o registrador funcionar apenas nas partes da catraca que não estiverem raspadas, essa prática é menos engenhosa e pode ser verificado uma redução significativa no consumo, indicando que o medidor apresenta algum problema.

A figura 41 mostra que o usuário montou uma caixa de redução de engrenagens, com este artifício a engrenagem principal tinha que dar 30 voltas para marcar 1 kWh, ao invés das 5 voltas que a engrenagem tinha que dar originalmente. Esta fraude só é possível de identificar desmontando o medidor, porém o usuário deve violar os lacres para ter acesso ao interior do medidor.

Também podemos destacar a retroação da leitura do medidor, prática de fraude que consiste na retirada do mecanismo registrador e retroação da leitura consumida. Nesse caso, apesar de ser possível a detecção, devido a necessidade do infrator de romper o lacre da tampa principal, a irregularidade não pode ser comprovada com 100% de certeza, já que o consumidor pode alegar que o lacre foi rompido acidentalmente. Porém havendo reincidência no rompimento de lacre, sem a detecção de defeito no medidor, pode ser feita uma alteração na data da leitura e ou um acompanhamento semanal do consumo do cliente, o que possibilitaria obter a comprovação desse tipo de furto.

O meio de detecção adequado é a inspeção visual da tampa e carcaça, para verificação de algum indício de acesso ao interior do aparelho. Porém esses casos muitas vezes só são detectados através da aferição do medidor, pois a execução é tão bem feita, que muitas vezes os aparelhos não apresentam indícios visíveis de violação. Todas as medidas que podem ser adotadas nesse caso são para impedir o acesso ao interior do aparelho, então a tampa de vidro, parafuso pierce, selo de segurança e aro metálico são úteis para sua prevenção. Outra medida que está sendo adotada é a instalação do medidor dentro de caixas de policarbonato, impossibilitando assim o acesso ao corpo do medidor. Essa medida é usual contra todos os tipos de fraudes citados acima, porém ainda levará tempo para que todos os medidores estejam enquadrados nesse novo padrão.

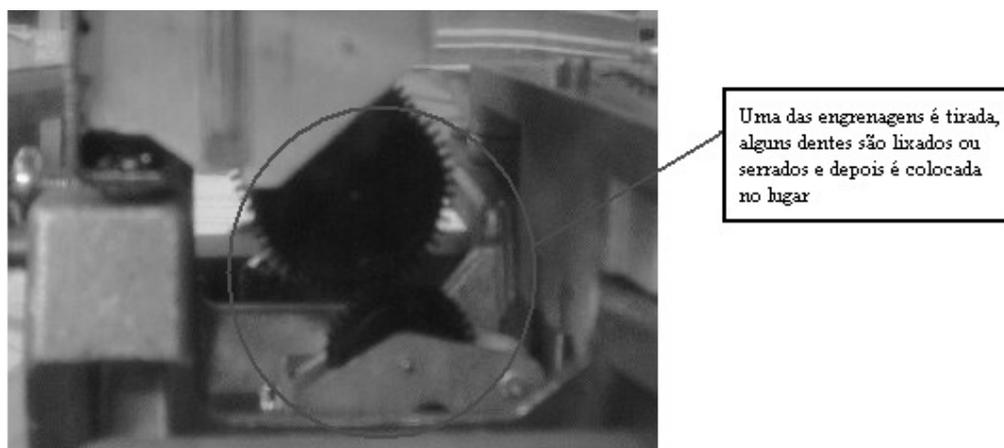
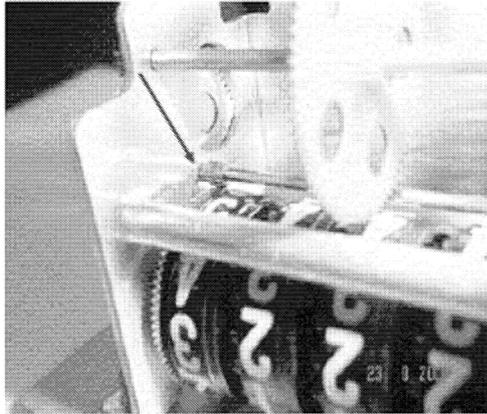


Figura 39 – Detalhe da engrenagem

Troca na engrenagem do medidor



Raspagem da engrenagem do medidor

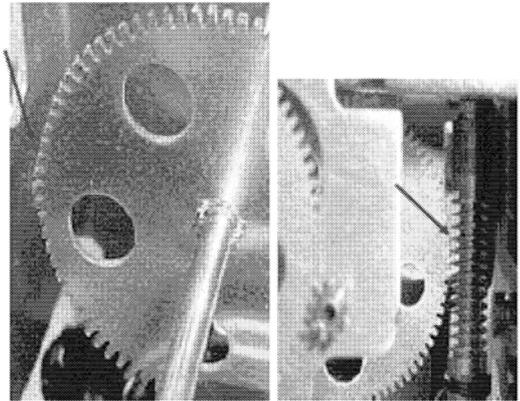


Figura 40 – Detalhe da engrenagem

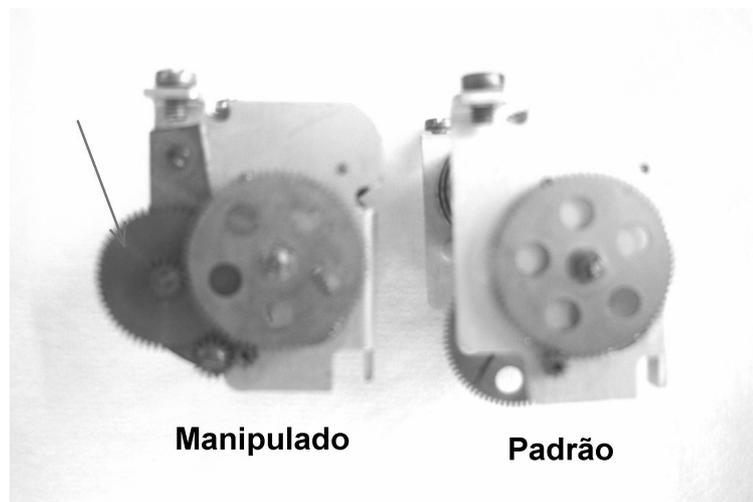


Figura 41 – Caixa de redução de engrenagens

4.6.5 Ligação direta

Esta prática muito comum não está associada diretamente ao medidor, e sim ao desvio de energia sem passar pelo mesmo. Geralmente é feito através do desvio no condutor primário, antes do medidor, o que é chamado na prática “sangramento do cabo primário” (figura 42). Para impedir esse tipo de infração está sendo adotada a utilização de cabos concêntricos (figura 43), chamados de cabos antifurtos, que são condutores trifásicos com o neutro passando entre as fases e o isolamento externo. Isso dificulta a prática, já que para ter acesso aos condutores de fase é necessário que o condutor de neutro seja cortado, podendo ocasionar um curto entre fase e neutro.



Figura 42 – tubo sangrando

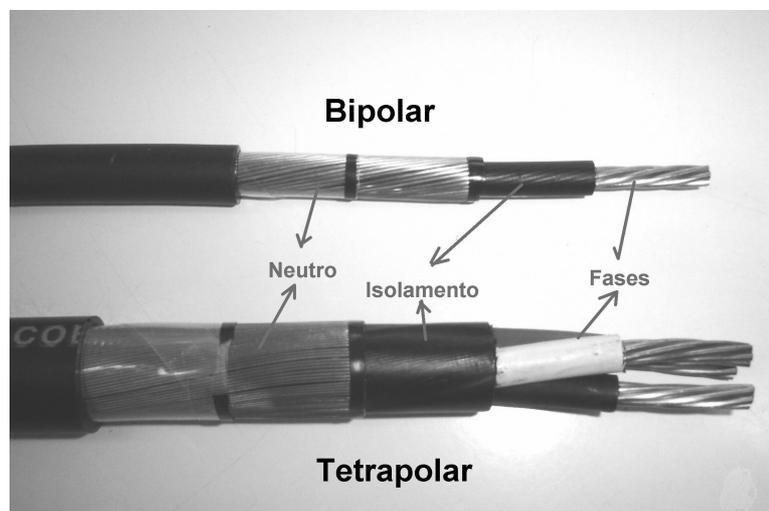


Figura 43 – cabos concêntricos

É importante ressaltar que apesar desses tipos de fraude serem detectados através de inspeção visual, pode ser que o mecanismo fraudador esteja tão bem instalado, que seria impossível a verificação da mesma através apenas de verificação visual, então tão logo o medidor apresente indício de fraude o mesmo deve ser aferido para que seja constatado através dos erros encontrados, com isso, se apresentarem um erro muito acima do esperado os medidores são abertos e então é feita uma inspeção mais rigorosa até que seja descoberto o mecanismo causador do problema.

4.7 Medidas para detectar e evitar fraudes

4.7.1 Tampa de vidro x Tampa de plástico

Os medidores com tampa de plástico têm a seu favor o fato de que a tampa é muito resistente a batidas, pancadas e outras eventualidades que possam danificar a tampa, porém são mais vulneráveis às fraudes, por apresentarem muita facilidade de acesso ao interior do aparelho através de furos pequenos e pouco perceptíveis em uma inspeção visual não muito rigorosa.

Medidores com tampa de vidro têm como vantagem o difícil acesso ao seu interior para o travamento do disco (apesar de haver ocorrências deste tipo, essa prática não é muito comum) já que é de fácil detecção através de inspeção visual. Entretanto, ocorrem problemas no transporte e manuseio desses aparelhos, onde muitos medidores apresentam a tampa externa quebrada, gerando custos de treinamento de pessoal, melhoria da embalagem e acondicionamento apropriado.

4.7.2 Inspeção de medidores em campo

Este item irá abordar as principais verificações que são executadas em campo, a fim de obter o maior índice de detecção de fraude possível, obtendo com isso, após normalização da irregularidade a diminuição nas perdas por furto na distribuição de energia elétrica.

Quando o medidor apresenta algum vestígio de manipulação interna, como por exemplo, qualquer dos lacres rompidos ou adulterados, juntamente com algum indício de que houve acesso ao interior do aparelho, ou com suspeita de ramal sangrado, pode ser feito um teste da constante (K_d) do medidor, que é realizado de maneira simples pelo funcionário.

4.7.2.1 Teste da constante do medidor monofásico

Será dado a seguir um exemplo de como se realiza o ensaio da constante do medidor. Primeiramente, devemos desligar o disjuntor, deixando o medidor sem a carga da residência ou estabelecimento inspecionado, com isso ligamos uma carga

conhecida, por exemplo, uma lâmpada de 200 W, na saída do medidor conforme figura 44.

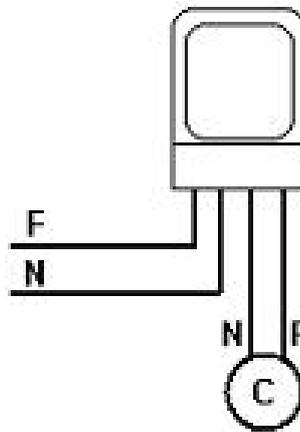


Figura 44 – ilustração da ligação da carga ao medidor monofásico

Aplicando essa carga ao medidor durante um intervalo de tempo pré-estabelecido, calcula-se a potência registrada pelo medidor e comparando com a potência conhecida da lâmpada, obtemos o erro percentual do medidor, o qual será considerado com defeito se apresentar erro percentual acima de 15% para mais ou para menos.

Cálculo do Kd

$$P_{REGISTRADO} = \frac{3600.NV.Kd}{t(s).N^{\circ}elementos} \quad (4.1)$$

$$P_{medida} = V.I \quad (4.2)$$

Onde:

NV = Número de voltas

Kd = constante do medidor

V = Tensão

I = Corrente

N° elementos = N° de fases do medidor

$$\%erro = \frac{P_{REGISTRADO} - P_{MEDIDA}}{P_{MEDIDA}} \times 100 \quad (4.3)$$

4.7.2.2 Teste da constante do medidor polifásico

Para medidores bifásicos e trifásicos, o teste é efetuado da mesma maneira, porém, as fases em que não estiverem conectadas a carga serão ligadas em série conforme figura 45 e figura 46.

Medidor bifásico:

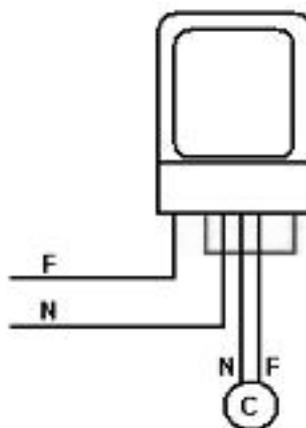


Figura 45 - ilustração da ligação da carga no medidor bifásico

Medidor trifásico:

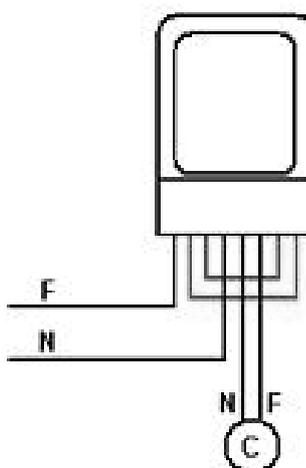


Figura 46 - ilustração da ligação da carga no medidor trifásico

4.7.3 Medidor com detecção de Fraudes da Genus

O medidor Genus [10], modelo BF4AO (figura 47), é um medidor de energia ativa (KW/h) que funciona com dois fios e é usado para medição direta e incrementado com detector de fraudes. Possui quatro leds onde um emite 3200 pulsos para registrar 1 kw em uma hora com capacidade para uma corrente de 15 A a 100 A e uma tensão de 240 V com frequência de 60 Hz, os outros leds são para indicação: 1 (desvio) indica que há um desvio de corrente que passa pelo medidor, a corrente da fase é diferente da corrente do neutro - 2 (INV) indica ligação invertida entre fase e neutro etc. O medidor tem dois conversores, uma lógica, parte inteligente que faz a medição de potência e outra que faz a proteção antifurto. Possui também uma parte eletromecânica, um ciclométrico para visualização da leitura de KW/h. É importante saber que o circuito inteligente ao detectar o desvio processa e corrige a diferença de consumo emitindo assim os pulsos relativos ao consumo real.



Figura 47 – Detalhe do medidor Genus (BF4AO)

Este item tem por objetivo verificar se todas as funções contidas neste medidor BF4AO funcionam em perfeitas condições dentro de um padrão de confiabilidade técnica. No dia 22/12/05 foram realizadas experiências de fraudes, onde cada caso foi verificado se o medidor detectava ou não a fraude, emitindo um sinal de luz para o led desvio. Foram realizados um total de 8 testes, mostrados a seguir, onde foi verificado visualmente se o sinal era transmitido para o led de desvio e assim saber se pulsava ou não quando detectava a fraude e se funcionava em perfeito estado.

Tabela 04 – Aferição do medidor Genus:

TESTE	CN(%)	CI(%)	CP(%)
1	+0,14	+0,28	+0,14
2	+0,13	+0,30	+0,18
3	+0,12	+0,27	+0,25

O teste realizado acima comprova que o medidor testado encontra-se na classe conforme indicação de placa.

4.7.3.1 Esquemas de fraudes para teste do medidor BF4AO

Inicialmente, testou-se o funcionamento do medidor, verificando que o mesmo estava pulsando normalmente, conforme a figura 48.

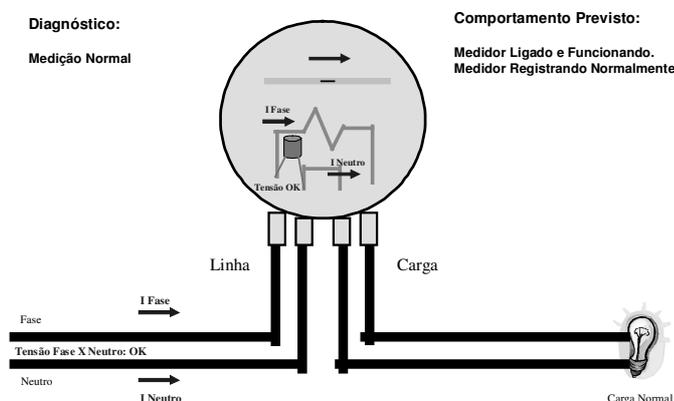


Figura 48 – Diagrama do medidor Genus (BF4AO) funcionando normalmente

Após a verificação inicial, os testes foram realizados. A primeira fraude simulada foi do tipo ponte entre Linha e Carga (figura 49). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado e Funcionando.
- Medidor com Perdas no Registro de Consumo.
- Disco Girando Menos que o Previsto
- Perdas Estimadas: Entre 20% e 50%

O resultado do teste foi o seguinte: o medidor detectou o desvio corretamente com muita precisão, sendo que somente acionou seu dispositivo de detecção de fraude (Led - desvio) com uma carga acima de 100 W.

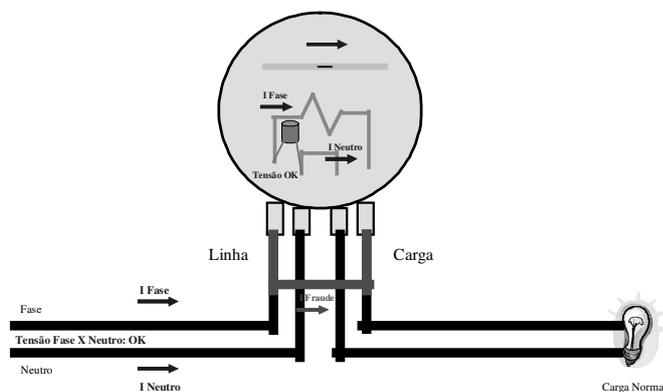


Figura 49 – Diagrama do medidor fraudado – ponte entre linha e carga

A seguir, foi simulada outra fraude, desta vez, do tipo ponte entre Linha e Carga e com Ponte entre Linha e Carga no Borne do Neutro (figura 50). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado e Funcionando.
- Medidor com Perdas no Registro de Consumo.
- Disco Girando Menos que o Previsto
- Perdas Estimadas: Entre 20% e 50%

Foi verificado neste teste que o medidor não detectou a fraude, já que se trata de uma fraude tipo ponte (by-pass em fase e neutro) entre linha e carga feito no bloco do medidor, as duas pontes foram feitas com condutores de mesma bitola, que fez não haver diferença de corrente entre os mesmos, sem essa diferença o medidor não consegue sentir o desvio, percebemos isso quando alteramos um dos condutores e o medidor passou a amostrar; onde concluímos que é através da diferença de corrente entre os condutores do circuito que é sensibilizada a proteção antifurto.

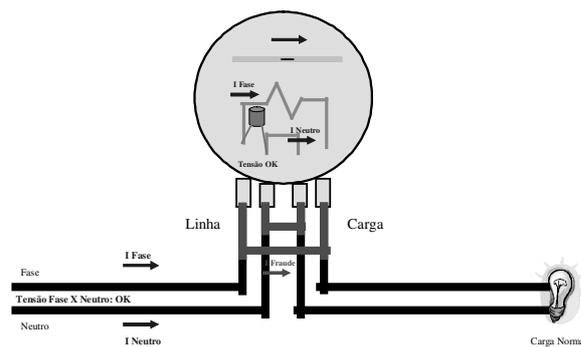


Figura 50 – Diagrama do medidor fraudado - linha e Carga e com Ponte entre Linha e Carga no Borne do Neutro

A fraude a seguir é do tipo desvio, onde apenas a fase é desviada e o neutro utilizado é o convencional, que passa pelo medidor (figura 51). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado e Funcionando.
- Medidor com Perdas no Registro de Consumo.
- Disco Girando Menos que o Previsto.
- Perdas Estimadas: entre 0% e 100%

O medidor detectou o desvio corretamente com muita precisão.

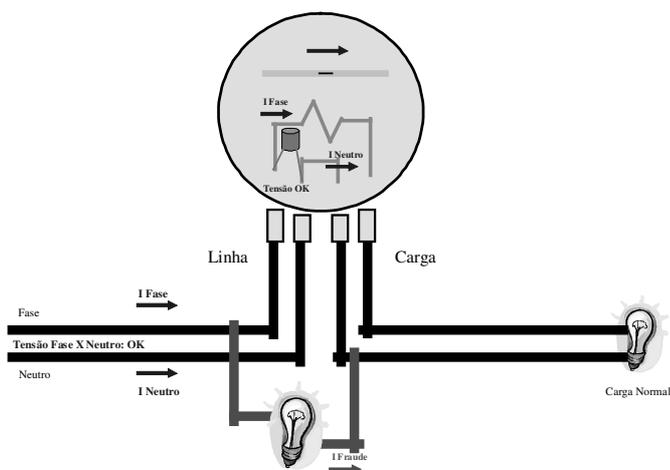


Figura 51 – Diagrama do medidor fraudado – tipo desvio

Outro tipo de fraude testada é a do tipo ligação invertida entre os bornes de linha e carga do medidor (figura 52). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado e Funcionando.
- Medidor Registrando Negativamente (Desmarcando).
- Disco Girando no Sentido Contrário.
- Perdas Estimadas: >100%

O medidor detectou o desvio corretamente com muita precisão. Com carga até 60 W o Led de desvio fica pulsando, com carga acima de 60 W o Led de desvio fica acionado e o led de inversão fica acionado com qualquer carga.

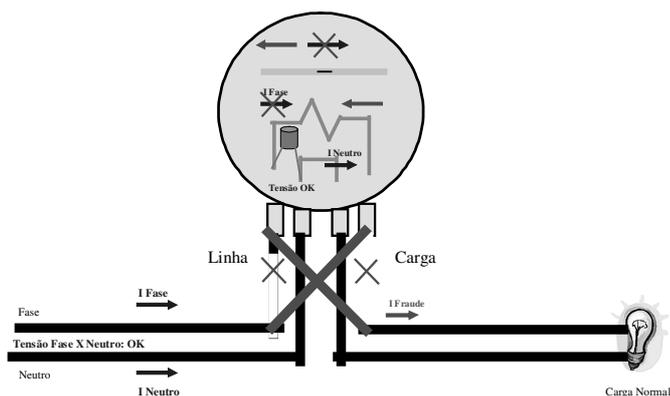


Figura 52 – Diagrama do medidor fraudado - ligação invertida entre os bornes de linha e carga do medidor

A fraude testada a seguir é a do tipo inversão de fase e neutro nos bornes de linha do medidor com a carga do cliente aterrada ou ligada a um neutro desviado antes da medição (figura 53). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado, porém Não Funcionando.
- Medidor Não Registra Consumo.
- Disco Parado.
- Perdas Estimadas: 100%

O medidor detectou o desvio corretamente com muita precisão. O Led de inversão não acionou e o Led de desvio somente foi acionado com carga acima de 100 W.

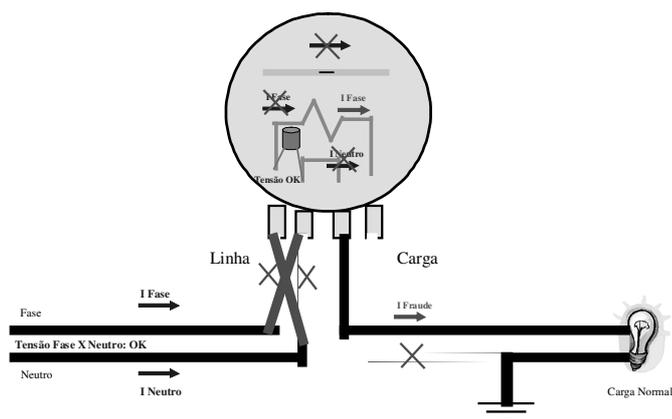


Figura 53 – Diagrama do medidor fraudado - inversão de fase e neutro nos bornes de linha do medidor com a carga do cliente ligada a um neutro desviado antes da medição

A próxima fraude é do tipo desvio, onde apenas a fase é desviada e o neutro utilizado é o convencional, que passa pelo medidor acrescido de fraude do tipo ponte nos bornes de fase entre linha e carga (figura 54). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado e Funcionando.
- Medidor com Perdas no Registro de Consumo.
- Disco Girando Menos que o Previsto
- Perdas Estimadas: Entre 0% e 100%

Neste caso, o medidor detectou o desvio corretamente com muita precisão.

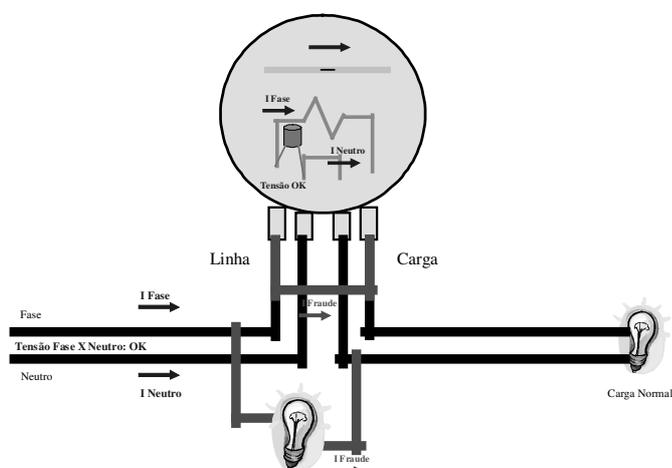


Figura 54 – Diagrama do medidor fraudado - tipo desvio acrescido de fraude do tipo ponte nos bornes de fase entre linha e carga

Outra fraude analisada foi a do tipo ligação invertida entre os bornes de linha e carga do medidor acrescido de ponte nos bornes de fase entre linha e carga (figura 55). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado e Funcionando.
- Medidor Registrando Negativamente (Desmarcando).
- Disco Girando no Sentido Contrário.
- Perdas Estimadas: >100%

O medidor detectou o desvio corretamente com muita precisão somente com uma carga acima de 100 W e não detectou a inversão.

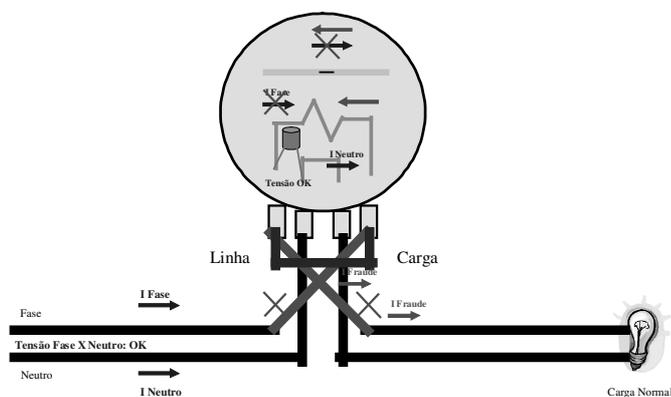


Figura 55 – Diagrama do medidor fraudado - ligação invertida entre os bornes de linha e carga do medidor acrescido de ponte nos bornes de fase entre linha e carga

A fraude analisada a seguir é do tipo ligação invertida entre os bornes de linha e carga do medidor acrescido de desvio somente da fase utilizando o neutro convencional (figura 56). O comportamento previsto para esta situação é:

- Medidor Ligado e Funcionando.
- Medidor Registrando Negativamente (Desmarcando).
- Disco Girando no Sentido Contrário.
- Perdas Estimadas: >100%

Para este teste, o medidor detectou o desvio corretamente com muita precisão.

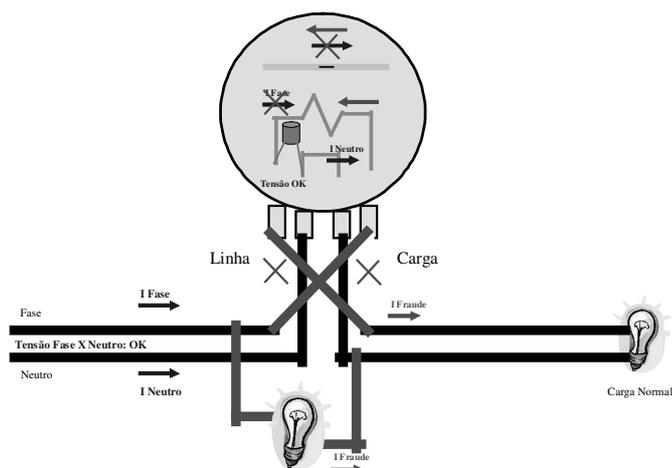


Figura 56 – Diagrama do medidor fraudado - ligação invertida entre os bornes de linha e carga do medidor acrescido de desvio somente da fase utilizando o neutro convencional

Estes testes permitiram mostrar os resultados de um projeto onde foram desenvolvidas várias experiências para saber se o medidor era realmente um aparelho que contribui com tecnologia à concessionária no dia a dia, buscando medir energia e reduzir fraudes. Podem ser citadas algumas vantagens: quando o leiturista for retirar a leitura, ele já pode detectar visualmente a fraude no cliente e com isso comunicar ao setor responsável para realizar as medidas corretas. É um medidor que traz uma inovação técnica na área de medição monofásica e na vigilância antifurto. O aparelho tem uma placa onde ela é composta por componentes eletrônicos como: resistores, capacitores, diodos e transistores. Estes componentes estão à disposição de qualquer um no mercado para serem utilizados, o que torna o medidor mais vulnerável.

Porém, algumas modificações poderiam ser feitas para o aperfeiçoamento do medidor, como por exemplo:

- Tornar possível durante um período de 45 dias a visualização do indicador de desvio (fraude) para garantir que, embora a fraude seja descaracterizada, fique registrado;
- Criar um sistema de lacre ou de colagem na tampa para melhor proteção na inviolabilidade para guardar as partes internas do aparelho de tal modo que não possa ser fraudada;

4.8 Procedimento após a detecção da fraude

Encontrando no medidor um erro percentual acima de 15%, como dito acima, é comprovada a existência de manipulação interna do aparelho, podendo ter sido o mesmo manipulado de várias maneiras, como já foi visto anteriormente. Assim, o cliente terá seu medidor retirado e seu fornecimento interrompido até que quite sua dívida com a concessionária, pois será cobrado oficialmente conforme ART.72 da resolução 456 da ANEEL de 29/11/2000.

“Art. 72 - Constatada a ocorrência de qualquer procedimento irregular cuja responsabilidade não lhe seja atribuível e que tenha provocado faturamento inferior ao correto, ou no caso de não ter havido qualquer faturamento, a concessionária adotará as seguintes providências:

I - emitir o "Termo de Ocorrência de Irregularidade", em formulário próprio, contemplando as informações necessárias ao registro da irregularidade, tais como:

- a) identificação completa do consumidor;
- b) endereço da unidade consumidora;
- c) código de identificação da unidade consumidora;
- d) atividade desenvolvida;
- e) tipo e tensão de fornecimento;
- f) tipo de medição;
- g) identificação e leitura(s) do(s) medidor(es) e demais equipamentos auxiliares de medição;
- h) selos e/ou lacres encontrados e deixados;
- i) descrição detalhada do tipo de irregularidade;
- j) relação da carga instalada;
- l) identificação e assinatura do inspetor da concessionária; e
- m) outras informações julgadas necessárias;

II - (Redação dada pela Resolução ANEEL nº 90, de 27/03/01) promover a perícia técnica, a ser realizada por terceiro legalmente habilitado, quando requerida pelo consumidor;

III - implementar outros procedimentos necessários à fiel caracterização da irregularidade;

IV - proceder a revisão do faturamento com base nas diferenças entre os valores efetivamente faturados e os apurados por meio de um dos critérios descritos nas alíneas abaixo, sem prejuízo do disposto nos arts. 73, 74 e 90:

a) aplicação do fator de correção determinado a partir da avaliação técnica do erro de medição causado pelo emprego dos procedimentos irregulares apurados;

b) na impossibilidade do emprego do critério anterior, identificação do maior valor de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas e reativas excedentes, ocorridos em até 12 (doze) ciclos completos de medição normal imediatamente anteriores ao início da irregularidade; e

c) no caso de inviabilidade de utilização de ambos os critérios, determinação dos consumos de energia elétrica e/ou das demandas de potência ativas e reativas excedentes por meio de estimativa, com base na carga instalada no momento da constatação da irregularidade, aplicando fatores de carga e de demanda obtidos a partir de outras unidades consumidoras com atividades similares.

§ 1º - Se a unidade consumidora tiver característica de consumo sazonal e a irregularidade não distorceu esta característica, a utilização dos critérios de apuração dos valores básicos para efeito de revisão do faturamento deverá levar em consideração os aspectos da sazonalidade.

§ 2º - Comprovado, pela concessionária ou consumidor, na forma do art. 78 e seus parágrafos, que o início da irregularidade ocorreu em período não atribuível ao atual responsável, a este somente serão faturadas as diferenças apuradas no período sob responsabilidade do mesmo, sem aplicação do disposto nos arts. 73, 74 e 90, exceto nos casos de sucessão comercial.

§ 3º - Cópia do termo referido no inciso I deverá ser entregue ao consumidor no ato da sua emissão, preferencialmente mediante recibo do mesmo, ou, enviada pelo serviço postal com aviso de recebimento (AR).

§ 4º - No caso referido no inciso II, quando não for possível a verificação no local da unidade consumidora, a concessionária deverá acondicionar o medidor e/ou demais equipamentos de medição em invólucro específico, a ser lacrado no ato da retirada, e encaminhar ao órgão responsável pela perícia.”

4.9 Quantificação de fraudes, inadimplências e seus clientes

Como vimos anteriormente, todos os artifícios utilizados para manipular o medidor ou o sistema de medição, apresentam um vestígio de manipulação, que pode ser detectado pelo funcionário responsável pela inspeção e utilizado para processo de cobrança de multas previstas na resolução 456 da ANEEL.

A figura 57 mostra o mapa do Estado do Rio de Janeiro, dividido estruturalmente por Regionais. Nos itens a seguir serão mencionadas Regionais que hoje em dia não existem mais, porém se fundiram para a criação de três novas Regionais.



Figura 57 – Estrutura da Light por Regionais

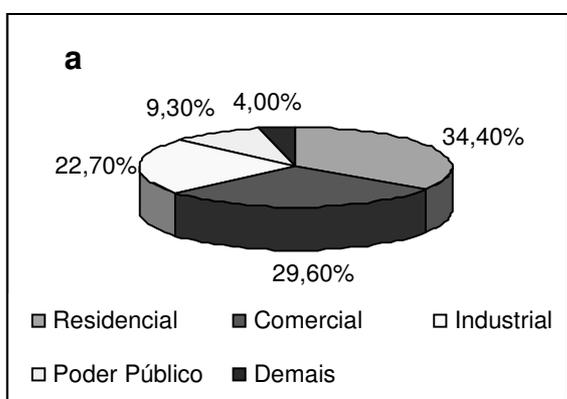
A figura 56 mostra três Regionais: a Regional Metropolitana (antigas Litorânea e Leste), a Regional Grande Rio (antigas Baixada e Oeste) e a Regional Vale do Paraíba (antiga Interior).

4.9.1 Quantificação dos clientes e seus respectivos consumos

O levantamento a seguir consiste em quantificar os clientes separando-os por tipo de cliente e por localização.

A figura 58a mostra a quantificação dos clientes fora das áreas de risco e de baixa renda por sua classificação de cliente. Já a figura 58b mostra o consumo em percentual desses mesmos clientes segmentados por sua classificação de tipo de cliente.

A figura mostra que mesmo em menor quantidade, os clientes “comerciais” consomem praticamente igual aos clientes “residenciais”, porém, são os consumidores chamados de industriais os que mais consomem proporcionalmente em relação ao número de clientes, já que menos de 1,4% dos clientes que moram nessa região, consomem 22,7% da energia total da região.



b

Figura 58 – Cientes fora das AR's e BR's

A figura 59a mostra a quantificação dos clientes residenciais de baixa renda por sua classificação de cliente. Já a figura 59b mostra o consumo em percentual desses mesmos clientes segmentados por sua classificação de tipo de cliente.

As figuras abaixo mostram que nessas regiões prevalecem em absoluto os consumidores residenciais, porém, seu consumo não ultrapassa os 64%.

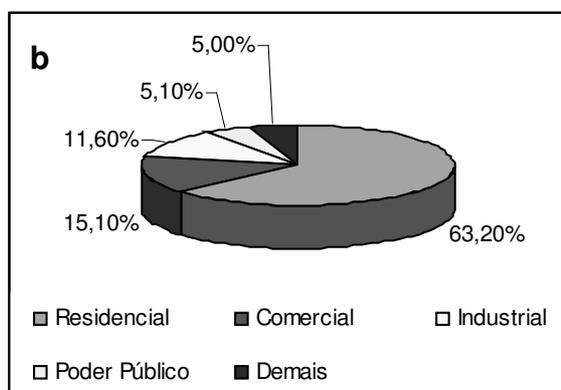
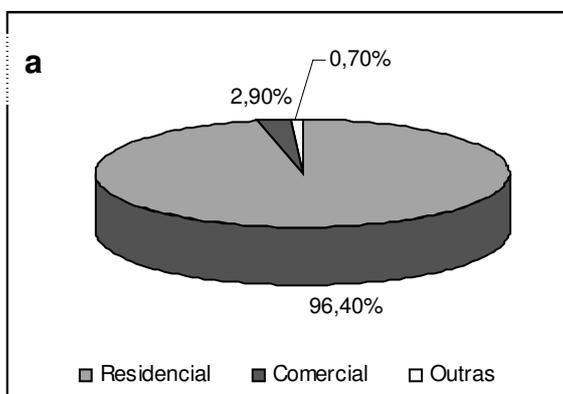


Figura 59 – Cientes comerciais de BR

A figura 60a mostra a quantificação dos clientes situados em áreas de risco por sua classificação de cliente. Já a figura 60b mostra o consumo em percentual desses mesmos clientes segmentados por sua classificação de tipo de cliente.

As figuras mostram que neste tipo de região os consumidores residenciais são absoluta maioria, e seu consumo chega perto dos 80%, diferentemente das regiões residenciais de baixa renda, onde seu consumo não ultrapassa os 64%. Nas regiões chamadas de áreas de risco a quantidade de consumidores industriais é praticamente desprezível.

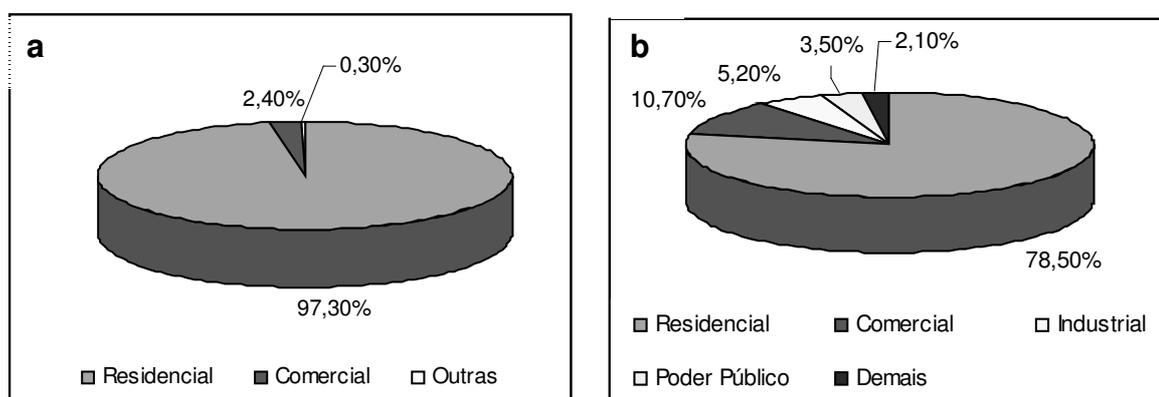


Figura 60 – Cientes em AR

4.9.2 Segmentação de perdas por Regionais e Classes sociais

Neste item será feita uma análise das perdas segmentadas por classes sociais, regiões e tipos de consumidores, mostrando assim possíveis locais para futuros programas do tipo Blitz ou um maior número de inspeções a serem realizadas.

Primeiramente será mostrado um gráfico com o histórico da evolução das perdas (figura 61). Nele é possível ver as principais razões das quedas e aumentos nas perdas.

Os principais motivos dos aumentos das perdas foram os aumentos tarifários em 2001 e em 2003. Já, as 1 milhão de inspeções/ano o aumento da acurácia e o faturamento retroativo ajudaram a reduzir o valor de perdas comerciais.

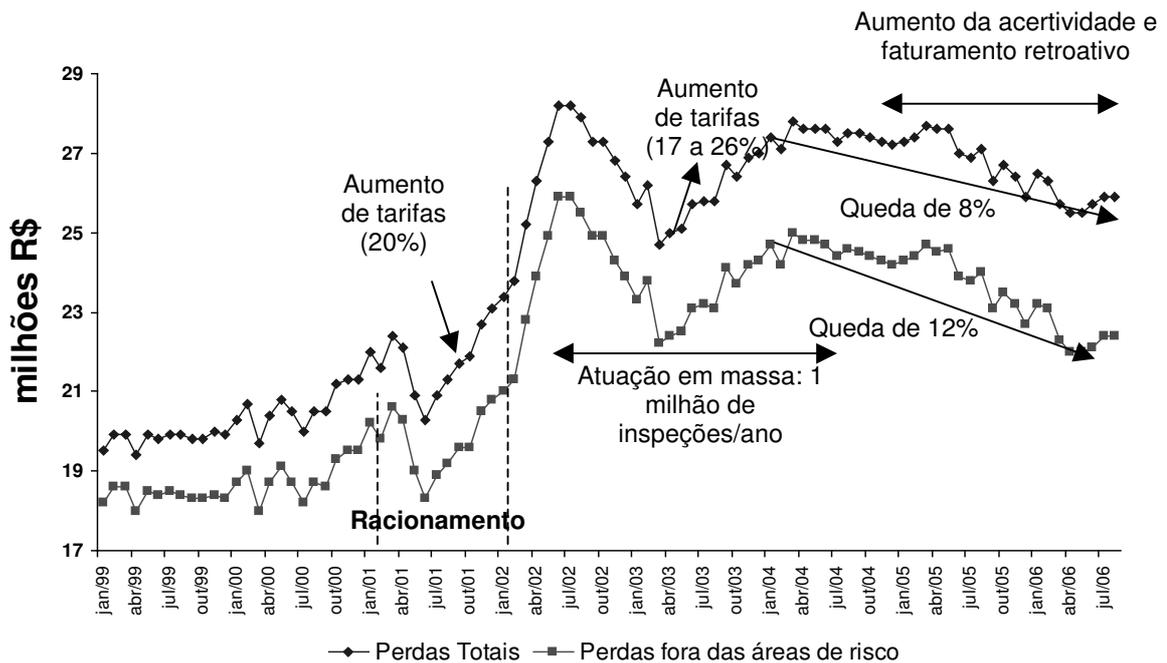


Figura 61 – Histórico de Perdas no período de 1999 até 2006

A figura 62 mostra as perdas resultantes da falta de faturamento em baixa tensão, segmentadas por classes sociais e diferentes Regionais, respectivamente. Estas perdas totalizam 3870 GWh, sendo distribuído segundo os gráficos a seguir.

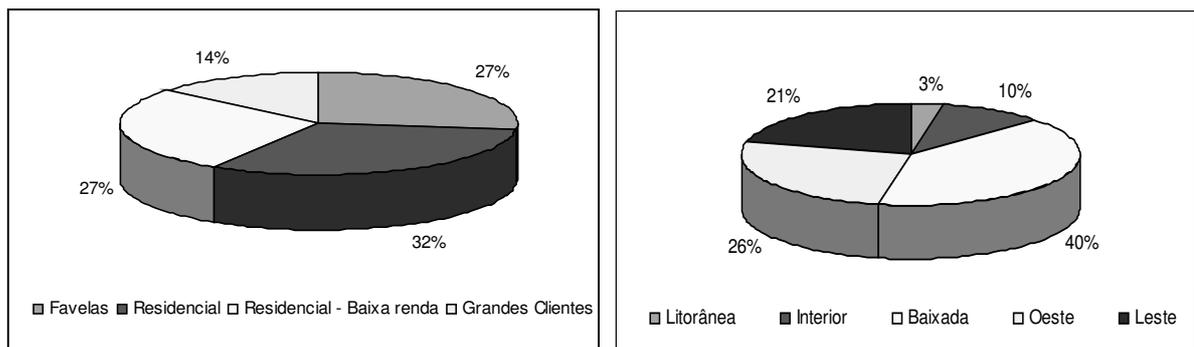


Figura 62 – Perdas em BT segmentadas por classes sociais e Regionais

Os gráficos acima mostram que 73% das PNT da baixa tensão estão fora das favelas e que 87% das mesmas ocorrem nas Regionais Baixada, Leste e Oeste

A figura 63 mostra as perdas resultantes da falta de faturamento em baixa e média tensão, segmentadas por tipo de área e diferentes Regionais, respectivamente. Estas perdas totalizam 4099 GWh, sendo distribuído segundo os gráficos a seguir.

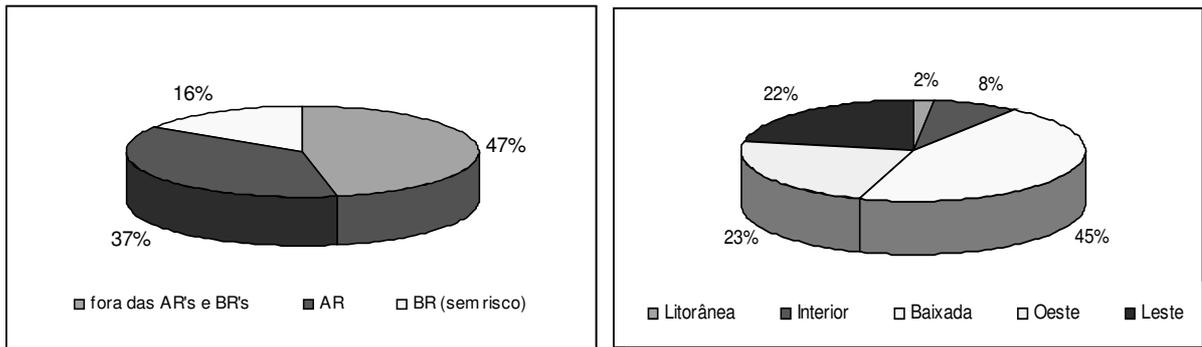


Figura 63 – Perdas em BT e MT segmentadas por classes sociais e Regionais

As Áreas de Risco são locais de difícil atuação da empresa para ações de Perdas, devido ao risco de vida ocasionado pelo Narcotráfico ou outro tipo de poder local. Na maioria dos casos, a área de risco é composta por um aglomerado subnormal de moradias (favelas) e a periferia ao redor.

O gráfico mostra que 63% das perdas comerciais de BT e MT estão fora das áreas de risco, e 89% das perdas comerciais ocorrem nas Regionais Baixada, Leste e Oeste.

Hoje em dia somente 35% das áreas de risco e 10% das áreas de baixa renda sem risco possuem medição. Para as áreas sem medição, é feita uma extrapolação da perda comercial a partir desta amostragem.

A figura 64 mostra as perdas comerciais segmentadas por Regionais, porém, neste gráfico não estão incluídas as perdas nas áreas de risco evidenciando que a maior parte das áreas de risco se encontram na Baixada. Essas perdas totalizam 2582 GWh.

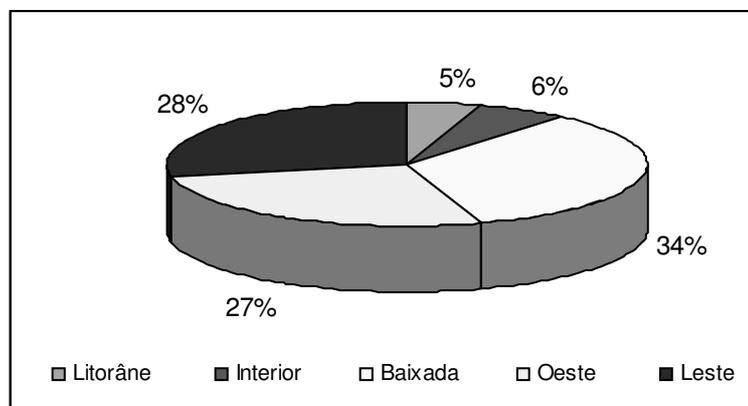


Figura 64 – Perdas comerciais segmentadas por Regionais

5. Conclusão

Este trabalho mostra os vários artifícios utilizados para manipular a medição de energia elétrica de forma fraudulenta, levando o aparelho de medição a registrar uma energia menor do que a realmente consumida. Porém, como foi descrito no decorrer do trabalho, vimos também que as empresas distribuidoras de energia estão investindo em tecnologias de medição capazes de diminuir a ocorrência desse tipo de situação, que já está inserida na cultura da sociedade.

Podemos perceber que todas as modificações feitas, sejam elas no medidor de energia ou no sistema de medição, têm sido capazes de frear, em um primeiro momento, o até então alto índice de perdas por furto de energia, já que certamente ainda não foi descoberto um mecanismo capaz de impedir completamente o acesso ao aparelho. Vimos que o principal indício de fraude é o rompimento do lacre.

O que tem sido feito com sucesso é a implantação de métodos e aparelhos de medição que dificultam a manipulação, fazendo com que na ocorrência de qualquer irregularidade a detecção seja rápida e eficiente. Com isso podemos ver a importância desse investimento para o aumento do lucro da empresa, já que além da diminuição da energia que não era faturada, temos também em consequência um aumento da energia faturada, trazendo mais recursos para investimentos ainda maiores, fazendo com que tenhamos uma rede elétrica mais confiável e uma melhor qualidade de energia distribuída. Além disso, podemos ver que a maior parcela de perdas comerciais não são provenientes de clientes em Áreas de Risco, como era de se imaginar.

6. Obras citadas

- [1] Sólton de Medeiros Filho. "Medição de Energia Elétrica". 2ª edição. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1980.
- [2] II ° Encontro Regional Sobre Medição de Energia Elétrica. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [3] Portaria INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, nº246, de 20 de dezembro de 2002
- [4] RESOLUÇÃO ANEEL Nº 456, de 9/11/00.
- [5] Medidores Watt-hora eletrônicos na presença de harmônicos: análise de multiplicadores e testes preliminares, Maria Q. Fasura Balthazar, Tese de mestrado, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, março de 2004.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8377, Medidor de energia ativa, de outubro de 1995.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8378 Medidor de energia ativa, de outubro de 1995.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5313, Aceitação de lotes de medidores de energia ativa - Procedimento, de dezembro de 1997.
- [9] www.landisgyr.com.br, acessado em 20 de janeiro de 2007.
- [10] www.genusoverseas.com, acessado em 20 de janeiro de 2007.
- [11] www.valoronline.com.br/valoreconomico