



**FACULDADES NORDESTE | DeVry Brasil**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FRANCISCO JEANDSON RODRIGUES DA SILVA**

**ESTUDO DE METODOLOGIAS UTILIZANDO NOVAS TECNOLOGIAS PARA  
COMBATE AS PERDAS COMERCIAIS EM MÉDIA TENSÃO**

**FORTALEZA – CEARÁ**  
**2016**

**FRANCISCO JEANDSON RODRIGUES DA SILVA**

**ESTUDO DE METODOLOGIAS UTILIZANDO NOVAS TECNOLOGIAS PARA  
COMBATE AS PERDAS COMERCIAIS EM MÉDIA TENSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, das Faculdades Nordeste como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.  
Orientador: Prof. Raimundo Cezar Campos do Nascimento.

**FORTALEZA – CEARÁ**

**2016**

S581e Silva, Francisco Jeandson Rodrigues da.  
Estudo de metodologias utilizando novas tecnologias  
para combate as perdas comerciais em média tensão. /  
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva. – Fortaleza,  
2016.  
57f.

Monografia (Curso de Engenharia Elétrica) –  
Faculdades Nordeste - Fanor.  
Orientador: Prof. Raimundo Cezar Campos do  
Nascimento.

1. Perdas Comerciais. 2. Irregularidades no Consumo de  
Energia. 3. Fraudes. I. Título.

CDD – 621.3

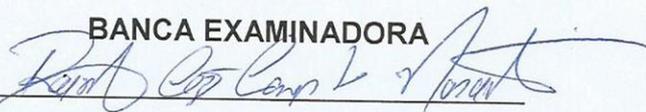
FRANCISCO JEANDSON RODRIGUES DA SILVA

ESTUDO DE METODOLOGIAS UTILIZANDO NOVAS TECNOLOGIAS PARA  
COMBATE AS PERDAS COMERCIAIS EM MÉDIA TENSÃO

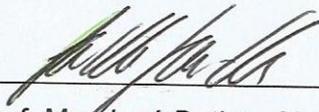
Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica, das Faculdades Nordeste como requisito para obtenção do título do grau de bacharel em Engenharia Elétrica, tendo sido aprovada pela banca examinadora composta pelos professores abaixo.

Aprovado dia: 21 / 06 / 16.

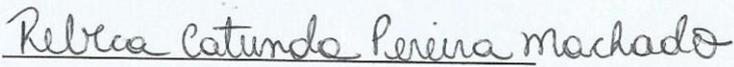
**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Me. Raimundo Cezar Campos do Nascimento

Orientador - FANOR

  
Prof. Me. José Batista Siqueira Filho

Examinador - FANOR

  
Prof. Ma. Rebeca Catunda Pereira Machado

Examinador - FANOR

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Aos meus irmãos, meu pai Francisco Eudes da Silva, que foi minha fonte de inspiração.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constante, durante o curso.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda não pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

*(Arthur Schopenhauer)*

## RESUMO

As Empresas de Distribuição de Energia Elétrica brasileiras apresentam grandes problemas com perdas financeiras relacionadas a fraudes, desvios de energia, roubo de materiais e equipamentos e outras irregularidades. Essas perdas financeiras também são chamadas de perdas não técnicas ou perdas comerciais, que são difíceis de mensurar quantitativamente, acarretando grandes prejuízos para as concessionárias de energia elétrica e impactando diretamente na qualidade do fornecimento de energia. Este trabalho apresenta primeiramente o conceito de perdas técnicas e não técnicas, o histórico de irregularidades no sistema de medição das unidades consumidoras no Brasil, as tecnologias utilizadas atualmente para o combate às anomalias no sistema de distribuição e as ações realizadas para o seu combate. Apresentam-se ainda dois estudos de caso realizados em campo, em duas unidades consumidoras de média tensão de responsabilidade de suprimento de energia elétrica da empresa COELCE, demonstrando os métodos de redução das perdas comerciais utilizando novas tecnologias e por fim, uma breve análise do cenário atual das perdas na distribuidora.

**Palavras Chaves:** Perdas comerciais. Irregularidades no consumo de energia elétrica. Fraudes. Novas tecnologias.

## ABSTRACT

Brazilian Electricity Distribution Companies have major problems with financial losses related to fraud, power shifts, theft of materials and equipment and other irregularities. These financial losses are also called non-technical losses and commercial losses, which are difficult to measure quantitatively, causing great damage to the electric utilities and directly impacting the quality of power supply. This monograph first introduces the concept of losses, technical and non-technical, the history of irregularities in the measurement system of consumer units in Brazil, the technologies currently used to combat the anomalies in the distribution system and the actions taken to combat it. They present also two case studies in the field, two consumer units of average power supply responsibility voltage COELCE company, demonstrating the methods of reducing commercial losses using new technologies and finally, a brief analysis of the scenario current losses in distribution.

**Key words:** commercial losses. Irregularities in the consumption of electricity. Fraud. New technologies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Exemplo simplificado do cálculo das perdas de energia elétrica Fonte: ANEEL (2015) .....	16
Figura 02 - Funcionários da COELCE fiscalizando e verificando pontos de medição .....	17
Figura 03 - Equipamentos auxiliares da medição.....	23
Figura 04 - Esquema de irregularidade na chave de aferição .....	23
Figura 05 - Cabos roubados e já cortados para venda .....	24
Figura 06 - Desvio de energia .....	25
Figura 07 – Modo de instalação na rede .....	28
Figura 08 – Analisador de energia (varcorder) .....	29
Figura 09 – Medidor eletrônico E550 .....	30
Figura 10 – Medidor eletrônico E650 .....	31
Figura 11 - Medidor eletrônico E750 .....	31
Figura 12 - Conjunto de medição para média tensão.....	32
Figura 13 - Evolução dos padrões de medição .....	32
Figura 14 - Escopo interno do conjunto de medição .....	33
Figura 15 – Detector de tensão de média tensão.....	34
Figura 16 - Exemplo de teste com detector de tensão .....	35
Figura 17 - Verificação da relação usando TTR .....	36
Figura 18 - Ramal de entrada embutido e buchas do transformador exposta.....	41
Figura 19 - Normalização do padrão de medição.....	45
Figura 20 - Exemplo de cabine primária em alvenaria .....	46
Figura 21 - Estrutura interna de cabine primária em alvenaria.....	47
Gráfico 01 - Percentual de perdas em relação a energia injetada no sistema global das distribuidoras .....	17
Gráfico 02 - Percentual de perdas totais do sistema em 2012Fonte: ABRADÉE (2012).....	21
Gráfico 03 - Comparativo das energias medidas (kWh) caso I .....	42
Gráfico 04 - Comparativo da corrente fase R caso I .....	43
Gráfico 05 - Comparativo da corrente fase S caso I.....	43
Gráfico 06 - Comparativo da corrente fase T caso I.....	44

Gráfico 07 - Comparação da energia elétrica consumida sete dias antes e após a normalização .....	45
Gráfico 08 - Comparativo das energias medidas (kWh) caso II .....	48
Gráfico 09 - Comparativo da corrente fase R caso II .....	48
Gráfico 10 - Comparativo da corrente fase S caso II.....	49
Gráfico 11 - Comparativo da corrente fase T caso II.....	49
Gráfico 12 – Investimento anual no combate às perdas de energia elétrica .....	50
Gráfico 13 – Evolução do indicador de perdas anual .....	51
Gráfico 14 - Evolução do indicador de perdas anual em energia .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Tarifas transmissão .....	19
Tabela 02 - Resultados obtidos caso I .....	41
Tabela 03 - Resultados obtidos caso II .....	47
Tabela 04 - Principais indicadores operacionais .....	52
Tabela 05 - Principais investimentos .....	52

## LISTA DE SIGLAS

A	Ampère
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CELCA	Companhias de Eletricidade do Cariri
CENORT	Eletrificação Centro - Norte do Ceará
CERNE	Companhia de Eletrificação do Nordeste
CMAN	Centro de Manutenção Medidor de Relação de Transformação
COELCE	Companhia Energética do Ceará
CONFOR	Companhia Nordeste de Eletrificação de Fortaleza
DAT	Distribuição Aérea Transversal
f.e.m	Força Eletromotriz
GWh	Gigawatt-hora
IDH	Índice de desenvolvimento humano
PIB	Produto Interno Bruto
TC's	Transformadores de Corrente
TP's	Transformadores de Potencial
kWh	Quilowatt-hora
KVA	Quilovolt-ampère
kV	Quilovolt

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 PERDAS ELÉTRICAS .....</b>	<b>15</b>
2.1 PERDAS TÉCNICAS.....	18
<b>2.1.1 Perdas na Rede Básica (ou transmissão) .....</b>	<b>19</b>
2.2 PERDAS NÃO TÉCNICAS .....	20
<b>2.2.1 Fraudes nos Equipamentos Auxiliares da Medição .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 Roubo de Materiais e Equipamentos.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.3 Ligações Clandestinas.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.4 Fraudes em Medidores de Energia .....</b>	<b>25</b>
<b>3 EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIAS PARA COMBATE DE PERDAS COMERCIAIS EM MÉDIA TENSÃO .....</b>	<b>27</b>
3.1 ANALISADOR DE ENERGIA (VARCORDER) .....	27
3.2 MEDIDORES ELETRÔNICOS.....	29
3.3 CONJUNTO DE MEDIÇÃO.....	31
3.4 DETECTOR DE TENSÃO .....	34
3.5 MEDIDOR DE RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO (TTR) .....	35
<b>4 ESTUDO DE CASO EM CAMPO – O CASO COELCE.....</b>	<b>37</b>
4.1 A EMPRESA (COELCE) – HISTÓRIA.....	37
<b>4.1.1 Missão .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.2 Visão.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.3 Valores .....</b>	<b>38</b>
4.2 MÉTODOS UTILIZADOS PELA COELCE PARA O COMBATE DAS PERDAS COMERCIAIS EM MÉDIA TENSÃO .....	38
4.3 ANÁLISE DE CAMPO – CASO I.....	39
4.4 ANÁLISE DE CAMPO – CASO II .....	46
4.5 CENÁRIO ATUAL DAS PERDAS NA COELCE .....	50

<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho aborda especificamente o estudo das perdas comerciais no sistema elétrico de distribuição, as soluções aplicadas com êxito em algumas concessionárias brasileiras e a realização de um estudo de campo para a comprovação da existência das ilegalidades.

É evidente que todas as empresas buscam a eficiência em cada um de seus processos. Chiavenato (1936, p. 144) afirma que: “As empresas precisam continuamente realocar, reajustar e reconciliar seus recursos disponíveis com seus objetivos e oportunidades percebidas no ambiente de tarefa”.

Verifica-se que as empresas do setor elétrico brasileiro também possuem essa realidade, seja na redução dos custos ou no aumento da produtividade e receitas.

De acordo com estimativas da ABRADÉE (2014) "14% da energia injetada no Sistema Interligado Nacional e nas redes das concessionárias de distribuição não é comercializada devido às perdas no processo".

Por essa razão, justifica-se a importância de estudar e analisar o assunto sobre perdas elétricas nas concessionárias, tema esse de extrema relevância.

Assim, esse trabalho irá discutir de uma forma crítica o tema procurando buscar problemas e mostrar soluções. Terá como finalidade contribuir, através de suas informações, para outras pesquisas da área.

Para a realização desse estudo levantou-se um questionamento: Quais as metodologias utilizando novas tecnologias para o combate as perdas comerciais em média tensão?

Essa pesquisa tem como objetivo principal estudar o comportamento das perdas comerciais da distribuidora de energia elétrica COELCE, mostrar as tecnologias aplicadas no combate e estudar casos ocorridos em campo, no combate aos furtos nas unidades consumidoras de média tensão de sua responsabilidade.

Dentre os objetivos específicos destacam-se: pesquisar sobre os tipos e comportamento das perdas comerciais de algumas concessionárias de energia no Brasil; estudar sobre o comportamento atual das perdas comerciais no sistema elétrico; pesquisar sobre as tecnologias utilizadas por algumas concessionárias de energia e as disponíveis no mercado para combate às perdas; realizar visita a concessionária para conhecimento do funcionamento de alguns destes

equipamentos e analisar caso real ocorrido em campo em clientes de média tensão de responsabilidade da COELCE.

No que tange a metodologia, este estudo foi fruto de duas etapas: bibliográficas e de campo. A primeira etapa realizada através de consultas em diversas fontes, sendo as principais: artigos de internet, livros, sites das distribuidoras de energia, teses, revistas, entre outros. Foi através dessas pesquisas que se estudou sobre as perdas elétricas ocorridas no Sistema Elétrico Brasileiro, os tipos e como as empresas fazem para combatê-las. A segunda etapa será mostrar um estudo de campo, realizado em dois clientes localizados no município de Fortaleza-Ceará ligados em média tensão. O caso do cliente A ocorreu no ano de 2013 e será mostrado como um caso real de fraude com o intuito de evidenciar a eficácia da ferramenta utilizada para a detecção da irregularidade. No caso do cliente B foi realizada uma nova análise com a mesma metodologia do caso anterior e os resultados foram analisados posteriormente. Ainda serão citados alguns métodos utilizados pela concessionária para o combate das perdas não técnicas. Para essa análise utilizou-se equipamentos, programas e sistemas da respectiva empresa estudada.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: O capítulo um irá esclarecer o tema central, e de forma sucinta apresentará uma prévia da pesquisa a ser desenvolvida; O segundo capítulo irá dissertar sobre as perdas elétricas (técnicas e não técnicas); O terceiro capítulo irá relatar sobre a evolução das tecnologias para o combate das perdas comerciais em clientes de média tensão especificando detalhadamente cada tipo; O quarto capítulo apresentará o estudo de campo realizado em dois clientes de responsabilidade de suprimento da empresa COELCE, sua história, seus métodos utilizados para o combate as perdas e, portanto, seu cenário atual das perdas comerciais; O capítulo cinco mostrará as conclusões gerais do estudo de caso.

## 2 PERDAS ELÉTRICAS

É de extrema importância, primeiramente, explicar alguns conceitos que serão utilizados neste trabalho. Por perdas elétricas denomina-se a soma entre as perdas técnicas e não técnicas. A primeira se deve as perdas físicas ocorridas no processo de transmissão e distribuição, enquanto a segunda está relacionada ao processo de comercialização (furtos de energia, erro de medição, erros no processo de faturamento).

No Brasil, anualmente, R\$ 7,8 bilhões, o equivalente a 23.239 Gigawatts são perdidos em decorrência de furtos de energia (gatos) e fraudes ou erros de leitura nos medidores, enquanto outros R\$ 9,1 bilhões, o correspondente a 29.376 Gigawatts, é desperdiçado nos sistemas e redes de transmissão e distribuição. No Nordeste, as perdas técnicas e não técnicas (furtos) representam 22% de toda a energia gerada (Diário do Nordeste, 2015).

Ainda em entrevista ao Diário do Nordeste, a COELCE afirmou que o seu prejuízo é de aproximadamente 149 milhões por ano. Dessa quantidade R\$ 42 milhões são relativos às perdas não técnicas que são prejuízos próprios da companhia, não sendo repassado aos consumidores. Já R\$ 84 milhões são repassados aos consumidores relacionados às perdas técnicas. Ainda para a COELCE “as perdas anuais seriam capazes de abastecer 130 mil domicílios durante o ano, o correspondente ao consumo de Sobral, Crato e Juazeiro do Norte. Os restantes 23 milhões são perdidos no intervalo da geração (na usina) até a distribuidora”.

Segundo a Resolução Normativa da ANEEL nº 166 de 10 de outubro de 2005 (2005, p. 3-4):

XIII – Perdas Elétricas do Sistema de Distribuição: perdas elétricas reconhecidas pela ANEEL quando da revisão tarifária periódica, compostas por:

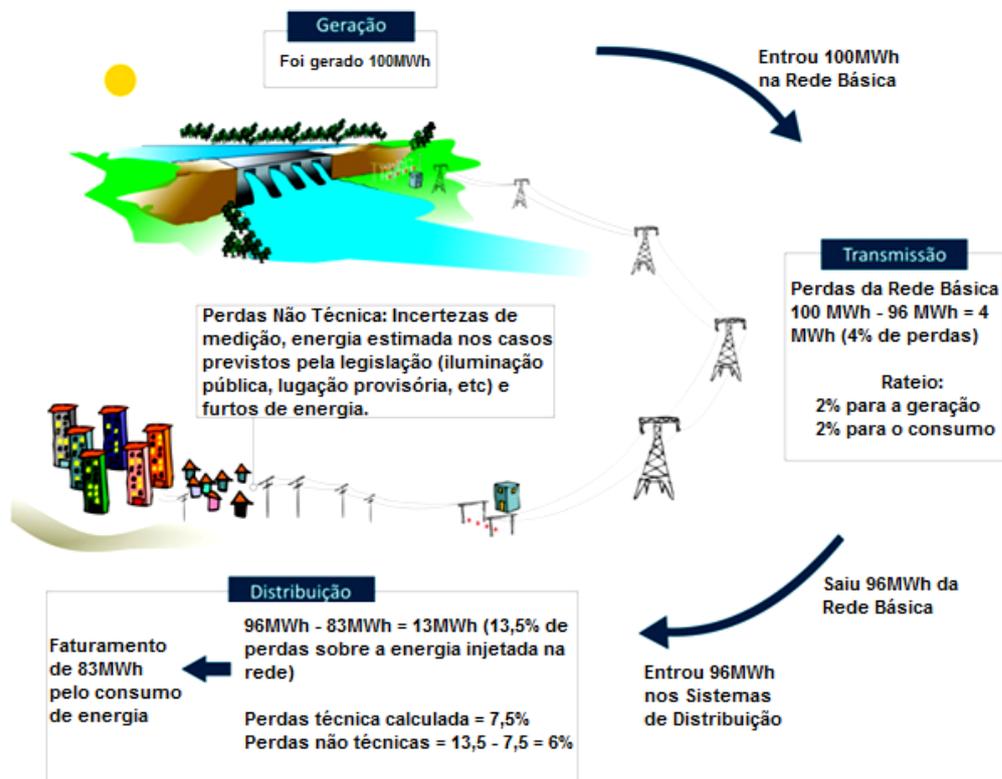
- a) perdas na Rede Básica, correspondentes às perdas nos sistemas de transmissão, apuradas no âmbito da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE;
- b) perdas técnicas, correspondentes às perdas no transporte da energia na rede de distribuição; e
- c) perdas não técnicas, correspondentes à parcela de energia consumida e não faturada por concessionária de distribuição, devido a irregularidades no cadastro de consumidores, na medição e nas instalações de consumo.

Sabe-se que a ANEEL tem como principal função a regulação e a distribuição da energia elétrica. Para que isso ocorra corretamente, a ANEEL deve

criar vários mecanismos que compare a eficiência e avaliem se os níveis dos indicadores de perdas estabelecidos estão adequados de cada distribuidora, podendo com isso, em alguns casos, agregar penalidades e incentivos para que as distribuidoras atinjam este objetivo.

Veja a figura 01 abaixo, para compreender melhor sobre o conceito de perdas:

Figura 01 - Exemplo simplificado do cálculo das perdas de energia elétrica



Fonte: ANEEL (2015)

Em relação às perdas consideradas técnicas, sabe-se que o prejuízo é inevitável. Já nas perdas comerciais estão os maiores desafios para as concessionárias. Para minimizar esses efeitos e atender os requisitos designados pela ANEEL, percebe-se que cada vez mais elas realizam ações com o objetivo de combater os furtos de energia através de modernização de tecnologias das redes.

Segundo o Diário do Nordeste (2015), a COELCE busca combater esses furtos realizando operação em pontos de distribuição e fiscalizam indícios de irregularidade. “Nessas operações rotineiras buscamos detectar irregularidade e combater o furto. É feita uma avaliação criteriosa das características das unidades

consumidoras detectado onde pode estar propensa à ocorrência desse tipo” afirmou o responsável pelas operações comerciais da COELCE, Paulo Henrique Almeida Cavalcante em entrevista. A figura 02, abaixo, apresenta funcionários da COELCE durante uma fiscalização.

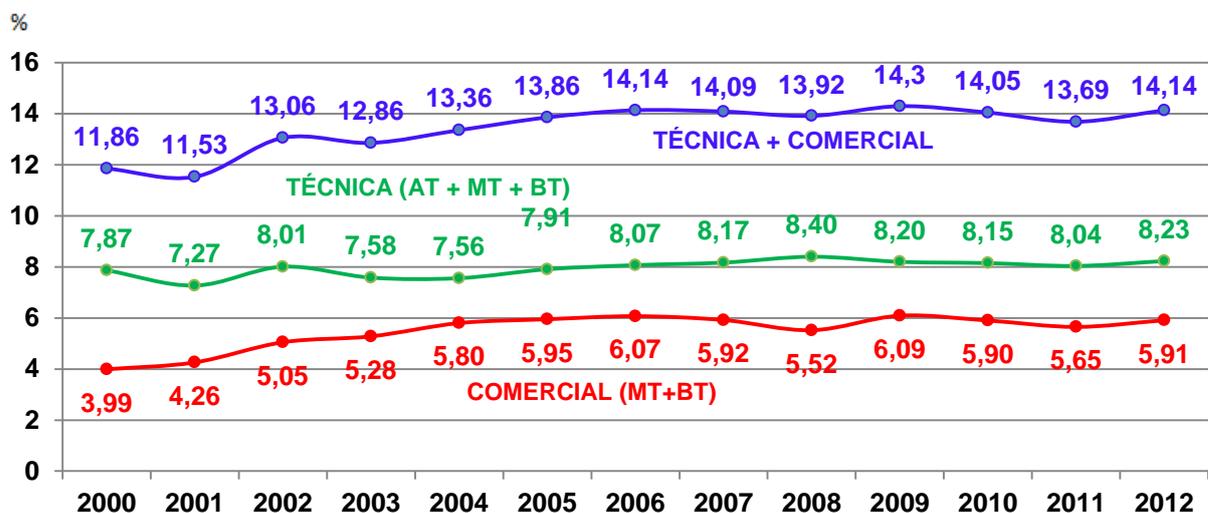
Figura 02 - Funcionários da COELCE fiscalizando e verificando pontos de medição



Fonte: Diário do Nordeste (2015)

Assim, a ANEEL (2013) ressalta que as empresas investem vultosas quantias de dinheiro no combate à perda de energia. Somente em 2012 as concessionárias de distribuição de energia elétrica cadastraram 209 projetos de eficiência energética com previsão de início naquele ano, totalizando aproximadamente R\$ 1,05 bilhão. Porém, conforme o gráfico 01 abaixo, os índices praticamente permaneceram inalterados, não apresentando melhoras no período.

Gráfico 01 - Percentual de perdas em relação a energia injetada no sistema global das distribuidoras



Fonte: ABRADÉE (2013)

## 2.1 PERDAS TÉCNICAS

Como já foram definidas as perdas técnicas são perdas relacionadas ao transporte da energia pelas redes de transmissão e distribuição.

Queiroz (2010, p. 1) em sua tese afirma que:

As perdas técnicas são intrínsecas aos sistemas de distribuição. Devem, assim como outras variáveis envolvidas, ser consideradas para a obtenção do custo mínimo global dos sistemas elétricos de potência. Em muitas situações não é possível a determinação exata dessas perdas. Discute-se, nessas situações, a estimação das perdas técnicas com graus relativos de precisão. A precisão depende tanto da modelagem do problema, onde são encontrados métodos com diferentes graus de detalhamento, quanto das informações utilizadas.

São exemplos de perdas técnicas o efeito Corona, causado pela passagem da corrente elétrica nos diversos condutores que compõem a rede elétrica; perdas nos núcleos de transformadores; internamente nos medidores e também em outros equipamentos e, sobretudo, as perdas ligadas à corrente de fuga ocorridas no ar e nos isoladores (NAGAMINE, 2011).

O efeito corona causa três manifestações que apresentam maiores preocupações nos projetos das linhas de transmissão, são elas: radio interferência, ruídos auditivos e perdas de energia.

A rádio interferência é causada por descargas ou eflúvios nas superfícies dos condutores, causados por irregularidades ou partículas sólidas aderentes, provocam a formação de pulsos de corrente que se propagam ao longo das linhas, estabelecendo campos eletromagnéticos que se estendem lateralmente, e cuja presença é detectada por receptores de rádio de amplitude modulada, principalmente nas faixas de 500 a 1600 Hz.

O ruído auditivo nas linhas ocorre ao longo dos cabos condutores, com componentes em frequência subarmônicas da frequência da linha, de natureza contínua. Esses componentes podem ser atribuídos a um movimento oscilatório da capa de ar ionizado que envolve os condutores e as perdas de energia que é ocasionada devido a passagem da corrente elétrica nos condutores gerando perdas por calor (FUCHS, 1977, PAG. 490).

### 2.1.1 Perdas na Rede Básica (ou transmissão)

#### Segundo ANEEL (2015):

São aquelas que ocorrem entre a geração de energia elétrica nas usinas até o limite dos sistemas de distribuição. São apuradas mensalmente pela CCEE, conforme dados de medição de geração e a energia entregue às redes de distribuição. A diferença entre elas resulta no valor de Perdas na Rede Básica e seu custo é rateado em 50% para geração e 50% para o consumo.

Transmissão de energia elétrica é o processo de transportar energia de alta potência (acima de 138 kV), das usinas às subestações.

O segmento de transmissão é caracterizado por monopólio natural das redes, as tarifas são reguladas pela metodologia *revenue-cap*, ou seja, receita anual permitida estabelecido pelo regulador (Rodolfo, 2011).

Existem dois tipos de contratos:

- Rede básica de sistemas existentes, anteriores à resolução 166/2000 (RBSE);
- Rede básica novas instalações, posteriores a resolução 166/2000 (RBNI).

O principal risco que a transmissora possui é a perda de receita pela indisponibilidade da rede, praticamente não existe o risco de inadimplência, pois os usuários são limitados e conhecidos (distribuidoras, consumidores livres, permissionárias).

Os novos empreendimentos de transmissão são autorizados mediante realização de leilão pela ANEEL ou diretamente através de resoluções autorizativas da ANEEL em casos excepcionais (Rodolfo, 2011 ).

A operação da rede básica é realizada pelo ONS e as tarifas são reajustadas conforme tabela 01 a seguir:

Tabela 01 - Tarifas transmissão

Tipo	Reajuste	Revisão Tarifária
RBSE	Anual	Não se aplica
RBNI	Anual	5 anos

Fonte: Rodolfo (2011)

## 2.2 PERDAS NÃO TÉCNICAS

É a diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas, ou seja, todas as demais perdas associadas à distribuição de energia elétrica, como: furtos de energia, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição, etc. Ela, portanto, está diretamente ligada à gestão comercial da distribuidora (ANEEL, 2015).

As perdas comerciais estão ligadas àqueles clientes fraudulentos e inadimplentes, por isso existe o fato de observar não só o fraudulento na busca de fraudes, mas também o consumidor inadimplente, visto que esse aspecto pode induzir o cliente a prática de irregularidade, visto que a energia é de uso inevitável para o ser humano.

A ABRADDEE (2009) diferencia fraude e furto da seguinte forma:

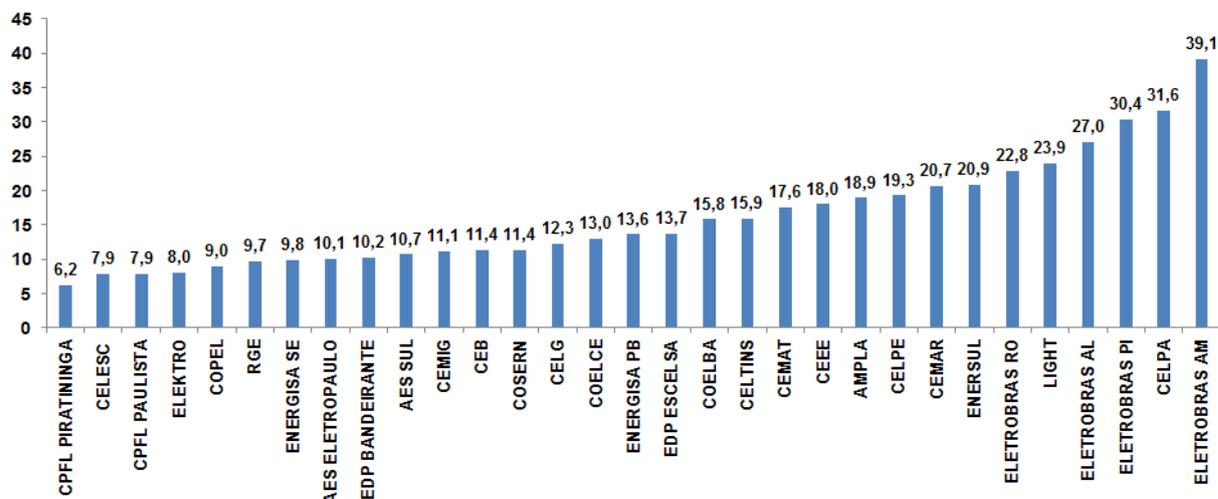
A fraude ocorre na alteração do funcionamento dos equipamentos de medição, visando redução no registro de demanda e/ou consumo, induzindo ou mantendo a concessionária em erro. As infrações ocorrem quando há troca nas ligações de medições que fazem o disco girar para trás, bloqueio do disco do medidor, entre outras causas.

No caso do furto, é subtraída energia elétrica das redes da concessionária sem medição e com prejuízo desta. A ligação clandestina e desvio de energia são citados como exemplos de furtos muito comuns no Brasil.

É evidente que as distribuidoras registram altas perdas anuais, técnicas e comerciais. Estima-se que, no Brasil, as perdas na rede de distribuição elétrica são responsáveis por 14% da energia comprada pelas distribuidoras (ABRADDEE, 2014).

Pode-se ver no gráfico 02 a seguir da ABRADDEE (2012) que a Amazônia, Pará, Piauí, Alagoas e o Rio de Janeiro são os estados cujas concessionárias apresentam os maiores índices de perdas comerciais, 39,1%, 31,6%, 30,4% 27% e 23,9%, respectivamente, já o Ceará vale ressaltar que se encontra com apenas 13%. Segundo a PNUD (2011), é nesses grupos com índices altos que temos as empresas de distribuição de quatro estados com os piores indicadores de desenvolvimento humano, renda e educação do país.

Gráfico 02 - Percentual de perdas totais do sistema em 2012



Fonte: ABRADÉE (2013)

Estudos mostram que devido às perdas comerciais, ocorre diretamente um aumento da tarifa, como forma das concessionárias compensarem o que foi desviado pelos infratores (ANEEL, 2014).

Para Andrade (2014, p. 32):

As perdas comerciais têm direta relação com fatores estruturais cujo controle está fora do alcance das concessionárias. Seja sobre o viés do IDH ou considerando variáveis como PIB, violência, massa salarial, etc. a conclusão comum é que aspectos socioeconômicos estão intimamente ligados com a incidência de irregularidades na área de concessão.

Portanto, o crescimento urbano desordenado, falta de infraestrutura e a dificuldade do acesso à localidade favorece o enorme surgimento de ligações irregulares, sem segurança ou qualidade. Sendo assim, muitas vezes impossível de se garantir a regularidade do serviço de energia nessas áreas.

Por isso, esses furtos e fraudes têm gerado uma enorme perda comercial dificultando, assim, os esforços das empresas em regularizar o seu fornecimento e a sua cobrança adequada do serviço de energia elétrica aos consumidores finais. É necessário aprimorar a tecnologia de equipamentos para que minimizem estas possibilidades fraudulentas utilizadas pelos usuários finais.

### 2.2.1 Fraudes nos Equipamentos Auxiliares da Medição

É evidente que nos padrões das medições das unidades consumidoras, ainda existem pontos de vulnerabilidade para prática de irregularidade. Atualmente ainda existem fraudes comuns, como exemplos: derivação do ramal de entrada e da rede de distribuição secundária ou da primária em caso de clientes em média tensão. No entanto, ao decorrer dos anos, foram evoluindo e a cada ano as concessionárias detectam fraudes sofisticadas em suas medições.

Na baixa tensão não existem equipamentos auxiliares sofisticados como os clientes de média tensão. Em clientes com nível de tensão acima de 13.8 kV, existe um sistema de telemedição, tecnologia a mais na medição, diretamente vinculado ao medidor. Existe também a chave de aferição que é conectada ao medidor e ao secundário dos transformadores de corrente.

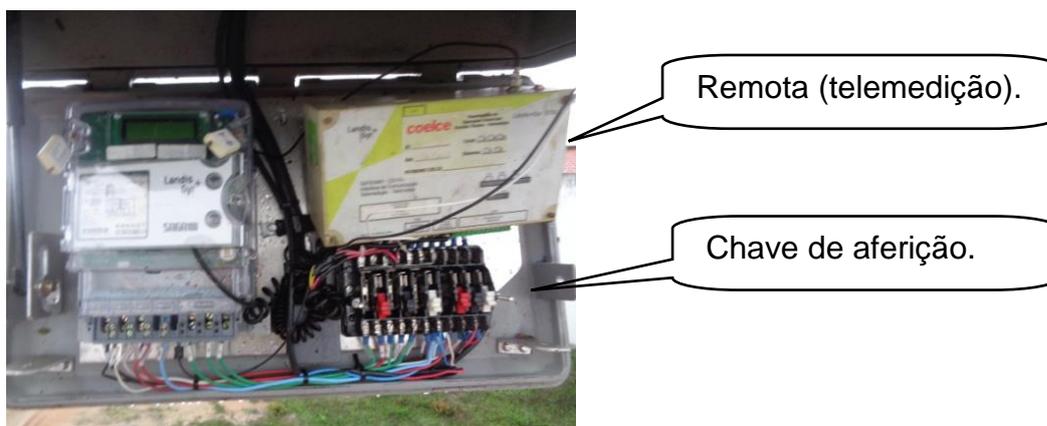
O sistema de telemedição é responsável por enviar os dados remotamente as centrais das concessionárias de até quatro medidores via modem celular, GPRS/GSM *quadband*, via internet usando conexão de rede IP Ethernet ou via RS232.

Com os dados disponíveis é possível ter o controle de potência ativa, indutiva e reativa, canais de consumos reversos, tensão e corrente e página fiscal dentre os principais, assim sendo possível realizar análises baseado no histórico de cada cliente e a situação atual de sua medição. Caso o cliente viole esse equipamento, será considerado como uma irregularidade e dificultará o combate da detecção de defeitos ou até fraude.

A chave de aferição é um dispositivo mecânico de manobra, na posição aberta, assegura uma distância de isolamento elétrico na ligação dos equipamentos e, na posição fechada, mantém a continuidade do circuito, facilitando a inspeção e testes de modo. Isto permite facilidade e segurança na operação, no reparo e na substituição de peças do sistema.

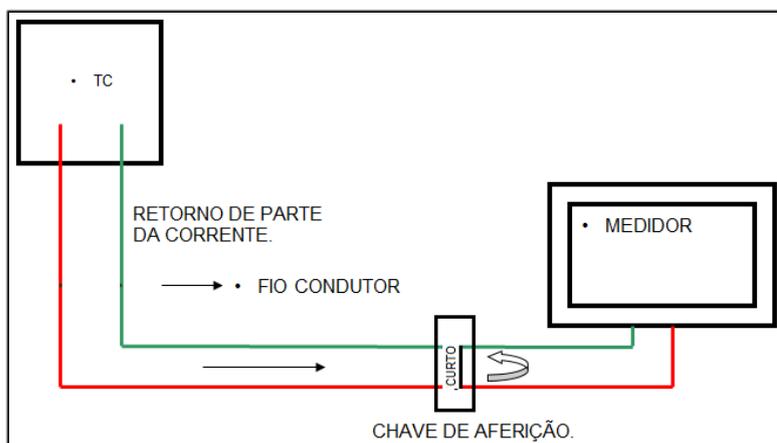
Na figura 03 mostra a chave, que é utilizada para fins de manutenção no medidor, sem que suspenda o fornecimento de energia elétrica da unidade consumidora. Este possui pontos de fácil manipulação para afetar o registro de consumo, sendo possível curto circuitar os retornos de correntes, conforme esquema mostrado na figura 04, onde parte da corrente fluirá para o medidor e parte voltará para rede, afetando diretamente o faturamento.

Figura 03 - Equipamentos auxiliares da medição



Fonte: COELCE (2015)

Figura 04 - Esquema de irregularidade na chave de aferição



Fonte: Autor (2016)

### 2.2.2 Roubo de Materiais e Equipamentos

Os materiais e equipamentos são as principais vítimas do vandalismo. Esses casos ocorrem, principalmente, em grandes centros urbanos, pois devido à procura de matérias primas desses equipamentos a venda é facilitada. Sabe-se que os cabos são, na maioria das vezes, derretidos e o cobre, o alumínio e outros materiais são vendidos em ferros-velhos sem notas fiscais.

Segundo publicação da COELCE (2011), concessionária que fornece energia para o Ceará, mais de 20 mil pessoas tiveram o fornecimento de energia prejudicado no ano de 2010, ocasionado por furto de cabos da rede elétrica. Foi nessa época que a respectiva empresa contabilizou 72 toneladas de cabos com um prejuízo de mais ou menos R\$ 2.311.765,16 para a distribuidora.

A partir desses dados percebe-se que quem realmente arca com o prejuízo não é só a concessionária, mas a população, por causa do custo que é repassado para os consumidores ou por causa dos roubos que podem comprometer a disponibilidade de energia até que se resolva o problema. A figura 05 mostra cabos roubados das distribuidoras.

Figura 05 - Cabos roubados e já cortados para venda



Fonte: GLOBO.COM, Apud AES Eletropaulo (2008)

### 2.2.3 Ligações Clandestinas

As ligações clandestinas popularmente conhecidas por “gatos” ou “gambiaras” ocasionam vários problemas para a comunidade. Nessa ligação é feita a alteração na contagem de energia do medidor na própria dependência, seja ela residencial, comercial ou industrial. Há também um desvio de energia elétrica direto nos postes onde a quantidade de energia roubada não é registrada no medidor do próprio consumidor.

Porém, vale lembrar que as ligações clandestinas acarretam conexões improvisadas que resulta em emaranhado de fios aumentando a tensão e a carga instalada e originam sérios problemas. De acordo com uma reportagem da ANEEL (s.d.), em 2007 “as concessionárias de energia estão cada vez mais preocupadas com as ligações clandestinas, pois estas acarretam em um prejuízo muito grande para as companhias”.

Segundo o artigo 115 do Código Penal Brasileiro é crime contra o patrimônio quem “subtrai para si ou para outras coisas alheia móvel” e de acordo com o inciso 3º equipara-se à coisa móvel a energia, assim quem desviar energia pode pegar até quatro anos de reclusão, além disso, paga uma multa que corresponde a 30% sobre

o valor que deixou de ser pago no período de desvio de energia (GONÇALVES, 2007).

É importante que todas as distribuidoras procurem regularizar as instalações de seus clientes, assim garantindo maior qualidade e segurança em seus serviços, diminuindo, com isso, os prejuízos que esses casos proporcionam para todos. Através de programas sociais, por exemplo, algumas concessionárias procuram mostrar aos clientes os riscos e a importância de se legalizar essas ligações clandestinas.

Veja na figura 06 exemplo de ligações clandestinas:

Figura 06 - Desvio de energia



Fonte: LANDIS+GYR (2010)

#### 2.2.4 Fraudes em Medidores de Energia

O primeiro medidor de energia que quantificava o consumo foi desenvolvido por Samuel Gardiner em 1872. Porém, foi com Galileo Ferraris em 1885 que os medidores vieram a adquirir melhor precisão devido o surgimento do princípio da indução, o princípio diz que: “o fluxo magnético produzido por duas bobinas, agindo sobre um rotor metálico, produz uma força, que o faz girar”. A partir dele são criados todos os medidores de corrente alternada ainda hoje usados pelo Grupo B – unidades consumidoras com fornecimento em tensão menor que 2,3 kV (Nagamine, 2011).

Em 1970 com a descoberta da área de eletrônica foi renovado os medidores colocando registradores eletrônicos, dispositivos de medição e leitura automática.

A implantação de medidores eletrônicos é tratada pela ANEEL na Norma Técnica nº 0044/2010/SRD/ANEEL, Processo nº 48500.005714/2009.46, que conclui sobre seus benefícios:

[...] a implantação de medição eletrônica constitui uma oportunidade de modernizar a infraestrutura de medição de baixa tensão e, de maneira decorrente, de todo o sistema de distribuição. Nesse contexto, verifica-se potenciais benefícios relacionado à melhoria da qualidade de fornecimento de energia, e redução de custos operacionais das distribuidoras, ao combate às perdas e à eficiência energética.

Em 1980 as empresas de medidores ofereceram contadores híbridos com registradores eletrônicos do tipo indução. Na década de 1990 com o avanço da eletrônica os fabricantes puderam introduzir contadores totalmente informatizados e utilizados sem partes móveis. Foi durante esses anos que esse equipamento surgiu no Brasil, entre as décadas de 80 e 90.

No caso de fraudes dos medidores, há vários tipos de técnicas que os fraudadores utilizam para roubar energia e segundo Khrishma-Rao e Miller (1999):

- Existência de ligações direta na rede, sem utilização de medidores;
- Interromper a conexão do neutro incorporando uma ligação nos circuitos destes com um conector terra eficiente;
- Colocar uma pequena agulha para cessar a rotação do disco do medidor com um auxílio de um pequeno orifício na tampa e uso de tinta ou material similar para esconder;
- Construir um buraco no vidro do medidor e acrescentar pasta de dente ou outro componente juntamente com uma folha de polímero ou de celulose para se violar a rotação da medição;
- Através de movimentos bruscos nos medidores a fim de que altere a rotação do medidor e prejudique seu funcionamento;
- Inclinando o medidor para se tentar diminuir a velocidade de rotação do mesmo ou ainda deixando-o na horizontal para que a medição seja parada;
- Queimar o medidor para que seja formando um curto e esse não sirva mais para medição;
- Reverter às conexões existentes entre ramal de entrada e a carga através de dos terminais, pois sendo o ramal trifásico se inverter as fases conseguem-se 100% de erro na medição;
- Através de ligações diretas de uma fase e um neutro por trás do medidor para que se consiga cessar a medição.

Assim, a resolução 456/2000 da ANEEL, em seu artigo 37, afirma que é obrigação das distribuidoras verificar periodicamente os medidores de energia de acordo com critérios estabelecidos na legislação metrológica.

### **3 EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIAS PARA COMBATE DE PERDAS COMERCIAIS EM MÉDIA TENSÃO**

As distribuidoras buscam continuamente melhoria nas suas metodologias para o combate ao furto de energia elétrica e umas das formas que vem ajudando as distribuidoras é o avanço das tecnologias no sistema de medição e nos equipamentos antifurtos desenvolvidos pelo mercado.

Atualmente, os medidores eletrônicos são os pioneiros para controle dos dados elétricos dos clientes de média tensão, onde possui tecnologia antifurto, sendo possível o controle internamente na distribuidora via telemetria, os dados são tratados e analisados, auxiliando na detecção das anomalias causadas por terceiros no sistema de medição.

As tecnologias abordadas neste capítulo são as principais utilizadas pela COELCE para o controle e combate as perdas comerciais em média tensão. O analisador de energia (varcorder) é uma tecnologia utilizada para fiscalizar os clientes em média tensão, capaz de registrar corrente, fator de potência e energia reativa por fase. O Conjunto de medição hoje na distribuidora é o sistema de medição mais seguro, dificulta a realização de irregularidades. O medidor, TC's e TP's são blindados e fica na estrutura do poste próximo a rede de média tensão.

O detector de tensão, também é um equipamento utilizado para o auxílio no combate às perdas não técnicas, capaz de identificar cargas elétricas na estrutura da medição, identificando possíveis anomalias. O TTR é uma tecnologia utilizada para identificar anomalias nos transformadores de corrente, como por exemplo, alteração na relação de transformação, curtos-circuitos etc.

#### **3.1 ANALISADOR DE ENERGIA (VARCORDER)**

O analisador de energia varcorder (figura 08), é uma das tecnologias utilizadas pelas concessionárias de energia elétrica (inclusive pela COELCE), para combater as irregularidades causadas por terceiros, que possam afetar o registro correto do faturamento do cliente, sendo ainda capaz de identificar eventuais defeitos que possam existir na medição.

A sua instalação é de fácil manuseio, onde através da vara de manobra existe um adaptador para encaixe do equipamento, que é suspenso na rede de média tensão, como mostra figura 07 abaixo. Em cada fase é instalado um

equipamento, assim sendo possível a análise de corrente, fator de potência e considerando a tensão de fase constante, já que o varcorder não registra tensão, desta forma sendo possível calcular a energia consumida por fase.

Figura 07 – Modo de instalação na rede



Fonte: Comercial Gonçalves (2013)

Depois de instalado na rede, é possível deixá-lo registrando leituras a cada 15 minutos por mais de 90 dias. Após a retirada do equipamento, é feito o *download* dos dados para o Excel e comparado com as grandezas registradas pela própria medição. Caso haja divergência entre as medições, o caso será analisado com critério, pois pode existir irregularidade ou defeito na medição.

A tecnologia possui um software chamado Softlink, com interface amigável que permite ao usuário descarregar, visualizar, gerar gráficos e exportar dados para Microsoft Excel. Os dados são transferidos do analisador de energia (varcorder) para Excel diretamente através de uma porta infravermelha.

Outras funcionalidades:

- ✓ Avaliação do perfil de carga e potência;
- ✓ Determinação do local exato para instalação do banco de capacitores;
- ✓ Avaliação de alimentadores;
- ✓ Balanceamento de carga;
- ✓ Verificação da medição;
- ✓ Coleta e analisa perfis de carga e potência;
- ✓ Facilmente se prende na rede em segundos;

- ✓ Comunicação infravermelho sem cabos de conexão;
- ✓ Softlink descarrega os dados diretamente no Microsoft Excel;
- ✓ Gera relatórios e cria gráficos para análises.

Figura 08 – Analisador de energia (varcorder)



Fonte: Comercial Gonçalves (2013)

### 3.2 MEDIDORES ELETRÔNICOS

Este equipamento é o mais utilizado nos dias de hoje por empresas distribuidoras de energia para medição de consumo das unidades consumidoras. A tecnologia dos eletromecânicos, chamado sistema convencional de medição, que é bastante vulnerável a realização de irregularidades e não possui um sistema de gestão avançado, em comparação ao novo sistema, ficou em segundo plano. Com a tecnologia disponível hoje, é possível realizar um sistema completamente automático para medição de consumo.

Em fevereiro de 2006, a COELCE iniciou a substituição dos atuais medidores de consumo eletromecânicos por equipamentos eletrônicos. O projeto inicial era atingir 3.200 clientes da rede DAT, incluindo consumidores residenciais, comerciais e industriais (Diário do Nordeste, 2006).

A mudança foi aprovada pela ANEEL, com objetivo de reduzir os danos decorrentes de furtos de energia, originados de ligação irregulares, os já conhecidos “gatos” e da manipulação de medidores. Este tipo de medidor também passou a ser utilizado por outras concessionárias, como exemplo a Ampla no Rio de Janeiro (Diário do Nordeste, 2006).

Esse tipo de medidor possui as seguintes características: é polifásico, multifunção, bidirecional, com funcionalidades que auxiliam na identificação de irregularidades na instalação, possibilitam o monitoramento de qualidade de energia e demanda ativa, energia e demanda reativa indutiva e capacitiva e valores instantâneos de corrente, tensão, fator de potência, potência ativa e reativa, corrente de neutro, ângulos, frequência, distorção harmônica e outros.

Realiza diagnóstico (condições da ligação) e operação (histórico dos monitores e acessos) com registro em memória de eventos, bem como o gerenciamento de demanda pelo cliente final.

Atualmente, a COELCE utiliza os medidores da marca Landis+Gyr para medição dos clientes de média tensão, os modelos utilizados são os E550, E650 e E750, figuras 09, 10 e 11 respectivamente.

O E550 utilizado para medição a três elementos quatro fios.

Figura 09 – Medidor eletrônico E550



Fonte: Landis Gyr (2006)

O E650 para aplicação de medição a três elementos quatro fios ou dois elementos três fios, com classe de exatidão de 0,5%.

Figura 10 – Medidor eletrônico E650



Fonte: Landis Gyr (2006)

O E750 para aplicação de medição a três elementos, quatro fios ou dois elementos três fios.

Figura 11 - Medidor eletrônico E750



Fonte: Landis Gyr (2006)

### 3.3 CONJUNTO DE MEDIÇÃO

Possui um módulo composto por três transformadores de potencial e três de corrente blindado. Na sua estrutura interna possui um medidor eletrônico, sistema de telemetria e chave de aferição, ver figura 12. Os dados são enviados à central da

concessionária, onde existe uma gestão dos dados recebidos, assim evitando e combatendo os furtos de maneira eficiente.

Figura 12 - Conjunto de medição para média tensão



Fonte: Serta, S.D.

O objetivo da utilização do conjunto de medição, em clientes de MT, é de medir o consumo de energia elétrica, possui tecnologia antifurto, é instalado em subestação aérea, e toda estrutura é blindada, assim dificultando o acesso de terceiros às partes vulneráveis a fraude da medição, por ser em média tensão, torna-se perigoso para o fraudador, podendo o mesmo sofrer um choque elétrico, conforme mostra figura 13 abaixo.

Figura 13 - Evolução dos padrões de medição



Fonte: COELCE (2015)

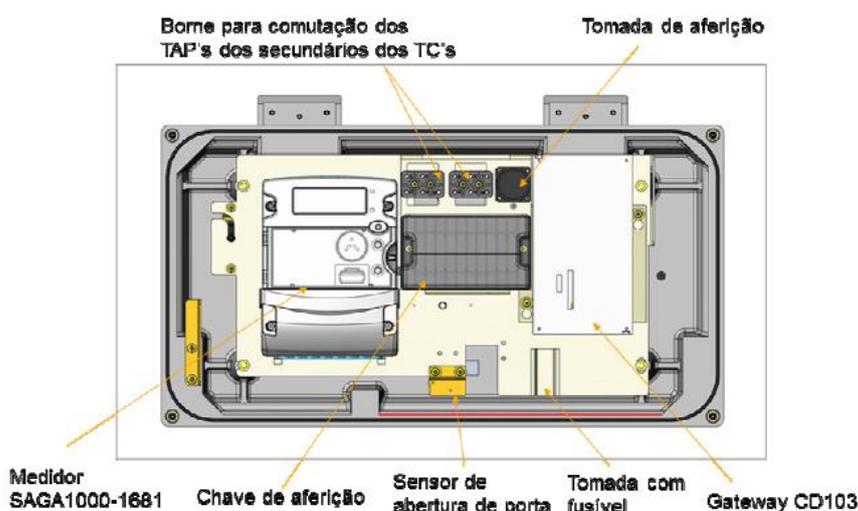
As vantagens da utilização do equipamento são:

- ✓ Diminui o tempo de instalação, pois engloba em um só produto a solução completa, contento os TC's, TP's, medidor e sistema de telemetria;
- ✓ Pode ser instalado em linha viva;
- ✓ Oferece maior segurança e agilidade na reposição de peças, pois os componentes são disponibilizados por um só fornecedor;
- ✓ Proporciona maior segurança operacional em função do menor número de conexões na instalação;
- ✓ Permite fazer a medição com o equipamento no alto do poste, dificultando acesso de terceiros;
- ✓ Combina medição, monitoramento remoto (*gateway*) e funções anti-fraude e violação do sistema em uma única solução, opcional.

As desvantagens:

- ✓ Altura da estrutura facilita o risco de acidente em caso de manutenção realizada pela concessionária;
- ✓ Necessidade de equipamentos específicos, para sua instalação na estrutura do poste, tornando o serviço caro;
- ✓ Não substitui apenas TC's ou TP's isoladamente, devido o encapsulamento. A figura 14, abaixo, mostra o escopo da parte interna no conjunto de medição.

Figura 14 - Escopo interno do conjunto de medição



Fonte: LANDIS+GYR (2010)

### 3.4 DETECTOR DE TENSÃO

Outro equipamento usado para combater as irregularidades existentes nas medições dos consumidores de média tensão, é o detector de tensão, ver figura 15. Utilizado para informar ao usuário se um determinado ponto da medição tem uma carga elétrica. O teste sinaliza a presença de energia elétrica, ou detecta os níveis de tensão em sistemas elétricos. Normalmente é usado artifícios de sinal sonoro para informar ao usuário a existência de tensão.

O teste é realizado antes de intervir na medição das unidades consumidoras, visando à segurança do trabalhador, podendo ele levar um choque elétrico caso não faça o teste nas partes metálicas da medição e a mesma esteja energizada e indicar eventual manipulação causada por terceiro para o furto de energia. É de fácil manuseio, onde é encaixado na vara de manobra e por contato é realizado o teste. É importante mencionar que é preciso o trabalhador está usando todos os equipamentos de proteção individual, capacete, luva classe 2 onde suporta tensão de até 17.000 volts, óculos, bota e roupa anti-chama. Na figura abaixo mostra o tipo de detector de tensão citado, que possui uma faixa de tensão de 5kV a 15kV.

Figura 15 – Detector de tensão de média tensão



Fonte: Erglojanr10 (2015)

Para a realização do teste é preciso primeiramente efetuar o auto- teste no equipamento para garantir que o mesmo está funcionando perfeitamente. Após feito esse procedimento, é preciso adequar na vara de manobra e encostar nas partes a ser identificadas a presença de tensão, caso tenha, o mesmo alertará através de sinal sonoro a existência de carga elétrica, conforme mostra a figura16 abaixo.

Figura 16 - Exemplo de teste com detector de tensão



Fonte: COELCE (2016)

### 3.5 MEDIDOR DE RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO (TTR)

Para constatar que os transformadores de corrente e tensão da medição estejam medindo corretamente é feito testes com o TTR, assim garantindo que os equipamentos estejam funcionando adequadamente e não gerem perdas.

Este equipamento é usado, também, para fazer a verificação do número de espiras dos enrolamentos do transformador, pois com ele observamos se temos espiras em curto-circuito, falhas em comutadores de derivação em carga e ligações erradas de derivações, fornecendo leitura direta do resultado.

Existem vários métodos para execução do teste de relação de espiras, um deles é o método do transformador de referência de relação variável. Para a realização deste teste é usado um equipamento especialmente construído para isto, o TTR.

O teste de relação de transformação é um instrumento para medir a relação de espiras de enrolamentos de transformadores.

Quando um transformador é excitado pelo seu enrolamento de baixa tensão, a relação da tensão a vazio é quase exatamente igual à relação de transformação, se o transformador é bem construído. A pequena diferença entre as duas relações é causada pela queda de tensão no primário (BT) originado pela circulação de corrente de magnetização em transformadores práticos a diferença é muitas vezes, inferior a 0,1 % (CMAN, 2013).

Todos os métodos da medida da relação de transformação são baseados no princípio acima. O medidor de relação de transformação (TTR) é um instrumento

construído de tal maneira que tanto o transformador a ser testado como o transformador de referência do aparelho são excitados pela mesma fonte de tensão.

Os enrolamentos secundários (AT) do transformador de referência e do transformador sob teste são ligados em série, com polaridade invertida, através do detector. Quando a relação do transformador de referência é ajustada de modo que não flua corrente no circuito formado pelos enrolamentos secundários, duas condições são satisfeitas simultaneamente; as relações de tensão nos dois transformadores são iguais e não há carga em ambos os secundários.

A relação da tensão a vazio do transformador de referência é conhecida (valores indicados pelas chaves seletoras) conseqüentemente, a relação de transformação do transformador sob teste é conhecida.

O instrumento foi projetado para medir, com precisão, a relação de espiras ou de transformação de dois enrolamentos de um transformador. O instrumento mede a relação de tensões a vazio nos enrolamentos o que, em termo prático, é igual a relação de transformação dos enrolamentos e também detecta falhas no transformador, observe na figura 17 abaixo.

Outras aplicações:

- Testes de polaridade relativa de enrolamentos;
- Determinar a continuidade de enrolamentos;
- Testes de curto-circuito entre espiras.

Figura 17 - Verificação da relação usando TTR



Fonte: Comercial Gonçalves (2013)

## 4 ESTUDO DE CASO EM CAMPO – O CASO COELCE

Este capítulo irá abordar sobre a história da empresa estudada, mostrar qual a metodologia utilizada atualmente para o combate as perdas comerciais em média tensão, dois estudos de caso de campo em dois clientes ligado em média utilizando novas tecnologias para a detecção das irregularidades no sistema de medição, uma breve análise do histórico do indicador de perdas anual em percentual e em energia, da distribuidora e quanto é investido pela empresa no combate as perdas anualmente.

Para os dois estudos realizados, com dados coletados em campo, foram comparados entre as medições dos clientes e do analisador de energia a grandeza de energia (KWh), as correntes das três fases R, S e T (ampères) e quais foram as ações tomadas a partir das conclusões das análises.

### 4.1 A EMPRESA (COELCE) – HISTÓRIA

Foi criada em 30 de agosto de 1971 por meio da Lei Estadual nº. 9.477 de 05/07/1971 a partir da unificação de quatro empresas de distribuição de energia elétrica, então existentes no Estado do Ceará: CELCA, CENORT, CONEFOR e CERNE.

A COELCE distribui energia elétrica para 8,5 milhões de habitantes de 184 municípios do Estado no total de 149 mil quilômetros quadrados de extensão. O contrato de concessão foi assinado com o governo brasileiro no ano de 1998, pelo prazo de 30 anos, regulada pela ANEEL (COELCE, 2015).

Encerrou o ano de 2013 com 3,5 milhões de clientes, entre residenciais, comerciais, rurais, institucionais e industriais. Foi, assim, considerada a terceira maior distribuidora da Região Nordeste em volume de energia, com 10.732 GWh vendido e transportado (COELCE, 2013).

Segundo a própria COELCE (2015), “Em 2012 ganhou o prêmio de melhor distribuidora de energia elétrica do Brasil, e também a melhor na avaliação do cliente, obtidos pela 4ª vez consecutiva. Em 2011, conquistou o prêmio de melhor distribuidora do nordeste pela 6ª vez consecutiva.”

#### **4.1.1 Missão**

Gente e energia para um mundo melhor.

#### **4.1.2 Visão**

Fazer a diferença por meio das nossas pessoas, nossos relacionamentos e nosso desempenho.

#### **4.1.3 Valores**

Somos simples, respeitamos a vida e criamos valor.

### **4.2 MÉTODOS UTILIZADOS PELA COELCE PARA O COMBATE DAS PERDAS COMERCIAIS EM MÉDIA TENSÃO**

O problema da identificação de perdas em sistemas de distribuição tem sido determinante. Roubo e adulteração de medidores de energia são as principais causas que conduzem as perdas não-técnicas em concessionárias de energia. É uma tarefa difícil de calcular ou medir a quantidade de perdas e, na maior parte dos casos, é quase impossível saber onde eles ocorrem. A empresa vem trabalhando no combate ao furto de energia através da utilização de métodos que foram desenvolvidos a partir das anomalias encontradas nas unidades consumidoras.

Segundo Ramos (2014, PAG. 14) com o objetivo de reduzir as perdas comerciais, foi construída uma metodologia que visa buscar as irregularidades nas medições ou redes próximas, são elas:

- Programas de inspeção em campo: consiste na verificação da integridade do sistema de medição, detectando falhas nos equipamentos, fraudes e desvios de energia, erros da ligação e outros problemas que possam comprometer a medição de energia elétrica. No caso da COELCE, é realizada por uma equipe, que possui um eletrotécnico e um eletricista;
- Substituição de medidores: Consiste na avaliação de lotes de medidores através de amostragem no campo, testes em laboratórios e análise dos medidores retirados em campo. Além disso, a substituição de medidores com vida útil vencida ou com possíveis falhas técnicas;
- Regularização de focos possíveis de ligações, tais como favelas, através de um programa de caráter regulatório, reduzindo conseqüentemente as perdas comerciais;
- Implementação de políticas comerciais: consiste em atendimentos para a comunidade sobre explicações, negociações e treinamento sobre o consumo de energia elétrica; e

- Ações de eficiências energética com foco na diminuição das contas elétricas e uso efetivo de energia, servindo de incentivo aos consumidores para que não cometam as fraudes. Na COELCE existe o programa troca eficiente, onde é realizada a troca de geladeiras velhas por novas.

Uma das formas mais tradicionais que as empresas distribuidoras de energia usam para combater às perdas não técnicas é a realização de inspeções periódicas nas unidades consumidoras, o que é muito vantajoso, pois elas costumam ter um custo muito bom para concessionária de energia. No entanto, a seleção de quais consumidores que devem ser inspecionados em campo é uma tarefa árdua para os especialistas no assunto. As distribuidoras geralmente empregam e investem bastante em um conjunto de metodologias para identificar os clientes fraudadores, porém a taxa média de acertos dessas metodologias ainda é bastante inferior ao desejado, ou seja, a maioria dos processos adotados não é eficaz o bastante.

Para a seleção de quais clientes serão inspecionados para visita em campo, é feito uma triagem nos dados de cada cliente. Os dados elétricos são enviados do medidor para um sistema interno e logo depois é feito um processamento desses dados em um banco de dados, onde existem regras de análise para comparar o que é considerado normal do anormal.

São realizadas projeções de consumos, comparações de nível de corrente e tensão, dentre os principais existentes. A partir dos processamentos das regras, é feito outra verificação manual dos resultados obtidos e daí é tomada a decisão da necessidade da realização de inspeção ou não.

Após a realização da análise interna, é feito procedimento de inspeção em campo, onde é verificada toda a estrutura da medição e buscam-se respostas para as anomalias constatadas internamente. Caso sejam encontradas irregularidades, é feito todo o procedimento de normalização da unidade, para que o registro de consumo.

#### 4.3 ANÁLISE DE CAMPO – CASO I

O caso trata-se de um cliente A, onde o suprimento de energia elétrica é de responsabilidade da COELCE. Foi identificada irregularidade na sua medição de energia elétrica após inspeção de rotina, será mostrada a metodologia que levou a identificação da anomalia e os respectivos resultados obtidos.

Em agosto de 2013, visando à detecção de irregularidade, foi realizada uma vistoria em campo do cliente A, por motivo de denúncia de uma equipe COELCE que vistoriava outra medição do Grupo B. Assim, através da denúncia foi deslocada uma equipe do Grupo A para verificar as condições da medição suspeita.

A unidade consumidora possui tensão de fornecimento de 13.8 kV, transformador de 75 kVA e um medidor eletrônico modelo SAGA 1500 para medição direta que suporta uma corrente mínima de 30 A e máxima de 200 A, conhecido no mercado como 30/200 A.

Foram realizados todos os testes na medição na unidade consumidora, e constatado que todos os equipamentos de medição estavam registrando normalmente, conforme padrão estabelecido pela distribuidora. No entanto, foi percebido que existia anomalia no padrão da medição que levantavam suspeitas de manipulação no registro de consumo de energia.

O padrão de medição era do tipo direta, onde possuía apenas o transformador e o medidor. O teste foi realizado na entrada do medidor, utilizando o alicate amperímetro. Foram comparadas as correntes e tensões das três fases entre as medições do amperímetro e do medidor da unidade consumidora.

Depois de levantada todos os procedimentos cabíveis, ainda existiam dúvida sobre o ramal de entrada que fica entre as buchas do transformador e o medidor de energia, que se encontrava embutido, afinal poderia existir a manipulação através de um desvio desse ponto.

Para melhor garantia que não existia derivação no ramal, foi instalado um equipamento de medição na média tensão, para comparação do consumo registrado pela medição e do equipamento analisador de energia (varcorder), que foi explanado, no capítulo 3.

Ainda, no ato da vistoria, foi observado que o padrão de medição era antigo, o ramal de entrada encontrava-se embutido e a bucha do transformador exposta, facilitando a realização de fraude através desses pontos de vulnerabilidade, observar figura 18.

Figura 18 - Ramal de entrada embutido e buchas do transformador exposta



Fonte: COELCE (2013)

Levantada todas as hipóteses foi decidido instalar o equipamento por sete dias na rede de média tensão de onde deriva para a medição da unidade. Após a coleta dos dados da medição e do equipamento, foi obtido o seguinte resultado:

- A medição do cliente A registrou grandezas elétrica menor que o do analisador de energia (varcorder), observar tabela 02;
- O erro entre as medições foi de 45%, evidenciando a existência de perdas de energia;
- As correntes das três fases também divergiram da medição do analisador de energia (varcorder).

Tabela 02 - Resultados obtidos caso I

	Medição cliente A	Medição varcorder	Diferença (Perda)	Erro
Energia medida (kWh)	7.898	14.464	6.566	45%

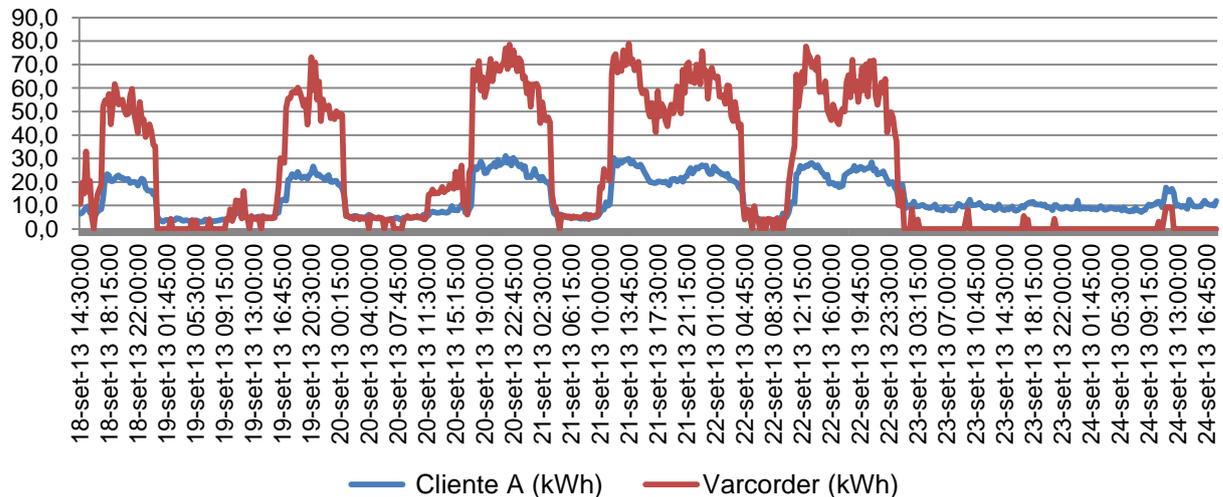
Fonte: Coelce (2013)

Para detalhamento dos comportamentos das grandezas elétricas medidas, serão mostradas abaixo análises comparativas através de gráficos. Serão mostradas comparações entre as demandas em kW, KAGAN, OLIVEIRA, ROBBA (PAG. 24) define que; “A demanda de uma instalação é a carga nos terminais receptores tomada em valor médio num determinado intervalo de tempo”, cuja soma delas resulta na energia medida kWh e das correntes em ampères das três fases R, S e T, em intervalos de integração de 15 minutos.

O gráfico 03 abaixo se refere ao consumo de energia da medição do cliente A e do analisador de energia (varcorder). Observou-se que as duas medições são

bem divergentes, o consumo da medição fiscal foi 45% superior ao medido pela medição do cliente A, o que indiciou a existência de irregularidade no registro de energia faturada da unidade consumidora.

Gráfico 03 - Comparativo das energias medidas (kWh) caso I



Fonte: COELCE (2013)

Para o cálculo da energia medida por fase pelo analisador de energia foi utilizada a seguinte equação:

$$P_f = V_f \cdot I_f \cdot FP_f \quad (1)$$

Onde  $P_f$  a potência de fase;  $V_f$  tensão de fase;  $I_f$  corrente de fase; e  $FP_f$  fator de potência de fase.

A corrente de fase ( $I_f$ ) e  $FP_f$  foram medidos pelo analisador de energia e a  $V_f$  foi obtido com a seguinte equação:

$$V_f = V_L / \text{Raiz}(3) \quad (2)$$

Onde  $V_f$  tensão de fase; e  $V_L$  tensão de linha.

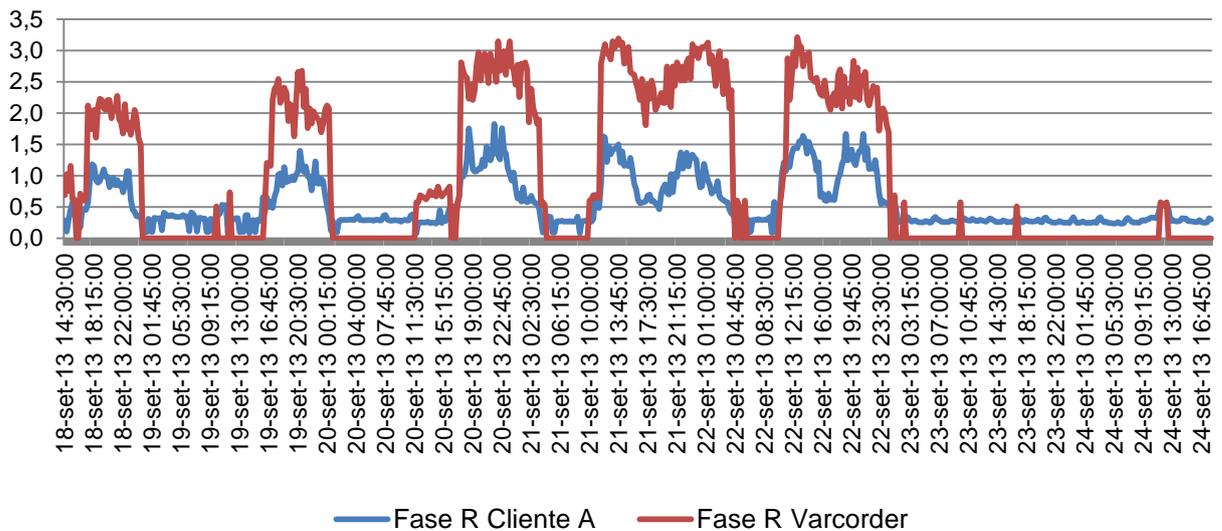
Para obter a energia total, foram somadas as potências das três fases, utilizando a seguinte equação:

$$P_t = P_{fr} + P_{fs} + P_{ft} \quad (3)$$

Onde  $P_t$  potência total;  $P_{r_i}$  potência da fase r;  $P_{s_i}$  potência da fase s; e  $P_{t_i}$  potência da fase t.

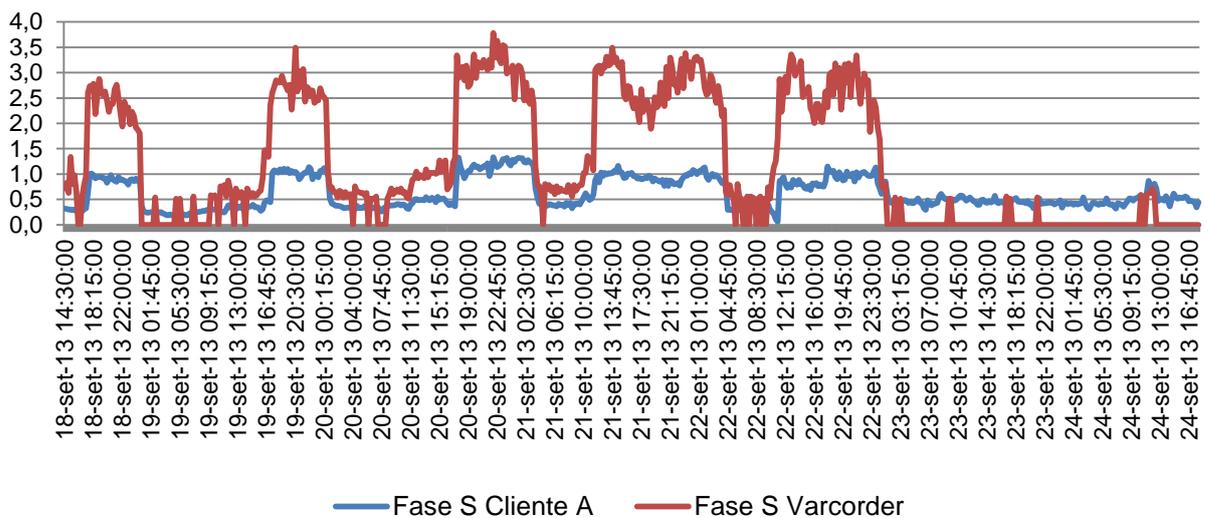
Para melhor análise e comprovação da irregularidade, foram ainda comparadas as correntes das três fases e constatou-se que também existia divergência entre as medições, conforme os gráficos 04, 05 e 06 abaixo.

Gráfico 04 - Comparativo da corrente fase R caso I



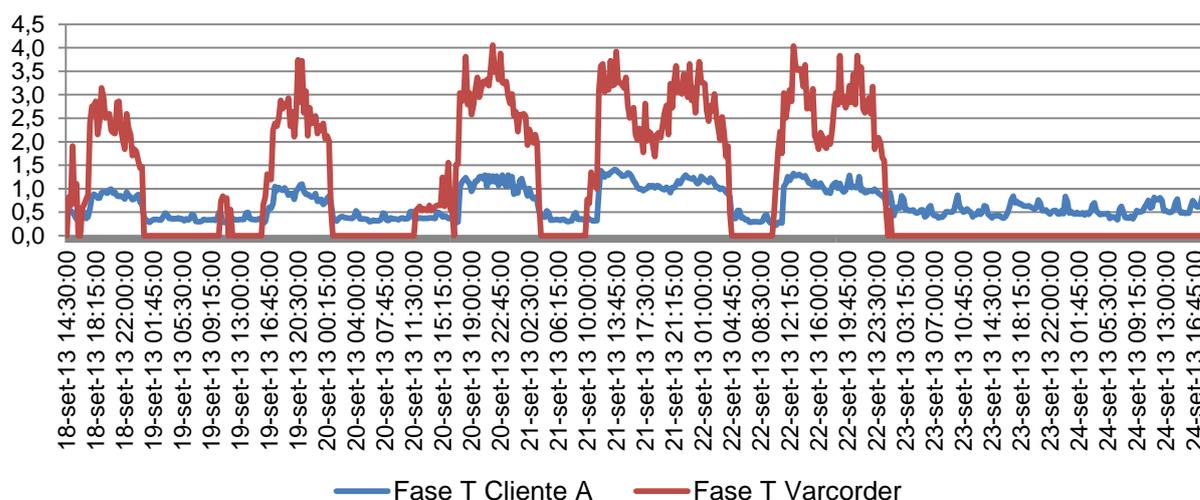
Fonte: COELCE (2013)

Gráfico 05 - Comparativo da corrente fase S caso I



Fonte: COELCE (2013)

Gráfico 06 - Comparativo da corrente fase T caso I



Fonte: COELCE (2013)

A medição do cliente A, localizava-se na baixa tensão, secundário do transformador, portanto para comparação das correntes, foi necessário usar a relação de transformação do transformador para levar a corrente medida pelo medidor do cliente A ao nível de corrente do analisador de energia medido na média tensão. A equação dada para a relação de transformação é a seguinte:

$$\alpha = V1/V2 = N1/N2 \quad (4)$$

A tensão primária do transformador era de 13.8 kV e secundária de 380 V, desta forma resultando em uma relação de transformação de 36,36. Depois de obtido a relação de transformação, foi dividida a corrente secundária medida pelo medidor do cliente A pela relação do transformador, assim replicou-se a corrente para média tensão, podendo ser comparada com o analisador, conforme equação:

$$IMT = IBT/R_{transformador} \quad (5)$$

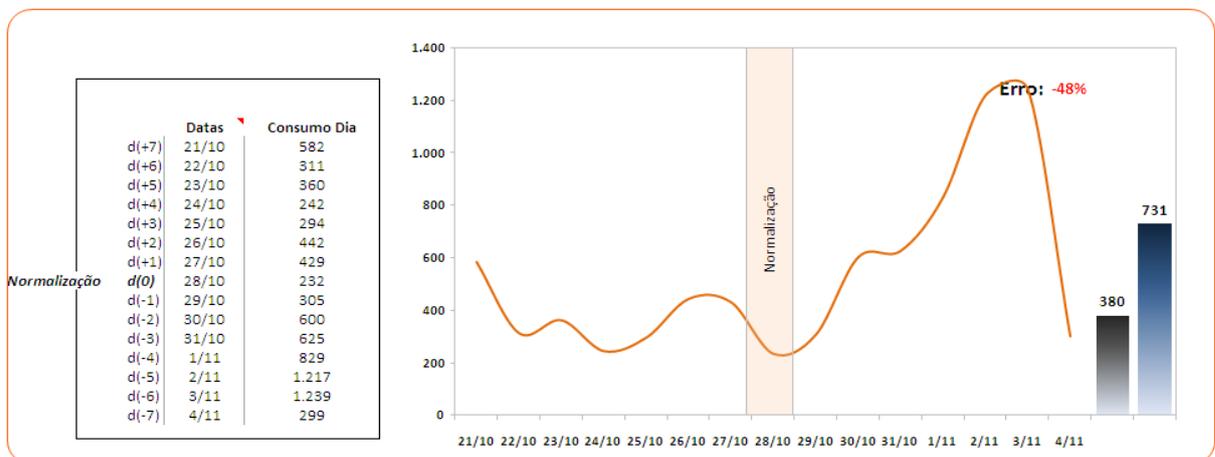
Onde IMT corrente na média tensão; IBT corrente medida na baixa tensão; e  $R_{transformador}$  relação de transformação.

Através dos resultados obtidos, conclui-se que a medição estava sendo manipulada, o faturamento da unidade consumidora estava sendo afetado em 45%

do seu valor real, comprovando a fraude. Ao analisar o gráfico 03 acima, observa-se que a medição do analisador de energia estava maior no registro de consumo de energia elétrica e divergiram-se também nas três fases de corrente R, S e T.

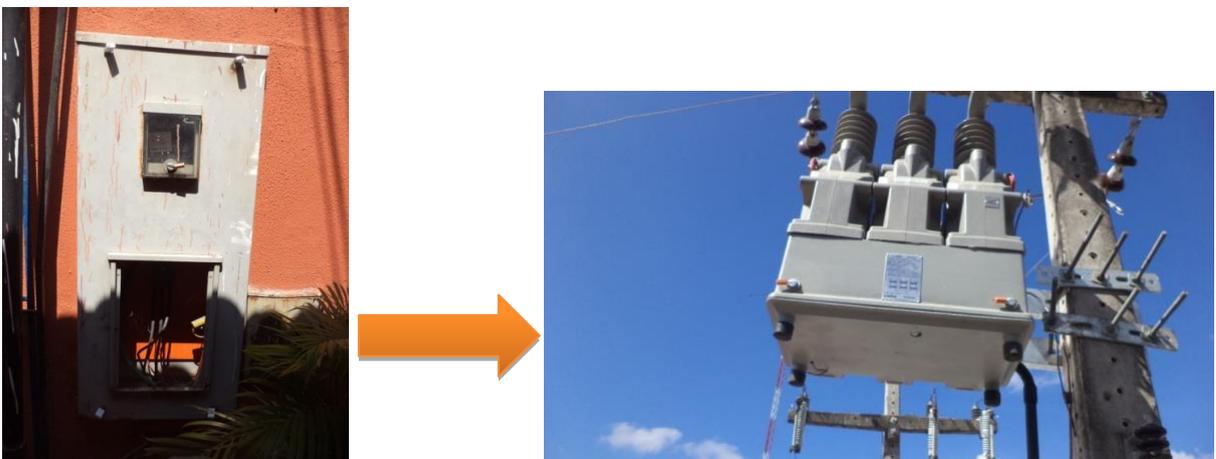
Foi necessário normalizar a unidade consumidora, mudando o seu padrão de medição direta para indireta, usando um conjunto de medição encapsulado (figura 19), que possui maior confiabilidade, visto que, a medição é blindada e fixada na média tensão. Após comparado sete dias antes e após a normalização, observou-se um aumento no consumo de energia elétrica em torno de 92,37% (gráfico 07). A energia recuperada nos sete dias de análise foi de 6.566 kWh.

Gráfico 07 - Comparação da energia elétrica consumida sete dias antes e após a normalização



Fonte: COELCE (2013)

Figura 19 - Normalização do padrão de medição



Fonte: COELCE (2013)

#### 4.4 ANÁLISE DE CAMPO – CASO II

O segundo caso estudado, ocorreu em fevereiro de 2016, com foco no combate as perdas comerciais, foi realizado um acompanhamento na medição do cliente B, utilizando a mesma metodologia do caso anterior.

A priori foi utilizado o método usual de inspeção na medição da unidade consumidora. Foram realizados todos os testes necessários pelos técnicos no ato da vistoria e constatado que os equipamentos estavam registrando corretamente as grandezas elétricas.

Para medição indireta, cabine de medição, os testes realizados foram de relação de transformação dos TC's e TP's, utilizando a relação entre a corrente primária pela secundária e na entrada do medidor, comparando as correntes medidas pelo amperímetro e medidor da unidade consumidora.

A unidade consumidora possui uma tensão de fornecimento de 13.8 kV, transformador de 225 kVA e um medidor eletrônico para medição indireta cabine de medição, modelo SAGA 1000 que suporta uma corrente mínima de 2,5 A e máxima de 10 A.

No ato da visita, foi visto que o padrão de medição era indireta, cabine de medição, onde possui pontos vulneráveis à prática de irregularidade, visando o furto de energia elétrica sem passar pela medição, procedeu-se com a instalação da medição fiscal para ter a certeza que não havia derivação nas ligações embutidas entre o ponto de entrega e a própria medição. Ver figuras 20 e 21 abaixo do modelo de medição citado.

Figura 170 - Exemplo de cabine primária em alvenaria



Fonte: COELCE (2016)

Figura 181 - Estrutura interna de cabine primária em alvenaria



Fonte: COELCE (2016)

A medição fiscal (analisador de energia) foi instalada na média tensão 13,8 kV, antes de todo o padrão de medição da unidade consumidora, durante um tempo de quatro dias, assim medindo toda a energia fornecida para a mesma.

Após sete dias, foram comparados os dados da medição fiscal e da medição da unidade consumidora e obtidos os seguintes resultados:

- A medição do cliente B registrou grandezas elétricas bem próximas a da medição do analisador de energia (varcorder), ver tabela 03;
- O erro entre as medições, fiscal e da unidade consumidora, foi de -10,93%, considerado normal para Coelce;
- As correntes das três fases coincidiram com a medição do analisador de energia (varcorder).

Tabela 03 - Resultados obtidos caso II

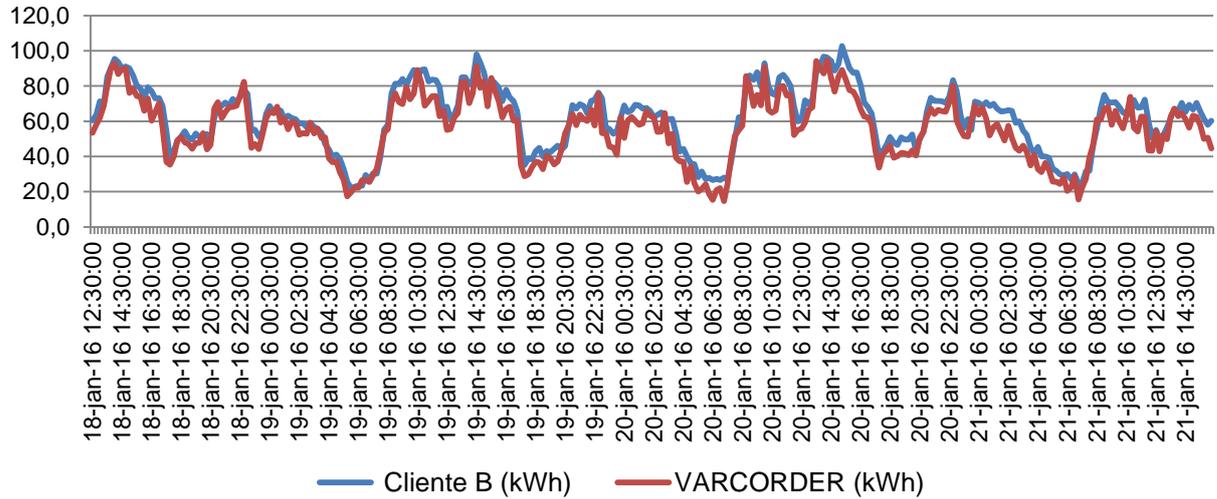
	Medição cliente A	Medição varcorder	Diferença (Perda)	Erro
Energia medida (kWh)	18.824	16.968	-1.855	-10,93%

Fonte: COELCE (2016)

Para melhor entendimento dos comportamentos das grandezas elétricas medidas, serão mostradas abaixo análises comparativas através de gráficos. Serão mostradas comparações entre as demandas em kW, cuja a energia medida kWh é a soma das demandas e as comparações das correntes das três fases R, S e T, em intervalos de integração de 15 minutos.

O gráfico 08 mostra que a energia elétrica (kWh) obtida entre as medições foram bem próximas. Foram utilizadas as mesmas equações 1, 2 e 3 para o cálculo da energia do analisador.

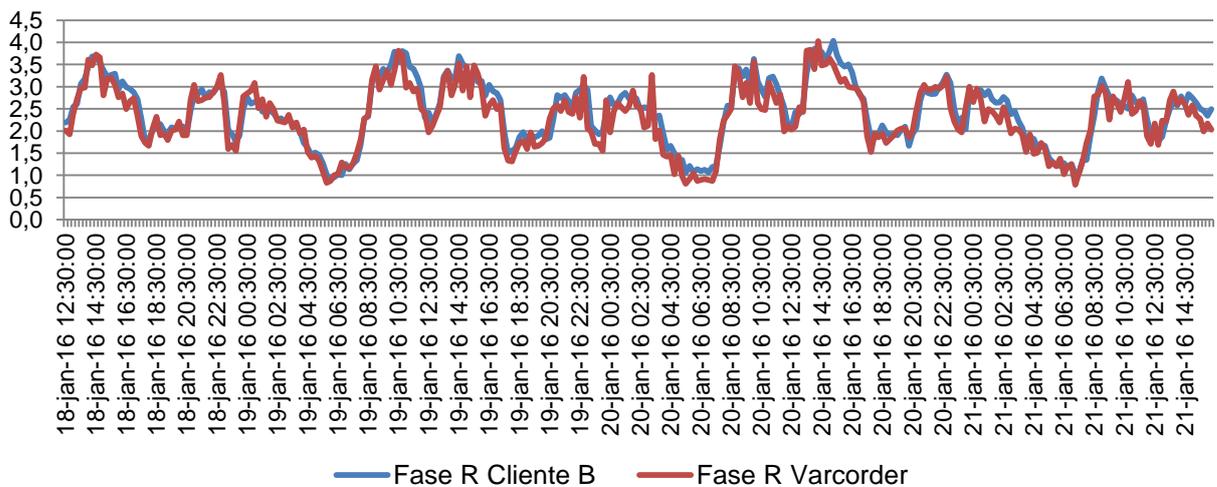
Gráfico 08 - Comparativo das energias medidas (kWh) caso II



Fonte: COELCE (2016)

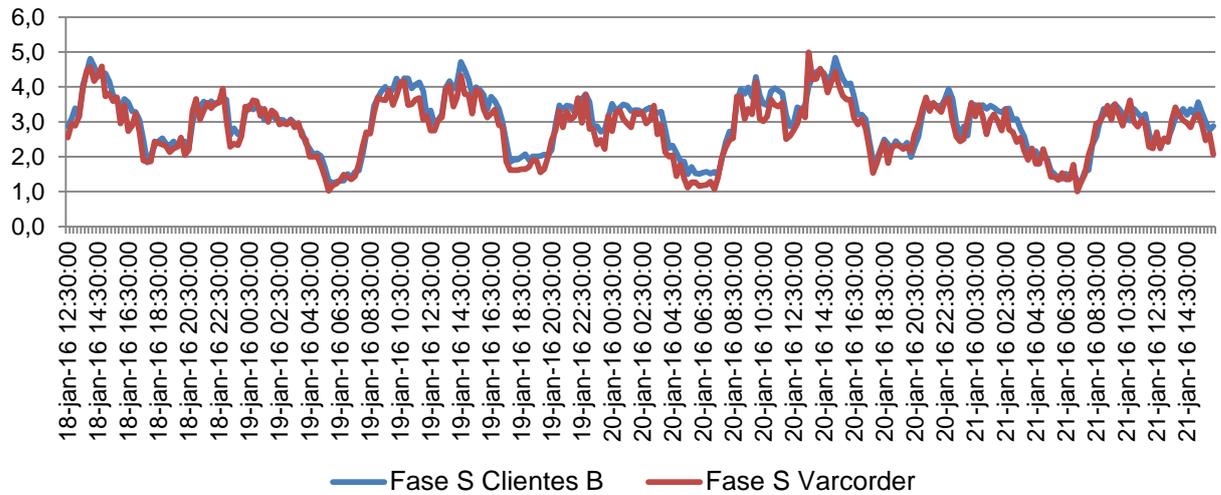
Nos gráficos 09 a 11 seguintes, serão mostradas as comparações de correntes das três fases R, S e T, os resultados foram coincidentes entre as medições.

Gráfico 09 - Comparativo da corrente fase R caso II



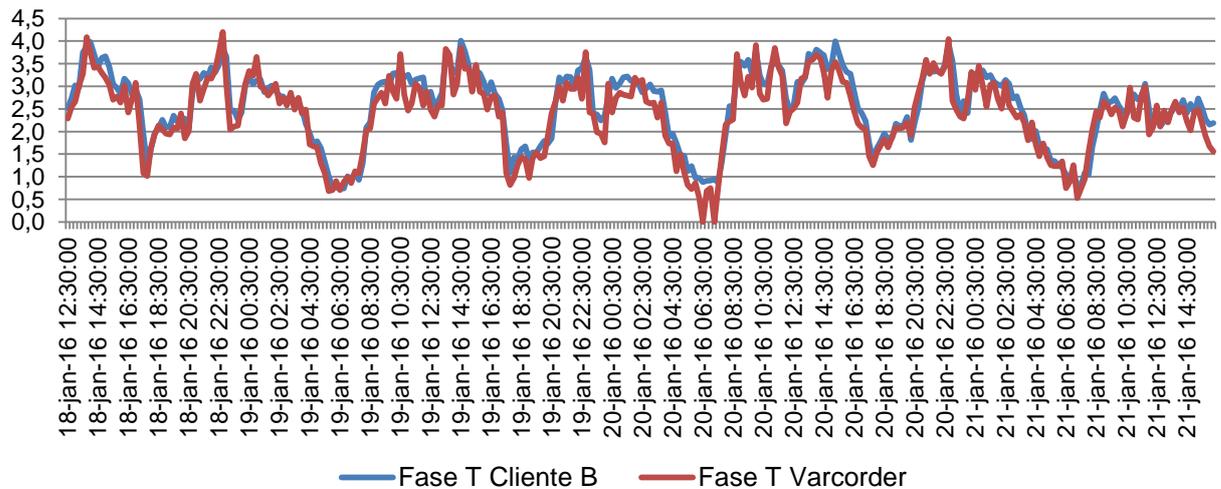
Fonte: COELCE (2016)

Gráfico 10 - Comparativo da corrente fase S caso II



Fonte: COELCE (2016)

Gráfico 11 - Comparativo da corrente fase T caso II



Fonte: COELCE (2016)

Para replicar a corrente medida pelo medidor do cliente B, foi necessário utilizar a relação de transformação do TC, que era de 10/5, resultando em uma relação de transformação de 2, conforme equação:

$$I_{MT} = I_{BT} \cdot RTC \quad (6)$$

Onde IMT corrente na média tensão; IBT corrente medida na baixa tensão; e RTC relação de transformação do transformador de corrente.

Após análise dos resultados coletados, conclui-se que a medição do cliente B estava medindo regularmente, não houve necessidade de qualquer alteração na medição na unidade consumidora. Os valores de energia do analisador de energia (varcorder) e da medição do cliente B foram bem próximos, onde é aceitável um erro de mais ou menos 10% entre as medições. Para melhor comprovação dos dados, foram comparadas as correntes das três fases R, S e T, e o resultado também foi normal conforme previsto.

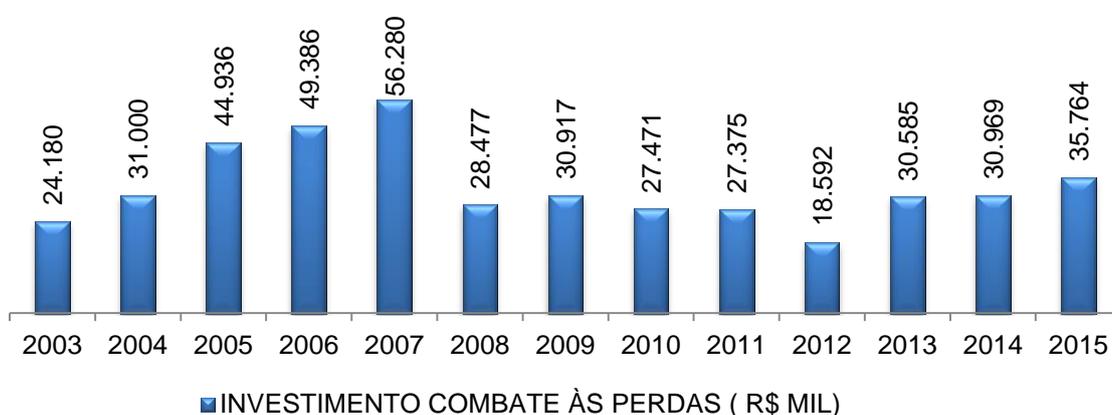
#### 4.5 CENÁRIO ATUAL DAS PERDAS NA COELCE

A Coelce mantém um trabalho contínuo no combate as perdas de energia vinculadas ao sistema elétrico (técnicas) e ao consumo irregular (perdas comerciais). Entre os anos de 2003 a 2015, destaca-se o ano de 2007, onde foram investidos R\$ 56.280 milhões no combate às perdas de energia, como mostra o gráfico 12.

As perdas técnicas representaram aproximadamente 10,81% do total da energia comprada daquele ano, percentual superior ao registrado em 2006 (10,74%), enquanto as perdas comerciais acumularam 1,54%, abaixo dos 2,23% do ano anterior.

Portanto, com o alto investimento em 2007, o índice de perdas combinado, de 12,35%, reduziu-se 0,65 pontos percentuais em relação a 2006, quando atingiu 13%, conforme dados do gráfico 13.

Gráfico 12 – Investimento anual no combate às perdas de energia elétrica



Fonte: COELCE (2015)

Essa redução foi resultado de várias ações tomadas pela COELCE no desenvolvendo para combate e redução das perdas, com destaque para:

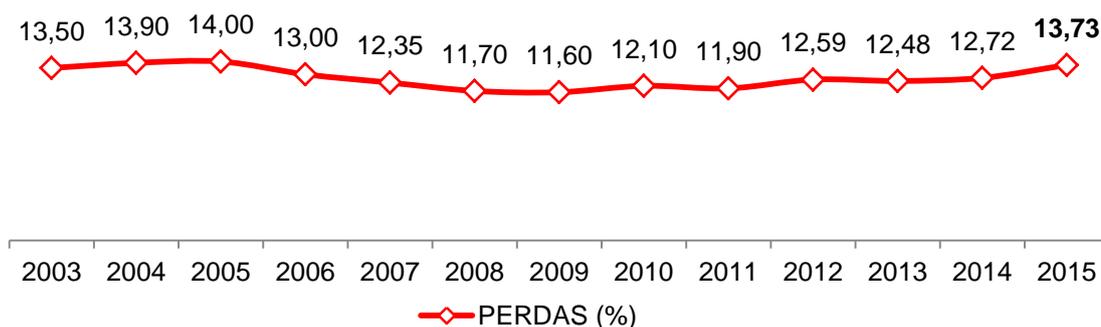
- Implantação, em comunidades carentes, de projeto de geração de renda como forma alternativa de combate ao furto de energia. A Coelce também ofereceu aos clientes de baixa renda condições especiais e diferenciadas de parcelamento de débitos anteriores, sem a cobrança de juros e multas, e em parcelas que podem ser assumidas pelo consumidor;

- Utilização de novas tecnologias para a melhoria do processo de inspeção de unidades consumidoras;

- Telemedição em mais de 4.600 clientes ligados às redes de média e alta tensão; e

- Investimentos de aproximadamente R\$ 9,5 milhões em projetos de redes antifurto (rede DAT), na qual se encontram conectados mais de 28 mil clientes. Também foi adquirido o programa Pertec (Perdas Técnicas), que possibilita a identificação mais detalhada dos segmentos do sistema de distribuição responsáveis pelas maiores parcelas das perdas técnicas, permitindo o desenvolvimento de ações mais específicas. Ainda analisando o gráfico 13, percebe-se que no ano seguinte (2008), as perdas reduziram 0,65 pontos percentuais em relação ao ano de 2007.

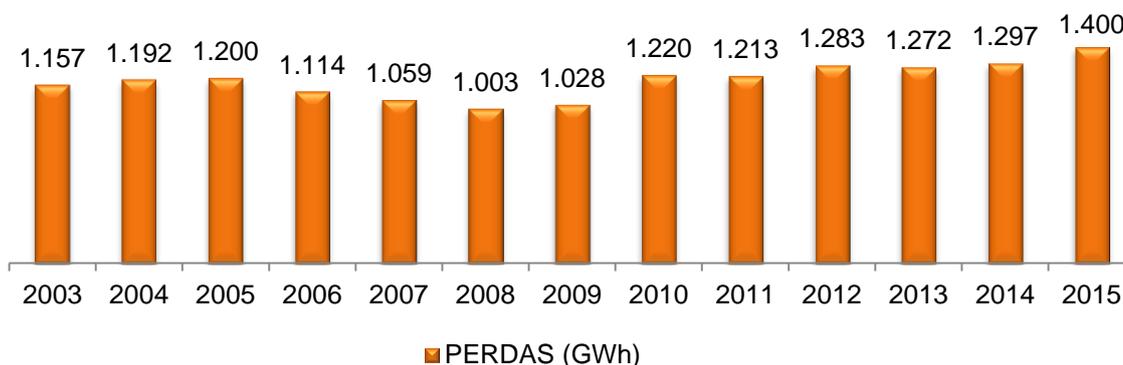
Gráfico 13 – Evolução do indicador de perdas anual



Fonte: COELCE (2015)

Em 2007, quando teve maior investimento no combate as perdas, houve uma redução de perdas de 55 GWh em relação ao ano de 2006 e uma estabilidade no indicador até o ano de 2011. A partir de 2012 o indicador só vem crescendo, de 2014 para 2015 as perdas aumentaram em 103 GWh, conforme mostra gráfico 14 abaixo.

Gráfico 14 - Evolução do indicador de perdas anual em energia



Fonte: COELCE (2015)

Para o primeiro trimestre de 2016, o indicador de perdas de energia foi superior ao primeiro trimestre de 2015. Em relação ao investimento no combate às perdas no primeiro trimestre de 2016, esse encontra-se maior que no mesmo período do ano anterior (ver tabelas 04 e 05 abaixo).

Tabela 04 – Principais indicadores operacionais

#### INDICADORES OPERACIONAIS E DE PRODUTIVIDADE\*

	1T16	1T15	Var. % (1)
DEC 12 meses (horas)	10,45	11,03	-5,3%
FEC 12 meses (vezes)	5,81	5,49	5,8%
Perdas de Energia 12 meses (%)	12,57%	12,06%	0,51p.p
Índice de Arrecadação 12 meses (%)	97,94%	98,58%	-0,64 p.p
MWh/Colaborador Próprio	2.416	2.416	-
Consumidor/Colaboradores	540	586	-8,0%
PMSO (3)/Consumidor	35,10	36,45	-3,7%

(1) Variação entre 1T16 e 1T15;

(2) PMSO: Pessoal, Material, Serviços e Outros

Fonte: COELCE (2016)

Tabela 05 - Principais investimentos

#### INVESTIMENTOS (R\$ MIL)\*

	1T16	1T15	Var. % (1)
Novas Conexões	63.097	30.214	>100,0%
Rede	22.958	11.236	>100,0%
Combate às Perdas	9.939	5.828	70,5%
Qualidade do Sistema Elétrico	13.019	(691)	<-100,0%
Outros	-	6.099	-100,0%
Outros (Non - Network)	12.946	1.949	>100,0%
Varição de Estoque	(5.922)	4.398	<-100,0%
<b>Total Investido</b>	<b>93.079</b>	<b>47.797</b>	<b>94,7%</b>
Aportes / Subsídios	(3.943)	(9.315)	-57,7%
<b>Investimento Líquido</b>	<b>89.136</b>	<b>38.482</b>	<b>&gt;100,0%</b>

(1) Variação entre 1T16 e 1T15;

Fonte: COELCE (2016)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho compreende em um estudo das perdas comerciais de energia nas redes de distribuição brasileiras, com maior ênfase na empresa COELCE no Estado do Ceará e as tecnologias utilizadas em seu combate. Foram apresentados dois estudos de caso de campo utilizando novas tecnologias, em clientes localizados no município de Fortaleza, ligados em média tensão.

No desenvolvimento do trabalho, abordou-se o problema que as distribuidoras de energia enfrentam por causa das perdas comerciais, indicando quais delas apresentam maiores perdas comerciais e os tipos de perdas comerciais através de dados fornecidos pelas mesmas. Além disso, relatam-se, também, os programas de ação da companhia de energia, os métodos que ela utiliza para combater o furto de energia, os resultados obtidos e uma breve análise das perdas na distribuidora COELCE.

As perdas não técnicas estudadas são ocasionadas por ligações clandestinas, fraudes, violação em medidores de energia, furtos de equipamentos e materiais da rede de distribuição.

Cada distribuidora de energia, a partir dos problemas próprios de suas áreas de concessão com as perdas comerciais, desenvolve projetos, ações e programas de combate ao furto de energia levando em conta o prejuízo que as perdas acarretam a elas.

No Estado do Ceará, apesar de não apresentar um dos maiores índices de perdas comerciais do país, considerado entre os medianos, foi desenvolvido uma metodologia para fiscalizar as unidades consumidoras de média tensão através de novas tecnologias. No estudo de caso realizado em campo, foi utilizado o analisador de energia (varcorder), o equipamento é instalado na média tensão em pontos estratégicos antes da medição dos clientes, capaz de medir corrente, energia ativa e reativa e fator de potência, assim sendo capaz de realizar comparações com os próprios dados elétricos da medição das unidades consumidoras. Desta forma facilita aos funcionários que operam o sistema no escritório da empresa ter maior garantia que não possui irregularidades nas medições.

O conhecimento adquirido no decorrer do desenvolvimento do trabalho, através das pesquisas bibliográficas e no estudo de campo, foi de forma satisfatória, as pesquisas possibilitaram um conhecimento profissional de grande relevância,

onde se pode acompanhar de perto o funcionamento do equipamento pioneiro do estudo, o analisador de energia (varcorder).

Através do estudo de campo, comprovou-se que novas tecnologias são eficazes para o combate as perdas de energia elétrica. No caso I, a energia recuperada em um mês foi de 28.140 KWh, acarretando um impacto financeiro mês para empresa de R\$ 4.540. Em um ano a energia recuperada foi de 337.680 KWh e financeiro de R\$ 54.480. No caso II, mostrou que o equipamento é capaz de monitorar as medições de forma adequada, onde foi constatado que não havia irregularidade na medição e comprovou a eficiência da tecnologia.

Para reduzir o problema, cabe às distribuidoras de energia, a missão de desenvolver e aplicar métodos de combate as perdas comerciais, e acompanhar a evolução e as novas tecnologias disponíveis no mercado. Para um trabalho mais eficaz, além do conhecimento tecnológico, é necessário conhecer todos os fatores que potencializam e “incentivam” o consumidor a cometer atos ilícitos para obter um ganho financeiro com as fraudes e roubos de energia.

Além do tratamento tecnológico que foi abordado nesse trabalho, como temas para outros trabalhos podem ser analisados aspectos como pesquisa de mercado de novas tecnologias para combate as perdas comerciais, estudo para melhoria do controle das medições dos consumidores, trabalho regulatório, abranger a tecnologia em estudos de maior complexidade, em análise de perdas por região, alimentadores, linhas de 69 kV e trabalhos de conscientização social.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, ABRADÉE, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Sistema de informação para gestão**. 2014. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/sector-de-distribuicao/perdas-furto-e-fraude-de-energia>. Acesso em: 17 fev. 2016.

BRASIL, ABRADÉE, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Perdas na distribuição: baixa tensão, altos prejuízos -- Reportagem Especial Canal Energia**. 2013. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/imprensa/artigos-e-releases/1018-perdas-na-distribuicao-baixa-tensao-altos-prejuizos-reportagem-especial-canal-energia>. Acesso em: 18 fev. 2016.

BRASIL, ABRADÉE, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Perdas na distribuição de energia elétrica no Brasil**. 2009. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2009/03/02/perdas-na-distribuicao-de-energia-letrica-no-brasil-artigo-de-carol-salsa/>. Acesso em: 18 fev. 2016.

ANDRADE, V. R. P. de. **Perdas comerciais de energia elétrica: uma análise sobre as causas e impactos para a sociedade**. 2014. Monografia (Especialização em Gestão Comercial e Negócios no setor energético) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://200.144.182.130/iee/sites/default/files/Victor%20Roberto%20Pereira%20de%200Andrade.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2016.

BRASIL, ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. RESOLUÇÃO ANEEL Nº 456, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2000. Disponível em: <http://www.ANEEL.gov.br/cedoc/bren2005166.pdf>. Acesso em 16 fev. 2016.

BRASIL, COELCE. **Missão, visão e valores. Sua História**. Disponível em: [http://ri.COELCE.com.br/COELCE2011/web/conteudo\\_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=38404](http://ri.COELCE.com.br/COELCE2011/web/conteudo_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=38404). Acesso em 10 mar. 2016.

BRASIL, COELCE. **Divulgação de resultados, resultados trimestrais e relatórios anuais**. Disponível em: [http://ri.coelce.com.br/coelce2011/web/default\\_pt.asp?idioma=0&conta=28#](http://ri.coelce.com.br/coelce2011/web/default_pt.asp?idioma=0&conta=28#). Acesso em 12 mai. 2016.

BRASIL, COELCE. **Perfil corporativo e histórico.** Disponível em: [http://ri.COELCE.com.br/conteudo\\_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=38190](http://ri.COELCE.com.br/conteudo_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=38190). Acesso em 10 mar.2016.

BRASIL, **COELCE – Companhia Energética do Ceará.** Fortaleza. Mar. 2016.

CHIAVENATO, **Idalberto.** **Administração: teoria, processo e prática.** 2ª edição. São Paulo: Makron, 1936.

COMERCIAL GONÇALVES. **Equipamentos de medição em redes energizadas até 500kV.** Disponível em: <http://www.comercialgoncalves.com.br/Eshop.Admin/Imagens/comercialgoncalves/deteccao.pdf>. Acesso em 17 fev. 2016.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Polícia e COELCE realizam operação para combater furto de energia.** Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/policia/online/policia-e-COELCE-realizam-operacao-para-combater-furto-de-energia-1.1386628>. Acesso em: 06 mar. 2016.

FUCHS, R. D. **Transmissão de energia elétrica: Linhas aéreas.** 2º edição. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. Editora Escola Federal de Engenharia, 1977. 588 Pag.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C.C.B. DE.; ROBBA, E.J. **Introdução ao sistema de Distribuição de energia elétrica.** 1º edição. São Paulo. Editora Blucher, 2005. 328 Pag.

LANDIS+GYR. **GridStream. Apresentação mapa de clientes.** Curitiba. Jan. 2010.

NAGAMINE , Guilherme Key. **Estudo das perdas não técnicas no sistema elétrico de distribuição e as tecnologias utilizadas para seu combate.** Curitiba: 2011. Trabalho de conclusão de curso apresentada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: [http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2010\\_1\\_15/2010\\_1\\_15\\_final.pdf](http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2010_1_15/2010_1_15_final.pdf). Acesso em: 18 fev. 2016.

PERDAS COMERCIAIS. **Publicações on-line: Perdas de Energia**. Rio de Janeiro, [s.d.]. Disponível em: <http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br>. Acesso em 05 mar. 2016.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Ranking do IDH Global 2011**. Disponível em: [http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH\\_global\\_2011.aspx?indiceAccordion=1&li=li\\_Ranking2011](http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH_global_2011.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Ranking2011). Acesso em: 17 fev. 2016.

QUEIROZ, Leonardo Mendonça Oliveira de. **Estimação e análise das perdas técnicas na distribuição de energia elétrica**. Campinas: 2010. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Disponível em: [http://www.ANEEL.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Tese\\_Leonardo\\_Queiroz.pdf](http://www.ANEEL.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Tese_Leonardo_Queiroz.pdf). Acesso em: 16 fev. 2016.