



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Projeto de Diagnóstico do Parque Instalado de Medidores da Light S.E. S.A.

Allan Blanco Carnevale	Danilo Ribera Neto	Nilton Leonardo de Souza Guilherme
Light S.E. S.A.	Light S.E. S.A.	Light S.E. S.A.
allan.carnevale@light.com.br	danilo.ribera@light.com.br	nilton.guilherme@light.com.br

Palavras-chave

Estatística

Exatidão

Incorporação

Inmetro

Medidores

Resumo

O objetivo do Projeto de Diagnóstico do Parque Instalado de Medidores, planejado pela Gerência de Medição, residiu na avaliação dos medidores eletromecânicos classe de exatidão 2,0%, através de ensaios metrológicos em amostragem baseada em conceitos estatísticos. Previa-se a viabilidade econômica de incorporação em torno de 7% com a substituição de medidores eletromecânicos monofásicos com tempo de uso igual ou maior há 25 anos.

Identificou-se na base de dados da Light que este grupo possui cerca de 814.000 medidores, representando 22% do parque instalado. A escolha deste segmento se deu em função destes medidores estarem trabalhando registrando energia elétrica em regime de “sobrevida”, pois, segundo as especificações técnicas dos fabricantes seu tempo de vida é cerca de 25 anos e a depreciação prevista pela ANEEL em 25 anos, o que nos 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.

Uma análise similar será realizada em medidores eletromecânicos polifásicos, também com a expectativa de incorporação de 7%.

1. Introdução

Este Trabalho Técnico de natureza multidisciplinar foi planejado de forma a apresentar a avaliação de várias vertentes operacionais de forma estratégica, na viabilização de futuros planos de substituição dos referidos medidores. Verificou-se a necessidade de avaliar : a) fonte de informações (base de dados da Light); b) resultados metrológicos de uma amostragem - que fora definida baseada em análise estatística; c) estudo da performance de medidores eletrônicos; d) gestão no nível operacional do projeto, em virtude da utilização de uma mescla de equipes de campo entre terceirizados e funcionários efetivos.

Esperava-se como resultado financeiro desta análise a incorporação de 7% no faturamento do segmento trabalhado para que o projeto fosse viável economicamente.

Porém a viabilidade do projeto foi alcançada através da segmentação em faixas de consumo, ou seja, algumas famílias de medidores demonstraram um erro percentual em determinada faixa de consumo que viabiliza o projeto.

Em uma análise com enfoque na viabilidade econômica, verificou-se através da TIR – *Taxa Interna de Retorno* - acima de 12%, que certas famílias de medidores, instalados em determinados segmentos de clientes caracterizados por faixa de consumo, totalizando 54.239 clientes, demonstra um retorno financeiro altamente atrativo. Desta forma este Trabalho Técnico está estruturado da seguinte forma:

- I - Definição da amostragem – utilização de método estatístico, baseado em normas ABNT.
- II – Censo de medidores – validação da base de dados através da avaliação de uma amostragem para verificar o grau de confiança nas informações extraídas.
- III - Gestão da substituição dos medidores – envolvimento das Regionais e da Logística da empresa, no que tange a programação de substituição em campo, entrega dos medidores retirados da rede e ressuprimento de medidores e lacres.
- IV - Análise metrológica – utilização de padrões de medição na avaliação metrológica dos medidores retirados da rede.
- V - Análise do comportamento de medidores eletromecânicos x eletrônicos – avaliação dos registros de consumo, ou seja, nas mesmas condições ambientais, de *input* (tensão, corrente, frequência e eventos da rede) e mesmo tempo de exposição.
- VI – Análise financeira – cálculo da TIR – *Taxa Interna de Retorno*, VPL – *Valor Presente Líquido* e PAY BACK – *tempo de retorno financeiro do investimento*.
- VII - Diagnóstico – conclusões do projeto baseados nos dados obtidos nas avaliações realizadas no censo e em laboratório.
- VIII - Planejamento de extensão do projeto para análise dos medidores polifásicos – estimativa de maior incorporação no segmento de clientes com medidores polifásicos, uma vez que podem representar maior retorno em volume.
- IX - Prognóstico da extensão do projeto - para a extensão do projeto, espera-se a mesma incorporação de 7% para a substituição dos medidores polifásicos.

2. Desenvolvimento

De acordo com a figura 1, o parque instalado de medidores da Light possui cerca de 22% de instrumentos com mais de 25 anos em uso dos 3.800.000 de medidores instalados. Como a depreciação deste instrumento de medição prevista pela ANEEL é calculada para 25 anos, assim como sua expectativa de vida, verificou-se a necessidade de avaliação técnica-metrológica destes medidores para verificar possíveis planos de ações focados na revitalização do parque instalado.

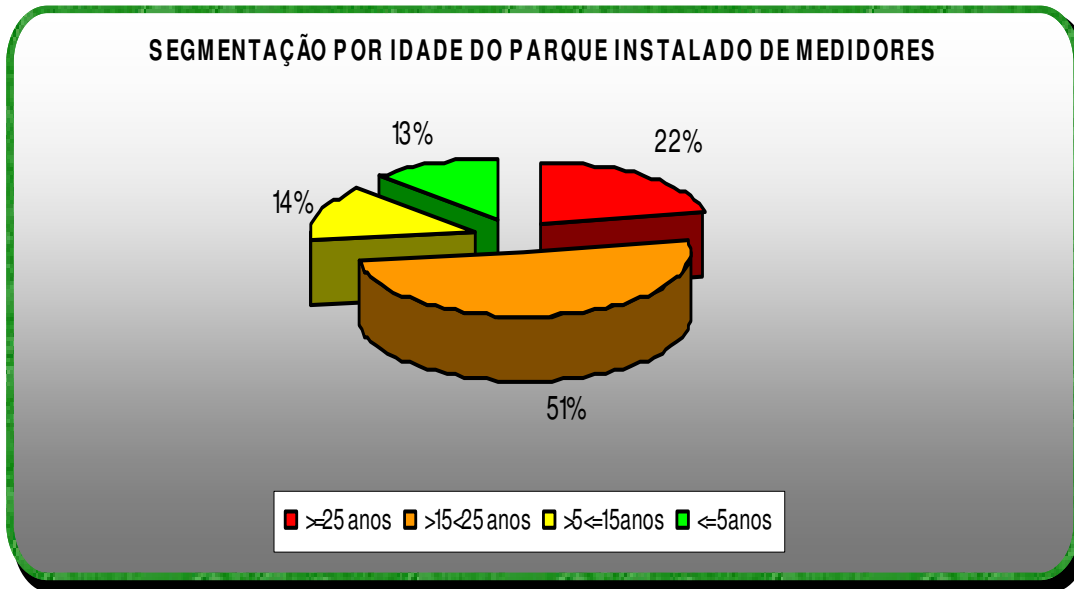


Figura 1: segmentação do parque de medidores

Fortalecendo este conceito, há o estudo estatístico do ciclo de vida do produto, expresso na figura 5. Com enfoque nos estudos de confiabilidade industrial demonstra-se que o maior índice de problemas em equipamentos está no início e no final de seu período de vida útil, caracterizando respectivamente, morte prematura ou mortalidade infantil (no início do ciclo de vida) e fase de envelhecimento (no final do ciclo de vida) períodos onde ocorrem as maiores taxas de falhas de instrumentos e equipamentos.

- **Mortalidade infantil:** a taxa de falhas cai exponencialmente até estabilizar em um valor. Estas falhas acontecem devido a problemas na manufatura, materiais e componentes, esta fase pode ser superada antes do instrumento sair da fábrica através de um período de "Burn-In".
- **Vida útil:** é a fase de vida normal do instrumento onde a taxa de falhas é baixa e constante e basicamente as falhas são eventos aleatórios.
- **Fim de vida:** Nesta fase a taxa de falhas aumenta exponencialmente principalmente por problemas de desgaste nos componentes e materiais.

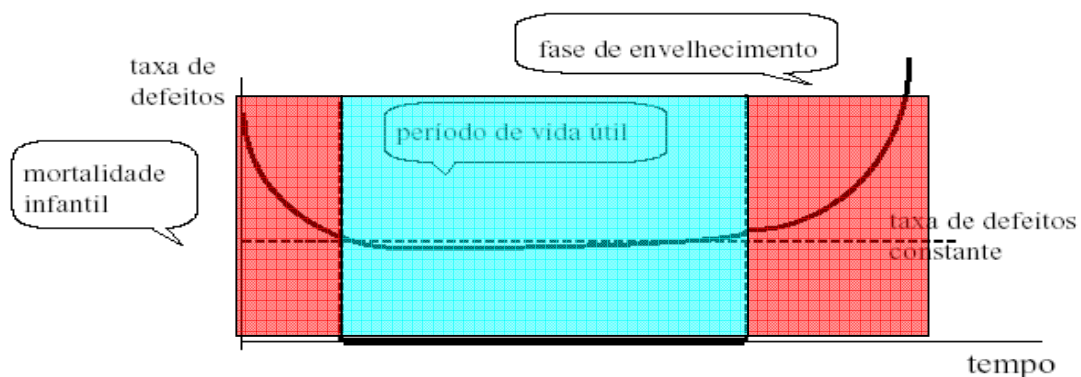


Figura 2: Curva da banheira

Como as atividades do Projeto envolviam outros setores operacionais, os responsáveis na gestão de suas equipes e processos, foram devidamente instruídos de forma a atenderem a plenitude de nosso cronograma, conforme figura 3.

ATIVIDADES/DIAS	1	2 ... 5	6 7 ... 10 11	12 13	14 15 ... 20 21	22 23 ... 26 27	28 29 ... 46 47	48 49 ... 54 55	56 57 ... 65 66
Reunião gerentes REN	1								
Reunião responsáveis operacionais e equipes de campo		4							
Censo			6						
Validação				2					
Retirada de medidores eletromecânicos					8				
Instalação de medidores eletrônicos						6			
Medidores eletrônicos instalados em série com medidores eletromecânicos							20		
Retirada de medidores eletrônicos e eletromecânicos								8	
Análise e Diagnóstico									53

Figura 3: Plano de ação

No planejamento do Projeto definiu-se um período de 6 dias para substituição imediata de 80 % dos medidores eletromecânicos, e, ao término destas substituições seriam instalados medidores eletrônicos em série com os 20% restantes da amostra durante um período de 20 dias. No dia seguinte às substituições, os medidores retirados de campo deveriam ser entregues ao Laboratório de Medição de Energia Elétrica e Metrologia – LMEEM – da Gerência de Medição da Light para realização imediata dos ensaios metrológicos.

Seguem abaixo as etapas que compuseram o Projeto de Diagnóstico do Parque Instalado de Medidores da Light:

I – Definição da amostragem - como a população do segmento a ser analisado era composta de um quantitativo elevado de medidores – 814.000 unidades – definiu-se que o perfil da avaliação envolveria esforços no estudo de seis grandes famílias destes medidores, cujo somatório deu um total de 266.464 unidades, de acordo com a figura 6 – Grupos de medidores para estudo - que expressa a quantidade por grupo e sua participação percentual no quadro geral por tipo de medidores: M - monofásicos, B - bifásicos e T - trifásicos.

A definição da amostragem fez parte de um plano de amostragem estatística, de acordo com os critérios e requisitos das *NBR 5426 Planos de amostragem e procedimentos na inspeção de atributos e 5427 Guia para utilização da norma NBR 5426*.

Este plano de ensaio proporciona identificar com maior probabilidade estatística a tendência para aceitação ou rejeição do lote representado na amostra, considerando que a quantidade de unidades do produto inspecionada deve ser submetida aos ensaios metrológicos de exatidão, e observação da curva característica de tais medidores para análise da família correspondente. Cabe ressaltar que o objetivo deste estudo não fora de aceitação ou rejeição de medidores, mas sim o de verificar a tendência do registro de energia do parque instalado de medidores através de uma amostra representativa do universo objeto de estudo.

Através do estudo do gráfico da curva de *Gauss*, demonstrado na figura 4, conseguimos identificar a parcela da amostra que não está presente dentro do nível de confiança de 95%, ou seja, a participação que não está dentro dos limites de tolerância permitida pelo INMETRO.

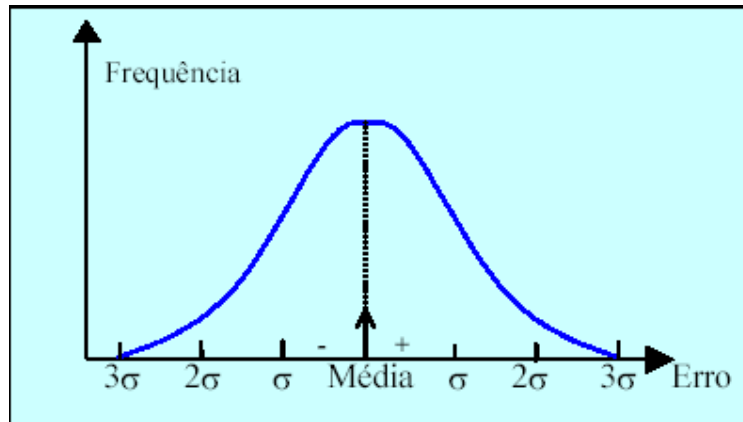


Figura 4: Curva da distribuição normal

Para isto, devemos considerar o desvio padrão, figura 5, nos erros obtidos nos ensaios. O desvio padrão é a medida da precisão, ou seja, o espalhamento da distribuição de freqüência que pode ser medido com a raiz do desvio quadrático médio ou desvio padrão (σ). O desvio de uma medida (d) é a diferença entre o valor medido e a média aritmética.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-1}}$$

Figura 5: Desvio Padrão

A característica principal desta amostra é que todos os elementos são monofásicos com mais de 25 anos em uso e foram agrupados por marca e modelo. Da mesma forma, foram observadas regras focadas no estado de conservação dos componentes da amostra para sua validação estatística sem que houvesse a possibilidade de avaliação de amostra “tendenciosa” ou “viciada”, ou seja, não deveriam ter sido alteradas suas características de funcionamento ao longo do tempo por ação de terceiros.

A amostragem fora definida como sendo simples, composta de 100 medidores por cada grupo (totalizando 600), sendo que 20 deles (de cada grupo) estariam em *stand by* para serem utilizados em substituição a alguma amostra de sua família que apresentasse características que pudessem comprometer a imparcialidade dos resultados.

II – Censo de medidores - quanto à informação sobre a idade dos medidores instalados em campo, e, sendo a base de extração das informações sobre instalações de medidores para composição da amostra; evidenciou-se a necessidade da realização de um censo para que as dúvidas existentes quanto a qualidade das informações fosse dirimida. A figura 6 mostra a formação dos grupos - famílias de medidores – objetos dos estudos.

Família	Marca	Modelo	Qtd.	%	Tipo
grupo1	APREL	D8L	33.331	13%	B
grupo2	APREL	T8L	17.507	7%	T
grupo3	CBM	CIX4	36.722	14%	M
grupo4	GE	I-29A	29.001	11%	M
grupo5	GE	I-54A	18.408	7%	M
grupo6	GE	I-54C	131.495	49%	M
TOTAL			266.464	100%	

Figura 6: Grupos de medidores para estudo

Com base na estatística, definiu-se a amostra para validação da base de dados para continuidade do Projeto. Foi definida a quantidade de 100 amostras por grupo de medidores, totalizando 600 unidades. A eficácia desta etapa se deu em função do controle de dados em relatórios de campo criados especificamente para esta finalidade, basicamente na identificação das marcas, modelos e ano de fabricação. Além destes relatórios, os técnicos de campo foram instruídos em tirar o mínimo de 3 fotos digitais de cada medidor, enfocando sua placa de identificação para dirimir quais dúvidas que viessem a surgir sobre sua idade.

O resultado obtido no censo não nos motivou a trabalhar com o seguimento de medidores polifásicos, em função de muitas inconsistências encontradas em relação à idade dos medidores informada na base de dados e o que realmente encontrava-se instalado, validado pelas fotos retiradas em campo.

III – Gestão da substituição dos medidores: foi definido que somente os medidores monofásicos seriam foco do projeto, logo, 400 medidores. Como a substituição dos medidores fora gerenciada pelas Regionais da Light, foi necessário a criação de métodos e procedimentos específicos para viabilização da logística para: (a) Retirada de medidores novos do almoxarifado para substituição da amostra; (b) Devolução dos medidores retirados de campo; e (c) Entrega dos formulários de retirada dos medidores. Diariamente os responsáveis das Regionais informavam seu avanço à Gerência de Medição para que os dados fossem compilados e disponibilizados em um gráfico de acompanhamento e controle.

Para solução de problemas e aderência dos desvios aos objetivos do Projeto, as diversas variáveis controláveis e não controláveis do processo, factíveis de ocorrência em alguma etapa, foram consideradas em um *brainstorming* na Gerência de Medição. Como resultado, elaborou-se um plano de ação com medidas de contingência pré-definidas. Durante a substituição dos medidores, o problema de maior frequência foi a identificação de locais onde havia impossibilidade de substituição do medidor. Fato este sanado no planejamento com um “pulmão” (reserva) de opções de endereços nos quais havia medidores com as mesmas características da amostragem, carecendo apenas da validação do técnico de campo para efetivação da substituição da amostra.

IV – Análise metrológica: a Verificação Metrológica foi realizada no Laboratório de Medição de Energia Elétrica e Metrologia – LMEEM - da Gerência de Medição em 100% da amostra dos medidores, montando um total de 400 medidores monofásicos eletromecânicos. O *Regulamento Técnico Metrológico da Portaria 088 de 06 de abril de 2006 do INMETRO*, permite uma tolerância nos erros obtidos nos ensaios de exatidão em campo de $\pm 4\%$ para medidores com classe de exatidão 2%.

O procedimento técnico para realizar a avaliação metrológica foi baseado no método do “medidor padrão”, que consiste na ligação em série do medidor sob ensaio – mensurando – com o padrão de energia elétrica, de acordo com a figura 7.

O padrão de energia utilizado na análise metrológica é de classe de exatidão 0,02%, o suficiente para atendimento ao requisito técnico da norma *ABNT 6696 Laboratório para ensaios elétricos – especificação*, onde prescreve que o padrão utilizado neste método de ensaio deve possuir classe de exatidão três vezes melhor do que objeto sob ensaio.

O padrão foi devidamente calibrado pelo INMETRO, e seu certificado de calibração foi aprovado pela análise crítica do responsável técnico do Laboratório e pela gestão do Projeto.

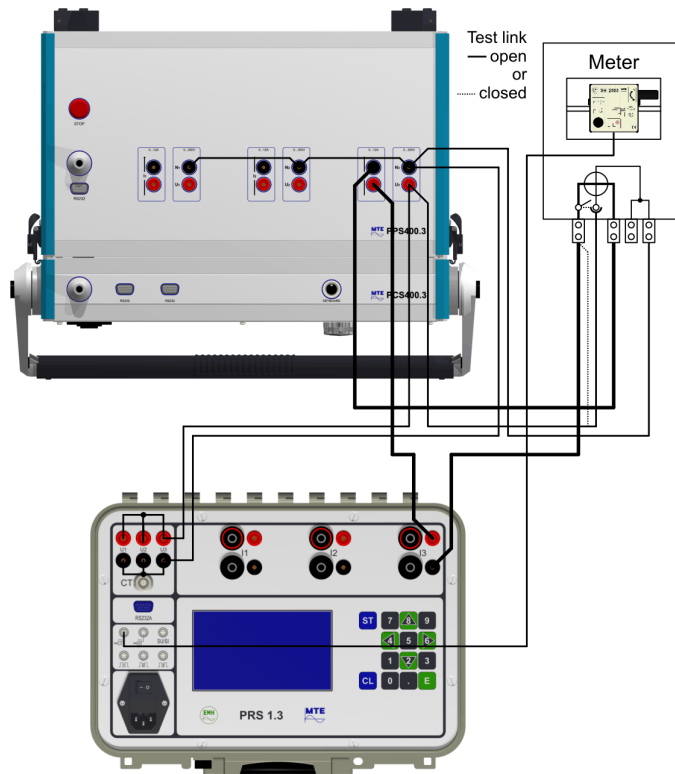


Figura 7: Esquema de ligação

O enfoque, dado à curva de desempenho dos medidores no ensaio de exatidão, foi realizado pela composição da análise em 8 pontos na variação de corrente, conforme figura 8, submetidos à tensão e frequência nominais para cada medidor.

Qtd.	Ptos.
1	10% I_n
2	50% I_n
3	100% I_n
4	100% I_n -FP=0,5i
5	200% I_n
6	300% I_n
7	400% I_n
8	500% I_n

Figura 8: Pontos de corrente para o ensaio de exatidão

O método utilizado nos ensaios de exatidão metrológica foi baseado na utilização de uma carga artificial que gera corrente elétrica nas condições da figura 8. O padrão de energia é conectado ao circuito elétrico em “série”, de forma que está fica submetido às mesmas grandezas de entrada e as mesmas condições de influência do medidor a ser verificado metrologicamente.

As grandezas de entrada são: tensão elétrica, corrente e frequência. As condições de influência são: as condições ambientais, qualidade no fornecimento de energia (harmônicos, *sags*, *swell*, etc.) e o operador do instrumento de medição. O padrão de energia elétrica possui um dispositivo do tipo foto-sensor (*led* branco ou infra-vermelho), que registra o giro do disco por captação da passagem de sua tarja negra. Um transdutor converte o sinal luminoso em elétrico que segue a um processador. Um algoritmo no padrão realiza o cálculo do erro relativo percentual da seguinte forma:

$$\varepsilon\% = \frac{(\text{mensurando} - \text{padrão}) \times 100}{\text{padrão}}$$

O resultado das análises metrológicas das 400 amostras no ensaio de exatidão na variação de corrente está expresso no gráfico de dispersão da figura 9. O resultado obtido na amostra indica a parte que dela está fora dos limites de controle, logo, o NQA – Nível de Qualidade Aceitável – para a população é muito pequeno, quanto ao risco de faturamento irregular.

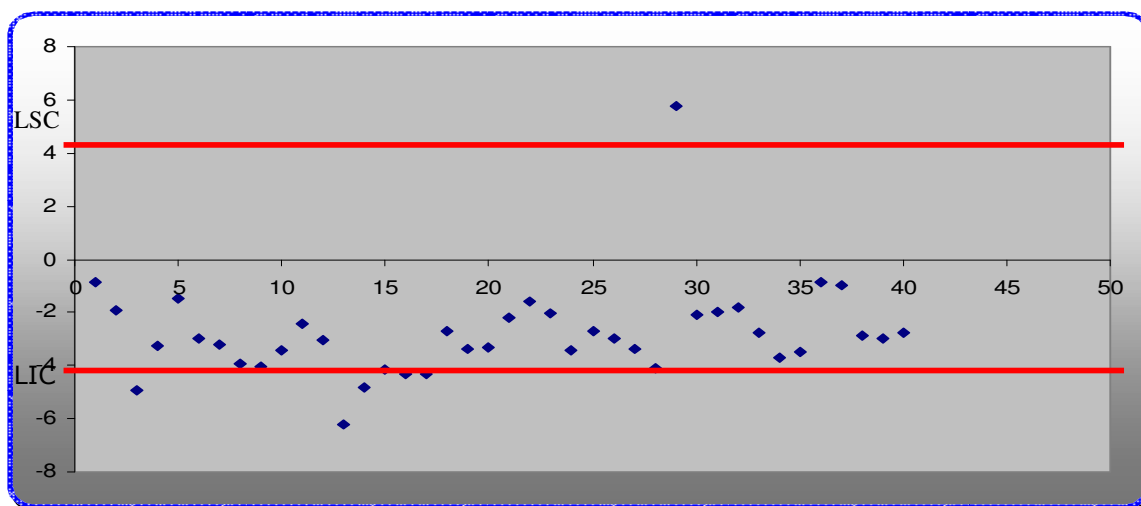


Figura 9: Comportamento metrológico

V – Análise do comportamento dos medidores eletromecânicos x eletrônicos: o outro método de análise utilizado fora a avaliação da performance dos medidores eletrônicos monofásicos em comparação aos medidores monofásicos eletromecânicos. Esta avaliação recebeu o nome de “medição comparativa” pois a avaliação fora realizada comparando ambos os registros de leitura do consumo de energia, por um período de 20 dias, com a expectativa de uma diferença à maior para os medidores eletrônicos em virtude de seus baixos valores de: corrente de partida e perdas por consumo interno. Esta avaliação foi realizada no Laboratório de Medição de Energia Elétrica e Metrologia – LMEEM - da Gerência de Medição nos 20% da amostra de campo dos medidores frente aos “medidores comparadores”, logo, nos 80 medidores eletrônicos comparando com os 80 medidores eletromecânicos.

VI – Análise financeira: a figura 10, demonstra de forma resumida o levantamento dos recursos humanos e tecnológicos utilizados e custos operacionais de cada atividade para execução do Projeto na etapa de viabilização – diagnóstico da amostra. Nela estão contemplados os custos com mão-de-obra (para as operações de campo e o diagnóstico), medidores eletromecânicos e medidores eletrônicos. Na viabilização do projeto, foi considerada a utilização de novos insumos (medidores eletromecânicos e eletrônicos), utilização de equipes das regionais e serviços de *back-office*.

RESUMO DOS CUSTOS				
ITEM	DESCRIÇÃO	QTD.	R\$ UNI.	R\$ TOTAL
1	Medidor monofásico eletrônico	80	70,00	5.600,00
2	Medidor polifásico eletrônico	40	320,00	12.800,00
3	Medidor monofásico eletromecânico	320	80,00	25.600,00
4	Medidor polifásico eletromecânico	160	220,00	35.200,00
5	Atividade 1 - Censo - 10 equipes	600	10,00	6.000,00
6	Atividade 2 - Retirada de medidores - 10 equipes	480	40,00	19.200,00
7	Atividade 3 - Instalação de medidores - 5 equipes	120	40,00	4.800,00
8	Atividade 4 - Retirada de medidores - 5 equipes	120	60,00	7.200,00
9	Atividade 5 - Análise e Diagnóstico	1	17.356,91	17.356,91
TOTAL				133.756,91

Figura 10 – Custos da avaliação financeira de viabilidade de substituição

A análise financeira para verificar a viabilidade econômica de realização do projeto está pautada nos conceitos de: TIR, VPL e PAY BACK.

a) TIR – *Taxa Interna de Retorno* - Conhecida também por taxa de atratividade equivale a encontrarmos a taxa de juros periódica que fará com que o valor presente das entradas/saídas futuras de caixa seja igual ao fluxo de caixa existente no tempo presente em $t=0$.

b) VPL – *Valor Presente Líquido* - também conhecido como Valor Atual Líquido (VAL) ou *Net Present Value* (NPV), consistindo no valor presente de um DFC – Demonstrativo de Fluxo de Caixa, incluindo o fluxo existente na data $t=0$. Se seu valor for igual a “zero”, significa que o investimento não terá prejuízo e tampouco lucro. Estrategicamente, pode ser viável tal investimento para manutenção de contratos, aumento da carteira de clientes ou consolidação de posicionamento no mercado.

c) PAY BACK – *Tempo de Retorno do Investimento* quando o capital investido é no ano “0” tem seu retorno no fluxo de caixa.

O Projeto da Análise da Viabilidade realizou o diagnóstico em um universo de 266.464 medidores, por serem os mais antigos do parque instalado de medidores desta Concessionária. Esse universo foi dividido em 6 grupos de marcas e modelos distintos. Foram utilizadas as seguintes considerações:

- 1 – Erro percentual médio destes medidores: 7,5%
- 2 – Consumo médio medidor monofásico: 150 kWh
- 3 – Consumo médio medidor bifásico: 180 kWh
- 4 – Consumo médio medidor trifásico: 250 kWh
- 5 – Custo de substituição de medidor: 40,00 R\$/subst.
- 6 – Custo de venda de energia: 355,16 R\$/MWh
- 7 – Custo administrativo %: 5%
- 8 – Taxa de atratividade: 15%
- 9 – Custo do medidor monofásico: 80,00 R\$/Med.
- 10 – Custo do medidor polifásico: 220,00 R\$/Med.

Para exemplificar, a figura 11, foi considerada a substituição do medidor do Grupo3 (Marca CBM modelo CIX4), existindo 36.722 medidores instalados, com base nos parâmetros abaixo:

Tempo de substituição:	180 dias
Custo de substituição:	R\$ 1.468.880,00
Custo dos medidores:	R\$ 2.937.760,00
Análise da viabilidade:	R\$ 133.756,91
Custos administrativos:	R\$ 220.332,00
Total do investimento:	R\$ 4.760.728,91
Retorno esperado (ano):	R\$ 1.752.696,99

	ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Retorno	1.315	1.753	1.753	1.753	1.753	1.753	1.753	1.753	1.753	1.753	1.753
	Custo	-4.761										
	Deprec.	-118	-118	-118	-118	-118	-118	-118	-118	-118	-118	-118
	Lucro antes Imp	-3.564	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635
37%	Imposto	0	-605	-605	-605	-605	-605	-605	-605	-605	-605	-605
	Fluxo de Caixa	-3.564	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030
	TIR	26%										
15%	VPL	R\$1.396,92										
	Pay Back	3 ano(s) 6 meses										

Figura 11: Avaliação financeira do Projeto

Conforme os resultados da tabela na figura acima, calculou-se a *Taxa Interna de Retorno* do projeto em 26% com um VPL de R\$1.396.920,00 (15%) e um *pay back* de 3 anos e 6 meses.

Com os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, verificou-se que não ocorreria o esperado, e sim o exposto na figura 12.

	80	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	1800
CIX4	16,07%	41,45%	26,39%	9,77%	3,64%	1,35%	0,56%	0,22%	0,23%	0,07%	0,12%	0,09%	0,00%	0,04%
Quantidade	9.194	12.640	4.794	1.264	363	110	38	13	12	3	5	3	0	1
consumo kWh/mês	704.262	1.816.658	1.156.722	428.134	159.629	58.954	24.412	9.720	10.013	2.860	5.364	3.892	0	1.846
erro%	-5,68%	-5,73%	-3,48%	-2,80%	-3,49%	-2,15%	-2,06%	-1,99%	-1,93%	-1,81%	-1,74%	-1,71%	-1,84%	-2,53%
perda ano kWh	-479.966	-1.249.449	-482.502	-143.897	-66.764	-15.222	-6.031	-2.320	-2.325	-620	-1.118	-799	0	-560
Retorno R\$/ano	170.464,81	443.754,19	171.365,35	51.106,39	23.712,06	5.406,35	2.141,97	823,96	825,63	220,05	396,98	283,64	0,00	198,82
Custo subst. R\$	-1.103.280,00	-1.516.800,00	-575.280,00	-151.680,00	-43.560,00	-13.200,00	-4.560,00	-1.560,00	-1.440,00	-360,00	-600,00	-360,00	0,00	-120,00
TIR	-2,4%	14,6%	15,2%	19,6%	43,6%	27,7%	34,6%	41,6%	47,3%	52,2%	59,2%	78,9%		598,6%
Pay-back	11	5	5	4	2	3	3	2	2	2	2	1	0	0
VPL (15%)	-497.470,62	-17.164,89	3.239,02	19.716,24	34.431,84	4.768,83	2.520,91	1.152,75	1.271,22	361,25	698,34	563,73	0,00	519,94
I-29A	10,05%	35,36%	29,52%	13,99%	6,25%	2,15%	1,21%	0,74%	0,39%	0,13%	0,12%	0,06%	0,03%	0,00%
Quantidade	5.644	10.429	5.260	1.772	611	172	81	43	20	6	5	2	1	0
kWh mês	433.924	1.527.054	1.274.784	604.001	269.817	92.949	52.357	31.819	16.815	5.588	5.338	2.625	1.448	0
erro	-6,76%	-6,49%	-2,09%	-0,41%	-0,93%	0,07%	0,15%	0,20%	0,24%	0,25%	0,30%	0,32%	0,22%	-0,15%
perda ano kWh	-351.967	-1.189.615	-319.851	-29.486	-30.004	816	915	763	489	166	190	99	38	0
Retorno R\$/ano	125.004,62	422.503,56	113.598,39	10.472,10	10.656,13	-289,70	-324,80	-271,15	-173,63	-58,79	-67,47	-35,31	-13,62	0,00
Custo subst. R\$	-677.280,00	-1.251.480,00	-631.200,00	-212.640,00	-73.320,00	-20.640,00	-9.720,00	-5.160,00	-2.400,00	-720,00	-600,00	-240,00	-120,00	0,00
TIR	1,7%	19,6%	1,1%	#DIV/0!	-3,7%	#NÚM!	#NÚM!	#DIV/0!	#DIV/0!	#NÚM!	#NÚM!	#DIV/0!	#NÚM!	#NÚM!
Pay-back	9	4	9	69	12	-39	-27	-21	-17	-15	-12	-10	-12	#DIV/0!
VPL (15%)	-240.556,62	165.334,66	-233.428,24	-167.149,39	-35.200,98	-20.383,58	-10.199,04	-5.728,67	-2.815,80	-866,08	-780,56	-338,73	-156,52	0,00
I-54A	11,97%	39,57%	28,63%	11,38%	4,61%	1,98%	0,80%	0,38%	0,20%	0,15%	0,17%	0,10%	0,06%	0,00%
Quantidade	3.919	6.840	2.967	839	262	92	31	13	6	4	4	2	1	0
kWh mês	300.473	993.325	718.550	285.605	115.716	49.763	19.981	9.656	4.988	3.765	4.321	2.544	1.498	0
erro	-5,00%	-5,29%	-1,52%	-0,84%	-1,30%	-0,41%	-0,35%	-0,30%	-0,26%	-0,05%	0,00%	0,02%	0,12%	0,39%
perda ano kWh	-15.018	-52.553	-10.891	-2.388	-1.510	-206	-69	-29	-13	-2	0	1	2	0
Retorno R\$/ano	-64.003,91	-223.976,77	-46.417,59	-10.178,07	-6.433,91	-879,15	-296,12	-122,46	-54,95	-8,73	-0,03	2,25	7,73	0,00
Custo subst. R\$	-470.280,00	-820.800,00	-356.040,00	-100.680,00	-31.440,00	-11.040,00	-3.720,00	-1.560,00	-720,00	-480,00	-480,00	-240,00	-120,00	0,00
TIR	-5,1%	12,4%	-6,0%	-11,1%	4,3%	#NÚM!	#NÚM!	#NÚM!	#NÚM!	#NÚM!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#NÚM!
Pay-back	14	6	14	20	8	29	29	29	31	-185	-60	-44	-18	#DIV/0!
VPL (15%)	-239.618,04	-60.732,55	-187.901,35	-62.520,49	-9.157,42	-7.610,04	-2.564,63	-1.080,96	-503,90	-424,80	-452,50	-233,45	-137,76	0,00
I-54C	15,20%	41,41%	27,04%	10,27%	3,48%	1,31%	0,66%	0,25%	0,16%	0,07%	0,05%	0,04%	0,01%	0,02%
Quantidade	32.114	46.457	18.167	4.890	1.280	393	167	54	31	12	8	5	1	2
kWh mês	2.455.921	6.690.434	4.368.614	1.659.556	562.547	211.507	106.391	40.108	26.333	11.213	8.631	6.439	1.438	3.754
erro	-4,51%	-4,92%	-1,52%	-1,06%	-1,33%	-0,80%	-0,77%	-0,74%	-0,72%	-0,53%	-0,49%	-0,48%	-0,27%	-0,34%
perda ano kWh	-110.854	-328.883	-66.216	-17.594	-7.484	-1.700	-816	-297	-189	-59	-42	-31	-4	-13
Retorno R\$/ano	-472.449,77	-1.401.672,06	-282.208,09	-74.982,30	-31.894,15	-7.243,44	-3.477,51	-1.263,96	-805,83	-250,98	-180,99	-131,52	-16,69	-53,85
Custo subst. R\$	-3.853.680,00	-5.574.840,00	-2.180.040,00	-586.800,00	-153.600,00	-47.160,00	-20.040,00	-6.480,00	-3.720,00	-1.440,00	-960,00	-600,00	-120,00	-240,00
TIR	-7,3%	9,9%	-6,2%	-6,4%	4,6%	-2,5%	0,2%	3,1%	5,7%	0,3%	2,2%	6,1%	-4,7%	6,7%
Pay-back	16	6	14	15	8	12	10	9	7	10	9	7	13	7
VPL (15%)	-2.129.196,70	-793.224,06	-1.156.916,80	-314.525,41	-43.269,63	-21.401,84	-7.822,30	-2.085,18	-941,59	-558,58	-328,87	-146,96	-60,02	-54,83

Figura 11 – Estudo da rentabilidade

Conforme demonstrado acima, através de um estudo de rentabilidade mais apurado, agregando os resultados metrológicos obtidos nos ensaios laboratoriais, identificou-se a viabilidade de substituição de, praticamente, todos os integrantes da família de medidores do modelo CI X4 e uma pequena parte dos integrantes da família I-29A, considerando-se o aspecto financeiro do valor da TIR.

VII – Diagnósticos: os diagnósticos obtidos foram estratificados em 4 segmentos: (a) Base de dados; (b) Financeiros; (c) Técnicos, e; (d) Legais.

a) Base de dados – é de suma importância que a base de dados de medição contenha informações precisas e atualizadas. Consideramos de extrema necessidade o desenvolvimento de um método de

manutenção das informações que seja sistematizado para satisfação de Projetos que necessitem de informações desta natureza, sejam atendidos com rapidez e confiabilidade.

b) Financeiros – início do *Projeto de Diagnóstico do Parque Instalado de Medidores* foi direcionado para 54.239 clientes, nos quais estão instalados os medidores obsoletos cujo estudo de rentabilidade se mostra altamente viável.

c) Técnicos – com a depreciação dos medidores eletromecânicos definida pela ANEEL é de 25 anos, associando aos benefícios da baixa corrente de partida e baixo consumo interno dos medidores eletrônicos, motivam a substituição dos medidores eletromecânicos por medidores eletrônicos.

d) Legais – através da metrologia legal, o INMETRO está evoluindo no cenário nacional homologando Portarias de Aprovação Técnica de Modelo, processos de: Auto Verificação (medidores novos), Posto de Ensaio Autorizado - PEA (medidores reconicionados) e Verificação à Pedido de Terceiros. No desenvolvimento da metrologia legal, está previsto no planejamento estratégico do INMETRO, a implantação e implementação da Verificação Subseqüente, cujo escopo define esta atividade na avaliação metrológica das famílias de medidores, segmentados por marcas e modelos. Através de amostragem estatística, o INMETRO definirá como se comportam as famílias estudadas. No caso de reprovação de alguma delas, as distribuidoras de energia elétrica terão um prazo para substituírem o universo representado por esta amostra. Desta forma, a Light está agindo estrategicamente de forma pró-ativa, identificando os riscos e substituindo as famílias de medidores que se enquadram em alguma possibilidade de reprovação pelo INMETRO.

VIII – Planejamento de extensão do Projeto de Diagnóstico do Parque de Medidores: para o ano de 2008 está sendo planejado a avaliação metrológica dos medidores eletromecânicos polifásicos do parque instalado Light. A continuidade do projeto está desenhado nos mesmos moldes do que fora realizado para o segmento monofásico. A figura 12 demonstra a distribuição do universo de medidores, segregados por grupos (famílias), na faixa de idade igual ou maior do que 25 anos instalados em campo que serão alvo da análise estatística.

MARCA	MODELO	QTD.	AMOSTRA	PARTICIPAÇÃO
GE	D58	208.659	96	40,25%
GE	D58B	202.843	96	39,13%
APREL/ABB	T8L	45.126	96	8,70%
APREL/ABB	D8L	37.879	96	7,31%
SCHLUMBER	MY 202	23.916	96	4,61%
		518.423	480	100%

Figura 12: Universo de estudo

A figura 12 ainda demonstra o tamanho da amostragem de cada família objeto de estudo. A avaliação estatística para definição do tamanho da amostra representativa está representada na figura 13, que considerou o universo de estudo para cada família como “infinito”, considerando a grande quantidade de medidores por família. O tamanho da amostragem fora definido para 95% de grau de confiança, com desvio máximo de 5% e erro amostral de 1%.

Media	0,50%
Desvio	5,00%
Erro amostral máx	1,00%
Confiança	1,96

Confiança	Amostra
1%	0
5%	0
10%	0
20%	2
30%	4
40%	7
50%	11
60%	18
70%	27
80%	41
95%	96
99%	166

Figura 13: Definição do tamanho da amostra

Já está implantado e em fase de implementação, o *Plano de Revitalização do Parque de Medidores da Light*, que se iniciará com a referida análise metrológica da amostra, cujo resultado norteará o início das substituições de medidores através das famílias que darão maiores valores de incorporação para a Light.

IX – Prognóstico da Extensão do Projeto:

Da mesma forma do que se esperava para no estudo para os medidores monofásicos, espera-se que a incorporação seja em torno de 7%. Tal qual a análise que fora realizada para os monofásicos, o prognóstico deverá ser reavaliado após o diagnóstico da continuidade deste projeto, através dos resultados obtidos nos ensaios metrológicos laboratoriais.

3. Conclusões

Ante ao exposto, concluímos que a substituição dos medidores do *Projeto de Diagnóstico do Parque de Medidores* deve ser iniciado pelas famílias dos medidores de modelo CI X4 e I-29A, perfazendo um total de 54.239 medidores monofásicos obsoletos que promoverão uma incorporação acima de 15% por grupo de clientes segmentados por faixas de consumo. A tecnologia de medidores eletrônicos deverá ser implementada, tendo em vista os resultados positivos obtidos com a análise laboratorial comprovando o baixo consumo interno e a incorporação no registro de energia em virtude da baixa corrente de partida e alta estabilidade.

4. Referências bibliográficas e/ou bibliografia

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Resolução ANEEL 456 de 29 de novembro de 2000 – Condições gerais de fornecimento de energia elétrica.

Portaria INMETRO 088 de 06 de abril de 2006 – definição de condições técnicas e metrológicas para medidores de indução monofásicos e polifásicos classes 1 e 2.

Minuta INMETRO regulamentando controle metrológico para as atividades de Verificação Periódica em medidores de tecnologia eletromecânica.

NBR 5313 – Aceitação de lotes de medidores de energia ativa – Procedimento.

NBR 8377 – Medidor de energia ativa – Especificação.

NBR 8378 – Medidor de energia ativa – Métodos de ensaio.

NBR 14519 – Medidores eletrônicos de energia elétrica (estáticos) – Especificação.

NBR 14520 - Medidores eletrônicos de energia elétrica (estáticos) – Método de ensaio.

NBR 14521 – Aceitação de lotes de medidores de energia elétrica – Especificação.

NBR ISO IEC 17025 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção de atributos.

NBR 5427 - Guia para utilização da norma NBR 5426.

NBR 6690 – Laboratórios para ensaios de instrumentos elétricos de medição.