



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

### Otimização na Utilização do Balanço Energético em Circuitos Secundários de Transformadores de Distribuição na Região Metropolitana de Salvador

<b>Dan Marambaia S. Figueiredo</b>
------------------------------------

<b>COELBA</b>
---------------

dmarambaia@coelba.com.br
--------------------------

#### Palavras-chave

Balanço Energético  
Controle de Transformadores  
Medição Fiscal  
Perdas Não-Técnicas

#### Resumo

O presente trabalho apresenta o balanço energético em circuitos secundários dos transformadores de distribuição utilizado pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba) na Região Metropolitana de Salvador (RMS), conhecido como Sistema de Medição Fiscal, ou, através da sigla MDF.

Preende-se mostrar as principais soluções e as práticas adotadas na instalação dos equipamentos de medição e no acompanhamento dos circuitos medidos. Além disso, será enfatizada a integração entre os sistemas comercial (SIC) e de georeferenciamento (GEOREDE), e a escolha das áreas contempladas com a implantação do MDF. Para tanto será feita uma apuração dos resultados obtidos com as ações realizadas em transformadores situados em localidades consideradas ideais para a aplicação do sistema na RMS.

O estudo dos resultados das ações nestes transformadores mostra a eficiência no uso da ferramenta quando utilizada da maneira sugerida neste trabalho. Estima-se a diminuição do custo com Inspeções Técnicas de Medição (ITM) nos 414 transformadores que atualmente estão com perdas abaixo de 7% em R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais) por semestre.

#### 1. Introdução

O balanço energético em circuitos secundários de transformadores de distribuição, o MDF, consiste na instalação de equipamentos de medição nos circuitos secundários de transformadores e na análise comparativa do consumo apurado nestes medidores com o somatório dos consumos de todas as

unidades ligadas ao circuito, inclusive, considerando uma estimativa do consumo da iluminação pública.

Existem atualmente na RMS 3200 transformadores de distribuição com o MDF implantado. Estes transformadores estão distribuídos nas mais diversas áreas da cidade, atingindo todos os níveis de renda.

Isto posto, será feita uma análise deste sistema e da sua utilização na Coelba, apontando as principais dificuldades e as soluções encontradas para superá-las.

O desenvolvimento do trabalho levará em conta os seguintes itens:

- Instalação: Descrição dos equipamentos utilizados, *layout* da instalação e justificativas para a maneira que a instalação é feita.
- Sistema: Descrição do sistema e das suas principais funcionalidades.
- Acompanhamento: Principais ferramentas utilizadas para o controle e acompanhamentos das medições fiscais.
- Análise dos Postos: Modo de trabalho para a detecção dos agentes causadores das perdas, através de ferramentas do sistema e de análises em campo.
- Áreas preferenciais para implantação do MDF: Definição das localidades onde a utilização do MDF ofereça os melhores resultados.
- Custos Evitados: Dimensionamento dos resultados obtidos com a utilização do MDF em transformadores com perfis urbanos considerados ideais, com foco nos custos evitados.

## **2. Desenvolvimento**

### ***2.1 Instalação***

Os medidores utilizados no MDF são eletromecânicos de 2,5 amperes. A opção por medidores eletromecânicos, em detrimento dos eletrônicos, deve-se ao fato de que, quando ficam expostos ao tempo, os medidores eletrônicos oferecem dificuldades à leitura. De fato, os *displays* destes equipamentos de medição apresentam defeitos quando expostos ao sol intenso.

A medição é feita de maneira indireta com o auxílio de Transformadores de Corrente (TC). Os TCs utilizados possuem as relações de transformação de 150/5, 200/5 e 300/5, escolhidos a depender da potência nominal do transformador.

Para dificultar a ação de vândalos, a instalação da medição é feita na maior altura possível, logo abaixo do transformador. Em razão disso, os medidores são instalados em caixas de policarbonato polifásicas com lente para possibilitar a leitura. Essa medida, contudo, contribui para a redução dos custos da instalação já que reduz a quantidade de cabos utilizada.

A Fig. 1 exhibe a instalação dos TCs.



Figura 1

## 2.2 Sistema

O sistema MDF interage com o SIC de forma a identificar as leituras das unidades consumidoras, o estado dos contratos (ativado normal, cortado ou baixado) e informações de inspeções realizadas com data, código da ITM, entre outras.

A interação do sistema MDF com o GEOREDE fornece informação referente à vinculação de contratos e às mudanças na rede elétrica. Na Fig. 2 está a tela de divergência, responsável por exibir a relação dos contratos vinculados ao posto de transformação e os contratos que estão em divergência com o GEOREDE. Estas mesmas informações são fornecidas para a vinculação da iluminação pública.

**Dados do Trafo**

Local: 068 01 003  Chave: 544369 Local: CAMACARI Bairro: JAUÁ

---

MDF Contratos	GEOREDE Contratos Divergentes	MDF IPS	GEOREDE IPS Divergentes				
Contrato	Medidor	Nome Cliente	Status	Usuário	Desv.?	Chave	Local
0213884280	002476649	GEOVANE RODRIGUES DOS SANTOS	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0205258957	002497433	TNL PCS SA - OI BAHIA	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0204349746	017144081	JOSE FERREIRA DE ARAUJO	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0204467102	017315056	RAIMUNDO JORGE SOUZA SANTOS	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0205150447	017763954	JOSE CARLOS SOARES DOS SANTOS	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0205569642	017938916	CASSIO DA SILVA TRINDADE	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0208036432	020888458	JURANDIR CARVALHO LIMA	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0208597299	030245067	AGNALDO BISPO DE SANTANA	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		
0217900638	030837550	MARCELO PASSOS RIBEIRO	VINCULADO	CLB111970	<input type="checkbox"/>		

Figura 2

### 2.3 Acompanhamento

O acompanhamento dos postos é feito através do Relatório de Análise Sintética gerado mensalmente. Este relatório resume em uma única planilha os dados mensais de todos os transformadores, trazendo as seguintes informações:

- Número de contratos ativos, consumo destes contratos, consumo da iluminação pública, consumo total do circuito, perda absoluta de energia em kWh e perda relativa.
- O padrão de perdas aceitáveis para a perda relativa de cada transformador foi estabelecido em 10%, até esse valor o relatório aponta a sinalização verde, entre 10 e 25% o relatório aponta a sinalização amarela e transformadores com perdas acima de 25% são sinalizados em vermelho.

A Fig. 3 apresenta o layout do Relatório de Análise Sintética.

Medidor Fiscal			Contratos		Iluminação Pública		Consumo (kWh)		Perda	
Posto	Número	Nome	Qtde	Consumo(kWh)	Qtde	Consumo(kWh)	Fiscal	Contratos+I	(kWh)	(%)
500300	2660601	PITUBA	49	34.230	15	428	36.240	34.658	1.582	4,36
500539	860698293	PITUBA	37	20.998	11	518	22.380	21.516	864	3,86
500689	971048069	PITUBA	17	13.764	19	1.696	17.760	15.460	2.300	12,95
510241	31154316	PITUBA	26	27.219	7	268	29.283	27.487	1.796	6,13
510271	993510386	PITUBA	101	20.875	21	628	25.080	21.503	3.577	14,26
510273	500540389	PITUBA	102	22.172	11	371	23.280	22.543	737	3,17
510275	891143133	PITUBA	24	11.991	11	478	13.360	12.469	891	6,67
510277	610012515	PITUBA	23	13.490	7	200	14.360	13.690	670	4,67
510296	40487484	PITUBA	31	17.423	13	857	19.786	18.280	1.506	7,61
510303	862933630	PITUBA	27	36.077	3	393	39.300	36.470	2.830	7,20
510305	40487522	PITUBA	16	11.938	3	221	12.879	12.159	720	5,59
510306	31443415	PITUBA	13	13.262	4	386	14.145	13.648	497	3,52
510308	860701359	PITUBA	61	16.455	6	890	18.320	17.345	975	5,32
510334	950648279	PITUBA	118	27.048	4	114	28.440	27.162	1.278	4,49
510338	860700085	PITUBA	69	19.760	11	638	21.660	20.398	1.262	5,82
510343	620012165	PITUBA	35	22.131	11	345	24.600	22.476	2.124	8,64

Figura 3

Para facilitar a visualização do comportamento das perdas nos postos de transformação no decorrer do ano, existe uma planilha de resumo anual que relaciona as perdas do transformador mês a mês. Esta planilha permite que sejam feitas comparações e aponta aumentos e decréscimos nestes índices, além disso, permite que se observem inconsistências através de variações muito fortes, que podem ser causadas por erros de leitura, falhas na medição, mudanças na rede, entre outras.

A Fig. 4 mostra a planilha utilizada para que a evolução das perdas seja acompanhada, além de mostrar as sinalizações para aumentos no índice de perdas.

POSTO	CLASSE	MUNICÍPIO	BAIRRO	out/07		nov/07		dez/07		jan/08		ESTOURO
				KWH	%	KWH	%	KWH	%	KWH	%	
502710	A	SALVADOR	BARRA	1.593,96	13,88	2.048,13	16,15	1.918,96	16,43	4.274,96	29,52	ESTOURO
502642	A	SALVADOR	BARRA	1.144,94	5,68	1.323,21	6,19	1.092,34	5,09	610,64	2,92	
503288	A	SALVADOR	BARRA	1.060,32	6,36	969,68	5,56	953,32	5,17	1.393,32	7,07	
513664	A	SALVADOR	BARRA	1.154,60	9,02	1.073,68	8,01	1.304,60	9,11	1.226,60	8,33	
503289	A	SALVADOR	BARRA	702,30	3,59	1.052,48	4,88	619,80	3,00	1.657,20	7,16	ATENÇÃO
503651	A	SALVADOR	BARRA	519,44	1,70	989,49	3,08	690,44	2,12	925,44	2,64	

Figura 4

## 2.4 Análise dos Postos

Para o estudo individual de cada posto a principal ferramenta é o Relatório Analítico de Inspeção. Neste relatório são listados todos os contratos do circuito, com a sua situação e os últimos doze consumos registrados.

O Relatório Analítico de Inspeção, representado na Fig. 5, é a base para toda a análise de quais contratos serão ou não inspecionados.

LOCAL: /SALVADO		CHAVE: 500525		Data/Hora:										
Lograd.: 5194		SISTEMA DE MEDIÇÃO FISCAL												
RELATÓRIO ANALÍTICO DE INSPEÇÃO														
Contrato			Consumos											
NÚMERO	MEDIDOR	EST	mar/07	BR/2007	MAI/2007	jun/07	jul/07	GO/2007	SET/2007	OUT/2007	nov/07	DEZ/2007	jan/08	FEV/2008
0011222412	40480471	AL	1.557	1.567	460	263	253	152	136	197	50	17	20	98
0021786780	41618175	AL	1.013	117	91	132	72	334	713	720	663	712	728	702
0218118348	73531730	AL	1.058	1.440	1.375	1.081	1.204	1.054	1.120	922	1.225	1.178	2.239	1.608
0011222439	74299032	AL	1.890	2.012	1.929	1.947	1.835	2.217	2.038	2.035	1.669	1.985	1.910	1.428
0012749260	840503540	AL	1.191	1.402	1.315	1.035	732	730	732	798	1.023	1.084	933	1.095
0011222404	900826540	AL	1.107	1.068	961	761	692	780	708	759	822	959	1.127	1.004
0021420409	960414586	AL	968	994	1.112	892	787	932	892	1.010	1.065	1.082	1.326	1.161
0011222447	984418620	AL	1.405	1.417	1.657	1.226	1.059	1.123	1.104	1.243	1.200	1.274	1.320	1.322
0033088531	984449313	AL	333	369	393	341	277	228	260	242	322	427	469	476
0011222072	P05248	AL	386	394	393	356	357	365	340	371	380	415	423	366
0213286200		CO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5

A partir da análise deste relatório, consegue-se ter uma visão total do transformador, inclusive, identificação das quedas de consumo responsáveis pelo aumento da perda do transformador. As quedas de consumo podem ser causadas por fraudes ou defeitos, mas estas quedas também podem acontecer em uma unidade desabilitada, em uma unidade com mudança de inquilino ou inúmeras outras situações que não são causadoras de perdas, mas que apenas o inspetor em campo poderá observar.

Mas o que se observa é que nos casos de postos que estão com perda controlada, ou seja, perdas próximas aos 10%, este relatório aponta a unidade com problema com uma precisão muito alta.

Estudo de caso: O posto 546483 teve um aumento no índice de perdas de 18,40% para 39,66%. Veja a Fig. 6.

POSTO	Classe	MUNICÍPIO	BAIRRO	out/07		nov/07		ESTOURO
				KWH	%	KWH	%	
546483	A - Veraneio	CAMAÇARI	GUARAJUBA	537,32	18,40	1.316,78	39,66	ESTOURO

Figura 6

O Relatório Analítico de Inspeção desse estudo de caso é o representado na Fig. 7.

LOCAL: /MACARI/GUARAJUBA/GUARAJUBA		CHAVE: X400364		Data/Hora:									
Lograd.: 0 Poste:		SISTEMA DE MEDIÇÃO FISCAL											
RELATÓRIO ANALÍTICO DE INSPEÇÃO													
Contrato					Consumos								
NÚMERO	MEDIDOR	CLASSE	DT LEITURA	EST	jun/08	jul/08	GO/2008	SET/2008	OUT/2008	nov/08			
0211121114	31454174		20/dez/07	AL		128	35	26	88	157			
0211713666	960481569		20/dez/07	AL		304	269	528	482	380			
0213455702	41314869		20/dez/07	AL		68	89	111	109	96			
0214899566	41627670		20/dez/07	AL		80	122	276	200	394			
0221373260	62205440		20/dez/07	AL		710	787	599	680	180			

Figura 7

No relatório fica evidente a queda de consumo do contrato 221373260. A ITM foi gerada e uma equipe enviada a campo para executá-la. O resultado da inspeção foi que o cliente realmente possuía uma irregularidade.

Na Fig. 8, observa-se a evolução do índice de perdas no mês seguinte à ação em campo.

POSTO	Classe	MUNICÍPIO	BAIRRO	nov/07		dez/07	
				KWH	%	KWH	%
546483	A - Veraneio	CAMAÇARI	GUARAJUBA	1.316,78	39,66	205,32	6,75

Figura 8

## 2.5 Áreas preferenciais para implantação do MDF

O MDF é uma excepcional ferramenta de acompanhamento de postos, mas que deve ser bem utilizada. A sua boa utilização começa com a escolha das áreas onde será implantado.

Áreas de invasões e favelas, com intenso movimento demográfico e crescimento desordenado são desaconselhadas para a implantação deste sistema, por duas boas razões:

- A primeira é que nestes casos torna-se extremamente difícil a vinculação e desvinculação destes contratos no sistema, pois nem sempre o grande número de intervenções no circuito é acompanhado pelo repasse correto e preciso destas informações do campo para o GEOREDE. Esta situação deixa o sistema vulnerável a erros.
- A segunda é que em áreas com perdas muito altas e com a cultura da fraude disseminada, que exigem a atuação insistente no combate às perdas, o MDF perde o seu sentido de controle, ele apenas vai apontar que existe fraude onde esta situação é visível e a atuação naquela comunidade não vai ter nenhuma mudança. O mesmo trabalho contínuo e insistente vai continuar tendo que ser feito.

Portanto, de forma a evitar problemas com vinculação dos contratos, a melhor solução é escolher áreas onde os movimentos urbanos estejam estabilizados, como por exemplo, regiões de prédios e condomínios, regiões de alta renda, tanto para moradia quanto para veraneio.

Pode-se aproveitar o MDF para monitorar localidades distantes e que por essa razão apresentam dificuldades de acesso para as equipes de campo. Inspeções nestas localidades têm o custo mais elevado.

Resolvido o problema inicial do MDF, o sistema ganha em credibilidade, e pode então ser aproveitado ao máximo.

## 2.6 Custos Evitados

Para uma estimativa dos custos evitados com a utilização do sistema MDF, foram levados em consideração alguns critérios de análise usualmente utilizados na Coelba.

Para se chegar ao resultado estimado utilizou-se o parâmetro de campanha de inspeção que compara a média de consumo dos últimos seis meses com a média de consumo dos seis meses anteriores, e aponta contratos com queda de mais de 30% entre as médias. Este parâmetro foi utilizado em cada um dos 19665 contratos vinculados aos 414 postos de transformação que estão com as perdas controladas.

Com este parâmetro o sistema nos indicaria 1100 contratos. A média de ITM gerada após a análise caso a caso feita pelo analista é de 30% dos contratos indicados. Ou seja, dos 1100 contratos, aproximadamente 330 ITM seriam geradas e enviadas a campo. Estas ITM não foram geradas, pois os transformadores aos quais os contratos estão vinculados não apresentam perdas significativas.

O custo médio por ITM atualmente na Coelba é de 250,00 (duzentos e cinquenta reais), sendo assim, o custo evitado com ITM que deixam de ser geradas nos 414 transformadores que atualmente estão controlados é de R\$ 82.500,00 (oitenta mil reais) em um período de seis meses.

### **3. Conclusão**

O balanço energético em circuitos secundários de transformadores de distribuição, conhecido como MDF, é um sistema de monitoramento e controle das perdas de energia elétrica.

A experiência prática da Coelba com este sistema só fortalece a idéia de que este funciona muito bem para o controle das perdas não-técnicas em circuitos de transformadores. Deve ficar claro, entretanto, que a recuperação de energia não é o alvo principal do sistema. Nas condições ideais, o MDF aponta irregularidades e defeitos na medição assim que elas começam a ocorrer, ocasionando um período de cobrança curto.

O verdadeiro ganho do sistema MDF são os custos evitados quando se consegue delimitar uma área controlada. Inspeções desnecessárias são evitadas e as perdas são sanadas quase que imediatamente.

É importante lembrar que os custos evitados calculados acima são referentes a apenas um dos parâmetros de campanha de inspeção utilizados na Coelba, outros parâmetros, tais como faturamento pelo mínimo ou medidores polifásicos nunca inspecionados certamente acrescentariam mais inspeções ao cálculo. Mas como uma estimativa conservadora a simulação é válida.

### **4. Referências bibliográficas**

ANEEL, Resolução 456 – Condições Gerais de Fornecimento, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Brasília, Novembro de 2000.