



XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

Metodologia para Gestão e Avaliação de Danos Elétricos

Marcelo Antonio Ravaglio	Luiz Felipe R. B. Toledo	Ivandro Antonio Bacca
LACTEC	LACTEC	LACTEC
marcelo@lactec.org.br	luiz.toledo@lactec.org.br	ivandro.bacca@lactec.org.br
Mário Seixas Cabussú	Rogério Nascimento Salles	Dailton Pedreira Cerqueira
COELBA	COELBA	COELBA
mcabussu@coelba.com.br	rsalles@coelba.com.br	dcerqueira@coelba.com.br

Palavras-chave:

Rede de distribuição, danos elétricos, ressarcimento, sobretensões, afundamentos.

Resumo

Este artigo apresenta os principais resultados obtidos no projeto “Desenvolvimento de Metodologia para Gestão e Avaliação de Danos Elétricos”, realizado para a COELBA, entre 2008 e 2010, no programa de P&D da ANEEL. O projeto teve como objetivo estudar os eventos elétricos que ocorrem nas redes de distribuição de energia elétrica da COELBA, identificar as possíveis causas, os níveis de tensão envolvidos, bem como caracterizar a propagação do evento pela rede. A partir do entendimento dos efeitos dos vários eventos na rede de distribuição, em média e baixa tensão, aliados ao estudo de suportabilidade de diversos eletrodomésticos comuns, caracterizou-se o nexo-causal entre eventos na rede de distribuição e danos em equipamentos elétricos de instalações de consumidores. Munidos da caracterização do nexo-causal para diversos eventos, foi desenvolvido um aplicativo computacional para a gestão e o auxílio à tomada de decisões no processo de ressarcimento de danos elétricos em equipamentos.

1. Introdução

Os avanços tecnológicos e o bom desempenho da economia global nas últimas décadas fizeram com que houvesse uma grande diversificação do uso da energia elétrica. Como consequência, surgiu uma grande variedade de aparelhos eletrônicos e eletroeletrônicos que, além de aumentar a produtividade dos segmentos industrial e comercial, facilitaram muitas atividades domésticas comerciais e proporcionam conforto e bem estar para a sociedade.

A despeito deste avanço tecnológico, que poderia fazer também com que os equipamentos elétricos fossem mais imunes aos distúrbios na rede elétrica ou que os sistemas de proteção obrigatórios nas residências fossem cada vez melhores, notadamente verifica-se que as cargas, em geral, se tornaram bastantes susceptíveis aos distúrbios presentes na rede elétrica. Como consequência, as concessionárias de energia elétrica, por força da regulamentação a elas impostas, estão sendo obrigadas a fornecer energia sob condições cada vez mais rígidas.

Se antes era suficiente garantir os níveis de tensão e frequência, dentro de faixas relativamente amplas, atualmente tais limites são mais estreitos. Além disto, outros requisitos como a qualidade da forma de onda, as limitações com relação às variações periódicas de tensão, a imunidade a ruídos e transitórios de alta frequência, são parâmetros fundamentais para a caracterização da Qualidade da Energia Elétrica fornecida.

Neste contexto, um tema que está se tornando cada vez mais importante na relação das concessionárias de energia elétrica com seus clientes é o ressarcimento de danos supostamente causados por distúrbios na rede elétrica. Por um lado, as concessionárias de energia estão se preparando para tornar mais eficientes a gestão de seus processos de análise dos pedidos de ressarcimento para cumprir com os requisitos impostos pelas leis vigentes no país, pelas resoluções normativas estabelecidas pela ANEEL, e atender seus clientes de forma adequada. Os clientes, por sua vez, estão cada vez mais conscientes de seus direitos, o que faz com que exista uma tendência de aumento considerável no número de pedidos de ressarcimentos.

A Figura 1 mostra a quantidade de equipamentos reclamados pelos consumidores da COELBA no período de Novembro de 2006 e Abril de 2009. Observa-se que os cinco equipamentos mais reclamados foram os televisores (23,1%), aparelhos de som (14,3%), microcomputadores (9,3%), refrigeradores (8,4%) e aparelhos de DVD (3,8%). Por outro lado, os equipamentos que apresentaram maior valor total ressarcido no mesmo período foram os refrigeradores, televisores, aparelhos de som, microcomputadores e motores.

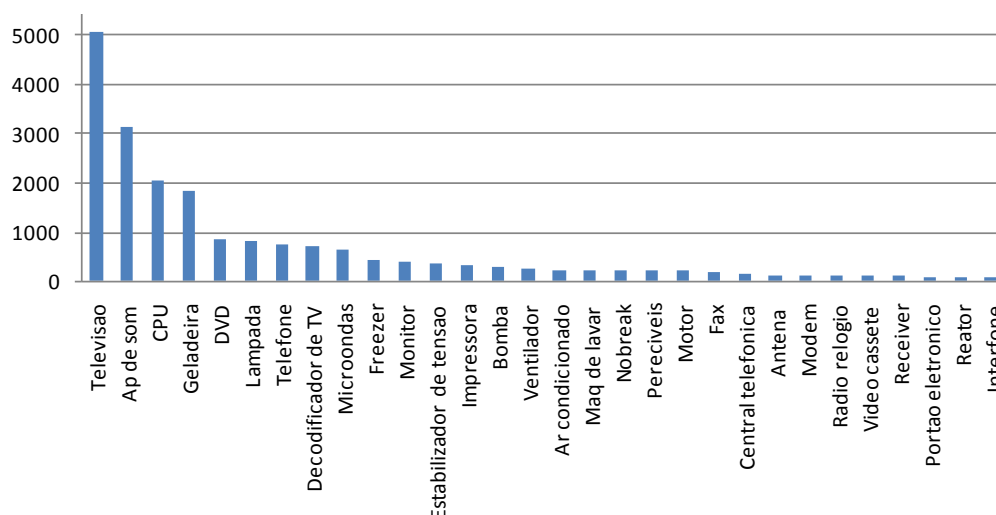


FIGURA 1 – FREQUÊNCIA DE RECLAMAÇÕES POR DANOS ELÉTRICOS

Para a correta determinação do nexo-causal entre eventos na rede de distribuição de energia elétrica e danos em equipamentos localizados em instalações consumidoras é necessário o conhecimento da:

- Magnitude de sobretensão na rede de distribuição devido a eventos de manobras ou faltas;
- Propagação do evento ao longo da rede de distribuição;
- Níveis de suportabilidade de equipamentos usuais instalados em unidades consumidoras;
- Redução da suportabilidade de eletrodomésticos devido ao envelhecimento próprio e a poluição gerada pela proximidade da orla.

Portanto, o estudo, a avaliação e a caracterização de danos elétricos causados por faltas, defeitos e manobras na rede de distribuição de energia elétrica é uma tarefa de suma importância para o cumprimento da resolução 61 da ANEEL, bem como para garantir uma melhora de confiabilidade no processo de ressarcimento de danos elétricos.

2. Ensaio em redes de distribuição de 15 kV e 34,5 kV (simulação de manobras e defeitos)

Em Setembro de 2008 foram realizados ensaios de campo nas redes de distribuição de classe 15 kV e 36,2 kV da COELBA, visando a medição dos níveis de sobretensão ou subtensão presentes nos circuitos de baixa tensão, provocados por manobras, curtos-circuitos, cargas perturbadoras e defeitos na rede de distribuição.

Os ensaios na rede de distribuição de 15 kV foram realizados no Condomínio Busca Vida, em Lauro de Freitas, na região metropolitana de Salvador, no alimentador 01M4 da Subestação Lauro de Freitas (LDF), com tensão nominal de 11,9 kV. No sistema de distribuição de 34,5 kV, foram realizados ensaios no alimentador 09P4 da Subestação Porto de Sauípe (PSP), na localidade de Mata de São João, incluindo medições na Fazenda Riacho das Flores (Sauípe) e no Povoado de Santo Antonio.

Para a medição dos transitórios decorrentes de manobras, curtos-circuitos e defeitos provocados nas redes de média e baixa tensão, optou-se em utilizar três oscilógrafos digitais do LACTEC, instalados próximos ao local onde as faltas foram simuladas, além de um registrador de qualidade de energia, pertencente à COELBA, para monitorar as tensões e correntes na barra de saída do alimentador na subestação. Adicionalmente, foram empregados 10 registradores de eventos monofásicos para registrar os níveis de sobretensão na entrada de serviço de consumidores próximos ao local onde as faltas foram simuladas na rede de distribuição.

As medições foram realizadas apenas na região próxima aos defeitos e manobras simuladas, a fim de avaliar com maior propriedade os níveis de sobretensão provocados na rede de baixa e a extensão dos eventuais danos elétricos em unidades consumidoras. Tal opção foi tomada com base na experiência das equipes de manutenção da COELBA, indicando ser rara a propagação de falhas, e de suas consequências na rede de baixa tensão, para locais distantes na rede de distribuição.

Os seguintes ensaios de campo foram realizados para a simulação de faltas, defeitos e manobras nas redes de distribuição da COELBA:

- Curtos-circuitos fase-terra, fase-fase e fase-fase-terra na rede de baixa tensão;
- Simulação de mau-contato e de interrupção na conexão de neutro do secundário de transformador de distribuição;
- Interrupção do neutro no ramal de alimentação de consumidor de baixa tensão;
- Abertura e fechamento de cada fase das chaves fusíveis que alimentam a derivação em média tensão de parte dos circuitos monitorados;
- Abertura e fechamento de chave a óleo, instalada no tronco do alimentador, que alimenta a derivação em média tensão dos circuitos monitorados;
- Abertura de cada fase de banco de capacitores de 300 kVAr, instalado próximo aos circuitos monitorados;
- Curtos-circuitos fase-terra e fase-fase na rede de média tensão, próximos aos circuitos monitorados.

2.1. Ensaio de campo em redes de distribuição de classe 15 kV

A Figura 2 mostra o diagrama unifilar de parte do alimentador 01M4, da SE Lauro de Freitas, de tensão nominal de operação 11,9 kV, indicando a derivação monitorada e os quatro postos de medição utilizados nos ensaios de campo no Condomínio Busca Vida, localizado a aproximadamente 6 km da subestação.



FIGURA 4 – MEDIÇÃO DOS TRANSITÓRIOS NA REDE DE BAIXA TENSÃO (POSTO 3)

Estrategicamente, a grande dificuldade encontrada na realização dos ensaios de campo foi a obtenção de sincronismo para a medição e o registro dos eventos simulados na rede de distribuição, em decorrência da distância entre os postos de medição e pela falta de um meio de comunicação permanente e eficiente.

A Figura 5 exemplifica o momento da simulação de curtos-circuitos nas redes de baixa e média tensão.



FIGURA 5 – ENSAIOS DE CURTO-CIRCUITO REALIZADOS NAS REDES DE BAIXA E MÉDIA TENSÃO

Para um curto-circuito entre fase e terra na rede de baixa tensão, foram medidas sobretensões de 5% (entre fase e terra) na rede secundária com defeito e de 25% na rede secundária adjacente, com o neutro interligado. Para curtos-circuitos fase-fase na rede de baixa tensão, sobretensões da ordem de 16% foram observadas apenas na rede secundária com defeito. Por sua vez, para curtos-circuitos fase-fase-terra, foram medidas sobretensões de até 32% na rede de baixa tensão com defeito, além de afundamento de tensão significativo na rede adjacente com o neutro interligado.

Defeitos nos condutores de neutro são causas de sobretensões nas redes de baixa tensão, particularmente quando a carga suprida encontra-se muito desequilibrada. Nos ensaios realizados, foram verificadas sobretensões da ordem de 11% e 80%, respectivamente para a condição simulada de mau-contato e de interrupção da conexão do neutro junto ao terminal X0 do transformador de distribuição (Posto 1). A simulação dessas condições junto ao terminal de entrada do consumidor deve conduzir a resultados similares. Não foram verificadas sobretensões nos demais postos de medição.

Durante manobras monofásicas na rede de média tensão, simulada com a operação de chaves fusíveis que alimentam a derivação monitorada, os postos de medição 1 e 2 registraram sobretensões máximas de até 11% durante a abertura da primeira fase e em torno de 38%, durante o restabelecimento da última fase. À jusante do local onde as chaves estavam instaladas (Posto 3), não foram observadas sobretensões ou afundamentos em decorrência das manobras realizadas.

Na abertura e no fechamento trifásico da rede de média tensão, simulado pela operação da chave a óleo nº 288, instalada na derivação principal que alimenta o Condomínio Busca Vida, não foram verificadas sobretensões na rede de baixa tensão de nenhum dos três postos de medição.

Na abertura da primeira chave fusível do banco de capacitores de 300 kVAr, ligado em estrela não aterrada, observou-se apenas a ocorrência de afundamento leve em um dos locais monitorados (Posto 2). Na abertura da segunda fase, entretanto, sobretensões transitórias de até 21% foram medidas na entrada de serviço de consumidores dos Postos 1 e 2. Não foram realizadas medições durante o fechamento das chaves fusíveis do banco de capacitores, pois este somente é ligado ao sistema da COELBA durante interrupções programadas, de curta duração, na madrugada.

Finalmente, os ensaios de curto-circuito realizados na rede de média tensão, encostando-se galhos de árvores próximas, umedecidos ou não, em uma ou duas fases do alimentador, não provocaram o registro de sobretensões ou afundamentos significativos na rede de baixa tensão dos três locais monitorados. Apenas um dos registradores de eventos instalado na entrada de serviço de consumidor indicou a ocorrência de sobretensão transitória de 9%, durante a simulação de curto-circuito fase-fase. Por outro lado, deve-se observar que os ensaios foram realizados em clima quente e seco, provocando apenas o estabelecimento de faltas de alta impedância. É provável que, durante condição de chuva intensa ou com a utilização de técnicas mais eficientes para o estabelecimento do curto-circuito, sobretensões de maior amplitude seriam determinadas.

Nos ensaios realizados nas redes de média e de baixa tensão, não se registrou nenhum evento importante com o medidor de qualidade de energia instalado na SE Lauro de Freitas. Além disso, apesar da severidade de alguns eventos provocados na rede de distribuição, não houve nenhuma reclamação dos consumidores afetados por danos elétricos em suas instalações.

2.2. Ensaios de campo em redes de distribuição de classe 36,2 kV

A medição dos eventos provocados na rede de distribuição de 34,5 kV foi realizada simultaneamente em dois postos de medição ao longo do alimentador 09P4, da Subestação Porto de Sauípe, na localidade de Mata de São João. O Posto de Medição 1 foi localizado a 11,4 km da subestação, junto a transformador de distribuição trifásico de 30 kVA, que atende apenas um consumidor na Fazenda Riacho das Flores.

O Posto de Medição 2, a 13,5 km da subestação, foi localizado no Povoado de Santo Antonio, com 51 consumidores de baixa tensão, junto a um transformador de distribuição bifásico de 25 kVA. Neste caso, devido à distância entre os postos de medição não foi avaliada a influência de eventual interligação do neutro da rede secundária. A Figura 6 mostra detalhes dos dois transformadores cuja rede de baixa tensão foi monitorada durante os ensaios realizados.



FIGURA 6 – DETALHE DOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO DOS POSTOS 1 E 2

Os resultados obtidos durante os ensaios realizados na rede de distribuição de 34,5 kV são similares aos do alimentador avaliado de 11,9 kV. Neste caso, entretanto, não foram realizados ensaios para a simulação de manobras trifásicas e de abertura de banco de capacitores, devido a restrições operacionais e inexistência de equipamento instalado na rede de distribuição, respectivamente.

Mesmo no caso de curto-circuito fase-terra da rede de média tensão (ver Figura 7), as características de elevada resistividade do solo (arenoso) permitiram apenas o estabelecimento de falta de alta impedância, praticamente não percebida pela proteção do alimentador na subestação.

Assim como nos ensaios realizados na rede de classe 15 kV, nenhum registro de evento importante foi registrado na SE Porto de Sauípe, nem houve qualquer reclamação de consumidores por danos elétricos em suas instalações.



FIGURA 7 – DETALHE DE CURTO-CIRCUITO FASE-TERRA PROVOCADO NA REDE DE 34,5 kV

3. Monitoramento da rede de baixa tensão

Dez registradores de eventos foram instalados na rede de distribuição da COELBA para o monitoramento da qualidade da energia elétrica suprida, particularmente em locais (redes de baixa tensão) com maior incidência de reclamações de consumidores por danos elétricos. Para a escolha dos locais, foram inicialmente identificados os transformadores de distribuição com maior número de processos de solicitação de indenização e, para estes casos, os consumidores com maior número de reclamações. A Figura 8 mostra detalhes da instalação dos registradores de eventos na entrada de serviço trifásica de consumidor da COELBA.



FIGURA 8 – DETALHE DA INSTALAÇÃO DOS REGISTRADORES NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Após 8 meses de monitoramento da rede de distribuição da COELBA, em cinco alimentadores da região metropolitana de Salvador (Costa Azul, Imbuí, Piatã, Stella Maris e Itapuã), apesar do registro de diversos eventos de sobretensão sustentada, de amplitudes de até 71% (ver Figura 9), não houveram reclamações de consumidores por danos elétricos, que tornasse possível o estabelecimento de relações confiáveis do tipo causa x efeito.

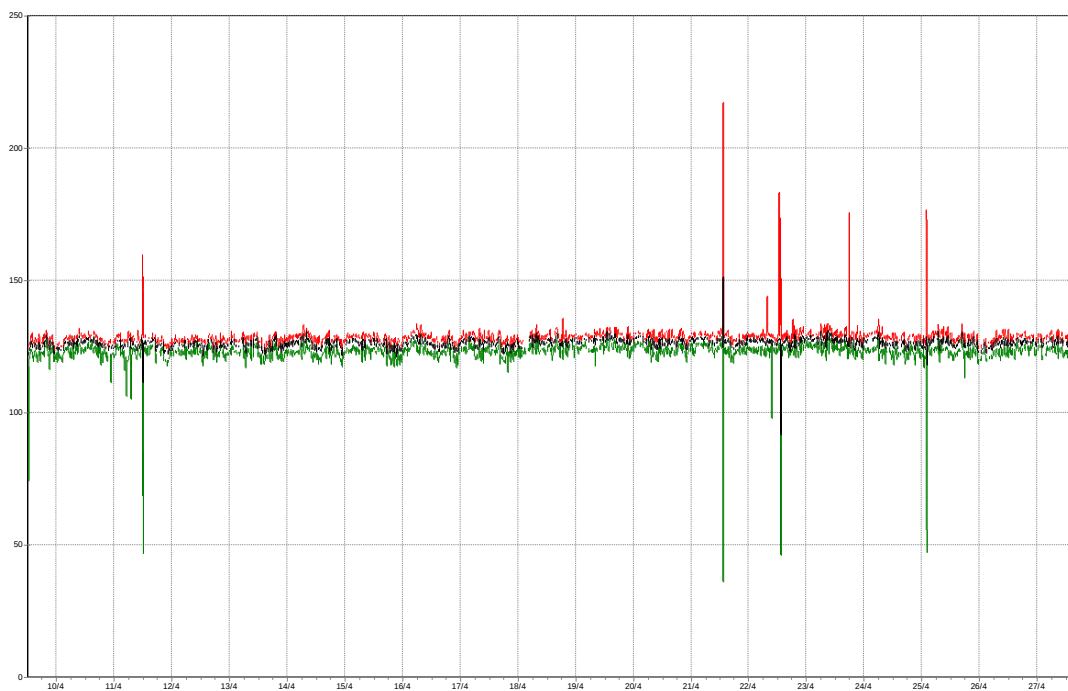


FIGURA 9 – TENSÃO MONITORADA NA ENTRADA DE SERVIÇO DE CONSUMIDOR – COSTA AZUL

4. Simulação digital de faltas e manobras no sistema de distribuição

Os ensaios de campo e o monitoramento da rede secundária, realizados da rede de distribuição da COELBA, tiveram o objetivo de estabelecer correlações confiáveis entre os níveis de sobretensão medidos na rede de baixa tensão e seus efeitos sobre os consumidores. A suportabilidade de eletrodomésticos comuns em instalações de consumidores não se revelou tão baixa quanto se imaginava, pois não há registro de solicitações de indenização de consumidores por danos elétricos durante os ensaios realizados, apesar da medição de sobretensões com níveis perigosos.

Como a realização de novos ensaios de campo não garantia sucesso na obtenção de correlações confiáveis do tipo “causa x efeito”, decidiu-se realizar tal avaliação a partir de simulações digitais dos alimentadores previamente ensaiados de classes 15 kV e 36,2 kV, utilizando-se os resultados obtidos nos ensaios de campo para a validação dos modelos digitais. Desse modo, seria possível simular eventos de curtos-circuitos nas redes de média e baixa tensão, abertura monofásica e trifásica de chaves e disjuntores, inserção e retirada de banco de capacitores, etc., com intensidades mais críticas para a rede de distribuição, a fim de verificar os níveis de sobretensão realmente impostos às instalações de consumidores de baixa tensão. Além disso, seria possível verificar a influência do nível de carregamento do alimentador, desequilíbrio entre fases, resistência de aterramento, local e características da falta ou manobra, etc. A Tabela 1 mostra os parâmetros adotados para a realização de simulações digitais nos alimentadores completos.

TABELA 1 – PARÂMETROS ADOTADOS PARA A SIMULAÇÃO DIGITAL

Variável	Valores
Carregamento do alimentador	10%, 50%, 100% e 150%
Desequilíbrio de carga	Carga Monofásica, Bifásica e Trifásica
Resistência de falta	0,1 Ω , 20 Ω , 100 Ω , 500 Ω , 1000 Ω
Resistência de terra	50 Ω , 100 Ω , 150 Ω , 250 Ω , 500 Ω , 1000 Ω
Ângulo de aplicação do defeito	0°, 45° e 90°
Potência do banco de capacitor	300kVar, 600kVar, 900kVar e 1200kVar

A modelagem digital dos sistemas de 11,9 kV e 34,5 kV da COELBA foi realizada através do ATP (Alternative Transients Program), especialmente pelo fato de ser um simulador amplamente reconhecido e mundialmente utilizado, bem como por ser um software de uso livre. Para a simulação digital desses sistemas foram utilizados alguns componentes já existentes no ATP e outros, criados a partir dos componentes presentes na sua biblioteca. A Figura 10 ilustra o modelo criado para a simulação digital do alimentador 01M4 da Subestação Lauro de Freitas, de classe 15 kV, destacando-se em azul a região monitorada durante os ensaios de campo.

Após a realização de milhares de simulações digitais para todos os eventos de interesse (ver item 2) e de muito trabalho para o aperfeiçoamento dos modelos adotados, avaliou-se a propagação das sobretensões e afundamentos, transitórios ou não, ao longo do alimentador, para determinar o raio de influência de cada falta ou manobra na rede de distribuição.

A Figura 11 exemplifica a ocorrência de um curto-circuito fase-terra na rede de baixa tensão, alimentada por transformador distante 7,48 km da subestação, em função da resistência da falta, julgada neste caso o parâmetro de maior significância. Assim sendo, verifica-se sobretensões de até 25% na rede secundária defeituosa, particularmente para resistências de falta e de aterramento inferiores. Redes secundárias adjacentes, com interligação do neutro, portanto, podem ser severamente influenciadas pela falha.

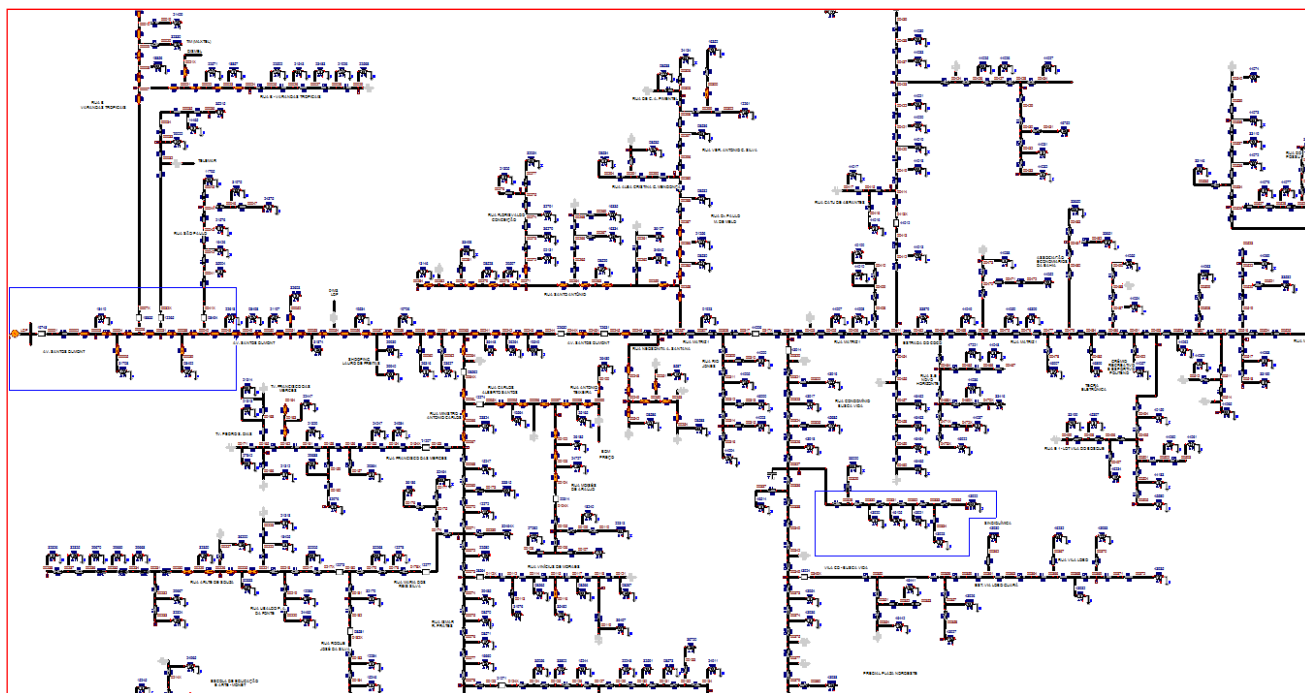


FIGURA 10 – MODELO DIGITAL DO ALIMENTADOR 01M4-LDF DA COELBA

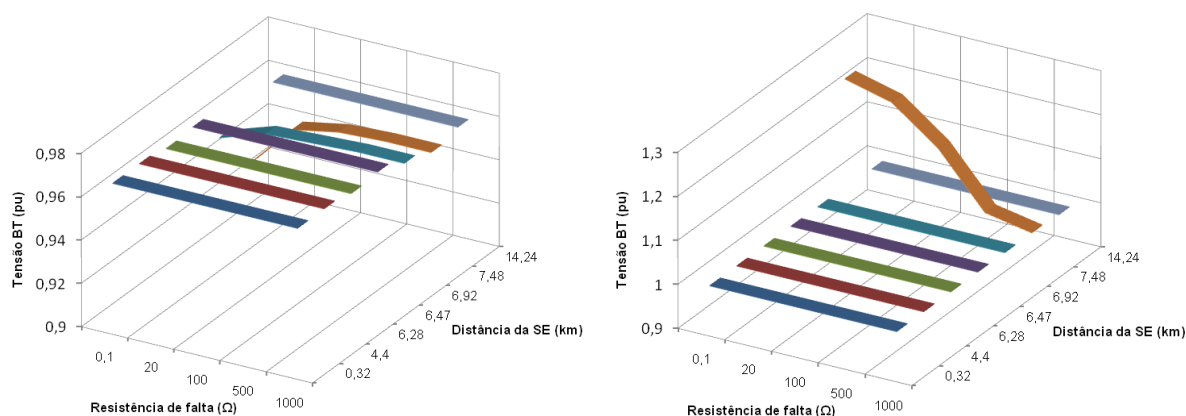


FIGURA 11 – AFUNDAMENTOS E SOBRETENSÕES NA REDE DA BAIXA TENSÃO DO ALIMENTADOR 01M4

5. Ensaios de suportabilidade de eletrodomésticos comuns em instalações residenciais

Para avaliar a suportabilidade de eletrodomésticos comuns de instalações de consumidores de baixa tensão, foram realizados ensaios de imunidade a transientes elétricos rápidos de 4 kV (*burst*), imunidade a impulso combinado de até 4 kV (surto), imunidade a afundamentos e interrupções de tensão de alimentação (*dip*) e imunidade a sobretensões na tensão de alimentação (*swell*). Foram avaliados eletrodomésticos novos e trocados por equipamentos similares usados de consumidores da COELBA, residentes na orla de Salvador, para avaliar a influência da maresia no seu envelhecimento. A Tabela 1 mostra a síntese dos ensaios de compatibilidade eletromagnética realizados.

Dos 49 eletrodomésticos avaliados, 17 apresentaram falha permanente durante os ensaios de compatibilidade eletromagnética, incluindo 3 dentre os 4 microcomputadores ensaiados. Se excluídas as 25 lâmpadas fluorescentes compactas avaliadas, observa-se que apenas 1/3 dos equipamentos novos ou usados, envelhecidos ou não pela maresia local, não apresentam compatibilidade eletromagnética satisfatória, conforme os critérios estabelecidos pelas normas técnicas internacionais.

Tal fato, ainda que revele algum insucesso na pesquisa dos níveis de sobretensão suportados por eletrodomésticos comuns em instalações de consumidores de baixa tensão, também indica que os danos elétricos reclamados pelos consumidores podem ser causados apenas pelo envelhecimento natural destes equipamentos. Outros trabalhos deverão ser realizados para uma melhor avaliação da vida útil destes eletrodomésticos na rede de distribuição.

TABELA 2 – ENSAIOS DE COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA EM ELETRODOMÉSTICOS

Produto	Fabricante	Estado Inicial	BURST	DIP	SWELL	SURTO	51V/220V Sustentado	Estado Final
Lâmpada fluorescente compacta	A	Novo	A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
	B	Novo	A	A	A	D	D	Falha
			A	A	A	A	D	Falha
			A	A	A	A	D	Falha
			A	A	A	A	D	Falha
			A	A	A	A	D	Falha
	C	Novo	A	A	A	D	-	Falha
			A	A	A	D	-	Falha
			A	A	A	D	-	Falha
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	D	-	Falha
	D	Novo	A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
	E	Novo	A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
			A	A	A	A	-	OK
Refrigerador	F	Novo	A	A	A	A	A	OK
	F		A	A	A	A	A	OK
	G		A	A	A	A	-	OK
	G		A	A	A	A	-	OK
Telefone sem fio	H	Novo	A	A	A	A	-	OK
	H		A	A	A	A	-	OK
	I		D	A	A	A	-	Falha
	I		C	A	A	A	-	OK
Televisor LCD - 32"	J	Novo	A	B	A	A	-	OK
	K		A	B	A	A	-	OK
Televisor 14"	L	Novo	A	B	A	A	-	OK
	M	Usado	D	-	-	-	-	Falha
Televisor 21"	J	Novo	A	B	A	A	-	OK
	H	Usado	B	B	A	C	-	OK
Aparelho de Som (Micro System)	L	Novo	A	A	A	A	-	OK
	N	Usado	A	C	D	-	-	Falha
Forno a Microondas	O	Novo	A	B	A	A	-	OK
	O	Usado	A	B	A	A	-	OK
Microcomputador Desktop	N + P	Novo	B	B	A	D	-	Falha
	Q + K	Novo	A	C	D	B	-	Falha
	N	Usado	A	C	-	-	-	OK
	Q	Usado	A	C	-	D	-	Falha
Bebedouro de Água Gelada	R	Novo	A	A	A	D	-	Falha
Aparelho de DVD	S	Usado	A	A	A	D	-	Falha

Notas: A = Desempenho normal dentro dos limites especificados da norma em uso.

B = Perda temporária de função que cessa após a interrupção do distúrbio, voltando ao normal sem a necessidade de intervenção do operador.

C = Perda temporária de função ou degradação do desempenho, cuja correção requer intervenção do operador.

D = Perda de função ou degradação do desempenho que não é recuperável devido a danos no hardware ou software, ou perda de dados.

6. Ferramenta de auxílio à tomada de decisão em relação a ressarcimento elétrico

Com base nos resultados obtidos nos ensaios realizados em campo em alimentadores de 11,9 kV e 34,5 kV, no levantamento da suportabilidade de eletrodomésticos comuns em instalações de consumidores e em milhares de simulações digitais de alimentadores da COELBA foi desenvolvido um aplicativo computacional para o auxílio à gestão e na tomada de decisões em solicitações de ressarcimentos por danos elétricos, conforme ilustrado na Figura 12.

Estima-se o nível de sobretensão imposto à instalação do consumidor reclamante pela descrição da ocorrência registrada, classificação do evento causador dos danos (curto-circuito, abertura monofásica, etc.), distância entre o local do defeito ou manobra e a instalação do consumidor, carregamento do alimentador, resistência de aterramento, etc. Por outro lado, avalia-se o risco de danos no equipamento reclamado, a partir da curva de suportabilidade média, do tipo ITI (CBEMA), estabelecida pelos ensaios realizados em laboratório. De modo geral, adotou-se a sobretensão máxima de 45% para transitórios de curta duração e de 15% para faltas sustentadas na rede de distribuição.

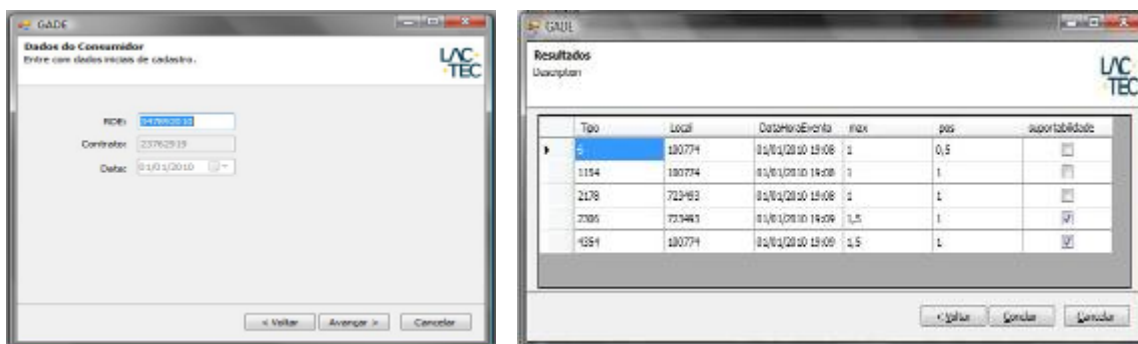


FIGURA 12 – APLICATIVO PARA AUXÍLIO NA AVALIAÇÃO DE SOLICITAÇÕES DE RESSARCIMENTO

7. Conclusões

Embora tenham sido realizados diversos ensaios de campo, nas redes de distribuição de 15 kV e de 34,5 kV da COELBA, visando a determinação dos níveis de sobretensão impostos a instalações de consumidores de baixa tensão, durante faltas e manobras nas redes primária e secundária, não foram registradas reclamações de consumidores por danos elétricos, apesar dos níveis de sobretensão medidos indicarem a real possibilidade de defeitos.

Ensaio de compatibilidade eletromagnética realizados em diversos eletrodomésticos comuns em instalações de consumidores residenciais, novos e usados, indicam que a maior parte apresenta suportabilidade adequada para os níveis de sobretensão presentes nas redes de distribuição.

Em função do elevado custo para a repetição dos ensaios de campo e pela falta de garantia de obtenção de relações confiáveis do tipo causa x efeito, decidiu-se avaliar tais níveis de sobretensão através de simulação digital de alimentadores de 15 kV e 34,5 kV. Os resultados obtidos permitiram quantificar os níveis de sobretensão presentes na rede de distribuição, assim como implementar aplicativo computacional para o auxílio da gestão e na tomada de decisão donexo-causal das solicitações de ressarcimento de danos elétricos em instalações de consumidores.

8. Agradecimentos

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos às equipes técnicas da COELBA e do LACTEC. Em particular, agradecem aos colegas Anderson Luiz Saviski, André Eugênio Lazzaretti, Carlos Eduardo Ribas, Celso Luiz de Lima Martins, Cleuber Sobreira Silva Chaves, Daniel Martins, Fábio Alessandro Guerra, Luiz Gustavo Pereira, José Arinos Teixeira Jr., Rafael Martins e Renata Jacyszyn Bachega pelo apoio, incentivo e importante colaboração na realização deste trabalho.

9. Referências bibliográficas

- Fonseca, Maria da Conceição et alli. *Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisões em Procedimentos de Ressarcimento a Danos Baseado em Análises das Perturbações da Tensão e Dados de Suportabilidade de Equipamentos Elétricos*, Recife-Pe, 2009.
- Fonseca, Maria da Conceição et alli. . *Desenvolvimento de um Sistema Inteligente para Apoio a Tomada de Decisão em Ressarcimento por Danos em Equipamentos Elétricos Utilizando o Algoritmo de Classificação KNN*, VIII Induscon, Poços de Caldas-MG, 2008.
- Kagan, Nelson et alli *Metodologia para Análise de Eventos do Sistema Elétrico Quanto à Possibilidade de Danos de Equipamentos de Baixa Tensão*, VIII CBQEE, Blumenau-SC, 2009.
- Mendonça , M. V. B. et alli. *Análise Computacional de Pedidos de Indenização por Danos em Equipamentos Elétricos: Estudo de Caso*, VIII CBQEE, Blumenau-SC, 2009.
- Pazos, Francisco J. et alli *Sobretensões em Sistemas de BT devidas a Manobras na Média Tensão*, In: Eletricidade Moderna. São Paulo-SP, Aranda Ed. Técnica e Cultural, Abril/2008, p. 124.