



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GCQ - 15
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO XIII
GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE
ENERGIA - GCQ**

**AValiação DO DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS ELETRODOMÉSTICOS DURANTE
ENSAIOS DE SOBRETENSÕES**

Hermes R. P. M. de Oliveira*
AES SUL

Nelson Clodoaldo de Jesus
AES SUL

Manuel L.B. Martinez
UNIFEI

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho os principais resultados de testes de sobretensões em equipamentos eletrônicos. Foram realizados ensaios por meio da aplicação de sobretensões impulsivas bem como na frequência industrial em diversos equipamentos eletrodomésticos, para verificação das condições de operação e suportabilidade dos equipamentos. O estudo visa contribuir ao tema de indenizações, fornecendo informações e um levantamento a título de critérios de desempenho, limites e procedimentos técnicos para análise de solicitações de ressarcimentos de danos elétricos em equipamentos. Sob este mesmo foco, torna-se fundamental o levantamento das curvas de suportabilidade para uma melhor compreensão sob os reais efeitos das sobretensões na operação dos equipamentos, podendo-se correlacionar as possíveis perturbações e ocorrências no sistema elétrico com as consequências na operação, em função da severidade típica dos eventos e respectivos níveis de suportabilidade.

PALAVRAS-CHAVE

Sobretensões, Equipamentos Eletro-Eletrônicos, Suportabilidade, Ressarcimentos, Qualidade de Energia.

1.0 - INTRODUÇÃO

A avaliação da operação de equipamentos submetidos a perturbações decorrentes da degradação da qualidade de energia é de fundamental importância ao estabelecimento de procedimentos e critérios técnicos no que tange ao desempenho e limites de funcionamento. Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos neste sentido, porém, geralmente, analisam-se os parâmetros de sensibilidade dos equipamentos frente a perturbações e distúrbios, os quais, em sua grande maioria, tratam do impacto de harmônicos, desequilíbrios e afundamentos de tensão, amplamente justificativos no ambiente industrial. Entretanto, sob o prisma de proteção e suportabilidade de equipamentos residenciais, o parâmetro relativo as sobretensões torna-se o principal ponto a ser investigado. Dessa maneira, o objetivo principal do trabalho é o levantamento da suportabilidade de equipamentos submetidos a sobretensões, contribuindo em termos técnicos ao tema de ressarcimento de danos elétricos em equipamentos instalados em unidades consumidoras. Inicialmente, foram propostos ensaios e solicitações de regime permanente em televisores de diferentes marcas e com tempos determinados de vida útil, bem como aparelhos de som portáteis. Os procedimentos foram elaborados no sentido de submeter às amostras a sobretensões na frequência industrial por diversos patamares de tensões e períodos de aplicação, objetivando determinar os reais limites de operação dos componentes. Da análise, verificou-se que tanto os modelos novos como os usados apresentam, relativamente, um alto grau de suportabilidade a estas sobretensões, com limitação na fonte de entrada, principalmente em função da especificação da tensão do filtro capacitivo ou transformador de entrada. Dentro deste mesmo contexto, apresentam-se os resultados obtidos quando da aplicação de sobretensões de curta duração nos

* Av. Presidente Roosevelt, 68 - CEP 93010-060 - São Leopoldo - RS - BRASIL
Tel.: (51) 589-6364 - Fax: (51) 590-7587 - E-MAIL: hermes.oliveira@aes.com

mesmos equipamentos eletro-eletrônicos, ampliando-se a análise para uma melhor compreensão dos limites de vulnerabilidade. Finalmente, tem-se os resultados de desempenho de diversos equipamentos no que tange a sobretensões impulsivas. Para tanto, tomando-se como base uma forma de onda transitória esperada em sistemas de distribuição, quando da parcela principal de transferência direta em função da atuação de pára-raios ZNO instalados no primário do transformador, realizou-se ensaios seqüenciais de sobretensões impulsivas. Deste modo, obteve-se um levantamento experimental do impacto de sobretensões transitórias e em regime na operação de equipamentos eletrodomésticos. Os resultados obtidos poderão servir como orientação de referência à análise técnica das solicitações de ressarcimentos de danos elétricos em equipamentos instalados em unidades consumidoras em decorrência de possíveis perturbações no sistema elétrico (1), (2), (3).

2.0 - RESULTADOS OBTIDOS

De forma a avaliar as principais características de desempenho dos equipamentos eletro-eletrônicos, principalmente aqueles com aplicação no ramo residencial, analisam-se os resultados de modo comparativo por tipo de equipamento, em condições de aplicação de sobretensões na frequência industrial, as quais incluíram tanto ensaios em regime permanente quanto os de curta duração (elevações momentâneas de tensão). Posteriormente, também são descritos os principais resultados obtidos junto aos testes de impulsos atmosféricos.

2.1 Sobretensões a Frequência Industrial

Para um levantamento dos níveis de susceptibilidade de equipamentos eletro-eletrônicos sob o impacto de sobretensões na frequência industrial (60 Hz), foram realizados preliminarmente ensaios em televisores com diferentes marcas e tempo de vida útil e aparelhos de som do tipo portátil com CD Player, sob solicitações de sobretensões em regime permanente e transitório. Os principais resultados obtidos, incluindo alguns testes destrutivos são apresentados como se segue (4). Os equipamentos se diferenciam em função do tipo da fonte de entrada, pois os televisores operam com fontes chaveadas, enquanto os aparelhos de som utilizados no teste possuem transformador com seletor manual da tensão de operação.

2.1.1 Televisores

Na primeira fase da avaliação realizaram-se inúmeros testes com sobretensões de longa duração em equipamentos novos e usados. Na continuidade, aplicou-se sobretensões de curta duração, com o objetivo de verificar as solicitações impostas aos componentes eletrônicos dos aparelhos. Deste modo, apresentam-se alguns dos principais resultados que mostram as formas de onda resultantes dos ensaios que permitiram o levantamento das curvas de suportabilidade deste tipo de equipamento. Obviamente, pequenos desvios foram notados em função das características construtivas, mas os resultados são apresentados de modo a representarem os pontos mais sensíveis as sobretensões no que se refere à curva de sensibilidade final. A figura 1 apresenta a elevação de corrente durante o processo de falha de uma das amostras e conseqüente dano ao televisor submetido a sobretensões de longa duração. Neste caso específico, os resultados são referentes a três amostras de televisores novos de uma mesma marca, onde se apresenta o início do processo de falha de uma das amostras. As demais amostras também apresentaram falhas com os mesmos patamares após alguns segundos. Em prosseguimento a avaliação, tem-se o resultado de uma parte dos ensaios com a aplicação de sobretensões de curta duração, onde observou-se danos nos componentes de entrada do equipamento sob teste. Torna-se importante salientar que a partir de determinados valores, as medições foram realizadas no primário de um transformador de 380/1000 V, o qual trabalhava em conjunto a um fonte programável com capacidade de geração de formas de ondas arbitrárias. Deste modo, os valores das tensões indicadas na figura 2, devem ser multiplicados por 2,63 em função da relação de transformação. Sendo assim, as solicitações impostas no referido evento apresentam significativa severidade, sendo equivalente a um valor de 3 pu por um período de 3 ciclos, o que acabou culminando em falha de operação e dano ao equipamento.

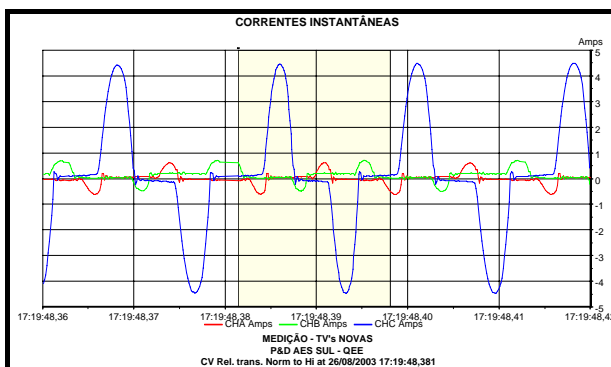


FIGURA 1 - Sobrecorrentes durante testes de sobretensões em regime (1,8 pu x 5 min.)

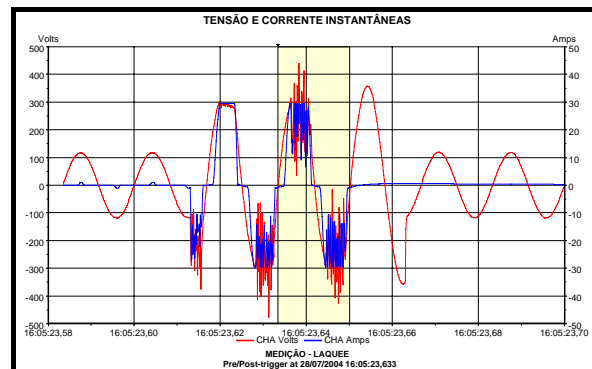


FIGURA 2 - Tensão e corrente durante o ensaio de sobretensões de curta duração (3 pu x 3 ciclos)

2.1.2 Aparelhos de som

Utilizando o mesmo procedimento de ensaio, levantou-se o comportamento e suportabilidade de aparelhos de som, especificamente do tipo portátil com CD. A figura 3 ilustra as formas de onda das correntes durante uma das fases dos testes destrutivos. Neste caso, aplicou-se uma sobretensão com magnitude de 2 pu, sendo que os equipamentos apresentaram falhas na operação a partir de um período de aplicação de 10 ciclos de sobretensões. A figura 4 ilustra o momento exato durante o processo de queima da primeira amostra. Na seqüência, as demais amostras também sofreram danos com relação às mesmas solicitações.

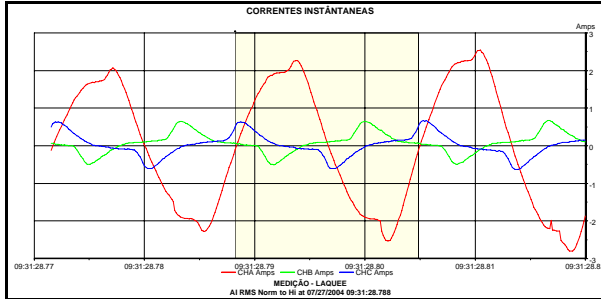


FIGURA 3 - Sobrecorrentes durante testes de sobretensões de curta duração (2 pu x 30 ciclos)

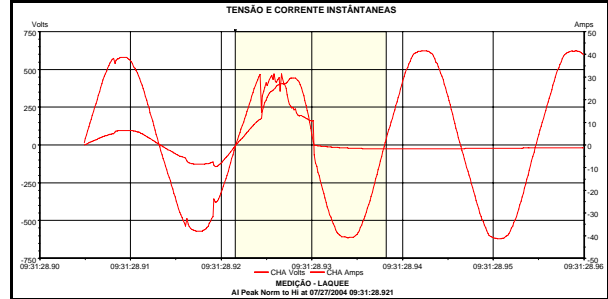


FIGURA 4 - Tensão e corrente durante processo de "queima" da primeira amostra sob teste de sobretensões

2.1.3 Curvas de suportabilidade

A título de comparação entre os níveis de suportabilidade dos equipamentos utilizados nos ensaios de sobretensões a frequência industrial, tem-se o gráfico mostrado na figura 5, o qual revela os limites característicos de operação dos equipamentos, conjuntamente com a curva de referência CBEMA - *Computer & Business Equipment Association*. O resultados indicam que as curvas de ambos os equipamentos ficaram acima do limite superior da curva CBEMA (4), portanto, com relativa imunidade a sobretensões e comportamento satisfatório.

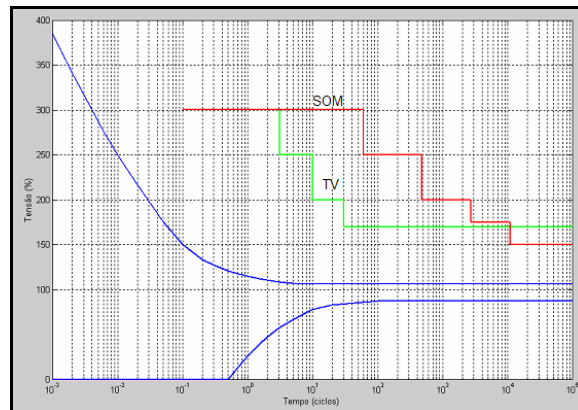


FIGURA 5 - Curvas de suportabilidade

2.2 Sobretensões Impulsivas

Nestes ensaios foram aplicadas sobretensões impulsivas em diversos equipamentos eletrônicos. A título de análise, adotou-se como base dos testes, os resultados obtidos em (5), onde considerou-se uma rede típica de distribuição em baixa tensão com a injeção de um impulso de corrente de 1 kA ($1.2 \times 50 \mu\text{s}$) em rede de média tensão com impedância de surto de 400Ω , em função da resistência de aterramento do transformador. Além disso, considerou-se o consumidor representado por 30Ω e indutância do cabo de descida do aterramento de 1mH/m , comprimento da rede de baixa tensão igual a 30 m, transformador entrelaçado e resistividade do solo de $1000 \Omega.m$, sendo desconsideradas possíveis disrupções. Os resultados das sobretensões correspondem a parcela principal de transferência da rede de média para a de baixa-tensão, ou seja, a elevação do potencial de neutro resultante da corrente drenada pelos pára-raios (ZNO - 12 kV/10 kA). Apesar das propriedades lineares permitirem a projeção de severidade e solicitações para a injeção de correntes com quaisquer amplitudes, tendo como base a relação de Volts/kA, os valores podem ser considerados como esperados, supondo que para descargas de maior intensidade há probabilidade de falhas de isolamento na rede e conseqüente atenuação do mesmo. Deste modo, em função da relevância do trabalho descrito em (5), adotou-se como base as respectivas formas de onda, assumindo que as amplitudes das sobretensões podem ser tipicamente transferidas as unidades consumidoras, apesar da forte dependência com valores de aterramento impraticáveis em situações normais. Partindo-se como levantamento inicial da suportabilidade dielétrica dos equipamentos frente a impulso atmosférico, foram realizados

ensaios no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Itajubá - LAT/UNIFEI [6]. Os impulsos aplicados estão de acordo com as maiores sobretensões, ou seja, considerando resistências de aterramento do transformador de 160 Ω , 500 Ω e teoricamente infinito, as quais resultam em tensões de pico próximas a 4, 6 e 8 kV, respectivamente. Inicialmente, as amostras foram conectadas a rede de baixa tensão, para verificação de sua operação sob condições normais. Aplicou-se um impulso de polaridade positiva de valor reduzido com o gerador de impulsos (HAEFELLY TRENCH), na conexão 1S/6P, para verificação e calibração da forma de onda do impulso, a título de futuras comparações e em conformidade com as tensões de referência. Após a verificação e calibração das sobretensões, foram aplicados 5 impulsos consecutivos com valores próximos a 4 kV e, entre cada aplicação, ligavam-se os equipamentos para constatar o seu pleno funcionamento. O mesmo procedimento foi adotado para tensões de referência de 6 e 8 kV, repetindo-se as seqüências de cinco impulsos subsequentes. Entre as aplicações dos impulsos de diferentes valores e, após as aplicações finais de 8 kV, foram aplicados impulsos de valores reduzidos chamados intermediários, para verificação de possíveis discrepâncias e alterações das respostas. Na realização dos ensaios com sobretensões transitórias, pode-se observar que, no geral, cada aparelho teve aplicado aos seus terminais 30 impulsos. Preliminarmente foram realizados ensaios com o equipamento desenergizado da rede e, posteriormente procedeu-se no sentido de aplicar as seqüências de sobretensões impulsivas estando os equipamentos conectados a rede elétrica. Para tanto, o circuito de teste foi rearranjado de forma a prever isolamento adequada, sem comprometer os objetivos dos ensaios [6]. Após os testes, os equipamentos que não vieram a sofrer "queimas" foram ligados à rede de energia elétrica para operação durante 10 horas consecutivas. Somente após a adoção desses procedimentos e, em não havendo problemas durante a operação, afirmou-se que estes não sofreram realmente a "queima". Para os equipamentos que vieram a sofrer "queima" durante os testes, procurou-se identificar os componentes que tiveram a sua função comprometida. A seguir, tem-se os resultados obtidos com a aplicação de sobretensões impulsivas nos equipamentos sob teste.

2.2.1 Televisores

Para os ensaios a vazio e em carga realizados com as TVs coloridas, as amostras A-1, B-1 e C-1 referem-se a modelos novos, enquanto as amostras D-1, E-1 representam modelos com utilização entre 4 e 8 anos. As figuras a seguir mostram as cinco aplicações de tensões com valor de 8 kV e os impulsos reduzidos obtidos durante o ensaio da amostra A-1. As figuras 9,10 e 11 mostram os mesmos resultados em relação ao desempenho da amostra B-1.

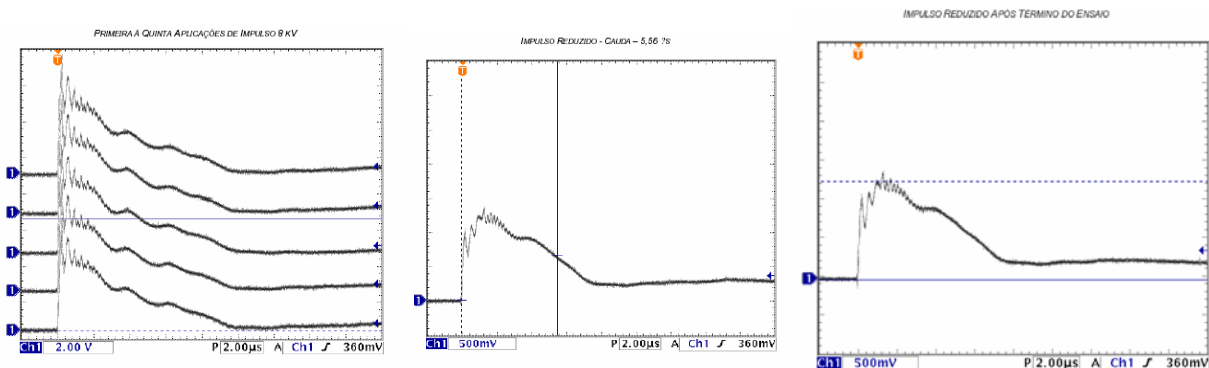


FIGURA 6 - Impulsos de 8 kV (A-1)

FIGURA 7 - Impulso reduzido inicial

FIGURA 8 - Impulso reduzido final

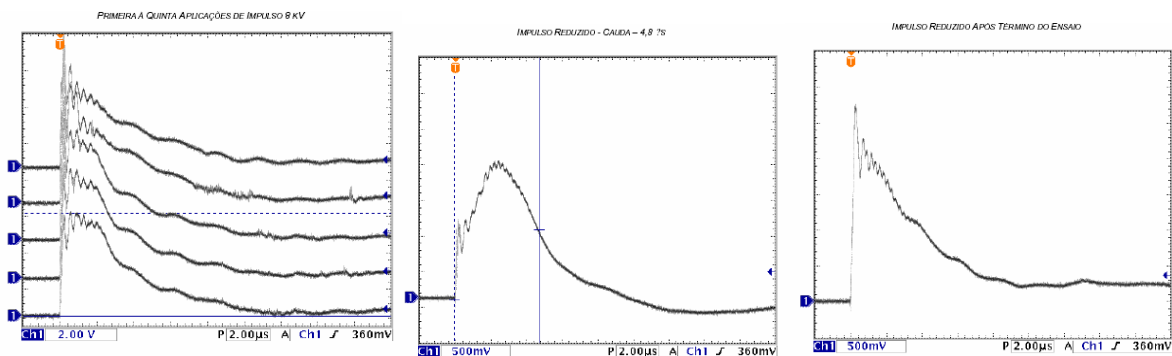


FIGURA 9 - Impulsos de 8 kV (B-1)

FIGURA 10 - Impulso reduzido inicial

FIGURA 11 - Impulso reduzido final

Resumidamente, pode-se afirmar que todas as amostras suportaram a aplicação de 15 impulsos consecutivos a vazio e sob carga, considerando níveis de sobretensões de 4, 6 e 8 kV. Do ponto de vista das respostas aos impulsos reduzidos, a amostra A-1 foi a que apresentou resultados mais satisfatórios em relação ao ensaio com os aparelhos desenergizados, enquanto os demais modificaram a forma de onda ao impulso reduzido. Quanto ao comportamento das TVs nos ensaios com as mesmas energizadas, todas as amostras tiveram ótimo comportamento mantendo-se, praticamente inalteradas, as formas de onda relativa aos impulsos inicial e final. De qualquer modo, fica comprovado que sob as condições estabelecidas nestes testes, nenhum modelo falhou. Portanto, os limites de suportabilidade são superiores aos adotados como referência nos ensaios, sendo objeto de análise posterior.

TABELA 1 - Resumo com os resultados dos testes nas TV's

AMOSTRAS	IMPULSOS APLICADOS A VAZIO	IMPULSOS APLICADOS SOB CARGA	HOUE QUEIMA
	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	
A-1	PEQUENA	PEQUENA	NÃO
B-1	ACENTUADA	PEQUENA	NÃO
C-1	MÉDIA	PEQUENA	NÃO
D-1	MÉDIA	PEQUENA	NÃO
E-1	REGISTRADO APENAS IMP. REDUZIDO INICIAL	REGISTRADO APENAS IMP. REDUZIDO INICIAL	NÃO

2.2.2 Vídeo-cassete

Da mesma forma como nos testes em televisores, realizaram-se, num primeiro momento, testes aos impulsos elétricos considerando o vídeo-cassete desconectado da rede elétrica, todavia, com circuito de entrada apto à condução e, portanto, a verificação dos efeitos dos impulsos no circuito de entrada sob condições de tensão a vazio. As amostras A-2, B-2 e C-2 são vídeo-cassetes novos, enquanto as amostras D-2, E-2, F-2 e G-2 são equipamentos já usados. Os resultados apresentados a seguir são relativos às tensões de 8 kV seguida dos impulsos reduzidos no início e término dos testes a vazio, respectivamente para as amostras A-2 e D-2.

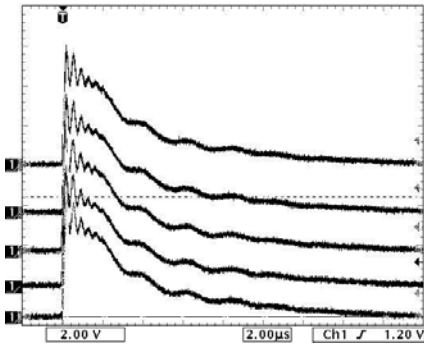


FIGURA 12 - Impulsos de 8 kV (A-2)

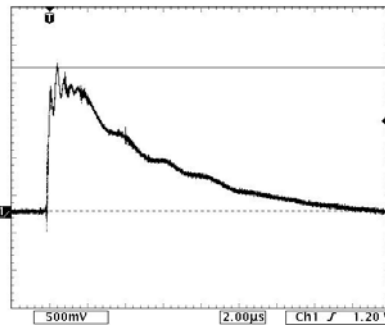


FIGURA 13 - Impulso reduzido inicial

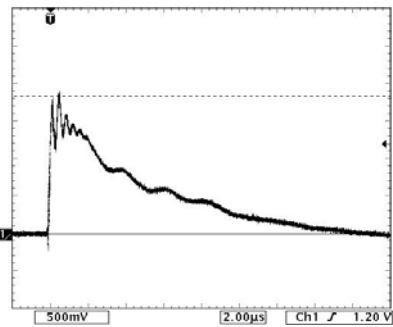


FIGURA 14 - Impulso reduzido final

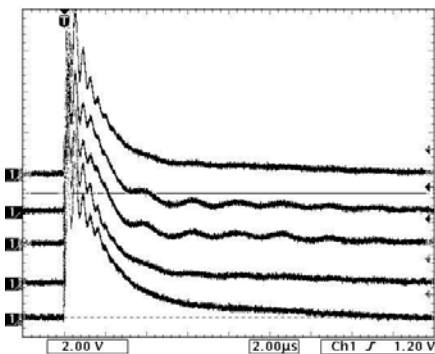


FIGURA 15 - Impulsos de 8 kV (D-2)

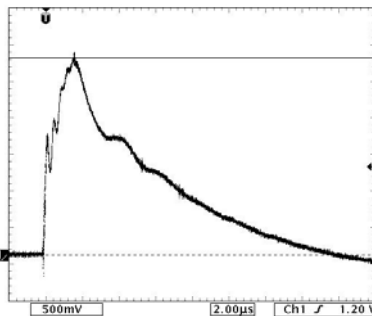


FIGURA 16 - Impulso reduzido inicial

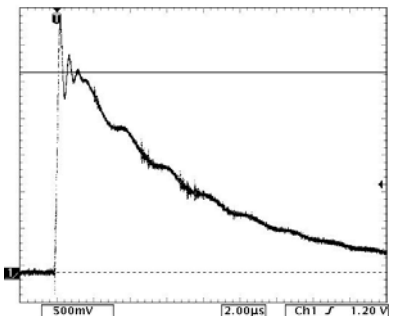


FIGURA 17 - Impulso reduzido final

Os ensaios realizados com as sete amostras de vídeos-cassetes puderam verificar o bom desempenho de seis delas frente às solicitações impulsivas efetuadas nas duas condições, ou seja, a vazio e energizado. As unidades novas (amostras A-2, B-2 e C-2), não apenas não avariaram, como também, praticamente não sofreram alterações entre os impulsos reduzidos inicial e final. Das quatro unidades usadas, apenas uma “queimou” durante a quinta aplicação nos ensaios a vazio de 6kV, enquanto as outras três não sofreram avaria, embora algumas com alterações mais acentuadas entre as formas de onda dos impulsos inicial e final. O quadro a seguir mostra um resumo dos resultados dos testes efetuados.

TABELA 2 - Resumo dos resultados dos testes em vídeos-cassetes

AMOSTRAS	IMPULSOS APLICADOS A VAZIO	IMPULSOS APLICADOS SOB CARGA	HOUE QUEIMA
	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	
A-2	PEQUENA	PEQUENA	NÃO
B-2	PEQUENA	PEQUENA	NÃO
C-2	PEQUENA	PEQUENA	NÃO
D-2	ACENTUADA	PEQUENA	NÃO
E-2	ACENTUADA	PEQUENA	NÃO
F-2	NÃO PODE SER APLICADO O IMPULSO FINAL	NÃO PODE SER TESTADO SOB CARGA	SIM
G-2	MÉDIA	ACENTUADA	NÃO

2.2.3 DVD

Diferente dos televisores e vídeos-cassetes, para os aparelhos de DVD, principalmente por se tratar de uma tecnologia relativamente recente, foram testados apenas unidades novas. Foram testados DVD's de três fabricantes diferentes, sendo que, de um deles, foi testado três equipamentos do mesmo modelo. As amostras testadas receberam as denominações A-3, B-3, C-3, D-3 e E-3. Seguindo a mesma análise, são apresentados os principais resultados obtidos junto as amostras B-3 e C-3, neste caso, junto aos testes sob carga.

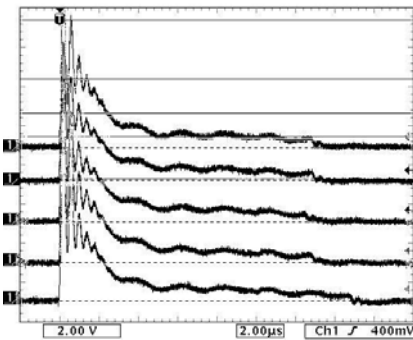


FIGURA 18 - Impulsos de 8 kV (B-3)

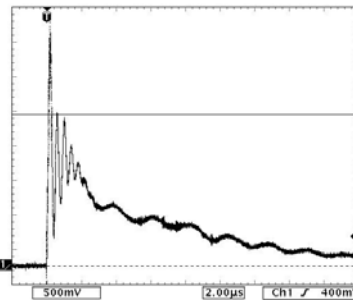


FIGURA 19 - Impulso reduzido inicial

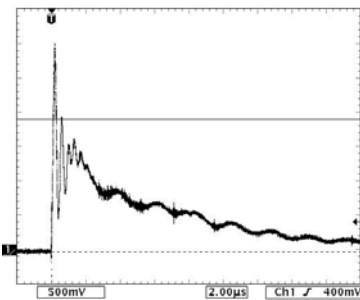


FIGURA 20 - Impulso reduzido final

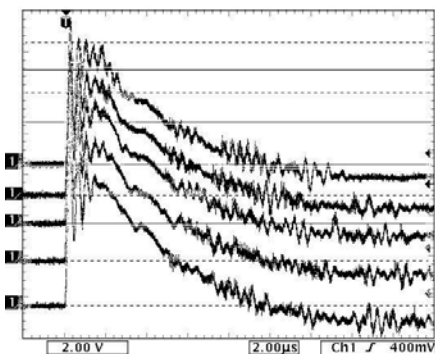


FIGURA 21 - Impulsos de 8 kV (C-3)

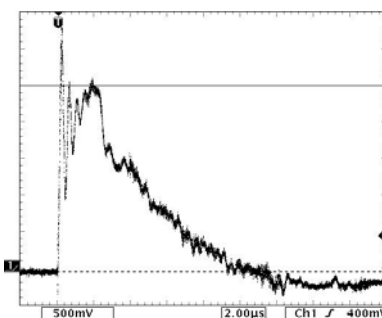


FIGURA 22 - Impulso reduzido inicial

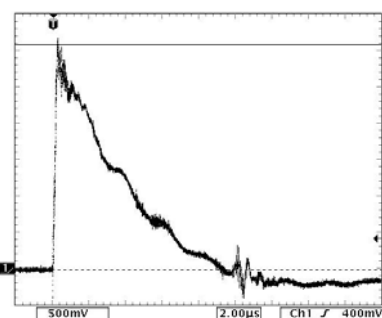


FIGURA 23 - Impulso reduzido final

Os ensaios realizados com as cinco amostras de DVD's demonstraram que nenhuma delas apresentou “queima”. Com relação às respostas aos impulsos reduzidos inicial e final, as duas primeiras amostras (A-3 e B-3) não apresentaram diferenças que merecessem destaque. As demais amostras (C-3, D-3 e E-3) apresentaram diferenças que podem ser classificadas como média e “acentuada”, mas que não comprometeram a operação normal dos aparelhos. A tabela 3 apresenta um resumo das solicitações durante os testes impulsivos em DVD's.

TABELA 3 - Resumo dos resultados dos testes em DVD's

AMOSTRAS	IMPULSOS APLICADOS A VAZIO	IMPULSOS APLICADOS SOB CARGA	HOUE QUEIMA
	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	
A-3	PEQUENA	MÉDIA	NÃO
B-3	MÉDIA	PEQUENA	NÃO
C-3	ACENTUADA	ACENTUADA	NÃO
D-3	MÉDIA	MÉDIA	NÃO
E-3	ACENTUADA	ACENTUADA	NÃO

2.2.4 Microcomputador (PC)

Foram testados dois microcomputadores, sendo um modelo novo e outro usado. Para este último, foram realizados testes a vazio e em carga, enquanto para o modelo novo foi realizado teste apenas com o equipamento ligado à rede de energia elétrica. Cabe lembrar que os testes em carga são aqueles que mais solicitam do equipamento. As amostras foram designadas como A-4 (modelo usado) e B-4 (modelo novo). Em ambos os casos, os equipamentos foram testados com regulador de tensão conectados as suas entradas. Os dados obtidos para os microcomputadores são ilustrados como se segue.

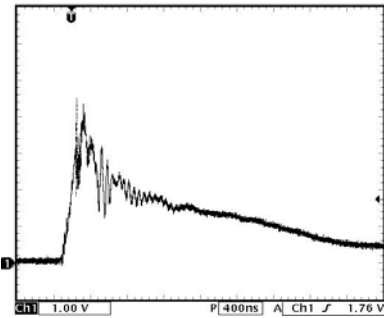
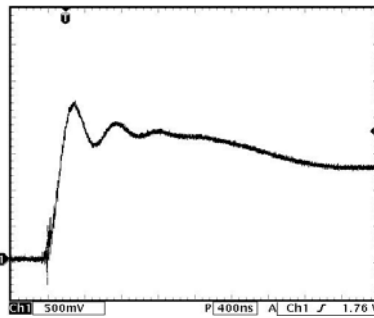
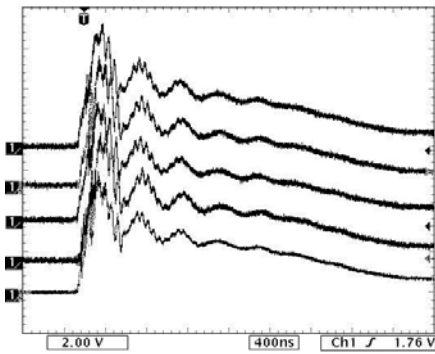


FIGURA 24 - Impulsos de 8 kV (A-4) FIGURA 25 - Impulso reduzido inicial FIGURA 26 - Impulso reduzido final

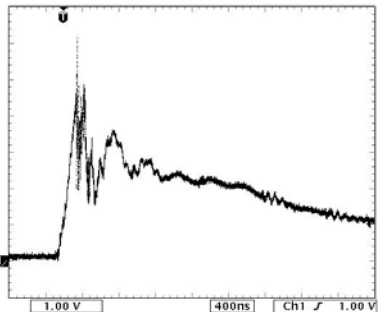
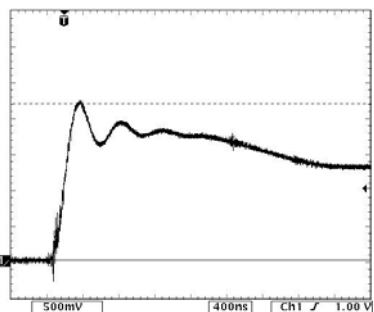
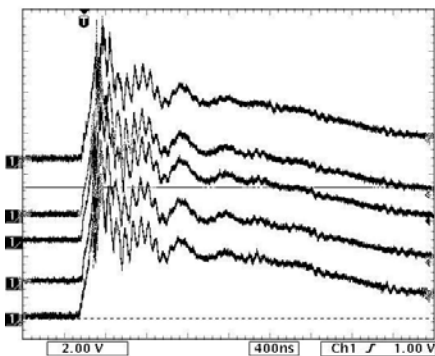


FIGURA 27 - Impulsos de 8 kV (B-4) FIGURA 28 - Impulso reduzido inicial FIGURA 29 - Impulso reduzido final

Resumidamente, pode-se afirmar que todas as duas amostras suportaram os testes realizados. A amostra A-4 (modelo usado) suportou a aplicação de 15 impulsos consecutivos a vazio e sob carga, considerando níveis de sobretensões de 4, 6 e 8 kV (total de 30 impulsos), enquanto a amostra B-4 (modelo novo), suportou 15 impulsos sob carga. Do ponto de vista das respostas aos impulsos reduzidos, a amostra A-4 foi a que apresentou resultados mais satisfatórios considerando o aparelho desenergizado, enquanto as demais respostas apresentaram acentuadas modificações. Entretanto, as duas unidades não sofreram avarias e operaram ininterruptamente por 10 horas após o término dos ensaios de sobretensões. A tabela 4 apresenta um resumo geral dos testes realizados nas amostras dos microcomputadores.

TABELA 4 - Resumo com os resultados dos testes nos microcomputadores

AMOSTRAS	IMPULSOS APLICADOS A VAZIO	IMPULSOS APLICADOS SOB CARGA	HOUE QUEIMA
	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	ALTERAÇÕES NA RESPOSTA ENTRE OS IMPULSOS INICIAL E FINAL	
A-4	PEQUENA	ACENTUADA	NÃO
B-4	-----	ACENTUADA	NÃO

3.0 - CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou apresentar um levantamento das solicitações de sobretensões e os respectivos impactos na operação de equipamentos eletrodomésticos. Os resultados obtidos servirão para auxílio no que se refere a análise de solicitações de ressarcimentos por danos elétricos em equipamentos instalados em unidades consumidoras. Neste sentido, o trabalho contribui em termos técnicos para uma melhor análise e avaliação dos casos, em função da obtenção de resultados experimentais, podendo-se confrontar os limites operacionais com as características típicas esperadas em função de cada tipo de perturbação. Neste caso, compara-se o binômio magnitude x tempo com as curvas de suportabilidade de cada tipo de equipamento. Inicialmente, foram apresentados os resultados dos ensaios de sobretensões a frequência industrial, tanto para eventos de longa duração como os de curta duração. Após a verificação das condições operacionais de desempenho frente a solicitações, foram obtidas as curvas de susceptibilidade para equipamentos que utilizam fonte chaveadas, no caso dos televisores, bem como equipamentos que possuem transformador na fonte de entrada, como nos aparelhos de som portáteis utilizados nos testes. Neste caso, também se realizou uma análise comparativa com a curva padrão de referência (CBEMA). De um modo geral, conclui-se que os equipamentos são limitados principalmente pelos componentes da fonte de entrada, mas especificamente, fusíveis, transformadores e semicondutores, no caso dos aparelhos de som, no que tange a susceptibilidade aos efeitos de sobretensões. No caso específico dos televisores, observou-se que o limite é dependente da tensão do capacitor para sobretensões de longa duração (acima de 1 minuto), já para sobretensões de curta duração, o principal defeito ocorria pela abertura do fusível de proteção por sobrecorrente ou pela queima de semicondutores, como os diodos retificadores utilizados na fonte de entrada ou transistores de chaveamento. Numa segunda fase, foram apresentados os resultados de testes de sobretensões impulsivas na operação de televisores, vídeo-cassetes, DVD's e microcomputadores. Os valores referem-se a níveis esperados em decorrência da transferência da média para a baixa tensão em sistemas aéreos de distribuição por meio do acoplamento efetuado pelo transformador de distribuição, principalmente em função da atuação dos pára-raios de proteção. De acordo com (5), foram aplicados impulsos de 4, 6 e 8 kV, respectivamente, valores esperados considerando resistências de aterramento do transformador de 160 Ω , 500 Ω e com valor infinito. Para cada um desses valores foram aplicadas seqüências de 5 impulsos, para estado desenergizado e energizado, totalizando assim, 30 impulsos em cada um dos equipamentos testados. De uma maneira geral, o desempenho de todos os equipamentos foi satisfatório. Apenas detectou-se, com a única queima de um dos vídeo-cassetes, que tecnologias mais antigas desses equipamentos possibilitam falha na sua fonte de entrada (em alguns de seus componentes), quando aplicados impulsos de 6 kV. Ensaios adicionais mostraram que os limites de suportabilidade são superiores aos esperados para os equipamentos eletrodomésticos sob análise. Uma verificação importante foi que para todos os testes de sobretensões impostas, os impactos no desempenho dos equipamentos afetam principalmente os componentes das fontes de entrada, considerando o meio de propagação pelo sistema elétrico. Destaca-se a importância do levantamento e obtenção dos efeitos de sobretensões em equipamentos eletro-eletrônicos, para que as análises das solicitações sejam baseadas em critérios técnicos, como foi a proposta deste trabalho.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Resolução N° 061 ANEEL, "Ressarcimento de Danos Elétricos em Equipamentos Elétricos Instalados em Unidades Consumidoras, Causados por Perturbação Ocorrida no Sistema Elétrico", 29 de Abril de 2004.
- (2) Souza, J. R. A., Cunha, J. G., Modena, J., "Contribuição Técnica - Audiência Pública N° 029 ANEEL", Brasília, Outubro de 2003.
- (3) Jucá, A. S., "Avaliação do Relacionamento entre Consumidores e Concessionárias na Solução de Conflitos por Danos Elétricos: Proposta de Adequação", Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo, 2003.
- (4) LAQUEE/UNIJUÍ - Relatório Técnico, "Resultados de Testes de Sobretensões em Regime na Operação de Equipamentos Eletro-Eletrônicos", Ijuí/RS, Agosto de 2003.
- (5) De Conti, A.R.; Pereira, C.; Visacro, S., "Qualidade de Energia: Práticas de Proteção dos Consumidores", IX ERLAC - Encontro Regional Latino Americano da Cigré, Foz do Iguaçu/PR, Maio de 2001.
- (6) LAT/UNIFEI - Relatório Técnico, "Suportabilidade Dielétrica de Televisores Frente a Impulso Atmosférico", Itajubá/MG, Outubro de 2003.