



VI SBQEE
21 a 24 de agosto de 2005
Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 09 7884
Tópico: Impacto Econômico e Responsabilidades

ANÁLISE DO IMPACTO DE SOBRETENSÕES EM EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS: UMA CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA A AVALIAÇÕES DE PEDIDOS DE INDENIZAÇÕES

HERMES R.P.M. DE OLIVEIRA*

NELSON C. DE JESUS

MANUEL L.B. MARTINEZ

AES SUL

AES SUL

AES SUL

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 televisores novos e usados, para verificação das condições de operação e suportabilidade dos equipamentos. O estudo visa contribuir ao termo de indenizações, fornecendo informações e um levantamento a título de critérios, limites e procedimentos técnicos para análise do tema de solicitações de ressarcimentos de danos elétricos em equipamentos. Sob este mesmo foco e considerando aspectos gerais de suas complexidades e particularidades são discutidas algumas características sobre o impacto de possíveis avarias e a relação entre os agentes envolvidos.

PALAVRAS-CHAVE

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

1.0 INTRODUÇÃO

A avaliação da operação de equipamentos submetidos a perturbações na qualidade de energia se tornou um tema de grande interesse. Tomando-se como base os resultados obtidos em termos de suportabilidade e os recentes fatores explícitos em resolução específica sobre ressarcimentos de equipamentos por danos elétricos [1], apresentam-se considerações sobre o problema das avarias de equipamentos, bem como o envolvimento entre as partes no que se refere ao estabelecimento de procedimentos e critérios técnicos para análise de solicitações por parte de consumidores. Um

importante aspecto a destacar é que a medida que se tem resultados reais de susceptibilidade dos principais equipamentos, a avaliação fica mais apurada no sentido de correlação entre danos e ocorrências.

2.0 RESSARCIMENTO DE DANOS ELÉTRICOS EM EQUIPAMENTOS DE CONSUMIDORES

No momento atual, com a utilização maciça de dispositivos semicondutores e circuitos integrados nos aparelhos e equipamentos eletro-eletrônicos industriais, comerciais e residenciais, ocorre naturalmente uma maior probabilidade de falhas à medida que os mesmos se tornam mais sensíveis. Os danos que, predominantemente, têm afetado aos equipamentos dos consumidores podem ser desde uma falha operacional até a falha permanente, quando de possíveis avarias e/ou queimas de componentes dos equipamentos [2]. O tema é relacionado às perturbações na qualidade de energia em função dos fenômenos eletromagnéticos. Este problema tem sido objeto de crescente atenção do setor elétrico em nível mundial devido à difusão de dispositivos eletro-eletrônicos e seu grau de vulnerabilidade frente às perturbações na tensão de alimentação. Salienta-se que a questão de ressarcimento por danos elétricos perpassa por aspectos técnicos, legais e econômicos, além de ser dependente de inúmeras variáveis na determinação das causas e conseqüências. Enquanto vários países já implementaram, regras claras que definem responsabilidades pelo provimento de sistemas de proteção, no Brasil, ainda não foram estabelecidas estas responsabilidades, sendo alvo de formulação questões de determinação em termos de deferimento ou não, sem evidências de ações direcionadas a redução dos índices de danos pela agência reguladora [2]. Por outro lado, seria oportuno direcionar os esforços no sentido de trilhar

para condições que pudessem esclarecer as principais questões, como quais os casos indenizáveis ou não, com máximo embasamento técnico, como exemplo, por uma classificação adequada das causas prováveis, dependendo das condições e características dos eventos, como sugerido em [3]. Cabe mencionar que por muitas vezes a insatisfação dos consumidores se agrava pelo fato de não terem sido claramente informados do risco natural de danos e das formas de prevenção, estando por outro lado, mais conscientizados quanto aos seus direitos em relação ao código de defesa do consumidor. Como fato concorrente ao aumento dos pedidos de indenizações, pode-se destacar, adicionalmente, a falta de melhores orientações por fabricantes dos aparelhos quanto aos riscos de serem danificados se não forem adequadamente instalados, bem como apresentar claramente nos manuais os níveis de tolerância a perturbações na qualidade de energia. Os pedidos de indenizações por danos de aparelhos eletro-eletrônicos se tornaram um grande problema da sociedade brasileira, com aumento expressivo do número de solicitações, gerando ao mesmo tempo, o aumento de conflitos entre consumidores e concessionárias. O que se procura é o equilíbrio entre os direitos e deveres dos consumidores nas exigências por um alto grau de qualidade do fornecimento por parte das concessionárias. Recentemente foi publicada a resolução da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Resolução N° 61 de 29/04/2004), a qual trata das disposições relativas ao ressarcimento de danos elétricos em equipamentos instalados em unidades consumidoras, causados por perturbação ocorrida no sistema elétrico [1]. No âmbito desta resolução, além das definições básicas, define-se ressarcimento de dano elétrico como reposição do equipamento elétrico danificado na mesma condição de funcionamento anterior a ocorrência constatada no sistema elétrico ou, alternativamente, indenização em valor monetário equivalente ao que seria necessário para fazê-lo retornar à referida condição, ou, ainda, substituição por equipamento equivalente. A mesma resolução só se aplica ao ressarcimento de dano elétrico em equipamentos pertencentes a consumidores alimentados diretamente pela rede de distribuição pública em baixa tensão ($U_N < 2,3 \text{ kV}$). Além disso, não abrange ressarcimento por danos morais, lucros cessantes ou outros danos emergentes. Estabelece também as condições básicas para a solicitação de ressarcimento. No item de procedimentos em seu Art. 5° e parágrafo único cita que na comprovação do nexo de causalidade devem ser considerados os eventos prováveis causadores do dano, entre outros, descargas atmosféricas e sobretensões oriundas da energização de circuitos, os quais não eximem a concessionária da responsabilidade do ressarcimento. Porém, somente estabelece os procedimentos e prazos quanto à análise das

solicitações. Em seguida, no item dos limites de responsabilidades, em seu Art.10°, determina que a concessionária responde, independente da existência de culpa, pelos danos elétricos causados a equipamentos. A mesma só poderá eximir-se do ressarcimento quando comprovar a inexistência de nexo causal, quando o consumidor providenciar por sua conta e risco, a reparação dos equipamentos, ou quando comprovar que o dano foi ocasionado pelo uso incorreto do equipamento ou por defeitos gerados a partir das instalações internas da unidade consumidora. Finalmente, estabelece as disposições gerais, fixando a necessidade de normas internas sob os procedimentos para ressarcimento de danos. Observa-se que não foram estabelecidos critérios técnicos sob quais os eventos seriam indenizáveis ou não. Basicamente, quanto a dano nas condições da resolução, pode-se visualizar as sobretensões como fenômeno principal, partindo ao encontro da pergunta final do título do trabalho. A princípio, de quem é a culpa pelos estragos provocados por descargas atmosféricas nos sistema elétricos e a quem cabe o ônus de possíveis avarias ? Aliás, existe algum culpado, seria a concessionária ou o consumidor, ou ainda, cada qual deveria zelar pelo seu patrimônio. A origem de descargas por outro lado é de difícil determinação, podendo afetar equipamentos por outro meio que não a propagação pelo sistema elétrico. Tem-se, contudo, um dilema ao se tratar de solução tecnológica atual em termos de proteção frente a sobretensões, por meio da instalação de equipamentos no ponto de entrega, ou seja, quem é responsável pelo custo dos DPS's. Neste sentido, e devido a importância da inclusão desta alternativa, fica claro a falta de especificação da resolução sobre as condições técnicas das instalações elétricas. A solução citada em termos de proteção de equipamentos é contemplada na norma nacional (NBR 5410), também em sua revisão [3], a qual prescreve o uso de DPS, a não ser em termos de omissão, assumindo o risco calculado. Entretanto, em nenhuma hipótese a proteção deve ser dispensada se essas conseqüências puderem resultar em risco direto ou indireto à segurança das pessoas. Portanto, se o consumidor decide dispensar o uso de DPS, optando por sujeitar seus equipamentos ao risco de sobretensões destrutivas, como poderia ainda pleitear o ressarcimento por uma omissão conscientemente assumida. A seguir, têm-se os resultados de ensaios de sobretensões em equipamentos eletro-eletrônicos, visando fornecer dados adicionais à luz do problema de indenizações em termos de levantamento de limites reais e níveis de suportabilidade de equipamentos de uso residencial.

3.0 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Sobretensões a Freqüência 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.

3.1.1 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.

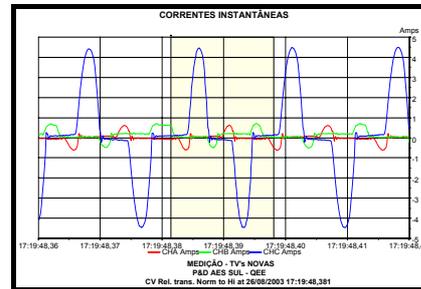


Figura 1 - Sobrecorrentes durante testes de sobretensões em regime (1,8 pu x 5 min.)

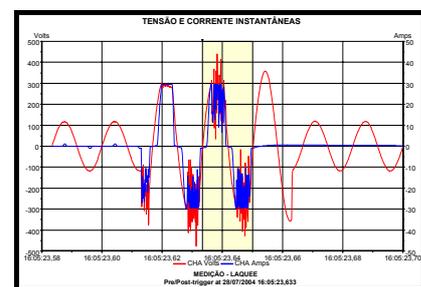


Figura 2 - Tensão e corrente durante o ensaio sobretensões de curta duração (3 pu x 3 ciclos)

3.1.2 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.

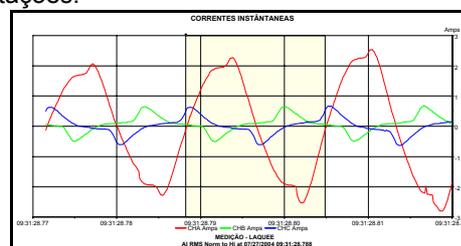


Figura 3 - Sobrecorrentes durante testes de sobretensões de curta duração (2 pu x 30 ciclos)

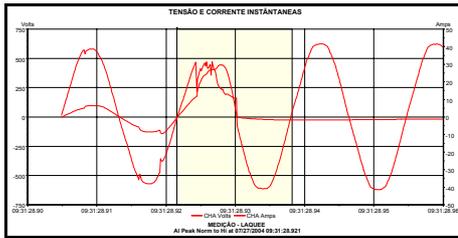


Figura 4 - Tensão e corrente durante processo de "queima" da primeira amostra sob teste

3.1.3 Curvas de suportabilidade

A título de comparação entre os níveis de suportabilidade dos equipamentos utilizados nos ensaios de sobretensões a freqüência 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.

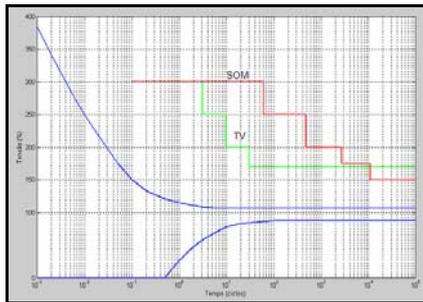


Figura 5 - Curvas de suportabilidade

3.2 Sobretensões Impulsivas

Nestes ensaios foram aplicadas sobretensões impulsivas em TV's de 14", sendo duas amostras usadas e três novas. A título de análise, adotou-se como base dos testes, os resultados obtidos em [4]. A figura 6 reproduz as formas de onda deste trabalho, o qual se encontra apoiado em fortes bases científicas. Considera-se uma rede típica de distribuição em baixa tensão a injeção de 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 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 $1000 \Omega\cdot\text{m}$, 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 - $12 \text{ kV}/10 \text{ kA}$). 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 [4].

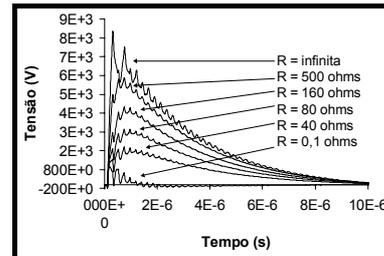


Figura 6 - Tensões transitórias de referência

Co nsiderando a relevância do trabalho descrito em [4], 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 de televisores 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 160Ω , 500Ω e teoricamente infinito, as quais resultam em tensões de pico próximas a 4, 6 e 8 kV, respectivamente. Inicialmente as amostras das TV's 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, forma aplicados 5 impulsos consecutivos com valores próximos a 4 kV e , entre cada aplicação, ligava-se o televisor 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 subseqüentes. 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, 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 televisores 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].

3.2.1 Ensaios em TV's novas

Os resultados a serem apresentados em termos dos 5 impulsos seqüenciais de referência são para a máxima magnitude, ou seja, valores próximos a 8 kV, bem como os de valores reduzidos, são relativos aos obtidos quando o equipamento sob teste se encontrava energizado simultaneamente pela rede, sendo que as amostras já tinham sido submetidas aos mesmos impulsos quando na condição a vazio (desenergizado). As figuras 7, 8 e 9 ilustram as seqüências da primeira a quinta aplicações de sobretensões nas três TV's novas, bem como as respostas ao impulso reduzido, inicial e final, a título de comparação entre os equipamentos.

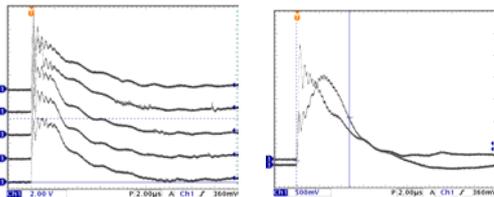


Figura 7 - Seqüência de sobretensões impulsivas de 8 kV aplicadas as TV's novas e respostas a impulsos reduzidos iniciais e finais (Amostra 1-N)

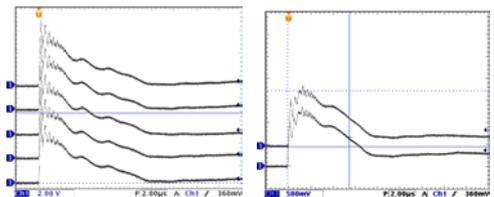


Figura 8 - Seqüência de sobretensões impulsivas de 8 kV aplicadas as TV's novas e respostas a impulsos reduzidos iniciais e finais (Amostra 2-N)

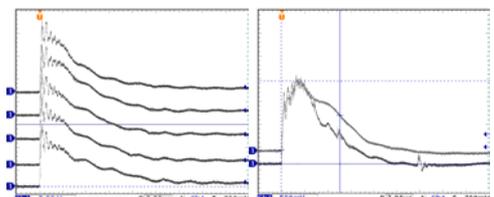


Figura 9 - Seqüência de sobretensões impulsivas de 8 kV aplicadas as TV's novas e respostas a impulsos reduzidos iniciais e finais (Amostra 3-N)

Analisando-se os resultados em termos comparativos, as três TV's novas, apresentaram comportamentos distintos durante e após a aplicação de sobretensões. Verifica-se que a

Amostra 2-N apresentou excelente comportamento, sem quaisquer mudanças significativas em termos de formas de onda. Aliás, na comparação com as amostras restantes, tem-se uma avaliação clara em termos de desempenho global, indicando um projeto adequado e a utilização provável de componentes com características tecnicamente interessantes frente às solicitações de sobretensões impulsivas.

3.2.2 Ensaios em TV's usadas

Seguindo as mesmas condições dos impulsos, considerados como referência, na condição a vazio e em carga, foram aplicadas sobretensões impulsivas de 4, 6 e 8 kV, em dois equipamentos com cerca de 10 anos de utilização, também de fabricantes distintos. Em uma das amostras não se tem o registro dos valores intermediários, com tensões reduzidas.

Entretanto, este fato não compromete a análise em termos de limites de operação. A figura 10 (a) mostra as respostas da primeira TV com determinado tempo de operação (Amostra 4-U) aos ensaios com tensões máximas de 8 kV, aplicadas por cinco vezes consecutivas, estando o equipamento conectado a rede de alimentação. Cabe lembrar novamente, as solicitações anteriores na condição a vazio, totalizando 30 aplicações por amostra, como no caso anterior. Já a figura 10 (b), ilustra as tensões durante o ensaio de 8 kV para a segunda amostra dos equipamentos usados, rotulada aqui de Amostra 5-U. Os resultados desta amostra, quando da aplicação de impulsos reduzidos no início e término dos ensaios das sobretensões impulsivas de 8 kV são mostrados na figura 11, na qual percebe-se uma alteração significativa do comportamento.

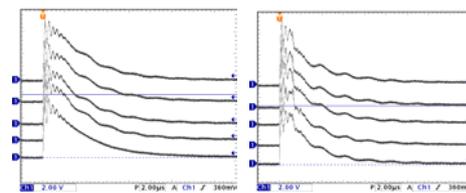


Figura 10 (a) Figura 10 (b)

Figura 10 - Seqüência de sobretensões impulsivas de 8 kV aplicadas as TV's usadas (a) - Amostra 4-U (b) - Amostra 5-U

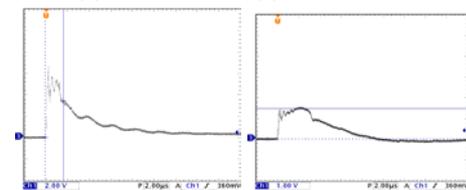


Figura 11 - Respostas a impulsos reduzidos iniciais e finais (Amostra 5-U)

4.0 CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou fazer uma reflexão sob os

aspectos envolvidos na problemática de ressarcimentos de equipamentos conectados a rede elétrica em função de possíveis avarias motivadas por sobretensões. Foram apresentadas as principais disposições apontadas em legislação específica sobre o tema. Visando fornecer subsídios e contribuição, foram abordados inicialmente resultados de ensaios e sobretensões (60 Hz) em eletro-eletrônicos, mais especificamente, televisores e aparelhos de som, sendo que os primeiros, sem dúvida, representam as maiores incidências nos pedidos de ressarcimentos. Deste modo, foram levantados limites reais de operação em regime permanente e transitório (curta duração), por meio de testes destrutivos, os quais indicaram, a priori, o componente determinante quando da ocorrência de falha permanente. Neste sentido, o trabalho contribui 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. Após a verificação das condições operacionais de desempenho, 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. Neste caso, também se realizou uma análise comparativa com a curva 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 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. Sob os ensaios de impulsos atmosféricos, conclui-se que para os níveis adotados, em nenhuma das aplicações foi observada a ocorrência de descargas internas e/ou externas, sendo que após todas as seqüências de solicitações de impulsos, os equipamentos sob teste (TV's), quando conectados novamente à rede, operaram de maneira adequada, sem anormalidades, podendo-se afirmar que os limites de suportabilidade frente a sobretensões de origem atmosférica são superiores aos analisados. Salienta-se para todos os agentes envolvidos, que não pode existir qualidade de energia sem

instalação de qualidade e, sendo assim, o problema é dependente de modo conjunto. Torna-se imperativo seguir as prescrições das normas técnicas de instalações elétricas, as quais incluem uma solução técnica para o problema, no sentido de redução do número de ocorrências por meio da aplicação de sistemas de proteção dedicados (DPS). Outras regras igualmente relevantes também são estabelecidas na mesma norma, como o conceito de equipotencialização principal, necessário ao estabelecimento de condições adequadas de desempenho, justamente quanto aos fatores abordados e também em termos de segurança das instalações consumidoras. A conscientização de fabricantes, concessionárias, consumidores e do próprio órgão regulador, deveria ter consonância, de modo a esclarecer que o ônus do ressarcimento deve ser preferencialmente reduzido com alternativas técnica e economicamente viáveis para ambas as partes. A consulta das principais referências sobre o tema, bem como iniciativas já implantadas em nível mundial mostram alguns caminhos possíveis para o equacionamento do problema, com regras claras quanto as reais alternativas na busca pelo equilíbrio tão desejado entre consumidores e concessionárias.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Resolução N° 61 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] 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.
- [3] Souza, J. R. A., Cunha, J. G., Modena, J., "Contribuição Técnica - Audiência Pública N° 029 ANEEL", Brasília, Outubro de 2003.
- [4] 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.
- [5] LAQUEE/UNIJUÍ - Relatório Técnico, "Resultados de Testes de Sobretensões em Regime na Operação de Equipamentos Eletro-Eletrônicos", Ijuí/RS, Agosto de 2003.
- [6] LAT/UNIFEI - Relatório Técnico, "Suportabilidade Dielétrica de Televisores Frente a Impulso Atmosférico", Itajubá/MG, Outubro de 2003.