

Avaliação dos Limites de Parâmetros de Qualidade de Energia Aceitáveis para Prevenir Danos em Eletrodomésticos

S. V. Fukuda, M.D. Teixeira, A. R. Aoki, G. Paulillo, R. L. Araújo,
L. M. Ardjomand, N. S. R. Quoirin, R. A. Peniche, LACTEC e I. Wunderlich, A. P. Sgobero, COPEL

Resumo—O presente artigo apresenta os trabalhos realizados ao longo do projeto de P&D da COPEL “Avaliação dos Limites de Parâmetros de Qualidade de Energia Aceitáveis para Prevenir Danos em Eletrodomésticos”. Este projeto teve como objetivo investigar quais os principais distúrbios de qualidade da energia elétrica causadores de danos em equipamentos eletrodomésticos, bem como os níveis aceitáveis para prevenir danos nos mesmos. Neste sentido, os trabalhos conduzidos voltaram-se para a análise dos aparelhos mais afetados bem como a identificação dos fenômenos mais comuns que ocorrem na rede de distribuição, especialmente da COPEL. Também foram elaboradas rotinas de testes e posteriormente aplicados para avaliação dos eletrodomésticos. Este estudo irá auxiliar a concessionária na tomada de decisões sobre o pagamento de ressarcimento por danos em eletrodomésticos causados a consumidores.

Palavras-chave—Compatibilidade Eletromagnética, Ensaios Laboratoriais, Qualidade de Energia Elétrica, Surtos, Variações de Tensão de Curta Duração.

I. INTRODUÇÃO

A disseminação do conhecimento dos direitos do consumidor tem levado a um aumento expressivo do número de solicitações de ressarcimento de danos em aparelhos eletrodomésticos, causados ou supostamente causados por perturbações no sistema de distribuição de energia elétrica.

Por isso, há necessidade da existência de conhecimentos técnicos que possam balizar adequadamente decisões de concessionárias, como a COPEL, ao mesmo tempo evitando o desgaste inútil da empresa junto ao consumidor e o envolvimento em ações judiciais caras e demoradas.

Inserido neste contexto, este artigo pretende fornecer subsídios técnicos no que diz respeito à sensibilidade/suportabilidade de equipamentos eletrodomésticos frente aos diversos distúrbios de qualidade da energia elétrica encontrados comumente nas redes de distribuição.

Neste sentido, os trabalhos desenvolvidos objetivaram a

obtenção de dados a respeito da sensibilidade/suportabilidade de diversos equipamentos eletrodomésticos e de informática quando estes estão sendo alimentados por uma rede com problemas elétricos, tais como, afundamentos momentâneos de tensão, interrupções e surtos de tensão. Para tanto, foram realizados testes laboratoriais em vários aparelhos, e os desenvolvimentos e implementações dos ensaios, bem como os resultados são descritos na seqüência.

A despeito deste trabalho apresentar relevantes constatações a respeito do comportamento de equipamentos eletrodomésticos frente a eventos da tensão de alimentação, os mesmos não são conclusivos, uma vez que não foram consideradas questões como envelhecimento precoce e consequente redução de vida útil dos eletrodomésticos devido a fenômenos de qualidade de energia.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os estudos conduzidos nesta etapa do projeto proporcionaram uma série de conhecimentos a respeito dos distúrbios de qualidade da energia mais nocivos aos equipamentos eletrodomésticos, bem como da regulamentação nacional e internacional a respeito de ressarcimento de danos a eletrodomésticos.

Desta forma, foi constatado que os surtos de tensão provocados por descargas atmosféricas são os distúrbios mais danosos a esta classe de equipamento. Os fenômenos de variação de tensão de curta duração também provocam alterações no funcionamento dos eletrodomésticos. Pelo estudo das referências, foi possível também identificar os equipamentos que mais sofrem com estes fenômenos.

Assim, as buscas contemplaram aspectos como:

- Conceituação dos distúrbios relacionados à tensão;
- Origem desses distúrbios;
- Efeitos dos distúrbios ocorridos nas redes elétricas de distribuição sobre aparelhos eletrodomésticos;
- Curvas de suportabilidade (CBEMA);
- Estudos correlatos;
- Proteção contra distúrbios na rede elétrica de distribuição.

Vale ressaltar que as principais publicações e artigos técnicos ligados a estes tópicos foram devidamente explorados e analisados, fornecendo um importante relato dos diversos estudos que vem sendo realizados nacional e internacionalmente.

Este trabalho foi apoiado integralmente pela Companhia Paranaense de Energia através do seu Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Ciclos 2001/2002 e 2002/2003.

S. V. Fukuda, M.D. Teixeira, A. R. Aoki, G. Paulillo, R. L. Araújo, L. M. Ardjomand, N. S. R. Quoirin e R. A. Peniche trabalham no Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (e-mail: ma-teus.teixeira@lactec.org.br).

I. Wunderlich e A. P. Sgobero trabalham na Companhia Paranaense de Energia (e-mail: ingo@copel.com).

Finalizada a etapa de levantamento bibliográfico e análise dos principais distúrbios causadores de falhas em eletrodomésticos, passou-se à escolha dos equipamentos que serão submetidos aos ensaios de suportabilidade.

III. DEFINIÇÃO DOS PRODUTOS A SEREM ANALISADOS

Nesta etapa foram obtidos resultados importantes para subsidiar a escolha por um e outro equipamento eletrodoméstico considerando fatores relevantes, tais como: incidência de pedidos de ressarcimento, estudos correlatos, entre outros. Tais preocupações são fundamentadas no atendimento àqueles aparelhos que realmente são causas de reclamação dos consumidores conectados à rede da COPEL.

Os resultados referentes a esta etapa dizem respeito aos estudos correlatos e ao questionamento técnico, ambos utilizados como estratégia de escolha dos eletrodomésticos a serem estudados.

Com relação aos estudos correlatos foram apresentados três trabalhos de pós-graduação que investigaram equipamentos específicos como geladeira, ar-condicionado e televisores. Consta também a apresentação de dois artigos científicos com resultados de estudos realizados em alguns eletrodomésticos como videocassetes, computadores e televisores.

Quanto ao questionamento técnico, este objetivou conhecer as reais preocupações da COPEL com relação ao tema "Ressarcimento a consumidores por danos causados em eletrodomésticos". Alguns dos principais resultados são listados abaixo.

- Aparelhos de TV são os equipamentos que mais aparecem nas listas de pedido de ressarcimento, com 28 % do total de ocorrências;
- O componente dos equipamentos mais comumente afetado é a fonte de alimentação, com 57% das ocorrências;
- Em equipamentos que empregam força motriz como geladeiras e ar-condicionado, os motores são os componentes mais atingidos, com 56% das ocorrências
- As maiores causas de queima em equipamentos eletrodomésticos são as descargas atmosféricas com 35% do total de ocorrências.

Desta forma, os resultados gerados nesta etapa possibilitaram a determinação dos equipamentos a serem investigados ao longo deste projeto, os quais são:

- Aparelhos de TV;
- Equipamentos de Som;
- Videocassetes (VCR's);
- Refrigeradores;
- Telefones sem-fio;
- Rádio-relógios;
- Computadores;
- Equipamentos de DVD;
- Bombas de água (Motores de baixa potência);
- UPS – No-Breaks.

IV. ADEQUAÇÃO DO LABORATÓRIO DE ENSAIOS E CERTIFICAÇÃO

A adequação do laboratório de ensaios e certificação teve como premissa estruturar um, dentre os diversos laboratórios do LACTEC, que pudesse abrigar os ensaios previstos. Neste sentido, buscou-se agregar no mesmo ambiente todos os instrumentos necessários, bem como equipe técnica qualificada para a execução dos testes. Desta forma, decidiu-se por utilizar o Laboratório de Compatibilidade e Confiabilidade Eletromagnética, pertencente à Unidade de Tecnologia em Compatibilidade Eletromagnética (UTCE). Isto posto, buscou-se complementar a unidade com a instrumentação faltante, deixando o laboratório devidamente aparelhado para os ensaios. A Figura 1 ilustra o laboratório de ensaios.



Figura 1. Laboratório de ensaios em equipamentos da UTCE.

A estrutura da UTCE está equipada com equipamentos que representam o estado da arte no campo de ensaios de compatibilidade eletromagnética. O laboratório é tido atualmente como o mais moderno e bem aparelhado da América do Sul.

Mesmo com toda capacidade instrumental da UTCE, foram deslocados para a unidade diversos tipos de ponteiros de prova de tensão e corrente necessárias para a coleta de dados das formas de ondas dos equipamentos testados.

Ainda com relação à etapa sobre adequação do laboratório, buscou-se elaborar as rotinas de ensaios a serem impostas aos eletrodomésticos. Para tanto, foram consultadas diversas normas internacionais voltadas para ensaios destes equipamentos, tais como IEEE PC62.44/D8, IEEE C62.41 e IEC 61000-4. Também foram consultadas recomendações nacionais, como a Resolução da ANEEL 505/2001. Desta maneira os ensaios foram divididos em três categorias, especificadas na seqüência.

V. ENSAIOS LABORATORIAIS

Para a execução dos ensaios, foi realizado um levantamento dos distúrbios existentes na rede elétrica, selecionando-se aqueles que, suspeita-se, sejam os que causam maior quantidade de danos em equipamentos de consumidores.

Com base em informações de danos em equipamentos, fornecidas pela COPEL, a equipe do LACTEC pôde determinar os fenômenos de qualidade da energia elétrica de maior relevância causadores de danos em equipamentos de ter-

ceiros. São eles: afundamentos e interrupções na tensão de fornecimento e surtos de origem atmosférica.

Frente a esta constatação, foram selecionadas duas normas técnicas, aceitas internacionalmente e aplicáveis a eletrodomésticos, com o objetivo de nortear a execução dos ensaios laboratoriais. A utilização de tais normas visa tornar a pesquisa mais sólida e balizar os procedimentos e técnicas de ensaios de modo que os resultados possam ser reproduzidos em outras pesquisas.

Para o ensaio de impulso foi aplicada a norma IEC 61000-4-5 ("Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 5: Surge Immunity Test") e para o ensaio de falhas da tensão de alimentação foi utilizada a norma IEC 61000-4-11 ("Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests"). Vale mencionar que ambas fornecem parâmetros para a implementação dos ensaios, instrumentação a ser utilizada, além de critérios de julgamento dos resultados obtidos.

Com relação à escolha dos equipamentos a serem testados, estes foram identificados junto aos arquivos históricos da COPEL, onde se pode obter os tipos de equipamentos com maior incidência de queixas de danos por parte dos consumidores. Desta forma, alguns eletrodomésticos foram selecionados e adquiridos. São eles:

- Televisores (07 unidades);
- Geladeiras (04 unidades);
- DVD's (03 unidades);
- Aparelhos de som (03 unidades);
- Rádios-relógio (02 unidades);
- Fontes de computador (07 unidades).

Vale mencionar que este trabalho contemplou tanto equipamentos novos quanto equipamentos usados.

Na seqüência, são apresentados os aspectos técnicos dos ensaios realizados.

A. Ensaio de Impulso

O ensaio de impulso visa determinar a suportabilidade de um equipamento a surtos de origem atmosférica conduzidos através da rede elétrica ou de telecomunicações. Neste trabalho os impulsos foram aplicados apenas nos terminais de alimentação dos equipamentos, sendo que a propagação destes por antenas e linhas telefônicas serão objeto de outras investigações.

A forma de onda utilizada é típica em ensaios realizados no âmbito do setor elétrico ($1,2 \times 50 \mu\text{s}$ para tensão e $8 \times 20 \mu\text{s}$ para corrente). Na figura 2 são apresentadas as formas de onda utilizadas.

A IEC 61000-4-5 estipula a aplicação de descargas com níveis de tensão conforme apresentado na tabela 1.

Cada categoria de equipamento foi ensaiada conforme um dos níveis pré-estabelecidos pela referida norma. Todavia, como um dos objetivos deste trabalho é avaliar o grau de imunidade dos eletrodomésticos, optou-se por aplicar impulsos de forma crescente a partir de 200 V até 4 kV em passos de 200 V, de modo a se verificar em qual nível de tensão os equipamentos sofreriam danos permanentes. A

tensão de 4 kV foi adotada como limite máximo de tensão de surto para este ensaio.

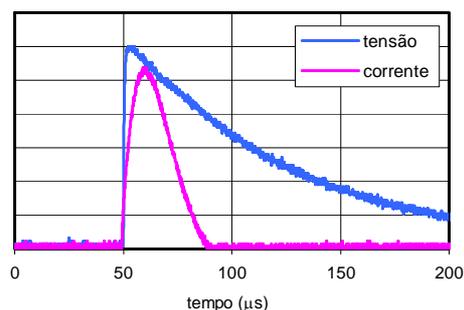


Figura 2 - Formas de onda conforme a norma IEC 61000-4-5

Tabela 1 – Níveis de tensão (IEC 61000-4-5)

Nível	Tensão de impulso
1	0,5 kV
2	1,0 kV
3	2,0 kV
4	4,0 kV

Para os testes utilizou-se um gerador de impulsos em conformidade com a norma IEC 61000-4-5. A Figura 3 mostra uma vista do equipamento empregado. Para o registro da tensão e da corrente aplicadas nos objetos sob ensaio foi utilizado um osciloscópio digital.



Figura 3 - Gerador de Impulsos NoiseKen

Vale ressaltar que os testes foram aplicados em modo diferencial e em modo comum, quando o equipamento sob ensaio possuísse o terceiro pino (pino terra) na tomada de alimentação ou um cordão de aterramento. O impulso foi sincronizado com a tensão senoidal de alimentação de modo que o ensaio fosse o mais rígido possível.

B. Ensaio de Afundamento e Falhas na Tensão

Com relação aos ensaios de afundamentos e interrupções da tensão de alimentação foi utilizada a norma IEC 61000-4-11. Esta norma se aplica para equipamentos elétricos e eletrônicos que não excedam 16 A por fase, não sendo válida para equipamentos elétricos e eletrônicos conectados em redes DC ou redes AC de 400 Hz (aviônicos).

A realização do ensaio foi feita com o eletrodoméstico alimentado com tensão nominal e em funcionamento. A este foram aplicados distúrbios na tensão de alimentação conforme descrição apresentada na tabela 2. Cada distúrbio foi aplicado três vezes com espaçamento de aproximadamente dez segundos entre cada evento.

Tabela 2 – Níveis de ensaio

Afundamento ou falha [em PU da tensão nominal]	Duração [ciclos]
0	½ ciclo
0,4	10 ciclos
0,7	50 ciclos

Para a realização dos ensaios foi utilizado um simulador de VTCD, o qual é mostrado na Figura 4.



Figura 4 - Simulador de VTCD na rede elétrica

Uma vez apresentadas as normas e testes que regeram este trabalho, na seqüência serão mostrados alguns relevantes resultados obtidos ao longo da realização dos testes. Contudo, antes da apresentação dos resultados propriamente ditos, será feita uma abordagem sucinta às curvas de tolerância empregadas para equipamentos eletrônicos.

C. Curvas de Tolerância

O conceito de curva de tolerância para sensibilidade de equipamentos eletrônicos foi introduzido em 1978 por Thomas Key. Quando estudou a confiabilidade do suprimento de energia elétrica para instalações militares, ele concluiu que afundamentos de tensão de curta duração poderiam prejudicar a operação normal dos grandes computadores destas instalações. Como resultado deste estudo foi criada a curva CBEMA, que fornece limites de tolerância para computadores no que tange a distúrbios de tensão no sistema elétrico.

Esta curva também fornece a tolerância de computadores para elevações de tensão de curta duração, onde se percebe que a suportabilidade não depende apenas da magnitude da sobretensão, mas ao mesmo tempo do seu período de duração.

Apesar da curva CBEMA ter sido originalmente proposta para caracterizar a sensibilidade de computadores, ela tem sido também utilizada para outros equipamentos eletroeletrônicos. Desta forma, foi revisada e modificada para caracterizar melhor a sensibilidade destes equipamentos,

surgindo, então a curva ITIC (Information Technology Industry Council), mostrada na figura 5.

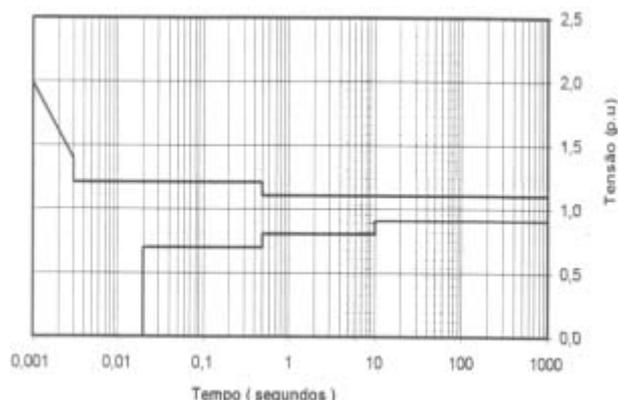


Figura 5 – Curva ITIC

Esta curva fornece tolerâncias um pouco mais rígidas a afundamentos de tensão que a curva CBEMA, uma vez que monitoramentos da qualidade da energia têm mostrado que a maioria das ocorrências de afundamentos de tensão está abaixo da tolerância verificada na curva CBEMA.

Na figura, a área relacionada a tensões abaixo do valor nominal (100%), representa os limites dentro dos quais um equipamento típico pode resistir a distúrbios sem apresentar mau funcionamento. Nota-se que a sensibilidade/suportabilidade de um computador é fortemente dependente do período de duração do distúrbio.

Não obstante as curvas apresentadas, vale ressaltar que a IEC, apesar de não fornecer tal instrumento, estabelece níveis para testes, como pôde ser observado nos itens anteriores, os quais são aceitos internacionalmente para avaliar a imunidade de equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos a distúrbios eletromagnéticos.

VI. RESULTADO DOS ENSAIOS

Os resultados dos testes realizados para cada equipamento foram anotados em planilhas, onde constam informações tais como amplitude dos eventos de tensão, duração, níveis de tensão e corrente dos circuitos internos de cada equipamento, observações quanto a alterações no funcionamento, dentre outras. Desta forma, ao final dos ensaios, os dados obtidos dos equipamentos foram compilados de maneira a explicitar, através de curvas, a sensibilidade/suportabilidade de cada tipo de equipamento aos fenômenos impostos.

Vale citar que as curvas foram traçadas em escala logarítmica de forma que fosse possível a apresentação das curvas dentro de um mesmo plano.

Assim sendo, a seguir são apresentados os resultados e constatações para cada tipo de equipamento testado.

A. Televisores

Os testes em televisores foram realizados em 7 equipamentos de diferentes marcas. Dos testes pode-se constatar que:

- Somente dois equipamentos conseguiram passar totalmente imunes nos testes de afundamentos de tensão previstos pela IEC;

- Cinco equipamentos sofreram queima de algum componente interno durante os ensaios de impulso.

A figura 6 mostra a curva de sensibilidade/suportabilidade obtida a partir dos ensaios realizados para um dos equipamentos.

Os resultados dos testes indicaram que a maioria dos aparelhos de TV tem uma grande sensibilidade a afundamentos de tensão e apresentaram danos quando submetidos aos ensaios de impulso, dentro dos testes especificados pela IEC. Contudo, nota-se que a sensibilidade/suportabilidade dos televisores superaram àquela prevista pela curva ITIC (CBEMA).

B. Fontes de Computador

Com relação às fontes de computadores, foram testadas de forma que a potência total suprida de cada uma das sete unidades fosse cerca de 1/3 do valor da potência nominal especificado pelo fabricante. Assim, pôde-se verificar que:

- Para os ensaios de afundamento de tensão, constatou-se que, sempre que os valores da tensão nos barramentos estabilizados (5V e 12V) reduziram em 25% do valor em regime permanente, ocorria algum tipo de alteração no funcionamento do computador, até mesmo desligamento total dos mesmos. Das sete amostras avaliadas, quatro apresentaram tais problemas;
- Quanto aos ensaios de impulso, todas as fontes sofreram algum tipo de dano elétrico antes de se atingir o maior nível de tensão previsto pela norma IEC, isto é, 4 KV.

A figura 7 mostra a curva de tolerância a eventos de tensão para uma das fontes testadas.

As fontes de computadores se mostraram menos sensíveis aos afundamentos de tensão em relação à curva ITIC, mas não tiveram bom desempenho frente aos ensaios previstos pela IEC, seja para afundamentos de tensão ou impulsos. Os ensaios mostraram que dentre todos os equipamentos testados, estes foram os menos robustos.

C. Equipamentos de DVD

Os aparelhos de DVD's foram mantidos em funcionamento normal, com a função de reprodução de vídeo ativada ao longo dos ensaios. A figura 8 mostra a curva de sensibilidade/suportabilidade para uma das amostras avaliadas. Desta forma observou-se que:

- Os DVD's apresentaram o melhor desempenho com relação aos ensaios de afundamentos de tensão, sendo que não foram constatadas quaisquer anormalidades em seus funcionamentos;
- Com relação aos ensaios de impulso, foi constatado que todas três amostras analisadas tiveram os fusíveis de proteção queimados quando submetidos a valores de impulso inferiores a 2,8 kV, caracterizando a baixa suportabilidade destes equipamentos a este tipo de distúrbio.

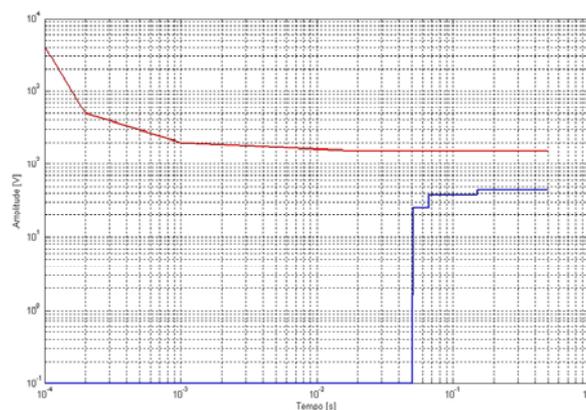


Figura 6 – Curvas de tolerância à eventos de tensão para um equipamento televisor

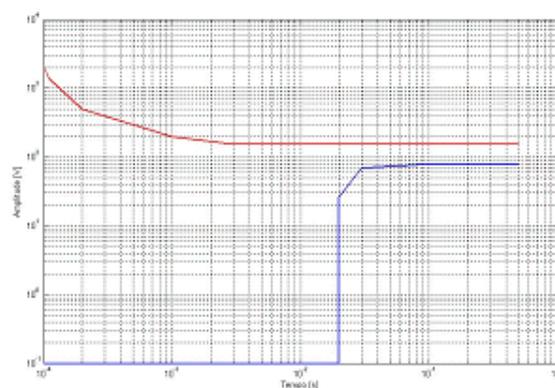


Figura 7 – Curvas de tolerância à eventos de tensão para um computador.

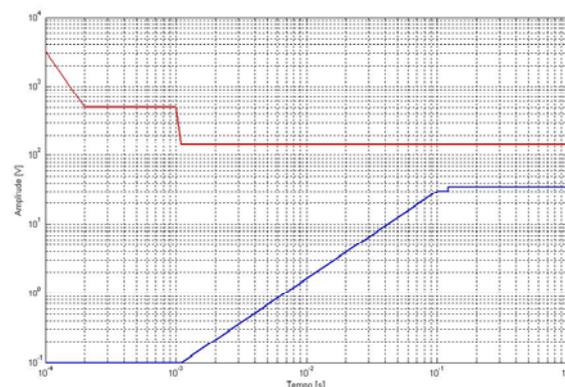


Figura 8 – Curvas de sensibilidade/suportabilidade à eventos de tensão para um equipamento DVD.

D. Rádio-relógio

Os aparelhos rádio-relógios foram testados de forma que o visor luminoso do relógio estivesse ajustado para uma determinada hora e o rádio estivesse ligado. Dos ensaios, puderam ser extraídas as seguintes informações:

- Durante os testes normalizados de afundamento de tensão não houve alteração no funcionamento de qualquer uma das duas funções, a não ser por um leve ruído no áudio do rádio;
- Quanto aos ensaios de impulso, uma das amostras sofreu dano permanente, com a queima completa do transformador da fonte alimentado-

ra ao patamar de 3,6 kV de impulso. A segunda amostra passou pelos testes sem apresentar problemas.

Na figura 9 pode-se visualizar a curva de tolerância para um rádio relógio.

Pode-se constatar pelos ensaios que este tipo de equipamento se mostrou bastante robusto tanto aos afundamentos de tensão quanto aos impulsos propagados pela rede alimentadora, seja avaliado pela ótica da curva ITIC (CBEMA), seja pelos ensaios de sensibilidade/suportabilidade da IEC.

E. Equipamento de som

Para os ensaios com os equipamentos de som, vale citar que estes foram testados tanto em modo de reprodução de CD quanto em modo de rádio. Desta forma, pôde-se avaliar as alterações no funcionamento do equipamento advindas dos distúrbios impostos na tensão de alimentação para as duas situações. Dos ensaios, as seguintes constatações foram observadas:

- As três amostras avaliadas passaram com sucesso à bateria de testes normalizados pela IEC 61000-4-11. Não houve qualquer alteração no funcionamento dos equipamentos;
- Com relação aos ensaios de impulso, dois equipamentos sofreram danos com a queima do fusível de proteção da fonte de alimentação.

A figura 10 ilustra a curva de sensibilidade/suportabilidade para uma das amostras analisadas.

F. Geladeiras

Para os testes em geladeiras foi adotada a estratégia de manter o equipamento em funcionamento em regime permanente por pelo menos 5 minutos antes do início dos ensaios, de forma a garantir a estabilidade da corrente de alimentação das mesmas.

Sendo assim, os testes foram realizados e foram observados os seguintes pontos:

- Os quatro equipamentos testados foram bem sucedidos nos ensaios de afundamento de tensão, não apresentando problemas em seu funcionamento durante a ocorrência dos eventos. Todavia, pôde-se notar uma pequena tremulação nos motores dos compressores no instante de retorno da tensão;
- Quanto aos ensaios de impulso, todos equipamentos, apesar de não sofrerem qualquer avaria no sistema de compressão, tiveram suas lâmpadas de iluminação interna queimadas com valores de impulso de 3,4 kV.

A figura 11 mostra a curva sensibilidade/suportabilidade para um dos refrigeradores testados.

Da mesma forma que para os demais equipamentos, não foram feitas análises com relação aos impactos dos afundamentos de tensão para a redução na curva de vida útil dos refrigeradores. Todavia, pode-se estimar que esta sofrerá alguma redução, sobretudo, devido ao efeito do retorno da tensão nominal para as partes mecânicas, os quais podem sofrer desgastes com a tremulação sofrida pelo conjunto motor/compressor.

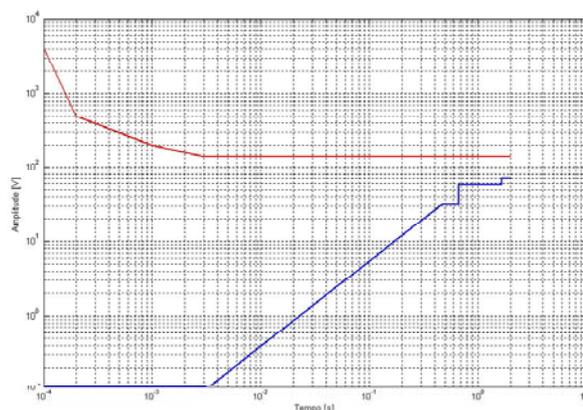


Figura 9 – Resultado dos ensaios de VTCD para rádio-relógio.

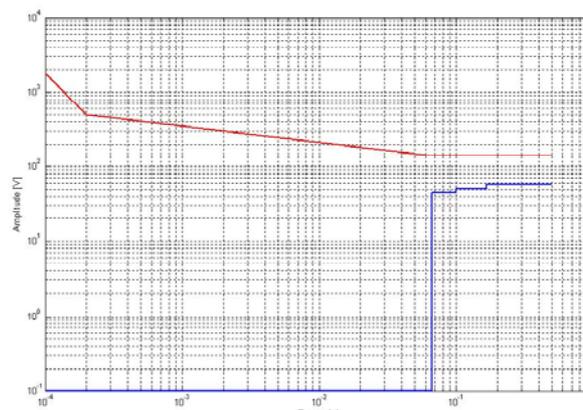


Figura 10 – Curvas de tolerância a VTCD's e transitórios para um equipamento de som

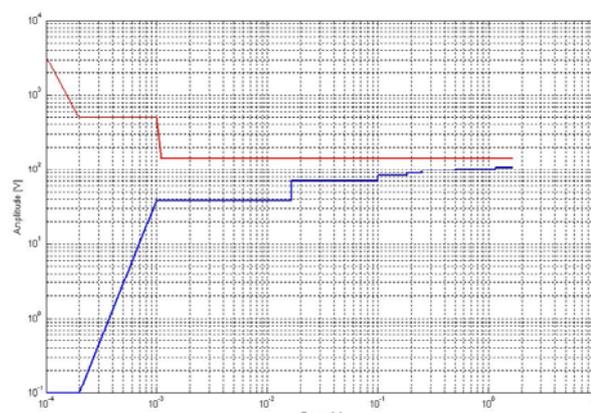


Figura 11 – Curvas de sensibilidade/suportabilidade à eventos de tensão para um refrigerador.

VII. CONCLUSÕES

O presente artigo teve por objetivo apresentar os resultados do projeto de P&D de avaliação dos limites de parâmetros de qualidade de energia aceitáveis para prevenir danos em eletrodomésticos. Neste sentido, foram apresentadas as metodologias empregadas para a realização dos estudos, bem como as principais normas internacionais utilizadas para a obtenção das curvas de tolerância a eventos de tensão para alguns eletrodomésticos.

Assim, os resultados obtidos ao longo da execução dos ensaios evidenciaram que, de uma forma geral, os eletrodomésticos testados tiveram um bom desempenho com relação à curva ITIC (CBEMA). No entanto, o mesmo não ocorre

quando da aplicação dos testes da IEC.

Pode-se constatar que, com exceção dos refrigeradores, os demais sofreram algum tipo de dano comprometedor quando submetidos a impulsos na tensão de alimentação. Episódio que vem sinalizar para uma melhor avaliação, por parte dos fabricantes de eletrodomésticos, da suportabilidade a impulsos na tensão de alimentação. Em média, os equipamentos testados não tiveram problemas de sensibilidade com níveis de afundamentos superiores a 60% da tensão nominal e suportaram impulsos de tensão inferiores a 2 kV.

Finalmente, vale ressaltar que os testes não foram capazes de avaliar a redução de vida útil dos eletrodomésticos causada pela aplicação de sucessivos eventos na tensão de alimentação.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- [1] MAMEDE, J. Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis, São Paulo: Érica, 2000.
- [2] CABREIRA, M.F.R.R, Compatibilidade Eletromagnética, Apostila, Curso de Especialização em Sistemas Elétricos Industriais, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2000.
- [3] CIGRE. Guide on EMC in Power Plants and Substations, Apostila, Paris, 1997.
- [4] ROSS, R.P. Análise de Afundamentos de Tensão, in: Anais do III Seminário Brasileiro sobre Qualidade da energia Elétrica, Brasília-DF, 1999.
- [5] IEC Std 61000-4-11 – Eletromagnetic Compatibility (EMC), part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity test, Edition 1.1, 2001-
- [6] IEC Std 61000-4-5 – Eletromagnetic Compatibility (EMC), part 4-11: Testing and measurement techniques – Surge Immunity Test.
- [7] IEC CISPR-14-2, Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electric motor-operated and thermal appliances for household and similar purposes, electric tools and similar electric apparatus; Aspectos Práticos, 1985.
- [8] TEIXEIRA, M.D. Uma Estrutura Laboratorial para Testes de Desempenho de Equipamentos no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica, Dissertação de Mestrado, Uberlândia-MG, Julho de 2003.
- [9] PENICHE, R. A., Modelagem e Análise de Desempenho de Equipamentos Eletroeletrônicos diante de Distúrbios de Qualidade da Energia – Enfoque: Aparelhos de DVD, Fax e Tel.sem Fio, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia – MG, Maio, 2004.
- [10] TAVARES, C. E., Modelagem e Análise de Desempenho de Equipamentos Eletroeletrônicos diante de Distúrbios de Qualidade da Energia, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia – MG, Maio, 2004.