

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



**UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DO
TEMPO DE USO DOS EQUIPAMENTOS NO
APLICATIVO APR E ESTUDOS AVALIATIVOS
DE CASOS REAIS DE PID'S**

Fernando Gadenz

Uberlândia, Novembro de 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DO TEMPO DE
USO DOS EQUIPAMENTOS NO APLICATIVO APR E
ESTUDOS AVALIATIVOS DE CASOS REAIS DE PID'S**

FERNANDO GADENZ

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, perante a Banca Examinadora abaixo, como parte dos requisitos necessários á obtenção do título de Mestre em Ciências.

José Carlos de Oliveira, PhD. (Orientador) - UFU
Aloísio de Oliveira, Dr. - UFU
Milton Itsuo Samesima, Dr. - UFU
Carlos Eduardo Tavares, Dr. - UFU
Ubiratan Holanda Bezerra, Dr. - UFPA

Uberlândia, Novembro de 2010.

UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DO TEMPO DE USO DOS EQUIPAMENTOS NO APLICATIVO APR E ESTUDOS AVALIATIVOS DE CASOS REAIS DE PID'S

FERNANDO GADENZ

Dissertação apresentada por Fernando Gadenz à Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Prof. José Carlos de Oliveira, PhD.
Orientador

Prof. Alexandre Cardoso, Dr.
Coordenador do Curso de
Pós-Graduação

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Arduino e Inês, aos meus irmãos e a minha noiva Valquíria, pelo apoio, compreensão, amor e incentivo, essenciais para a realização desta dissertação, bem como para todos os obstáculos e desafios superados em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **DEUS** por mais um objetivo alcançado. Pela concessão da graça da vida, pela constante companhia nos momentos mais difíceis e sempre por me proteger e orientar ao longo da vida.

De maneira muito especial, apresento meus sinceros agradecimentos ao Professor **José Carlos de Oliveira** pela orientação, apoio, incentivo e colaboração a mim dispensada, fundamental para a realização de todas as etapas desta dissertação.

Aos professores da UFMT **Bambirra, Arnulfo, Jackson Pacheco e Tereza** pela amizade, auxílio e responsáveis pelo despertar de meu interesse por este trabalho, os quais sempre me incentivaram durante os anos de graduação.

Aos amigos **José Nelson e Orlando**, companheiros de longa jornada, agradeço a cumplicidade e apoio que tornam esta conquista ainda mais significativa.

Aos colegas e amigos da Pós Graduação, **Carlos Eduardo “Cadu”, Marcus Vinícius e Isaque** pelo companheirismo e importante apoio que me deram desde o início deste trabalho.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Uma questão bastante controversa e que assume crescente importância no cenário nacional corresponde aos assuntos contemplados dentro da sigla PID (Pedidos de Indenização por Danos). Esta área, dentre outros aspectos, tem por objetivo oferecer respostas para as mais distintas solicitações de indenização por danos ocorridos em equipamentos instalados junto aos consumidores residenciais, comerciais e industriais. Com este foco, o tema em pauta tem por função primordial correlacionar eventuais danos em equipamentos com ocorrências manifestadas nas redes elétricas, emitindo, assim, um parecer final sobre o nexo causal entre os fenômenos e seus efeitos. Neste contexto, os procedimentos atuais seguem uma linha bastante empírica e, a busca por meios computacionais, fundamentados nos princípios da ciência e tecnologia, surge como uma alternativa importante, consistente e imparcial para a busca das almejadas respostas. É pois dentro deste cenário que encontra-se inserida a presente dissertação, a qual, somado a outras questões, contribui em duas direções: a primeira voltada para a proposição e incorporação, num programa já desenvolvido (APR), dos efeitos associados com o tempo de uso dos equipamentos, e a segunda encontra-se direcionada para a realização de estudos investigativos visando a validação do software. Esta última contribuição encontra-se alicerçada em 25 (vinte e cinco) casos reais de pedidos de ressarcimento ocorridos no âmbito do sistema de distribuição da concessionária Centrais Elétricas Matogrossenses S.A – CEMAT e na correlação entre os indicativos do programa e as ações tomadas pela empresa.

Palavras-Chave: Aplicativo computacional, Simulação de ocorrências, Ressarcimento de danos, Qualidade de energia.

ABSTRACT

A very controversial issue that assumes increasing importance in the national scenario is related to the well area known as Refunding Request for Damages. This subject, amongst other aspects, aims at providing means to support the necessary answer to the consumers when a equipment damage is claimed due to a occurrence in the electrical network. With this in mind, the main idea consists in establishing a correct relationship between power system distribution or transmission phenomena with a given required demand for refunding. In this way, the conventional procedures actually in practice are quite empirical and the search for computational means to provide the required answer appears as an attractive scientific and technique base approach. Using this approach it is believed that a more consistent and impartial method would be of great help to accomplish the focused matter. Within this context, this dissertation aims to contribute in two specific topics: the first is associated to a methodology to cope with the equipment time of use and its insertion in the so called APR software. The second target goes towards the investigation of 25 cases of real refunding requests occurred at the Centrais Eletricas Matogrossenses – CEMAT so as to provide a first step towards the validation procedure of the overall procedures.

Keywords: Computational applicative, simulation events, equipment refunding, power quality.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.2 - ESTADO DA ARTE SOBRE O TEMA CENTRAL DESTA PESQUISA.....	20
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DESTA DISSERTAÇÃO.....	25
1.4 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	26

CAPÍTULO II

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O APLICATIVO APR E ESTRATÉGIA PARA OS ESTUDOS DE PID'S

2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	28
2.2 – CÁLCULO DAS SOLICITAÇÕES DIELÉTRICAS E TÉRMICAS.....	29
2.2.1 – Solicitação Dielétrica.....	30
2.2.2 – Solicitação Térmica.....	31
2.2.2 – Metodologia para a Análise de Consistência dos Pedidos de Ressarcimento.....	32
2.3 – CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O APR.....	33
2.4 - CONDIÇÕES OPERATIVAS E MANOBRAS UTILIZADAS COMO FONTES DE DISTÚRBIOS.....	36
2.4.1 – Religamento Tripolar.....	37
2.4.2 – Descarga Atmosférica.....	39
2.4.3 – Manobra Monopolar.....	42
2.5 - CONEXÃO DA “UNIDADE CONSUMIDORA”	43

2.6 - CONEXÃO DO “EQUIPAMENTO DANIFICADO”	45
2.7 - AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES SOBRE O NEXO CAUSAL.....	48
2.8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49

CAPÍTULO III

SIMULAÇÃO DE CASOS REAIS DE PEDIDOS DE RESSARCIMENTO DE DANOS ELÉTRICOS

3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	51
3.2 – CASOS ESTUDADOS.....	52
3.2.1 - Caso 1 - Televisor (Distúrbio: religamento tripolar).....	57
3.2.2 - Caso 2 - Microondas (Distúrbio: religamento tripolar).....	63
3.2.3 - Caso 3 - Televisor (Distúrbio: descarga atmosférica).....	69
3.2.4 - Caso 4 – Aparelho de Fax (Distúrbio: manobra monopolar).....	72
3.2.5 - Caso 5 – Aparelho de Som (Distúrbio: manobra monopolar)....	76
3.2.6 - Caso 6 – Refrigerador (Distúrbio: manobra monopolar).....	81
3.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	84
3.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA PARA INCORPORAÇÃO DO TEMPO DE USO DOS EQUIPAMENTOS

4.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	91
4.2 - METODOLOGIA PARA INSERÇÃO DO TEMPO DE USO DOS EQUIPAMENTOS.....	93
4.3 - CARACTERÍSTICAS DE SUORTABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS.....	95

4.3.1 – Suportabilidade Dielétrica.....	97
4.3.2 – Suportabilidade Térmica.....	99
4.4 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	100
4.4.1 – Curvas de Suportabilidade Dielétrica e Térmica.....	101
4.5 – CASOS ANALISADOS.....	103
4.5.1 – Análise do Caso 9 (Manobra Monopolar).....	105
4.5.2 – Análise do Caso 23 (Religamento Tripolar).....	108
4.6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES GERAIS.....	114
------------------------	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
---------------------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Tensão de suprimento contendo um transitório oscilatório.....	30
Figura 2.2 – Síntese das etapas do processo de análise.....	33
Figura 2.3 – Estrutura do aplicativo APR.....	34
Figura 2.4 – Tela inicial do APR.....	35
Figura 2.5 – Configuração de Simulação.....	36
Figura 2.6 – Parâmetros do Religamento Tripolar.....	38
Figura 2.7 – Forma de onda de uma descarga atmosférica.....	40
Figura 2.8 – Parâmetros da Descarga Atmosférica.....	41
Figura 2.9 – Parâmetros da Manobra Monopolar.....	42
Figura 2.10 – Possibilidades para a conexão dos equipamentos.....	46
Figura 2.11 – Seleção do padrão de suportabilidade.....	47
Figura 2.12 – Atalho para desconectar componentes.....	49
Figura 3.1 – Equipamentos selecionados no APR.....	54
Figura 3.2 – Principais distúrbios envolvidos.....	55
Figura 3.3 – Sistema elétrico simplificado referente ao Caso 1.....	59
Figura 3.4 – Configuração da atuação do religador - Caso 1.....	60
Figura 3.5 – Tensão na entrada do equipamento - Caso 1.....	61
Figura 3.6 – Corrente de entrada do equipamento - Caso 1.....	61
Figura 3.7 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar - Caso 1.....	62
Figura 3.8 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar - Caso 1.....	62
Figura 3.9 – Configuração da atuação do religador- Caso 2.....	65

Figura 3.10 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar - Caso 2.....	66
Figura 3.11 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar - Caso 2.....	66
Figura 3.12 – Análise comparativa das solicitações dielétricas (banco de capacitores desconectados) - Caso 2.....	68
Figura 3.13 – Tensão na entrada do equipamento (banco de capacitores desconectados) - Caso 2.....	68
Figura 3.14 – Corrente de entrada do equipamento (banco de capacitores desconectados) - Caso 2.....	69
Figura 3.15 – Configuração da descarga atmosférica- Caso 3.....	70
Figura 3.16 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma descarga atmosférica- Caso 3.....	71
Figura 3.17 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma descarga atmosférica- Caso 3.....	71
Figura 3.18 – Configuração da manobra monopolar - Caso 4.....	74
Figura 3.19 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 4.....	74
Figura 3.20 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 4.....	75
Figura 3.21 – Configuração da manobra monopolar - Caso 5.....	77

Figura 3.22 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 5.....	78
Figura 3.23 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 5.....	78
Figura 3.24 – Análise comparativa (PR's 15kV desconectados) - Caso 5.....	80
Figura 3.25 – Tensão na entrada do equipamento (PR's 15kV desconectados) - Caso 5.....	80
Figura 3.26 – Corrente na entrada do equipamento (PR's 15kV desconectados) - Caso 5.....	81
Figura 3.27 – Configuração da manobra monopolar - Caso 6.....	82
Figura 3.28 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 6.....	83
Figura 3.29 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 6.....	83
Figura 4.1 – Curva típica para a suportabilidade dielétrica e térmica de um equipamento.....	95
Figura 4.2 – Modelagem da curva de suportabilidade dielétrica.....	97
Figura 4.3 – Modelagem da curva de suportabilidade térmica.....	99
Figura 4.4 – Curvas de suportabilidade dielétrica dos aparelhos de TV (novo e usado).....	102
Figura 4.5 – Curvas de suportabilidade térmica dos aparelhos de TV (novo e usado).....	103
Figura 4.6 – Tela do Aplicativo APR (tempo de uso).....	104

Figura 4.7 – Tensão na entrada do aparelho televisor (Caso 09 - manobra monopolar).....	105
Figura 4.8 – Corrente na entrada do aparelho televisor (Caso 09 - manobra monopolar).....	105
Figura 4.9 (a) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto novo.....	106
Figura 4.9 (b) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto usado.....	107
Figura 4.10 (a) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto novo.....	107
Figura 4.10 (b) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto usado.....	108
Figura 4.11 – Tensão na entrada do aparelho televisor (Caso 23 – religamento tripolar).....	109
Figura 4.12 – Corrente na entrada do aparelho televisor (Caso 23 – religamento tripolar).....	109
Figura 4.13 (a) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto novo.....	110
Figura 4.13 (b) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto usado.....	110
Figura 4.14 (a) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto novo.....	111
Figura 4.14 (b) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto usado.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Quadro resumo de trabalhos realizados na área de sensibilidade e/ou suportabilidade de equipamentos.....	21
Tabela 3.1 – Relação dos casos simulados.....	52
Tabela 3.2 – Relação de equipamentos reclamados.....	54
Tabela 3.3 – Principais distúrbios envolvidos.....	56
Tabela 3.4 – Dados dos componentes do sistema elétrico do Caso 1.....	58
Tabela 3.5 – Resultados obtidos pelo APR.....	85
Tabela 3.6 – Parecer Final do APR.....	86
Tabela 3.7 – Valores pagos pela concessionária.....	86
Tabela 3.8 – Resultados obtidos.....	87
Tabela 4.1 – Fatores de depreciação em função do tempo de utilização do equipamento.....	94
Tabela 4.2 – Resultados obtidos pelo APR (equipamento novo).....	104

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os Pedidos de Indenização por Danos-PID's, aliados a recente publicação da Resolução ANEEL nº 360/2009, aperfeiçoando a Resolução Normativa nº 61/2004, determinam as disposições relativas ao ressarcimento de danos em equipamentos elétricos instalados em unidades consumidoras. O tema em pauta, diante da sua relevância social e também da grande diversidade de distúrbios passíveis de manifestação nas redes elétricas representa, na atualidade, tema de extrema importância.

Dentro do contexto geral deste assunto vale lembrar que compete à Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL, regular os serviços de energia elétrica, tendo, dentre outros objetivos, a busca do equilíbrio entre os interesses do consumidor e da concessionária, e no caso em específico, emitir documentos voltados para a definição das diretrizes às questões de ressarcimento.

Segundo estudos realizados pela Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição-SRD da ANEEL no ano 2007, 51% dos casos de solicitação de ressarcimento de danos elétricos de oito grandes concessionárias

de distribuição do país não estavam corretos, ou seja, para as concessionárias não houve nexo de causalidade quando, de fato, restou comprovado o contrário.

As controvérsias entre as partes são inevitáveis visto que os suprimentos elétricos vêm se apresentado com características notadamente diferentes daquelas consideradas ideais [1], fato este que pode produzir impactos e, para muitas situações, comprometimentos dos dispositivos que perfazem os consumos residenciais, comerciais e industriais [2]. De fato, se de um lado os desvios dos padrões ideais das alimentações elétricas tendem a um crescente aumento, de outro, os equipamentos de tecnologias mais recentes, geralmente mais sensíveis e vulneráveis aos distúrbios originados nas redes de distribuição, podem sofrer danos físicos permanentes, dependendo do grau de severidade da extensa variedade de fenômenos ocorridos em um sistema de energia elétrica, exigindo sua reparação ou reposição [3], [4] e [5]. Estes fenômenos podem manifestar-se em vários pontos da rede elétrica, os quais podem ser de natureza local (dentro da própria instalação consumidora), ou um distúrbio de natureza externa ou remota.

Atualmente, pelo crescente acesso à informação e maior divulgação dos direitos do consumidor, a população encontra-se melhor informada e mais consciente dos seus direitos enquanto consumidores. Diante destes aspectos, tem-se constatado um aumento significativo dos pedidos de ressarcimento feitos por consumidores atendidos em baixa tensão às empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica, devido aos danos em equipamentos eletroeletrônicos, possivelmente ocasionados por problemas na qualidade da energia elétrica de suprimento. Estas situações de conflito entre consumidor e concessionária têm crescido e se mostra com uma taxa extremamente elevada, fato este que permite concluir que, num futuro próximo, o assunto em pauta se apresentará como um dos mais relevantes pontos impactantes sobre o relacionamento entre os fornecedores e os consumidores de energia [6].

Dentro desta perspectiva, os Pedidos de Indenização por Danos apresentam-se como tema de grande importância no âmbito das concessionárias de energia elétrica e isto, indiscutivelmente, leva a necessidade da busca de meios para oferecer a resposta de forma confiável, tecnicamente fundamentada, com a devida rapidez, dentre outros quesitos. A questão ganha maior relevância se considerados os recursos financeiros envolvidos.

O agravante desta situação é que, nos termos presentes, a grande maioria das empresas de energia elétrica não possui registros de grandezas elétricas associadas às ocorrências de campo e tampouco processos sistematizados que permitam correlacionar de maneira precisa os fenômenos envolvidos com os padrões de suportabilidade dos equipamentos eletroeletrônicos. Desta maneira, geralmente resta às concessionárias apenas investigar a existência do nexo de causalidade, procedimento este que, no momento, ocorre de forma extremamente simplificada, utilizando para tanto, mecanismos fundamentados em inspeções visuais dos produtos danificados e uma eventual correlação com um ou outro distúrbio ocorrido na rede.

No intuito de estabelecer meios para sistematizar um procedimento para correlacionar um dano ocorrido em um equipamento eletroeletrônico e uma manifestação eventualmente responsável pelo distúrbio na tensão ao qual seria atribuído o efeito final, a utilização de ferramentas computacionais surge como uma metodologia promissora para fornecer informações e pareceres conclusivos sobre a matéria. Dentro deste princípio, a concepção desta estratégia passaria, necessariamente, pelas seguintes etapas:

- Caracterização do dano, modelagem da rede elétrica desde o ponto de incidência do distúrbio até o consumidor reclamante;
- Representação do equipamento danificado;
- Propagação dos fenômenos ocorridos até os terminais de entrada do produto reclamado;

- Determinação das tensões e correntes no ponto de conexão do equipamento danificado;
- Transformação das tensões e correntes impactantes em esforços dielétricos e térmicos;
- Análise comparativa entre os esforços dielétricos e térmicos com os respectivos limites de suportabilidade;
- Emissão de um parecer sobre a possibilidade ou não dos danos reclamados.

Desta maneira, a simulação em ambiente computacional para avaliar o desempenho de um sistema de distribuição e, conseqüentemente, qualificar e quantificar as perturbações ocorridas e seus efeitos e impactos nos equipamentos conectados ao sistema, apresenta-se como uma ferramenta fundamentada em princípios físicos e técnicos isentos de interesses de uma ou outra parte.

Seguindo esta filosofia, o Grupo de Pesquisadores da Universidade Federal de Uberlândia, atuante na área da Qualidade da Energia Elétrica, ao longo da última década, concebeu, desenvolveu, implementou e realizou testes avaliativos iniciais em um aplicativo computacional destinado a cumprir as metas supra delineadas.

Neste particular, a referência [7] sintetiza resultados de uma estratégia computacional para análise de pedidos de ressarcimento de danos, onde os cálculos e os processamentos internos utilizam as rotinas do ATP (Alternative Transients Program). Esta plataforma computacional, como ratificado pela sua difusão e aceitação no setor elétrico nacional e internacional, no que tange a modelagem das redes, cálculos dos fenômenos e respectivas propagações, em que pese a obtenção de correntes e tensões até o ponto de conexão do consumidor, se apresenta como uma estratégia confiável e largamente empregada. Tal segurança compreende inúmeros testes de desempenho envolvendo estudos de regime permanente, dinâmicos e transitórios.

Empregando tal estrutura de cálculo, a idéia básica da proposta contida na mencionada referência está alicerçada na obtenção de um aplicativo computacional que correlacione, de forma amigável com o usuário, um mecanismo que permita: modelar a rede de distribuição ou outra com todas suas particularidades e componentes, simular e propagar os efeitos da fonte de distúrbio focada, obter os mencionados esforços dielétricos e térmicos impostos sobre os produtos contemplados no PID e, por fim, através da comparação destes resultados com os limites admissíveis pelo equipamento sob análise, conduzir a informações que permitam constatar a consistência ou não da solicitação em estudo. A ferramenta assim obtida foi denominada por Aplicativo ou Analisador de Pedidos de Ressarcimento-**APR** [7], o qual, através de uma já destacada interface gráfica “amigável” oferece uma gama de modelos representativos dos mais variados dispositivos utilizados por consumidores. Estes modelos, que na atualidade totalizam 33 produtos distintos, foram validados em ensaios laboratoriais, fato este que propicia um respeitável grau de confiabilidade aos resultados.

Neste grande cenário encontra-se a presente dissertação, a qual direciona seus esforços no sentido de avaliar os resultados obtidos por meios computacionais e aplicados a vários casos reais de solicitação de ressarcimento de danos elétricos à concessionária CEMAT. Portanto, as investigações aqui conduzidas visam, acima de tudo, iniciar um processo sistemático para se atingir um nível aceitável de confiabilidade para o APR objetivando atingir um estágio tal que esta ferramenta se configure como uma alternativa confiável, segura, consistente e isenta de maiores interesses entre as partes envolvidas no processo. A idéia fundamental está alicerçada em identificar situações concretas ocorridas em campo, modelar a situação tanto no que se refere ao distúrbio, rede e equipamento reclamado, e, por fim, correlacionar os resultados emitidos pelo programa com os pareceres e decisões tomadas pela empresa supridora local através de seus mecanismos tradicionais.

1.2 ESTADO DA ARTE SOBRE O TEMA CENTRAL DESTA PESQUISA

Após exaustivos estudos da bibliografia atual encontrada pelos meios tradicionais de acesso, obteve-se um expressivo conjunto de informações que sintetizam distintos trabalhos de pesquisa e avanços do conhecimento no contexto específico desta dissertação. Por questões didáticas, apresenta-se, nesta seção, um resumo dos principais assuntos e respectivas bibliografias encontradas, dividindo-as em áreas afins e atreladas com a meta deste trabalho.

Nas referências [1, 2, 8, 9 e 10] podem-se encontrar conceitos, definições e uma extensa descrição dos distúrbios relacionados com a qualidade da energia elétrica. Complementarmente, em [11] apresentam-se formas para categorizar problemas relativos à qualidade de energia. No que se refere a experiência mundial sobre a interação entre os padrões de sensibilidade e suportabilidade dos equipamentos usualmente encontrados em instalações consumidoras, a Tabela 1.1 mostra, de forma resumida, trabalhos de pesquisa realizados por diversas instituições nacionais e internacionais a respeito da sensibilidade e suportabilidade de equipamentos, quando submetidos a suprimento de energia com qualidade comprometida. São explicitados os efeitos sobre o desempenho dos mesmos e, dependendo do caso, traçadas as respectivas curvas de sensibilidade e/ou suportabilidade. Observa-se que, grande parte dos estudos realizados avalia os desempenhos de equipamentos de tecnologia mais recente e, aplicando-se apenas um dos itens utilizados na avaliação da qualidade do suprimento de energia, no caso, afundamentos temporários de tensão. Outros estão relacionados com dois ou três indicadores de qualidade e, somente as referências [12], [13] e [14], consideram o desempenho do equipamento abordando praticamente todos os tipos de distúrbios da qualidade do suprimento.

Tabela 1.1 – Quadro resumo de trabalhos realizados na área de sensibilidade e/ou suportabilidade de equipamentos.

Instituições e/ou Autores	Equipamento	Tipo de Estudo	Resultados
Tavares, Carlos Eduardo - UFU [13]	TV, VCR e Aparelho de som	Distorção harmônica de tensão, flutuações de tensão, VTCD's e transitórios oscilatórios	Boa suportabilidade física para os níveis dos distúrbios aplicados sem, contudo, considerar o tempo de exposição.
Peniche, Rodrigo Antônio - UFU [14]	Telefone sem fio, aparelho de fax e DVD player.	Distorção harmônica de tensão, flutuações de tensão, VTCD's e transitórios oscilatórios	Boa suportabilidade física para os níveis dos distúrbios aplicados sem, contudo, considerar o tempo de exposição.
EPRI [15]	Controladores de resfriamento	Afundamentos de tensão	Afundamentos de tensão acima de 20%, independentes da duração, afetam o funcionamento normal (0,8Vn)
	Testadores de Chips eletrônicos	Afundamentos de tensão	Afundamentos acima de 80% ficam fora de operação (0,2Vn)
	Acionadores CC	Afundamentos de tensão	Interferência no funcionamento a partir de 12% de afundamento (0,88Vn)
	CLP's antigos	Afundamentos de tensão	Por serem mais robustos suportam, por até 15 ciclos, afundamentos de 100% de tensão.
	CLP's modernos	Afundamentos de tensão	Apresentam problemas a partir de 40 a 50% de afundamento (0,6 a 0,5 Vn)
	Robôs	Afundamentos de tensão	Saem de operação a partir de 10% de afundamento (0,9Vn).
	Computadores pessoais	Afundamentos de tensão e interrupções	Este tipo de equipamento, devido aos cuidados tomados na fase de projeto, possui características de operação dadas por curvas de tolerância, função do valor do afundamento x o tempo de duração do mesmo.

Instituições e/ou Autores	Equipamento	Tipo de Estudo	Resultados
W. Eduard Reid (IEEE Transactions on Industry Applications) [16]	Lâmpada de descarga de alta pressão	Afundamento de tensão	Apaga para afundamentos de tensão a partir de 10 a 15%, demorando vários minutos para re-acender (0,90 a 0,85 Vn).
	CLP's utilizados em acionadores CC e CA	Afundamentos de tensão	Operação comprometida a partir de 15% de afundamento (0,85Vn)
	Controladores de velocidade	Afundamentos de tensão	Possuem faixa de operação estreita ($\pm 10\%$), fora desta faixa começam a apresentar problemas.
W. Eduard Reid (IEEE Transactions on Industry Applications) [16]	Bobina de contactores	Afundamentos de tensão	Apresentam sensibilidade para afundamentos entre 25 a 50%, com duração de 1 a 5 ciclos (0,75 a 0,5Vn)
PQTN [17]	CLP's	Afundamentos de tensão	Suportabilidade diferente para cada equipamento testado, variando de 15 a 65% de afundamento (0,85 a 0,35Vn)
Smith, Lamoree, Vinett, Duffy e Klein [18]	Controladores de processos	Afundamentos de tensão	Sensibilidade variável para os equipamentos testados, desde muito sensíveis até totalmente imunes a afundamentos de tensão, por um determinado tempo. Depende do projeto do equipamento.
ITIC [19]	Equipamentos de tecnologia da informação	Afundamentos, interrupções e elevações de tensão	Este tipo de equipamento, devido aos cuidados tomados na fase de projeto, possui características de operação dadas por curvas de tolerância como função do valor do afundamento x tempo de duração do mesmo.
Sekine, Yamamoto, Mori, Saito e Kurokawa [20]	Computadores	Afundamentos e interrupções	Comparativamente aos estudos feitos pela EPRI, os resultados apresentam curvas com maior sensibilidade às interrupções e divergências quanto aos afundamentos.

Instituições e/ou Autores	Equipamento	Tipo de Estudo	Resultados
Anderson & Bowes [21]	Vídeo cassetes, fornos de microondas e relógios digitais.	Afundamentos e elevações de tensão, interrupções e sobre tensões transitórias	Tensões de suprimento com variação de amplitude, forma e duração, dentro dos limites impostos, demonstraram pouca influência na operação dos equipamentos testados.
Smith e Standler [22]	Relógios digitais, televisores, forno de micro ondas, fontes lineares e fontes chaveadas.	Elevações de tensão de 0,5 a 6 kV	Televisores e fontes chaveadas apresentam danos a partir de 4 kV. Fontes lineares e forno de micro ondas, não sofreram danos. Relógios digitais apresentam danos a partir de 1,5 kV.
Arseneau e Ouellette [23]	Lâmpadas fluorescentes compactas: reator eletromagnético com e sem correção de fator de potência e reator eletrônico	Distorção harmônica	Apresentam sensibilidade tanto da qualidade de imagem, como no aquecimento de componentes internos como capacitores, indutores, transformadores, etc.
Fuchs, Roesler e Kovacs [24]	Aparelhos de TV	Distorção harmônica e interharmônicos	Apresentam sensibilidade tanto da qualidade de imagem, como no aquecimento de componentes internos como capacitores, indutores, transformadores, etc.
Santos, Ana Claudia Daroz UFU [25]	Fontes lineares e fontes chaveadas	Afundamentos de tensão, elevações de tensão, interrupções e flutuações de tensão, distorção harmônica.	Ambas as fontes apresentam boa suportabilidade aos distúrbios aplicados.
Carvalho, Bismarck Castillo [26]	Aparelhos condicionadores de ar	Afundamentos de tensão, elevações de tensão, interrupções e flutuações de tensão, distorção harmônica.	Apresenta sensibilidade para afundamentos abaixo de 70% da tensão nominal

Instituições e/ou Autores	Equipamento	Tipo de Estudo	Resultados
Azevedo, Ana Cláudia. [27]	Refrigeradores domésticos	Afundamentos de tensão, elevações de tensão, interrupções e flutuações de tensão, distorção harmônica.	Apresenta sensibilidade para afundamentos abaixo de 70% da tensão nominal
Magalhães, Ricardo Nogueira. [28]	CLP's	Afundamentos de tensão, elevações de tensão, interrupções e flutuações de tensão, distorção.	Apresenta sensibilidade para afundamentos abaixo de 20% da tensão nominal
Hermes R. P. M. de Oliveira., Nelson C. de Jesus, Gustavo B. Viecili [29].	Televisor, aparelho de som portátil, microcomputador, refrigerador, aparelho de microondas	Afundamentos de tensão.	Suportabilidade diferente para cada equipamento testado, sendo o aparelho de som portátil o de maior sensibilidade, desligando com 30% de afundamento em 6 ciclos.

A referência [16] consolida trabalhos realizados pelo EPRI, ITIC e CBEMA, descrevendo alguns dos resultados obtidos por estes organismos. Mais importante, contudo, é a conclusão dos pesquisadores quando colocam que, a questão da sensibilidade de equipamentos constitui-se em assunto cuja solução depende das duas partes envolvidas: concessionárias de energia elétrica e fabricantes de equipamentos. Os primeiros, através de ações que objetivem o fornecimento de energia com níveis adequados de qualidade, dentro de limites pré-estabelecidos, passando inclusive pela fiscalização e controle de cargas poluidoras e; os segundos, projetando e produzindo equipamentos com a necessária robustez, de maneira a suportar níveis de deterioração, em amplitude e duração, também dentro dos limites definidos conjuntamente com as concessionárias. É, portanto, através da definição de padrões, mutuamente aceitos, por concessionárias e fabricantes, e estabelecendo-se limites para ambos, que os problemas serão resolvidos ou minimizados.

Dentro deste cenário, a investigação do comportamento de equipamentos elétricos sob o enfoque de redes elétricas com qualidade comprometida é uma tarefa extremamente importante que deve resultar em estratégias de forma que, mesmo submetidos a tais condições adversas, o desempenho e a vida útil destes dispositivos sejam preservados. Se isto não ocorrer, a correlação entre tipos, intensidades de distúrbios e seus impactos sobre os equipamentos devem ser plenamente conhecidos para que os ressarcimentos possam ser analisados à luz de informações técnicas e seguras.

Por fim, vale ressaltar que, dentro do cerne da presente pesquisa, a não ser pelas referências bibliográficas atreladas com o próprio Grupo de Pesquisadores da UFU, não foram encontrados documentos outros que expressem desenvolvimentos e resultados associados com o desenvolvimento de softwares de simulação para os estudos aqui almejados.

1.3 CONTRIBUIÇÕES DESTA DISSERTAÇÃO

Procurando contribuir para o avanço e consolidação do mecanismo computacional contemplado nas discussões anteriores, a saber, o Aplicativo APR, os trabalhos realizados pela presente pesquisa encontram-se centrados em dois pontos focais, Um primeiro, associado com um processo de validação da ferramenta através da seleção de uma diversidade de situações reais ocorridas em campo e, a partir deste conjunto de casos, todos endereçados à concessionária CEMAT no ano de 2007 e ocorridos dentro de um determinado município atendido pela mencionada empresa, proceder estudos investigativos com vistas a validação dos procedimentos sistematizados através do aplicativo em pauta (APR). Um segundo ponto contemplado na pesquisa encontra-se vinculado com a busca de meios para a inclusão, nos estudos avaliativos, do tempo de uso dos equipamentos considerados nas análises.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Em consonância com o exposto, além do presente capítulo introdutório, esta dissertação é desenvolvida obedecendo à seguinte estrutura:

Capítulo II CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O APLICATIVO APR E ESTRATÉGIA PARA OS ESTUDOS DE PID'S

Este capítulo tem por objetivo abordar, de forma geral, os principais distúrbios na rede de distribuição, bem como diversas situações operativas típicas de ocorrência, para fins de simulação computacional. São também contemplados temas atrelados com a configuração destes fenômenos no aplicativo APR.

Capítulo III SIMULAÇÃO DE CASOS REAIS DE PEDIDOS DE RESSARCIMENTO DE DANOS ELÉTRICOS

Esta seção destina-se a utilizar o Aplicativo computacional APR para simulação de casos reais de pedidos de ressarcimento de danos. Os resultados obtidos pelo programa serão comparados com as decisões tomadas pela concessionária, através de seus procedimentos convencionais, de forma a verificar se o pedido de ressarcimento é realmente procedente ou não, de acordo com os resultados do APR.

Capítulo IV METODOLOGIA PARA INCORPORAÇÃO DO TEMPO DE USO DOS EQUIPAMENTOS

Este capítulo tem por objetivo propor uma estratégia para a incorporação nos estudos de casos de PID's, a influência do tempo de uso dos equipamentos eletroeletrônicos, tendo em vista que, com o decorrer do tempo, qualquer produto apresenta desgastes de seus componentes ao longo da vida útil dos mesmos.

Capítulo V CONCLUSÕES GERAIS

Este capítulo destina-se a sintetizar as análises e discussões sobre os principais resultados e constatações feitas durante o desenvolvimento desta dissertação.

CAPÍTULO II

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O APLICATIVO APR E ESTRATÉGIA PARA OS ESTUDOS DE PID'S

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os fenômenos responsáveis pelas ocorrências que justificariam os possíveis nexos causais em relação aos PID's podem se apresentar como advindos de diversas fontes. Algumas seriam produzidas e propagadas pelos cabos de suprimento de energia elétrica, pelos sistemas de aterramento, pelos pontos de conexão das redes de comunicação, etc.

Muito embora a factibilidade de se direcionar o leitor para textos mais detalhados sobre o programa utilizado, entendeu-se, para maior clareza dos trabalhos a serem desenvolvidos, sintetizar, nesta etapa, os principais pontos atrelados com a estrutura, recursos e forma de parametrização envolvidos num processo avaliativo de um ou outro caso associado com uma análise de um pedido de ressarcimento.

Dentro deste enfoque este capítulo também se propõe a realizar um resumo do Aplicativo ressaltado no capítulo anterior, em que pese os seus fins de utilização para a avaliação das questões aqui apontadas, quais sejam, da

averiguação da eventualidade de correlações físicas entre os mais diferentes tipos de ocorrências e os impactos manifestados nos equipamentos danificados.

2.2 CÁLCULO DAS SOLICITAÇÕES DIELÉTRICAS E TÉRMICAS

Acredita-se ser desnecessário tecer maiores detalhes sobre lógica da estratégia que fundamenta os procedimentos sistematizados no aplicativo computacional APR. Esta compreende, simplificada, uma correlação entre os fenômenos ocorridos na rede elétrica e impactantes sobre os equipamentos com os respectivos níveis de suportabilidade destes últimos. No que tange aos meios para a reprodução dos distúrbios, estes encontram-se em consonância com os procedimentos clássicos utilizados pela plataforma ATP, os quais serão oportunamente destacados. Resta pois discutir com maior clareza a questão da transformação dos fenômenos anômalos em esforços sobre os produtos finais instalados junto aos consumidores.

A fundamentação física da metodologia aqui proposta está alicerçada na determinação de duas grandezas básicas vinculadas ao funcionamento dos equipamentos. Uma delas tem por propósito expressar as exigências dielétricas impostas ao equipamento, e a outra, as condições térmicas relacionadas com a anormalidade ocorrida na rede. Uma vez obtidas tais informações, estas são confrontadas com os níveis de suportabilidade dos equipamentos contemplados na análise. Deste modo, os impactos de tensão devem ser avaliados à luz da suportabilidade dielétrica do produto e os relacionados com a corrente devem ser comparados com a suportabilidade térmica correspondente.

Obedecendo tal estratégia, apresentam-se, na seqüência, os procedimentos para os cálculos dos indicadores dielétricos e térmicos associados

com os fenômenos ocorridos no ponto de conexão dos equipamentos focados na análise dos pedidos de ressarcimento.

2.2.1 Solicitação Dielétrica

A Figura 2.1 ilustra um fenômeno hipotético, o qual, como se constata, manifesta-se na forma de um transitório oscilatório. O fenômeno, como indicado, persiste durante um intervalo de tempo compreendido entre os instantes t_1 e t_2 . Também se observa que, durante o mencionado intervalo de tempo, os valores apresentam variações bastante acentuadas de amplitude.

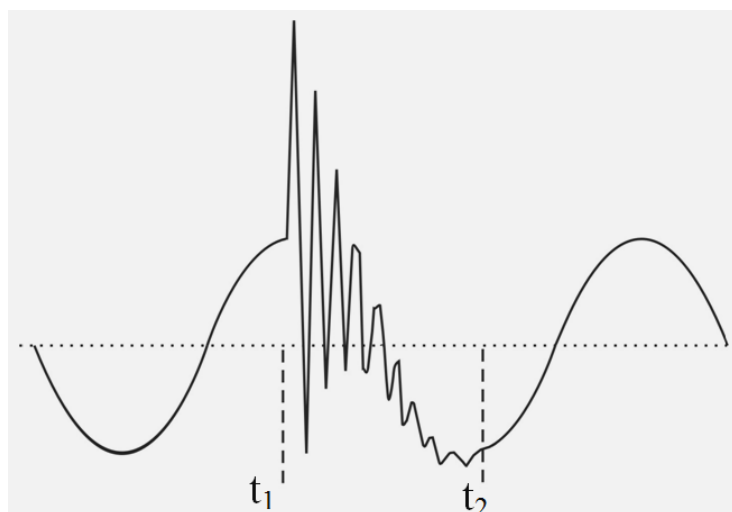


Figura 2.1 – Tensão de suprimento contendo um transitório oscilatório.

Para a conversão do fenômeno mostrado em uma curva indicativa do comportamento da tensão ao longo do tempo, o procedimento adotado consiste em discretizar o período de duração do distúrbio e calcular, para cada instante, um indicador que represente o efeito cumulativo da tensão.

Em consonância com esta meta, o mencionado indicador pode ser calculado através da Equação 1, a qual possui, intrinsecamente, um significado físico similar ao cálculo do valor eficaz ao longo do tempo. Há, todavia, uma

grande diferença em relação ao cálculo convencional do valor eficaz, visto que este exigiria um intervalo de integração correspondente a um período completo da onda senoidal em 60 Hz. De acordo com a proposta contida na Equação 1, o intervalo de tempo é crescente, iniciando pelo instante em que o distúrbio se manifesta (*valor máximo da tensão*) e sofrendo incrementos definidos pelo passo (Δt) escolhido.

$$V_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n}} \quad (1)$$

Onde:

- V_k - valor da solicitação dielétrica para um instante de tempo qualquer;
- V_i - valor instantâneo da tensão para um instante de tempo qualquer;
- n - número de amostras.

A referida expressão fornece as informações necessárias à transformação das tensões impostas em curvas de solicitações dielétricas. Estas curvas, uma vez comparadas com os níveis de suportabilidade dos equipamentos, oferecem as diretrizes para um parecer conclusivo sobre a consistência ou não dos danos em equipamentos.

Finalmente, deve-se ressaltar que a metodologia discutida pode ser diretamente aplicada a qualquer distúrbio que venha a se manifestar na tensão de suprimento, isto é: distorções harmônicas, variações de tensão de curta e longa duração, oscilações de tensão, etc.

2.2.2 Solicitação Térmica

De forma similar ao apresentado para a tensão de suprimento, procede-se, na seqüência, à transformação dos efeitos associados com as alterações ocorridas nas formas de onda das correntes de suprimento dos equipamentos em impactos térmicos. Para tanto, analogamente ao tratamento dado à tensão, adota-

se como grandeza representativa das solicitações térmicas o valor eficaz da corrente.

Dentro dos princípios postulados, a informação associada com os efeitos térmicos pode ser obtida da Equação 2.

$$I_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2}{n}} \quad (2)$$

Onde:

- I_k - valor da solicitação térmica para um instante de tempo qualquer;
- I_i - valor instantâneo da corrente para um instante de tempo qualquer;
- n – número de amostras.

2.2.3 Metodologia para a Análise de Consistência dos Pedidos de Ressarcimento

Uma vez determinadas as solicitações impostas por um distúrbio elétrico na operação de um equipamento, o próximo passo consiste em correlacionar estes valores com os padrões de suportabilidade dos produtos considerados na análise. Assim procedendo, torna-se possível um posicionamento técnico que permita avaliar se os impactos dielétricos e térmicos impostos pela rede de suprimento ou de distribuição teriam sido capazes de causar os danos reclamados. As etapas para se atingir a tal propósito encontram-se sintetizadas na Figura 2.2.

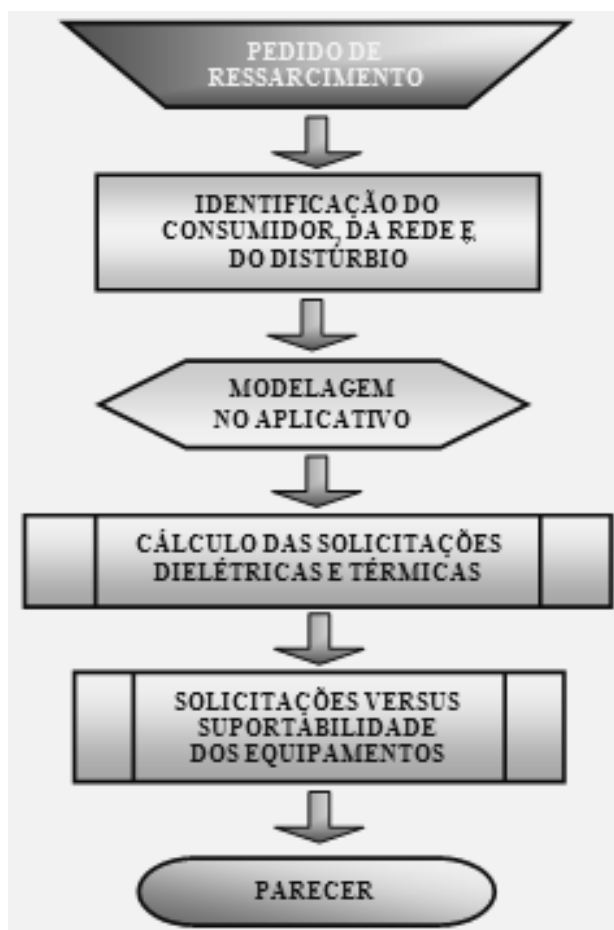


Figura 2.2 – Síntese das etapas do processo de análise.

2.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O APR

A estrutura do aplicativo computacional APR, bem como as funções desempenhadas pelo software é representada através do diagrama de blocos indicado na Figura 2.3. Através do *módulo de simulação* é possível a comunicação interna entre os softwares APR e ATP e, com o usuário, os recursos se apóiam na interface gráfica (desenvolvida em *Borland Delphi*).

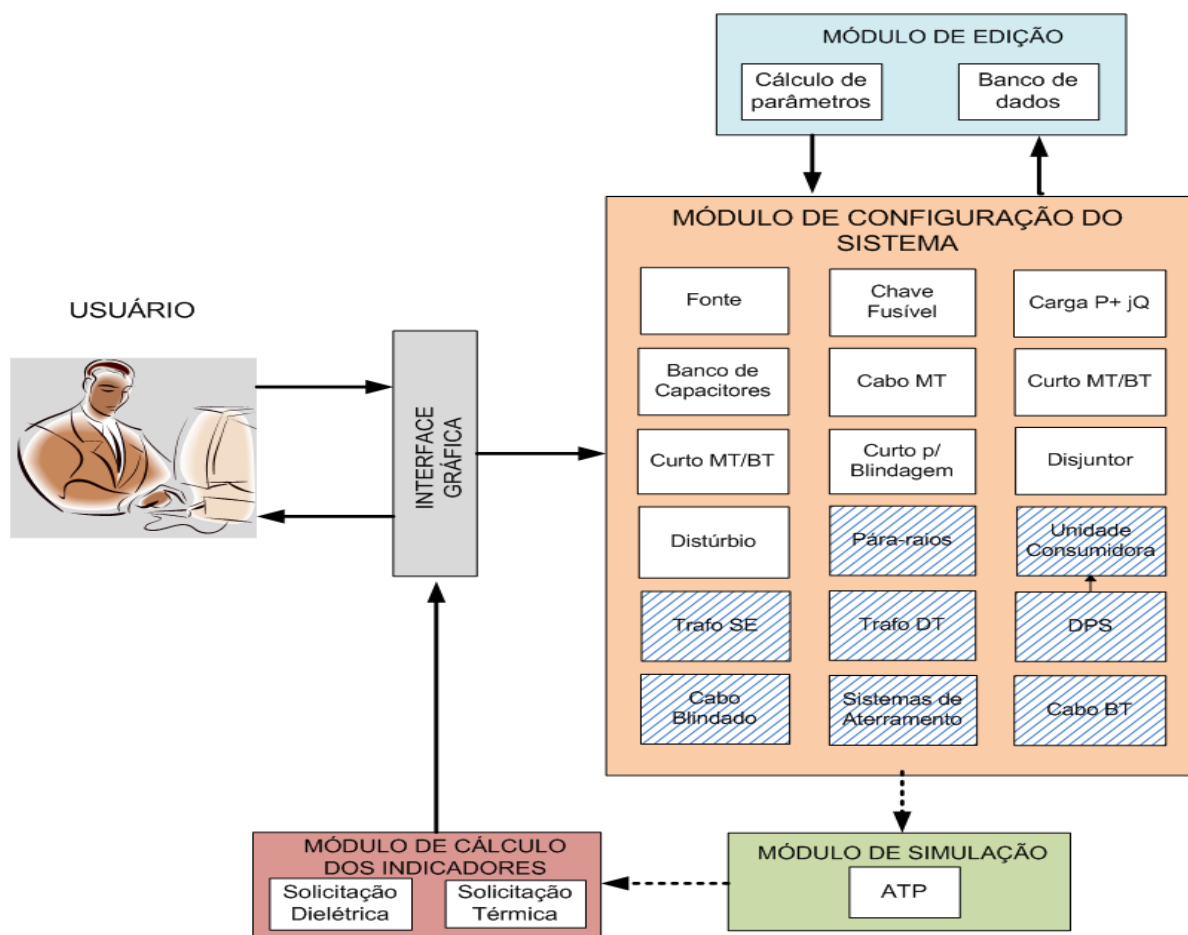


Figura 2.3 – Estrutura do aplicativo APR.

A tela inicial do APR, através da qual é iniciada a montagem do complexo elétrico, para posterior simulação do distúrbio em pauta e inserção do consumidor reclamante e objeto dos estudos, é apresentada na Figura 2.4. Nela, todos os comandos e campos são dispostos de forma direta e prática onde o usuário visualiza facilmente os instrumentos ou opções de trabalho. Através do clique do mouse nos componentes da barra de ferramentas e posterior definição da área de desenho, torna-se viável a montagem do sistema a ser analisado.

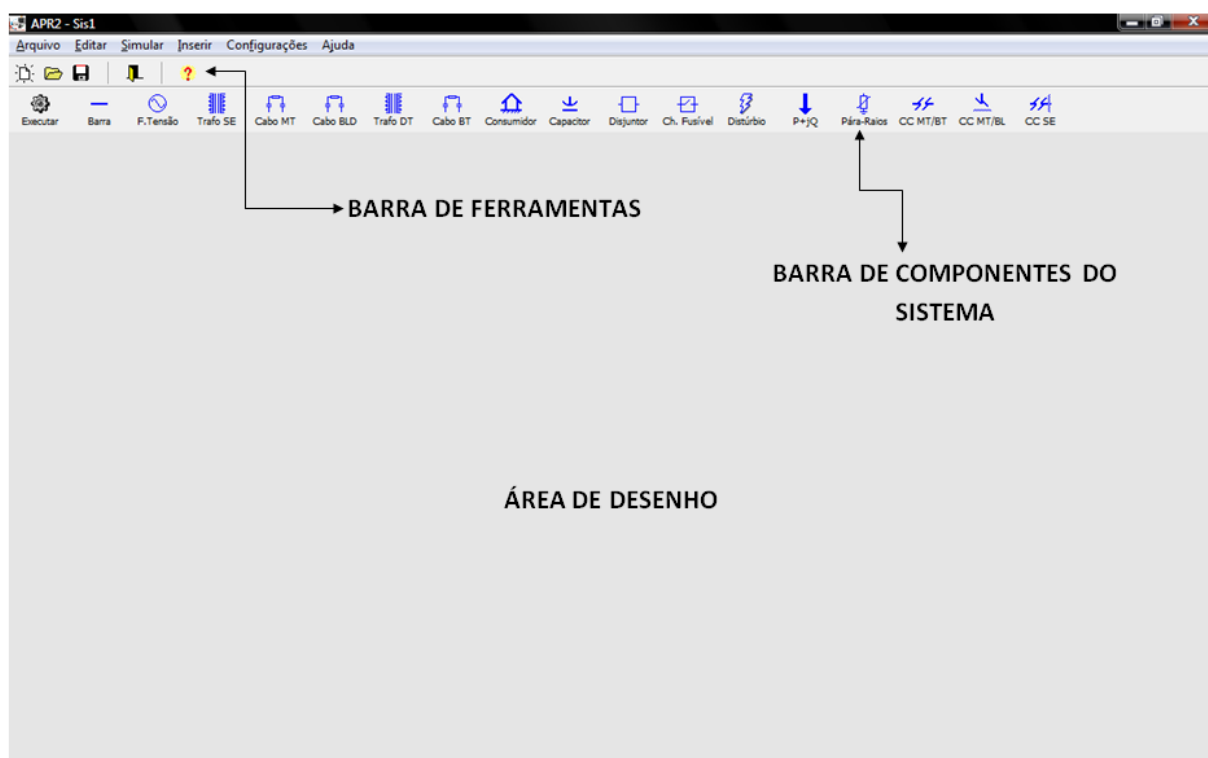


Figura 2.4 – Tela inicial do APR.

O acesso aos dados e conseqüente edição de cada componente do diagrama unifilar sob análise podem ser realizados através de um duplo clique com o botão esquerdo do mouse no componente desejado. Adicionalmente, cada elemento de desenho, assim como sua descrição, pode ter sua cor e tamanho da fonte alterados através de um menu suspenso, acessado pelo botão direito do mouse. Este mesmo comando, sobre cada componente, também permite acessar os resultados finais dos elementos após a simulação.

Após a montagem e edição dos dados do sistema com as informações relativas ao pedido de ressarcimento sob avaliação, o mesmo poderá, também, ser salvo em disco de forma a permitir avaliações futuras.

A Figura 2.5 mostra como é estabelecida a configuração das simulações através do *Passo de Integração* e o *Tempo de Simulação*.

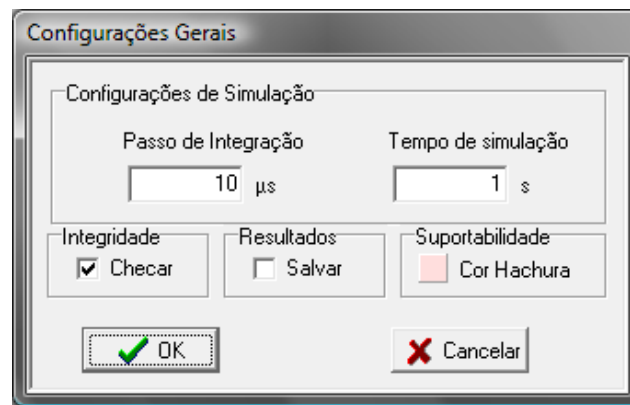


Figura 2.5 – Configuração de Simulação.

No que tange a configuração e parametrização da rede de distribuição, desde a alta, passando pela média e chegando até a baixa Tensão, os dados representativos da sua topologia, devem ser informados e inseridos pelo usuário, com informações que permitam a representação dos dispositivos de proteção e manobra, resistências de aterramento de cada equipamento, cabos, cargas e transformadores.

De forma a não tornar o presente texto repetitivo em relação a outros trabalhos direcionados ao desenvolvimento e detalhamento do APR, vários outros aspectos que detalham a ferramenta sob análise são omitidos nesta dissertação. Havendo maiores interesses e esclarecimentos sobre esta questão, recomenda-se o estudo da referência [7].

2.4 CONDIÇÕES OPERATIVAS E MANOBRAS UTILIZADAS COMO FONTES DE DISTÚRBIOS

Tendo em vista que o objetivo central deste trabalho encontra-se focado na análise de desempenho do APR diante de um grande conjunto de casos reais ocorridos numa empresa de distribuição, primeiramente, foi realizado um extenso levantamento de pedidos de indenização e respectivos fenômenos responsáveis pelo eventual nexos causal.

À luz dos casos selecionados foram então definidos os fenômenos mais comuns e representativos das ocorrências registradas nas redes de distribuição da concessionária, a saber, a CEMAT, e ainda, dos fenômenos circunscritos na grande região de Cuiabá – MT.

De um modo geral, as fontes de distúrbios vinculadas com os PID's escolhidos para os estudos investigativos foram identificadas como sendo:

- *Religamento Tripolar*
- *Descarga Atmosférica*
- *Manobra Monopolar*

Vale lembrar que o software contemplado nesta dissertação permite estudos investigativos diversos, portanto, a seleção anterior representa apenas uma amostra da potencialidade do programa.

Para uma melhor caracterização dos fenômenos modelados, estes são considerados na sequência.

2.4.1 Religamento Tripolar

O *Religamento Tripolar*, como é amplamente conhecido, refere-se às ações de desligamento e religamento tripolar de um disjuntor. Também, sabe-se que o local de instalação deste dispositivo encontra-se na subestação responsável pelo suprimento elétrico do alimentador que chega até o ponto de conexão do consumidor reclamante.

Para o *Religamento Tripolar* podem ser considerados diferentes tempos de abertura e fechamento dos contatos, compreendendo os momentos em que as fases A, B e C passem pelos seus valores de pico ou outro qualquer. Os tempos de abertura e fechamento podem ser alterados de forma aleatória durante as simulações.

A configuração e a parametrização de um disjuntor, para os fins da simulação computacional aqui requerida são, por razões óbvias, específicas para cada caso analisado. A Figura 2.6 mostra a inserção deste dispositivo num sistema elétrico e evidencia como se dá a configuração de um religamento tripolar para os fins da simulação computacional.

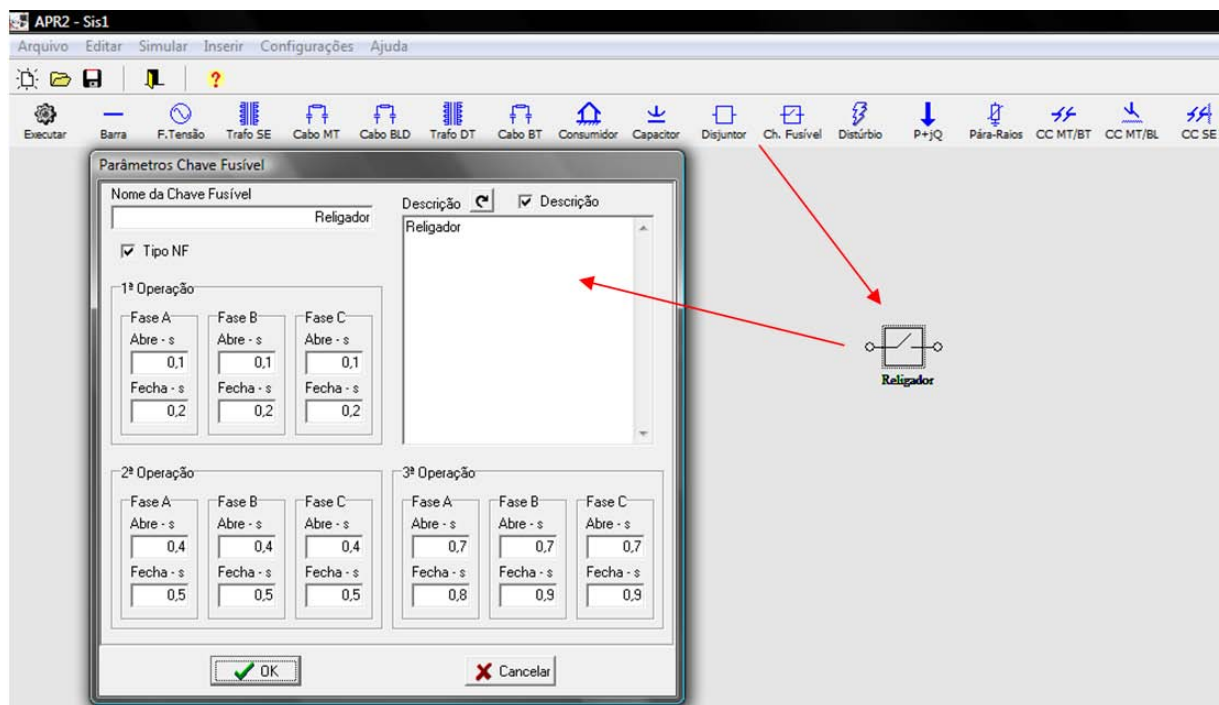


Figura 2.6 – Parâmetros do Religamento Tripolar.

As simulações ilustradas estão vinculadas para um único religamento. Para as 2ª e 3ª operações são adotados tempos superiores a 1 segundo, tendo em vista que para todos os casos, a duração do tempo de simulação é de 1s. O preenchimento dos parâmetros deste componente se dá da seguinte maneira:

- **Tipo NF:** se esta opção for selecionada, o disjuntor é do tipo normalmente fechado (NF), caso contrário, o mesmo é normalmente aberto (NA);
- **1ª Operação:** permite operações de chaveamentos monopolares, bipolares ou mesmo tripolares. Neste campo é onde se determina o

primeiro tempo de abertura e fechamento do disjuntor (a unidade do tempo é segundos (s)). Se o disjuntor for normalmente fechado (NF) a sua operação é abrir e fechar os contatos após o tempo estabelecido pelo usuário do programa. Caso seja normalmente aberto a operação é inversa (destaca-se neste caso, que o tempo de fechamento deve ser menor que o tempo de abertura);

- **2ª Operação:** a estratégia é similar ao item anterior. É onde se configura o segundo religamento, caso esteja presente no processo sob análise. Também é permitido operações de chaveamentos monopolares, bipolares ou tripolares. Todavia, se as simulações envolverem um único religamento, o usuário deve definir neste campo, os tempos de abertura e fechamento superiores ao tempo total da simulação;
- **3ª Operação:** de maneira idêntica ao item anterior é onde se determina o terceiro religamento. Também é permitido operações de chaveamentos monopolares, bipolares ou tripolares;
- **Descrição:** campo usado pelo usuário para descrever os dados ou informações do componente (como por exemplo, seu código operacional), sejam estes, visualizados ou não na tela, de acordo com seleção do campo “Descrição” à direita, para facilidade de identificação deste elemento no diagrama unifilar.

2.4.2 Descarga Atmosférica

Em consonância com recomendações clássicas, a *Descarga Atmosférica* possui, tradicionalmente, uma onda que se apresenta na forma de um impulso de $1,2 \times 50 \mu s$, conforme Figura 2.7. No que se refere ao valor de crista desta onda, a

diversidade é muito grande, todavia, para muitos estudos recomenda-se que este parâmetro, no Brasil, se apresente com amplitude típica de 10 kA.

Quanto ao ponto de incidência, este é totalmente definido pelo usuário do programa, tomando por base, caso possível, alguma informação registrada no processo. No que diz respeito a fase sobre a qual a descarga incide, na falta de maiores informações, esta é escolhida como a A, podendo, naturalmente, ser quaisquer outras. Situações adicionais foram analisadas (incidência na fase B ou C), não tendo sido observados resultados diferentes daqueles obtidos quando a incidência foi na fase A. Via de regra a opção feita para o ponto de incidência corresponde à linha de média tensão da rede, ou seja, 13,8 kV do lado primário do transformador de distribuição que atende o consumidor reclamante.

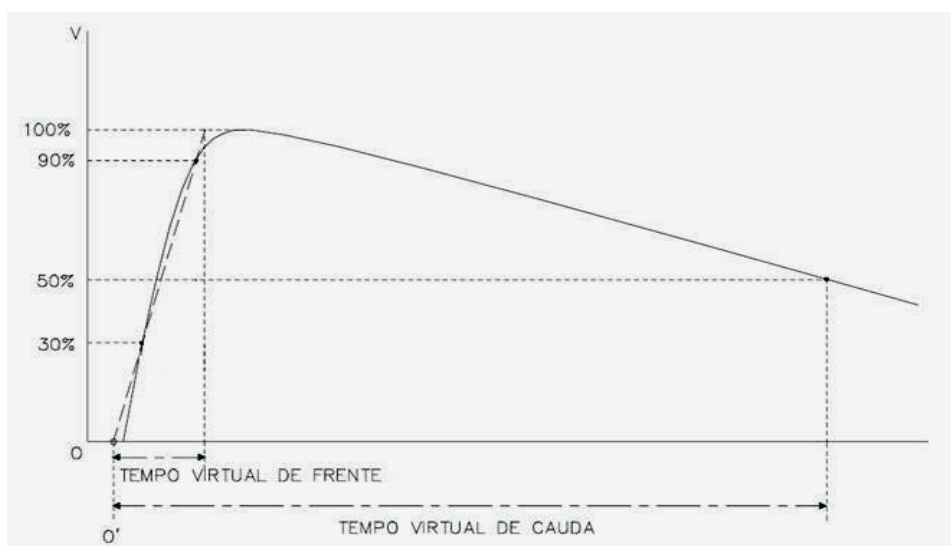


Figura 2.7 – Forma de onda de uma descarga atmosférica.

Para fins ilustrativos, a Figura 2.8 mostra o procedimento para a implantação do fenômeno em pauta no aplicativo APR e como se dá sua configuração para os fins da simulação computacional.

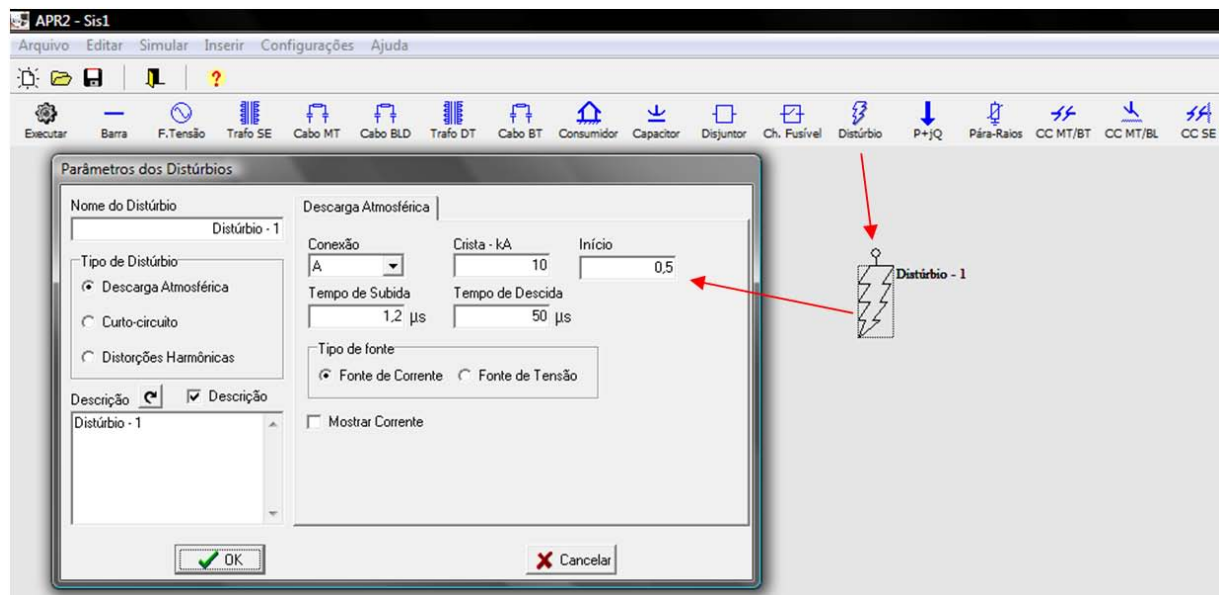


Figura 2.8 – Parâmetros da Descarga Atmosférica.

O preenchimento dos parâmetros deste componente segue a seguinte estrutura:

- **Conexão:** ponto de incidência do distúrbio, podendo ser a fase A, B ou C do sistema de distribuição;
- **Crista:** valor da crista da onda da tensão (kV) ou da corrente (kA) de descarga;
- **Tempo de Subida:** tempo necessário para que a frente de onda atinja seu valor de crista (valor padrão de 1,2 μs);
- **Tempo de Descida:** tempo necessário para que o valor de crista reduza a 50% do valor de pico (tempo de cauda - valor padrão de 50 μs);
- **Início:** instante de tempo em que o fenômeno é aplicado no sistema;
- **Tipo de fonte:** determina se o impulso será de corrente ou de tensão;
- **Mostrar Corrente:** mostra a corrente no componente, caso este seja selecionado;
- **Descrição:** campo usado pelo usuário para descrever os dados do componente, sejam estes, visualizados ou não na tela, de acordo com

seleção do campo “Descrição”, visando a facilidade de identificação deste distúrbio no diagrama unifilar.

2.4.3 Manobra Monopolar

A *Manobra Monopolar* tem por meta simular a abertura e fechamento monopolar de uma chave faca ou chave fusível da rede ou do transformador de distribuição. Quanto ao local de inserção e outras informações para caracterização e parametrização desta manobra e avaliação dos respectivos efeitos sobre a rede e consumidor, a estratégia é similar a já mencionada para a representação de um religador.

Devido à ausência de maiores informações da concessionária sobre qual fase a manobra monopolar ocorre, serão escolhidas na sequência as fases A, B e C para as simulações, assim como serão utilizados diferentes tempos de abertura e fechamento dos respectivos contatos. Finalmente é possível adotar a situação que ocasionou maior solicitação dielétrica ou térmica no equipamento eletroeletrônico.

Visando esclarecer a forma da inserção deste dispositivo no APR, bem como sua configuração, a Figura 2.9 exemplifica tal procedimento.

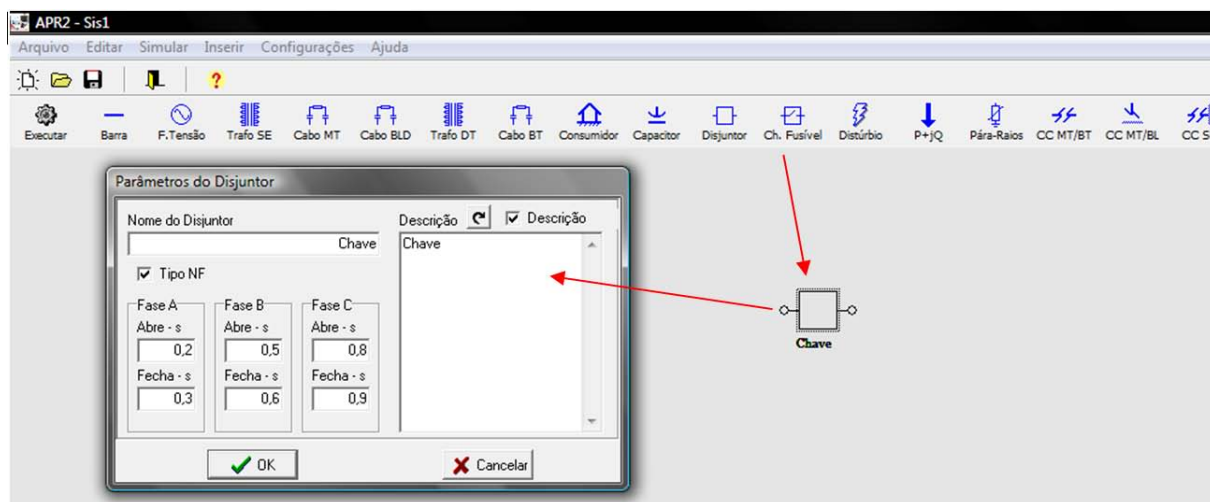


Figura 2.9 – Parâmetros da Manobra Monopolar.

A parametrização deste dispositivo é feita conforme informado a seguir:

- **Tipo NF:** esta opção tem por objetivo informar se a chave é normalmente aberta (NA) ou normalmente fechada (NF). Caso selecionada, a chave será do tipo normalmente fechada;
- **Abre - s:** instante de tempo, em segundos (s), que a chave irá abrir sua respectiva fase;
- **Fecha - s:** tempo, em segundos, em que a chave irá fechar o contato de sua respectiva fase;
- **Descrição:** campo usado pelo usuário para descrever os dados ou informações do componente (como por exemplo, seu código operacional), sejam estes, visualizados ou não na tela, de acordo com seleção do campo “Descrição” à direita, para facilidade de identificação deste elemento no diagrama unifilar.

Importante destacar, que no caso da chave ser do tipo NF, o tempo de abertura deve ser inferior ao de fechamento, caso contrário, o tempo de fechamento deve ser inferior ao de abertura.

2.5 CONEXÃO DA “UNIDADE CONSUMIDORA”

Geralmente a concessionária possui informações detalhadas sobre o cadastro de todos os seus consumidores. Isto inclui dados a exemplo do consumidor (ou Unidade Consumidora) quanto a sua forma de atendimento, isto é, se o mesmo é suprido por uma rede monofásica, bifásica ou trifásica. Somado a isto, há disponibilidade de dados sobre qual fase da rede de distribuição de baixa tensão está conectado o referido consumidor, e outros dados relevantes ao processo de investigação sobre a consistência ou não dos pedidos de ressarcimento.

Não obstante o conhecimento destas informações, há de se reconhecer que outras características, também importantes ao processo, devem ser ponderadas como parâmetros significativos e, por vezes, não há a necessária segurança sobre os mesmos. A exemplo disto pode-se destacar que não há meios para se confirmar se o consumidor reclamante ainda está conectado naquela fase que consta no cadastro da concessionária, visto que, ao longo do tempo, este cliente pode ter sido conectado em uma fase diferente daquela original. Tal dúvida se fundamenta no fato que esta mudança de fase “*indevida*” pode ter ocorrido pela própria concessionária, por exemplo, quando da execução de serviços de “balanceamento de fases” para eventuais correções de níveis de tensão do fornecimento visando sua compatibilização com os padrões definidos pela Agência Reguladora – ANEEL, ou mesmo, nos casos de eventuais desligamentos do consumidor por questões de não atendimento aos seus compromissos financeiros para com a empresa supridora (corte do fornecimento) e, quando da reconexão, este pode ser ligado a uma outra fase. Enfim, as incertezas também se fazem presentes no processo de “montagem computacional” do caso sob avaliação.

Dentro do contexto discutido, fica pois evidenciado que, ao se avaliar um ou outro caso de PID, o responsável técnico pelo processo deve buscar, dentre uma gama de possibilidades, a situação que teria conduzido aos valores mais críticos de tensões e correntes impactantes sobre uma unidade consumidora. Somente assim será atingida uma metodologia segura, confiável e justa para os processos avaliativos sobre a consistência ou não dos casos sob análise.

À luz das considerações anteriores fica pois esclarecida a necessidade da realização não de uma única, mas sim um conjunto de simulações, em que pese a alternância das fases da conexão dos aparelhos.

Ao final, os resultados mais críticos deverão servir como balizadores para o emprego dos procedimentos estabelecidos e implementados no APR, os quais, dentre outros aspectos, permitem a emissão de pareceres à base da

comparação dos esforços dielétricos e térmicos incidentes sobre o consumidor e suas respectivas correlações com os padrões de suportabilidade dos produtos reclamados.

2.6 CONEXÃO DO “EQUIPAMENTO DANIFICADO”

Um outro ponto importante para a obtenção de resultados coerentes durante o processo de análise, está na questão da conexão do equipamento que se constitui no cerne do pedido de ressarcimento do consumidor reclamante. Neste particular podem-se reconhecer as seguintes dificuldades:

- Impossibilidade de se conhecer, à priori, especialmente nos fornecimentos bifásicos e trifásicos, a exata posição física através da qual o equipamento danificado encontrava-se suprido pela rede de distribuição;
- Não há dados da distribuição de fases na rede interna da unidade consumidora, tendo em vista que isto é uma característica exclusiva daquela unidade e depende totalmente da montagem elétrica e distribuição dos pontos (circuitos, tomadas, etc).

Portanto, mais uma vez fica reforçada a tese sobre a necessidade da realização de diversas simulações alternando a conexão do equipamento danificado até se encontrar a situação que reproduziria o maior impacto do fenômeno ocorrido e a ocorrência reclamada.

A Figura 2.10 mostra como se dá a seleção do ponto de conexão de um equipamento para os fins desta dissertação e, quem sabe, para a utilização comercial do APR como instrumento para aferição do nexo causal.

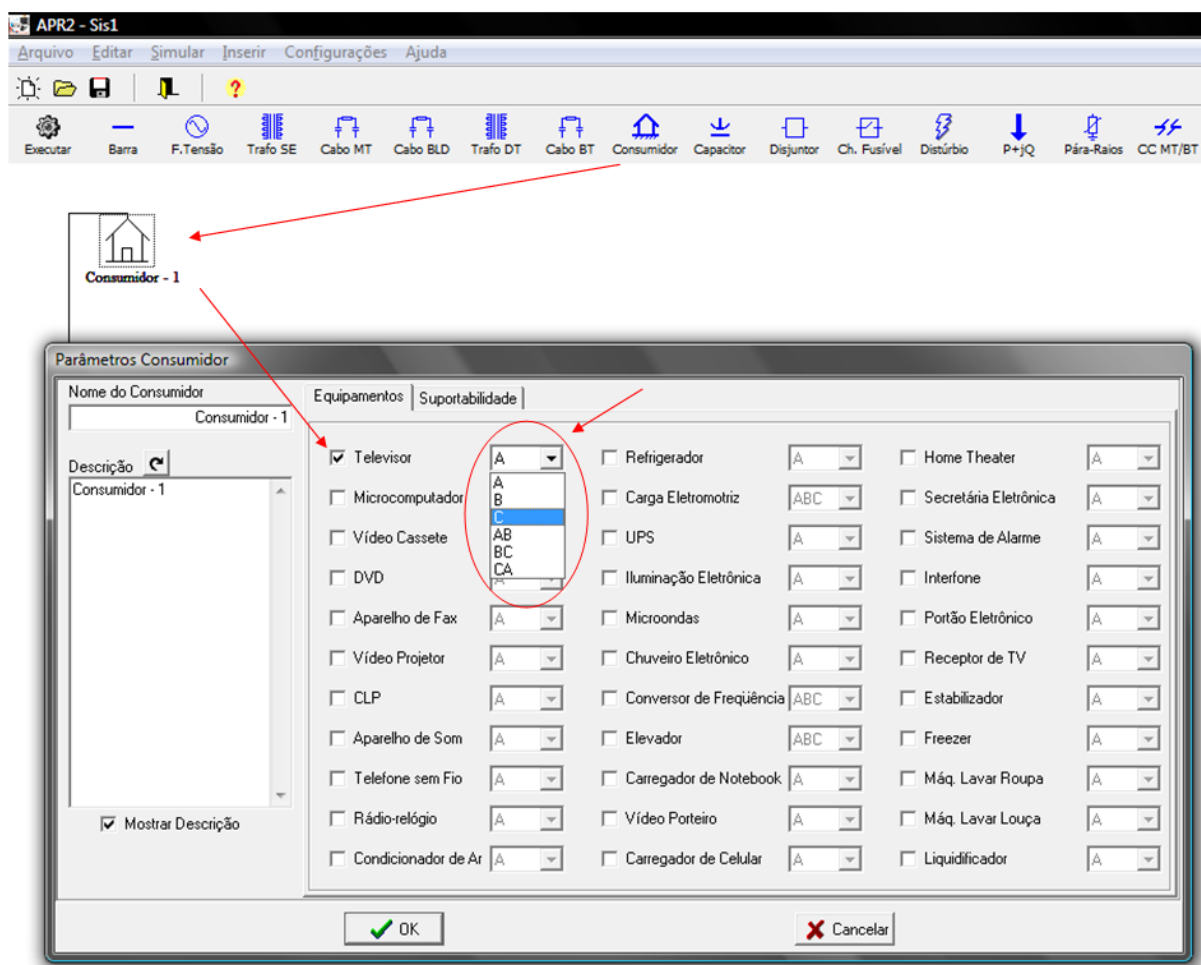


Figura 2.10 – Possibilidades para a conexão dos equipamentos.

Vale observar que a ilustração anterior evidencia 33 (trinta e três) distintos equipamentos passíveis do processo de análise de pedidos de ressarcimento. Estes poderão ser investigados de forma individual ou conjunta, sendo que o usuário seleciona os produtos contemplados em cada estudo de indenização.

No campo à direita do nome de cada equipamento é disponibilizado um campo para a escolha do tipo de conexão elétrica do mesmo, podendo ser selecionadas as seguintes possibilidades:

- **Monofásico:** indica que o equipamento está conectado nas Fases A, B ou C com o Neutro;

- **Bifásico:** indica que o equipamento está conectado nas Fases AB, BC ou CA.

A outra tela denominada *Suportabilidade*, está vinculada com a definição, pelo usuário do programa, das curvas de suportabilidade (térmica e dielétrica) para cada equipamento. Fundamentado em estudos experimentais realizados e publicados em renomados fóruns de pesquisa nacionais e internacionais, o APR já possui um banco de dados próprio, porém, havendo necessidade, o usuário poderá inserir padrões próprios de suportabilidade. Isto se faz através de coordenadas de $Y(t)$ – tensão ou corrente – versus tempo, conforme Figura 2.11. É também possível, especificar o *tempo de uso* ou a *depreciação* do equipamento.

A janela "Parâmetros Consumidor" apresenta a seguinte configuração:

- Nome do Consumidor:** Consumidor - 1
- Equipamentos:** Televisor
- Abas:** Equipamentos | Suportabilidade
- Descrição:** Consumidor - 1
- Selecção de Curvas:**
 - Térmica:**
 - I1: 295, t1: 1,2 μ s
 - I2: 150, t2: 16,67 ms
 - I3: 4, t3: 247 s
 - Dielétrica:**
 - V1: 3111, t1: 1,2 μ s
 - V2: 933, t2: 50 ms
 - V3: 342, t3: 247 s
- Tempo de uso:** 0 anos
- Depreciação:** 0 %
- ☒ Mostrar Descrição
- Botões:** OK, Cancelar

Figura 2.11 – Seleção do padrão de suportabilidade.

Nos casos reais simulados nesta dissertação, foram utilizadas as curvas de suportabilidade constantes no banco de dados supracitado e não foi

considerado tempo de uso ou depreciação, sendo estes campos preenchidos com valor zero.

2.7 AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES SOBRE O NEXO CAUSAL

Para os casos simulados em que os resultados do APR apontarem para uma solicitação improcedente para o pedido de ressarcimento, ou seja, quando as condições impostas não implicarem em danos dielétricos ou térmicos para os equipamentos sob análise, serão avaliadas, em complemento, outras situações hipotéticas responsáveis pela produção dos distúrbios. Não obstante a adoção de situações não constatadas ou registradas em campo é importante destacar que as mesmas possuem identidade com ocorrências reais, a exemplo das condições mencionadas a seguir:

- **Ausência de Pára-Raios:** quando o equipamento submetido ao distúrbio não apresentar evidências de violação de seus limites de suportabilidade, entretanto, houve reclamação sobre o fato, adotou-se um procedimento de retirada dos pára-raios (usualmente presentes na média tensão do ponto de alimentação do transformador supridor do ramal). Os motivos para tais investigações adicionais são bastante evidentes, pois podem buscar representações de dispositivos de proteção contra surtos defeituosos, problemas com os aterramentos, etc;
- **Ausência de Banco de Capacitores:** quando a rede possuir bancos de capacitores, em vista do reconhecimento que estes contribuem para atenuar os níveis de sobretensões de rápida duração, havendo reclamação por danos, estes, usualmente instalados do lado de média tensão, serão

retirados e uma nova simulação é feita buscando a reprodução de condições operativas ainda mais drásticas. A justificativa para tal se apóia na possibilidade do banco se encontrar, no momento da manifestação do surto de tensão, desconectado da rede ou mesmo inoperante por razões outras.

Os componentes acima poderão ser eliminados do arranjo de distribuição simplesmente através de um clique com o botão direito do mouse sobre o componente desejado e, posteriormente, um outro clique com o botão esquerdo do mouse sobre a opção “Desconectar”. Isto é mostrado na Figura 2.12.

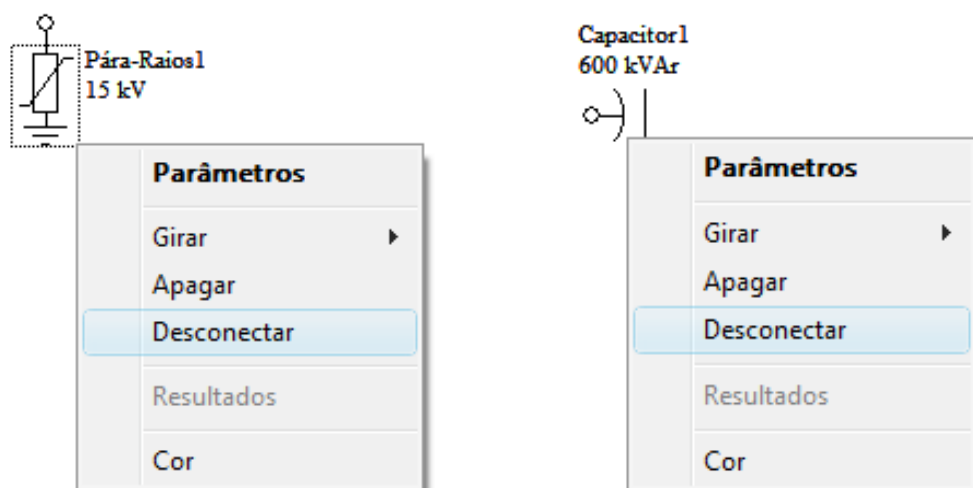


Figura 2.12 – Atalho para desconectar componentes.

2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo objetivou oferecer uma visão ampla do aplicativo computacional utilizado para os fins desta pesquisa sem, todavia, entrar em particularidades e propriedades já devidamente exploradas nas fontes bibliográficas ressaltadas. Foram apresentadas ainda, as bases matemáticas e físicas para cálculos dos indicadores dielétricos e térmicos associados com os

distúrbios nas redes elétricas e conseqüentes impactos sobre os equipamentos eletroeletrônicos.

Muito embora este destaque, considerou-se relevante apontar os principais aspectos e potencialidades do programa, buscando, de forma prática e direta, conduzir o texto para os pontos focais a serem contemplados nas análises procedentes. Para tanto, além de uma visão e discussão sobre a forma empregada para a implementação das redes de distribuição, fontes de distúrbios de maior probabilidade de ocorrência e outros aspectos, foram abordados temas relevantes objetivando dar uma conotação prática ao problema através da indicação de possíveis motivos que impactariam negativamente no processo de estudo.

Dentre os temas contemplados, destaca-se a questão da correlação entre a localização do fenômeno incidente e, eventualmente, responsável pelo polêmico nexo causal e, por outro lado, o ponto de conexão do consumidor reclamante, o qual é de extrema importância na avaliação dos resultados apresentados pelo aplicativo computacional. Devido a estas incertezas, com relação à qual fase que o equipamento eletroeletrônico do reclamante está sendo suprido e, para que seja atingida uma metodologia confiável e justa para os processos avaliativos sobre a consistência ou não de cada caso sob avaliação, verifica-se a necessidade de investigações adicionais, para que se tenha a necessária segurança no processo de análise, buscando sempre a situação que possa conduzir aos valores mais críticos de tensões e correntes e, portanto, maior impacto do distúrbio ocorrido sobre o aparelho ora reclamado.

CAPÍTULO III

SIMULAÇÃO DE CASOS REAIS DE PEDIDOS DE RESSARCIMENTO DE DANOS ELÉTRICOS

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Uma vez feitas considerações de cunho mais genérico sobre a ferramenta empregada para os trabalhos desta pesquisa, o presente capítulo destina-se a utilizar o aplicativo computacional APR para estudos investigativos de situações reais de pedidos de ressarcimento de danos, e correlacionar os pareceres emitidos pela empresa com os indicativos do software desenvolvido.

O processo utilizado, em consonância com as diretrizes estabelecidas pelo APR, consiste em representar, em ambiente computacional, o desempenho do sistema de distribuição e, desta forma, reproduzir os fenômenos ocorridos em campo, os quais seriam atribuídos os motivos dos danos constatados em consumidores e seus respectivos equipamentos reclamados. A partir das informações então obtidas os estudos prosseguem na direção da qualificação e quantificação nonexo causal relacionando esforços dielétricos e/ou térmicos e os níveis de suportabilidade atribuídos aos produtos sob análise. Assim procedendo estar-se-á iniciando as primeiras avaliações associadas com um processo de validação da ferramenta de análise desenvolvida em trabalhos

anteriores ao presente, em que pese questões como a aplicabilidade, funcionalidade e a praticidade de utilização do aplicativo computacional.

Com base nesta estratégia e em sintonia com os requisitos impostos pelo aplicativo computacional, foram levantados vários casos de pedidos de ressarcimento ocorridos na grande região de Cuiabá – MT, área esta de concessão da CEMAT. Dentre o universo de situações encontradas foram selecionados e estudados um conjunto de casos reais, os quais serão considerados ao longo deste capítulo.

3.2 CASOS ESTUDADOS

Os casos analisados foram selecionados, de maneira aleatória, de um total de 52 processos deferidos pela concessionária CEMAT, somente no ano 2007, e ainda, circunscritos ao município de Várzea Grande.

Deste conjunto de situações, a Tabela 3.1 apresenta a relação dos 25 casos selecionados para fins de análise e discussões finais nesta dissertação. Para cada ocorrência são fornecidas as seguintes informações: equipamento danificado, tipo de distúrbio supostamente causador do problema, e ainda, o respectivo valor indenizado ao reclamante.

Tabela 3.1 – Relação dos casos simulados.

Caso	Equipamento	Distúrbio	Valor Pago (R\$)
1	01 TV 29" Philco (CRT)	Rel. Tripolar	319,63
2	01 Forno Microondas Brastemp	Rel. Tripolar	109,50
3	01 TV 20" Panasonic (CRT)	Descarga Atm.	420,00
4	01 Fax Sharp	Man.Monopolar	160,00
5	01 Aparelho de Som Gradiente	Man.Monopolar	468,00
6	01 Geladeira Duplex Electrolux	Man.Monopolar	602,00
7	01 Micro System Audax	Man.Monopolar	421,40

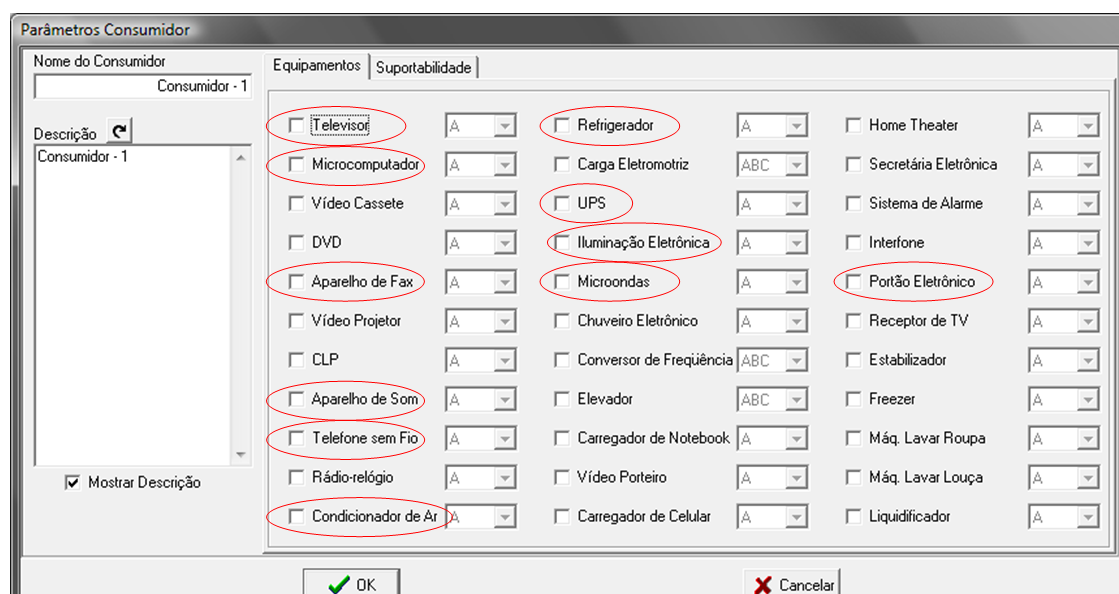
Caso	Equipamento	Distúrbio	Valor Pago (R\$)
8	01 TV 20" Philips (CRT)	Rel. Tripolar	182,00
9	01 TV 21" Philips (CRT)	Man.Monopolar	266,04
10	01 Geladeira duplex Electrolux	Man Monopolar	562,00
11	01 Geladeira Duplex White Westinghouse	Man.Monopolar	119,50
12	01 Geladeira Duplex Continental	Descarga Atm.	693,60
13	01 CPU Positivo	Rel. Tripolar	210,00
14	02 Lâmpadas Fluorescentes	Man.Monopolar	32,00
15	01 Portão Eletrônico Rossi, 01 Nobreak, 01 CPU TS Shara, 01 Lâmpada Fl. com reator	Man.Monopolar	870,00
16	01 TV 29" Zenit, 01 Ar Cond.7500 BTU's Consul	Descarga Atm.	838,67
17	01 Microondas Consul, 01 Telefone Sem Fio GE	Man.Monopolar	117,12
18	01 Microondas Panasonic	Man.Monopolar	88,64
19	01 Micro System Britânia	Man.Monopolar	130,00
20	01 TV 20" Semp Toshiba (CRT)	Man.Monopolar	529,00
21	01 Mini System CCE	Man.Monopolar	536,04
22	01 TV 29" Philips (CRT)	Rel. Tripolar	463,87
23	01 TV 20" Mitsubishi (CRT)	Rel. Tripolar	212,60
24	01 TV 21" CCE (CRT)	Man.Monopolar	343,00
25	01 Geladeira duplex Electrolux	Rel. Tripolar	288,00
Total			8.982,61

A Tabela 3.2 apresenta o quantitativo total de aparelhos eletroeletrônicos objeto de pedidos de ressarcimento de danos. Dos dispositivos ressaltados, os televisores constituíram-se nos produtos presentes na maioria dos PID's, correspondendo a 30% do total dos produtos reclamados. A quantidade total de equipamentos analisados (30 aparelhos) é maior que o número de casos, tendo em vista que, para alguns casos, há mais de um equipamento atrelado com cada situação estudada.

Tabela 3.2 – Relação de equipamentos reclamados.

Item	Equipamento	Quantidade	%
1	Televisor	9	30,00%
2	Refrigerador	5	16,67%
3	Aparelho de Som	4	13,33%
4	Forno Microondas	3	10,00%
5	Microcomputador (CPU)	2	6,67%
6	Lâmpada Eletrônica	2	6,67%
7	Aparelho de Fax	1	3,33%
8	Nobreak	1	3,33%
9	Portão Eletrônico	1	3,33%
10	Condicionador de AR	1	3,33%
11	Telefone sem Fio	1	3,33%
Total		30	100,00

No que tange a diversidade dos produtos modelados e disponibilizados no APR, vale destacar que, para fins da presente dissertação, não serão utilizados todos os recursos existentes. Dentre aqueles constantes na biblioteca de recursos (tipos de produtos) do aplicativo, apenas 1/3 dos equipamentos passíveis do processo de análise de pedidos de ressarcimento serão empregados, conforme Figura 3.1.

**Figura 3.1 – Equipamentos selecionados no APR.**

Objetivando o reconhecimento e enquadramento dos principais distúrbios envolvidos nos PID's aqui estudados, a Figura 3.2 sintetiza os principais fenômenos identificados como possíveis causas dos problemas ocorridos em campo. Como evidenciado, a manobra monopolar foi a mais presente nos 25 casos avaliados, representando 60% do total.

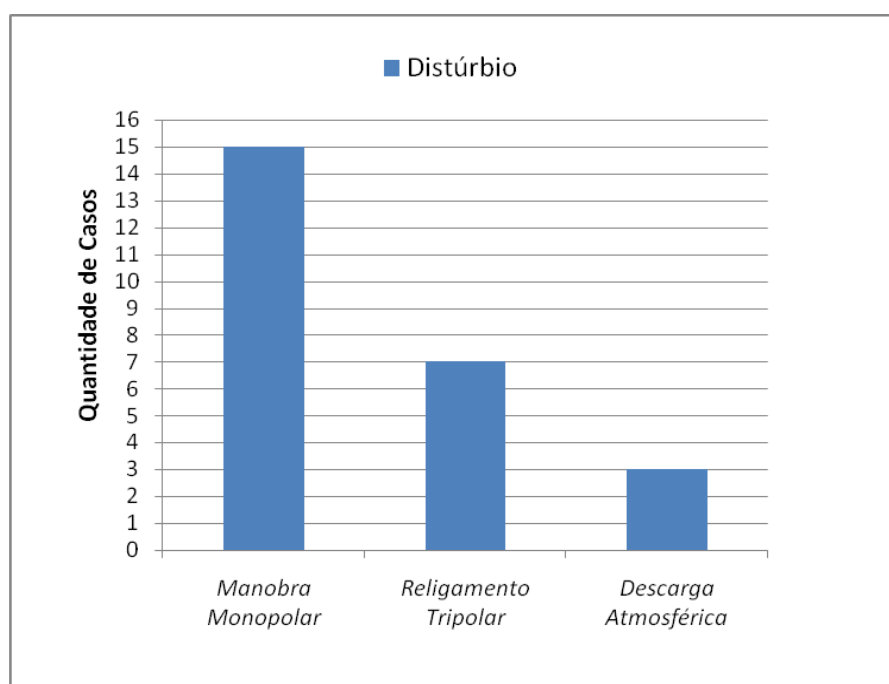


Figura 3.2 – Principais distúrbios envolvidos.

Do exposto, para todas as situações utilizadas, o parecer da concessionária foi procedente para o pedido de ressarcimento, ou seja, a empresa arcou com os gastos associados com o conserto ou a substituição dos equipamentos danificados. Vale lembrar que os casos aqui estudados referem-se a consumidores reais, todavia, os mesmos não são nominalmente identificados neste trabalho, visando, acima de tudo, o respeito à individualidade dos mesmos, bem como eventuais conflitos entre as partes.

À luz dos dados fornecidos anteriormente as principais fontes de distúrbios são classificadas nos termos indicados na Tabela 3.3. Nesta, fica

evidenciado que a maioria das ocorrências no sistema de distribuição atribuídas aos danos em aparelhos foram as manobras monopolares, as quais lideram os distúrbios e estão presentes em 60% do total de casos analisados.

Tabela 3.3 – Principais distúrbios envolvidos.

Distúrbio	Quantidade de Casos	%
Manobra Monopolar	15	60,0%
Religamento Tripolar	7	28,0%
Descarga Atmosférica	3	12,0%
Total	25	100,0

Finalmente, para fins dos trabalhos desenvolvidos nesta dissertação, para cada caso avaliado, procedeu-se o processo investigatório sobre a relação causa-efeito dentro da uma lógica computacional estabelecida pelo APR, a qual exige o cumprimento das seguintes etapas:

- *Identificação do consumidor e respectivo alimentador, incluindo os parâmetros dos distintos componentes da rede, desde a subestação principal até o ponto de conexão do reclamante;*
- *Caracterização do distúrbio ao qual estaria associada a ocorrência correlacionada com o efeito final sobre o produto danificado;*
- *Estudos avaliativos através do aplicativo APR, em que pese a obtenção, ao final dos estudos, da correlação entre os esforços dielétricos e térmicos impostos aos equipamentos focados nos estudos, com seus limites de suportabilidade nos termos definidos pelas referências [4]-[19] as quais evidenciam distintas origens e particularidades quanto aos valores limites admissíveis;*
- *Por fim, são analisados os resultados obtidos, com destaque a emissão de um parecer sobre a consistência física entre o fenômeno ocorrido na rede de distribuição e a solicitação feita pelo consumidor reclamante.*

Visando compactar o texto e também não tornar a leitura cansativa, dos casos relacionados anteriormente optou-se por detalhar apenas 6 (seis) dos estudos computacionais realizados. Ao término das descrições, comentários e pareceres para estas situações escolhidas, apresenta-se uma síntese, em forma de tabela, que expressa os desempenhos para todas as ocorrências selecionadas. Também, ressalta-se que os pormenores do processo de simulação são omitidos para a maioria dos casos discutidos, à exceção do primeiro. Como justificativa para tal observa-se que as etapas seguidas são extremamente similares, a não ser pelas distinções determinadas pelos arranjos físicos da rede, dados, tipo de distúrbio e equipamento reclamado.

3.2.1 Caso 1 - Televisor (Distúrbio: religamento tripolar)

A presente análise encontra-se associada com um pedido de ressarcimento por danos causados a um aparelho televisor devido a um religamento tripolar do disjuntor instalado na subestação de onde origina o correspondente alimentador de 13,8 kV que atende o reclamante.

A ocorrência foi registrada pela empresa da seguinte maneira:

“No dia 11-março-2007, às 15:19 hs, ocorreu o desligamento com religamento tripolar automático da barra do alimentador de n.º 002 em consequência de falha em equipamento. A ocorrência e o serviço prestado está registrado na Ordem...”.

O resultado da análise técnica da distribuidora sobre este processo foi:

“Pedido deferido. Total pago: R\$ 319,63.

Justificativa: Quanto ao desligamento automático, os religamentos de circuitos podem gerar ondas de sobretensão que podem se propagar pela rede de distribuição e podem causar danos em equipamentos eletro/eletrônicos, perfurando a isolação ou danificando a fonte de comutação AC/DC”.

Visando a investigação do problema em foco, foi realizada a modelagem da rede de distribuição correspondente ao Alimentador 002 da Subestação Trevo do Lagarto da concessionária CEMAT ao qual o ramal de alimentação do reclamante encontra-se conectado. Os procedimentos adotados foram os seguintes:

a) Dados do sistema elétrico de alimentação

Na Tabela 3.4 são apresentados os parâmetros da rede de distribuição e do consumidor reclamante.

Tabela 3.4 - Dados dos componentes do sistema elétrico do Caso 1.

Fonte de Tensão	Valor	
Tensão Nominal (kV)	138	
Pot. Curto Circuito (kVA)	1,925 $\angle 78^\circ$	
Transformador da SE	Valor	
Potência (MVA)	20	
Tensões AT/BT (kV)	138/13,8	
Reatância Indutiva (%)	10,07	
Resistência (%)	0,45	
Transformador de Distribuição	Valor	
Potência (kVA)	75	
Tensões AT/BT (kV)	13,8/0,22	
Reatância Indutiva (%)	3,15	
Resistência (%)	1,52	
Condutores	$R_p(\Omega/km)$	$XL_p(\Omega/km)$
<u>Rede AT(Nú)</u>		
CA 2 AWG (MT)	1,053333	0,95667
<u>Rede AT (Protegida)</u>		
CA 185 mm ² XLPE (20 kV)	0,2860667	0,209033
<u>Rede BT</u>		
CA 70 mm ² (BT)	0,621333	0,4738
Consumidor	Ocorrência	
Distúrbio	Religamento Tripolar	
Equipamento	Televisor	
Valor Indenizado	R\$ 319,63	

b) Diagrama unifilar da rede de distribuição que atende o reclamante

A representação unifilar do sistema em estudo, implementada no aplicativo APR, é apresentada na Figura 3.3. O equipamento envolvido no processo de análise está no final do diagrama, representado pela residência do consumidor.

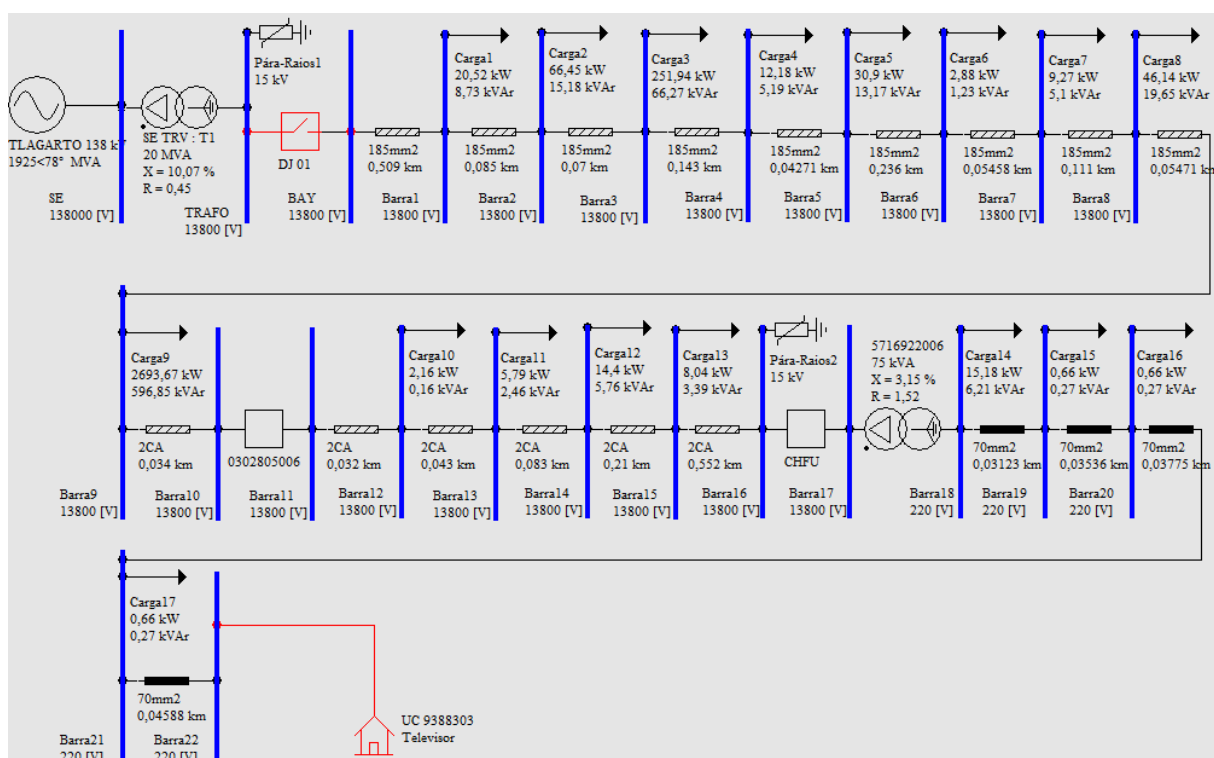


Figura 3.3 – Sistema elétrico simplificado referente ao Caso 1.

c) Configuração e parametrização do fenômeno

A Figura 3.4 mostra a configuração e a operação do religador do ramal 13,8kV, para os fins da simulação computacional. A atuação foi do religador automático localizado na saída do alimentador da subestação que atende a região do cliente reclamante.

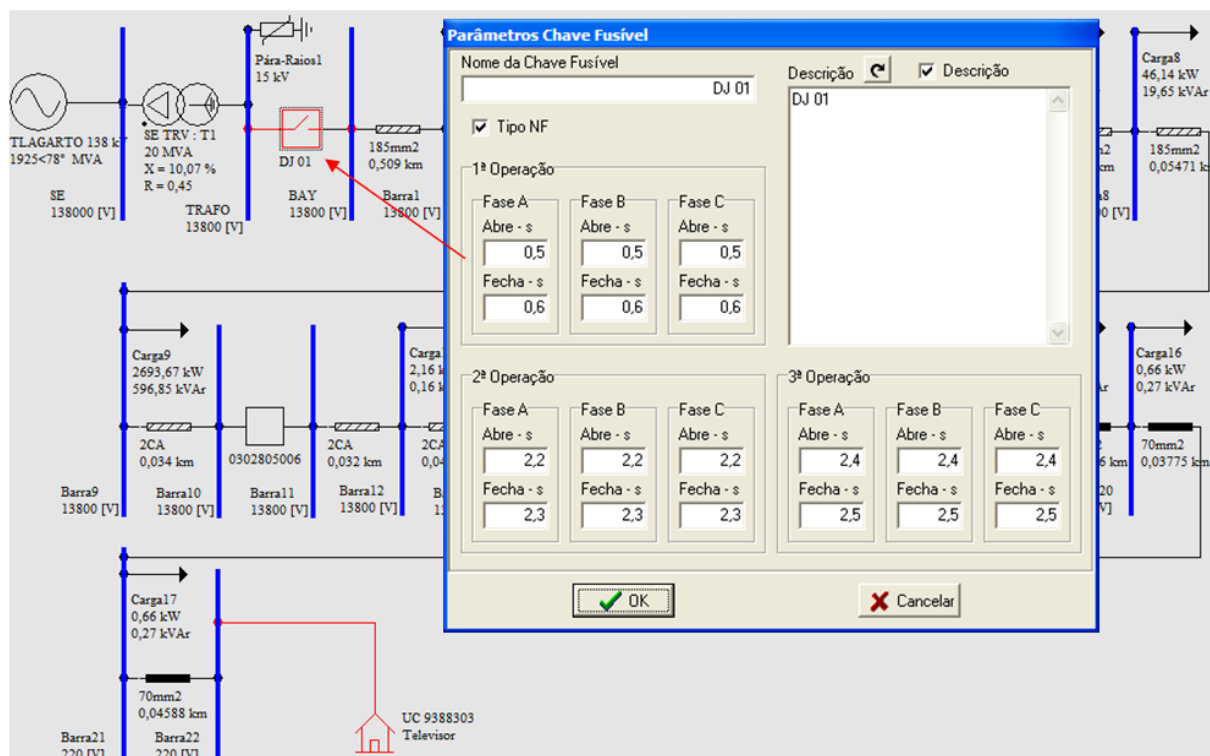


Figura 3.4 – Configuração da atuação do religador - Caso 1.

d) Resultados

Após a modelagem do sistema de distribuição sob análise, o passo subsequente consiste no processamento do APR de forma a obter as seguintes informações:

- Tensão em qualquer ponto do sistema elétrico e, de modo especial, nos terminais do equipamento sob avaliação;
- Corrente em qualquer ponto do sistema e, de modo particular, na entrada do equipamento sob análise;
- Curvas de solicitação dielétrica e térmica, obtidas a partir da tensão e corrente na entrada do dispositivo eletroeletrônico, confrontadas com os limites adotados de suportabilidade.

As Figuras 3.5 e 3.6 mostram, respectivamente, as formas de onda da tensão e da corrente na entrada do aparelho televisor submetido ao distúrbio em questão.

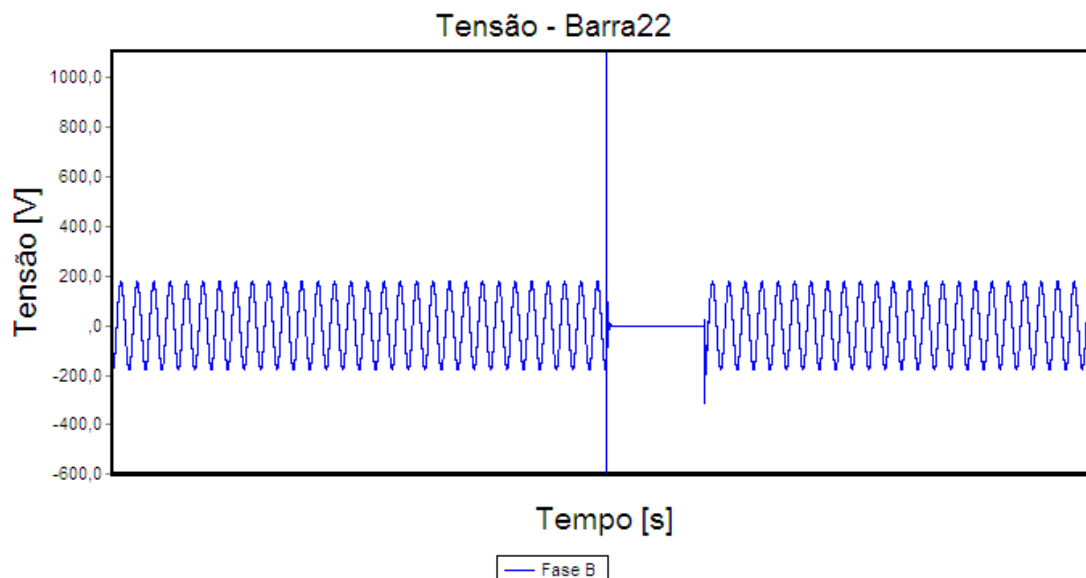


Figura 3.5 – Tensão na entrada do equipamento - Caso 1.

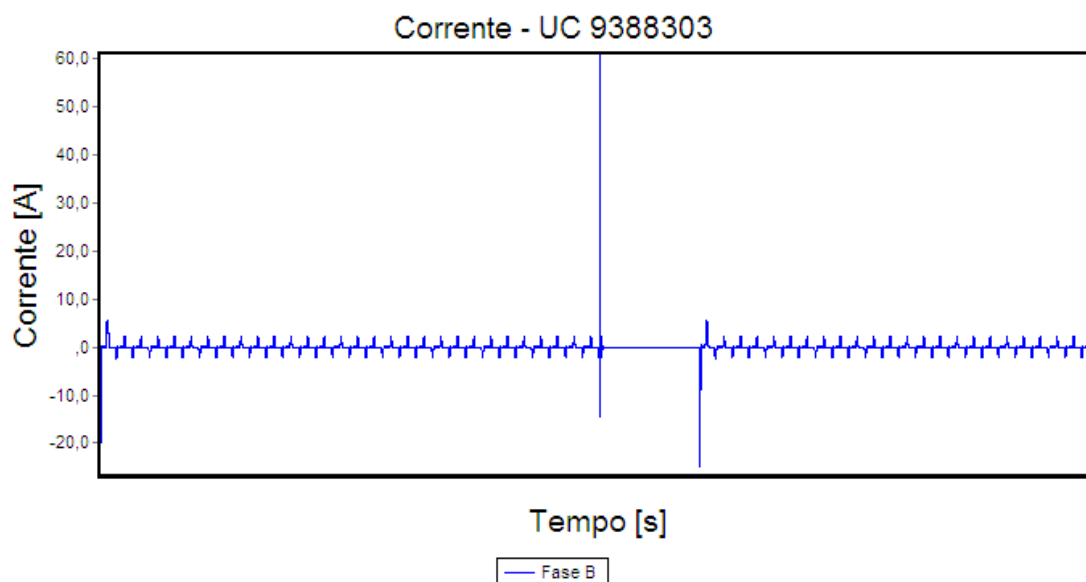


Figura 3.6 – Corrente de entrada do equipamento - Caso 1.

A comparação das solicitações dielétricas e térmicas impostas pelo distúrbio ocorrido com as respectivas curvas de suportabilidade do aparelho televisor é representada através das Figuras 3.7 e 3.8. Os gráficos permitem,

visualmente, concluir sobre a probabilidade ou não da ocorrência de danos elétricos no produto em pauta.

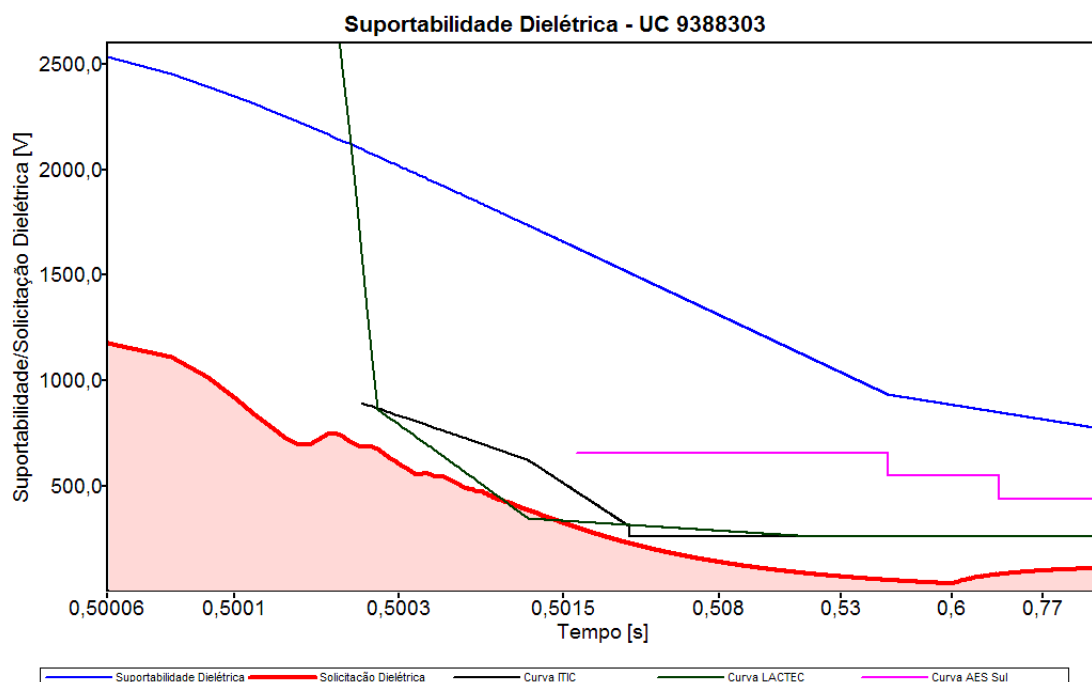


Figura 3.7 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar - Caso 1.

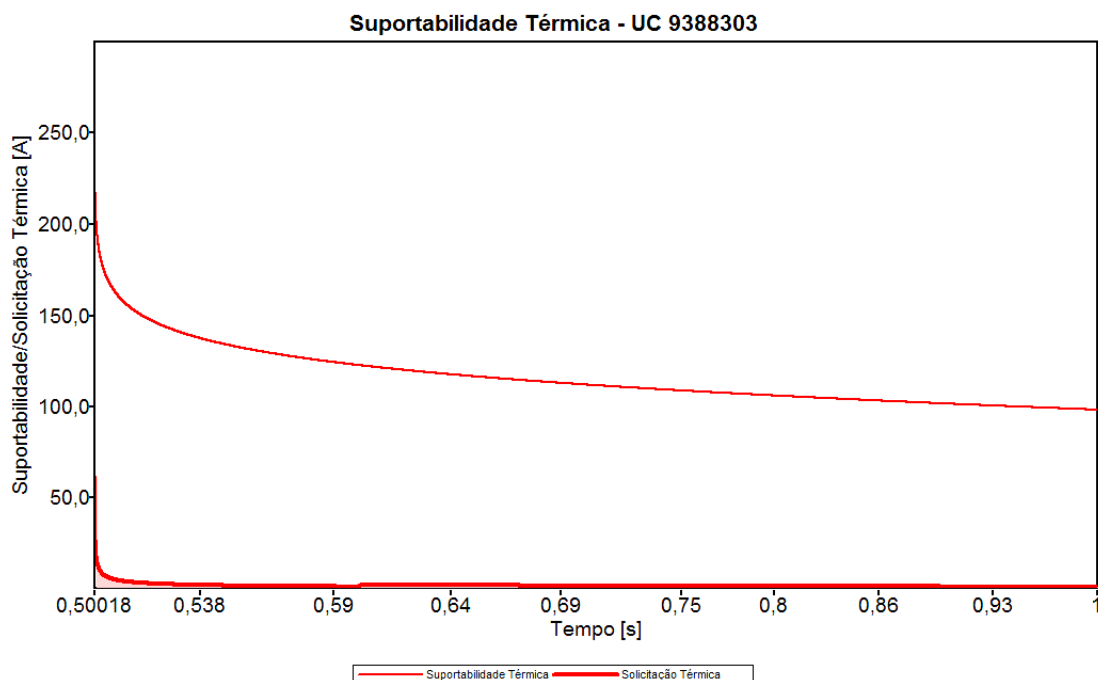


Figura 3.8 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar - Caso 1.

Os resultados mostrados nas figuras anteriores apontam para as seguintes conclusões:

- No instante que segue a abertura do disjuntor (0,5s) ocorre a violação dos níveis de tensão admissíveis pelo aparelho. Portanto, quanto às questões dielétricas pode-se verificar que: **há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolação do equipamento.**
- Com relação à violação dos limites térmicos do equipamento, constatou-se que **não há possibilidade de queima por sobreaquecimentos.**
- Parecer final (*através do APR*): **Solicitação procedente.**

e) Considerações finais

O resultado obtido através do aplicativo APR aponta para o fato que o caso em questão está vinculado com uma solicitação procedente para o pedido de ressarcimento, indicando que o fenômeno produzido pela manobra possui propriedades capazes de romper os limites dielétricos do equipamento sob análise.

3.2.2 Caso 2 - Microondas (Distúrbio: religamento tripolar)

Este processo está associado a um pedido de ressarcimento por danos causados a um forno de microondas devido a um religamento tripolar do disjuntor instalado na subestação de onde origina o correspondente alimentador de 13,8 kV que atende o reclamante.

A ocorrência foi registrada da seguinte forma pela concessionária:

“No dia 27-março-2007, às 13:27 hs, ocorreu o desligamento com religamento tripolar automático da barra do alimentador de n.º 004 da Subestação Várzea Grande em consequência de falha em equipamento.”.

A distribuidora apresentou o seguinte parecer para o processo em pauta:

“Pedido deferido. Total pago: R\$ 109,50.

Justificativa: Quanto ao desligamento automático, os religamentos de circuitos podem gerar ondas de sobretensão que podem se propagar pela rede de distribuição e podem causar danos em equipamentos eletro/eletrônicos, perfurando a isolação ou danificando a fonte de comutação AC/DC”.

Para a análise do problema em foco, foi realizada a modelagem da rede de distribuição correspondente ao Alimentador 004 da Subestação Várzea Grande ao qual o ramal de alimentação do reclamante encontra-se conectado. Os procedimentos adotados, em consonância com os estudos anteriores foram os seguintes:

a) Configuração e parametrização do fenômeno

A Figura 3.9 mostra a configuração e a operação do religador do ramal 13,8kV, para os fins da simulação computacional. A atuação foi do religador automático localizado na saída do alimentador da subestação que atende a região do cliente reclamante. Os demais detalhamentos vinculados com a topologia da rede até o consumidor, banco de dados, resultados em termos de forma de onda, etc., a exemplo da sequência utilizada para o Caso 1, são aqui omitidos visto a extensão que o trabalho assumiria. Portanto, a partir deste caso, apenas os resultados mais conclusivos são abordados.

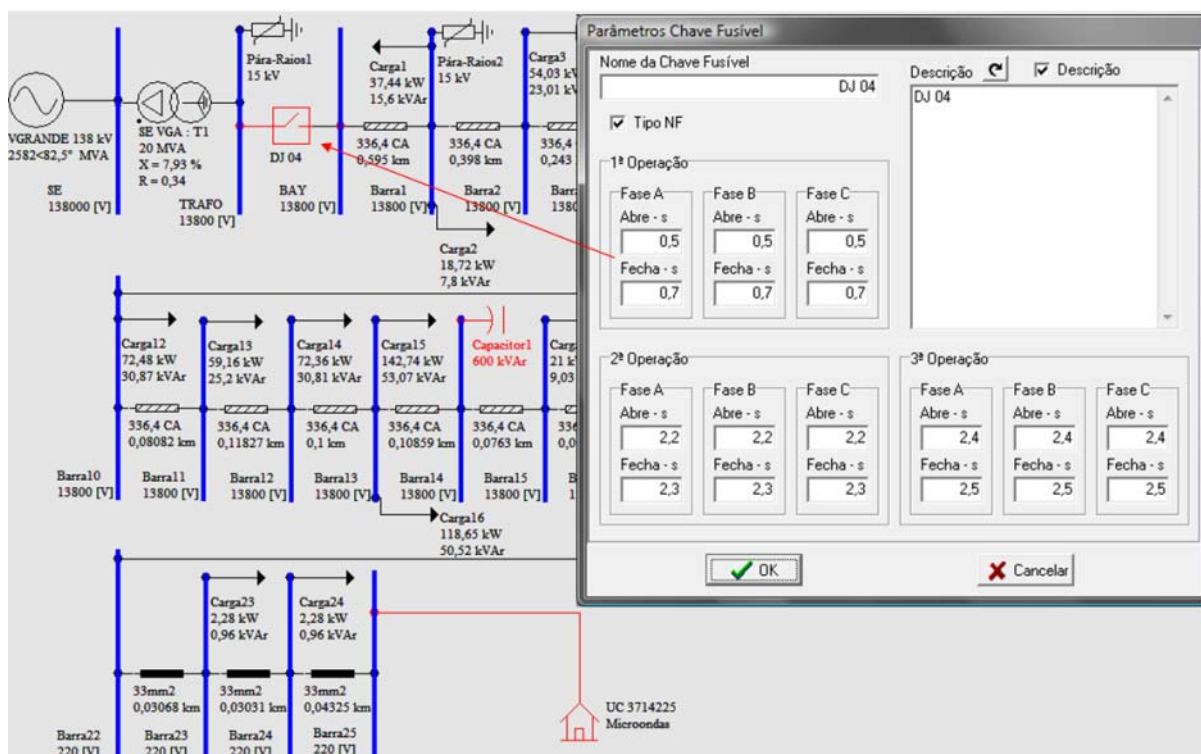


Figura 3.9 – Configuração da atuação do religador- Caso 2.

b) Resultados

A comparação das solicitações dielétricas e térmicas impostas pelo distúrbio ocorrido com as respectivas curvas de suportabilidade do aparelho microondas é representada através das Figuras 3.10 e 3.11. Os gráficos permitem, visualmente, concluir sobre a probabilidade ou não da ocorrência de danos elétricos no produto em pauta.

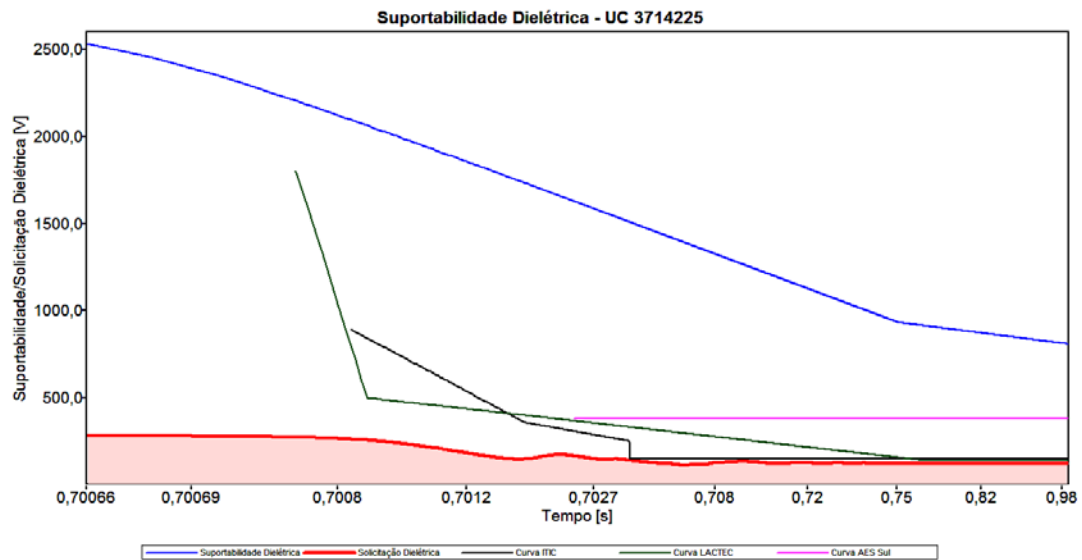


Figura 3.10 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar - Caso 2.

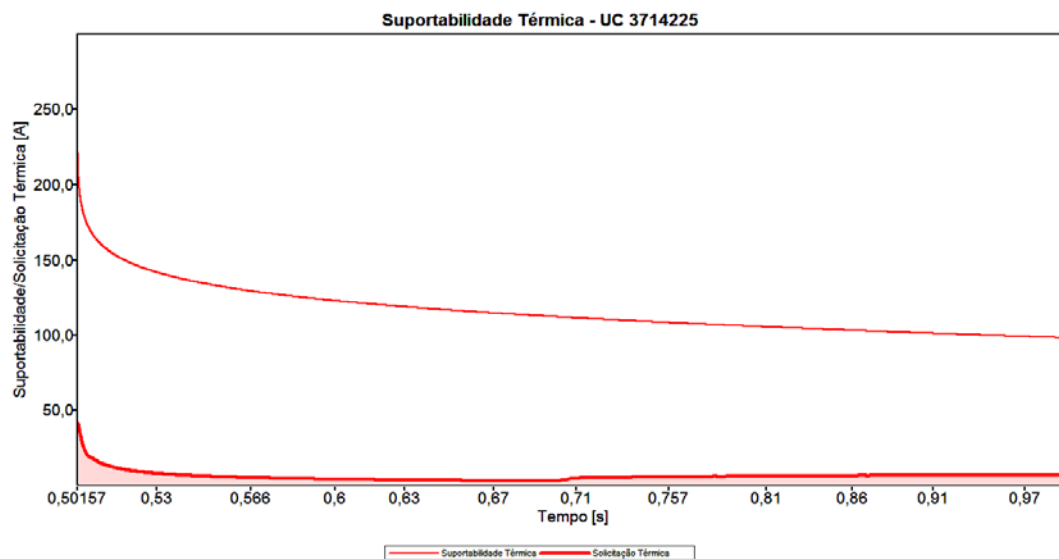


Figura 3.11 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob um religamento tripolar – Caso 2.

As figuras anteriores evidenciam que:

- Não ocorreu a violação dos níveis de tensão admissíveis pelo aparelho. Portanto, quanto às questões dielétricas pode-se verificar que: **não há**

possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolação do equipamento.

- Com relação à violação dos limites térmicos do equipamento, constatou-se que **não há possibilidade de queima por sobreaquecimentos.**
- Parecer final (*através do APR*): **Solicitação improcedente.**

c) Considerações finais

Neste caso houve divergência entre o resultado do APR e o parecer da concessionária. O resultado obtido através do aplicativo APR aponta para o fato que o caso em questão está vinculado com uma solicitação improcedente para o pedido de ressarcimento. Diante disto, no que tange aos estudos computacionais, fica evidenciado que o fenômeno ocorrido não produz tensões e correntes capazes de violar os limites de suportabilidade do forno de microondas.

Para a presente situação, a maior solicitação dielétrica no aparelho ocorreu quando do fechamento dos contatos do religador. Ou seja, no instante 0,7s verifica-se a maior elevação de tensão na entrada do equipamento, porém sem atingir proporções suficientes para violar os limites de suportabilidade do aparelho e ocasionar a sua queima.

Tendo em vista que o diagrama unifilar mostrou a presença de um banco de capacitores de 600 kVAr conectados na Barra 14 da rede de distribuição 13,8 kV, procedeu-se, então, estudos complementares visando investigar a situação operacional quando da ocorrência da manobra e com o mencionado banco desconectado. Nestas circunstâncias, diferentemente da situação anterior, ocorreu violação dos níveis de tensão admissíveis pelo equipamento, ficando, assim, mostrado que, para as novas condições impostas, há possibilidades de danos físicos no equipamento. Isto é esclarecido através da Figura 3.12.

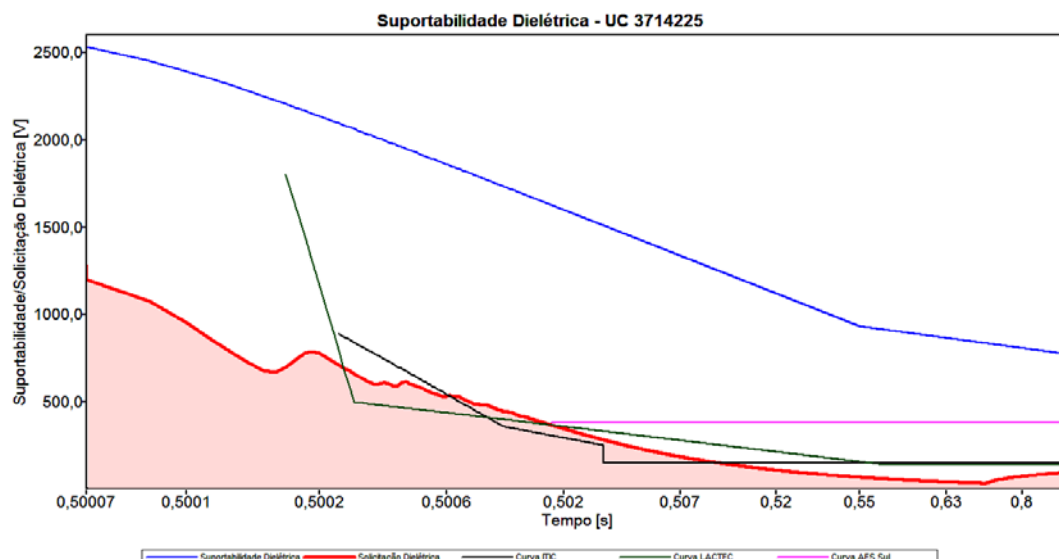


Figura 3.12 – Análise comparativa das solicitações dielétricas (banco de capacitores desconectados) - Caso 2.

As Figuras 3.13 e 3.14 mostram, respectivamente, as formas de onda da tensão e da corrente na entrada do aparelho sob análise. Destaca-se que a maior elevação de tensão e corrente na entrada o equipamento, bem como a maior solicitação dielétrica, ocorreu na abertura do religador, no instante 0,5s.

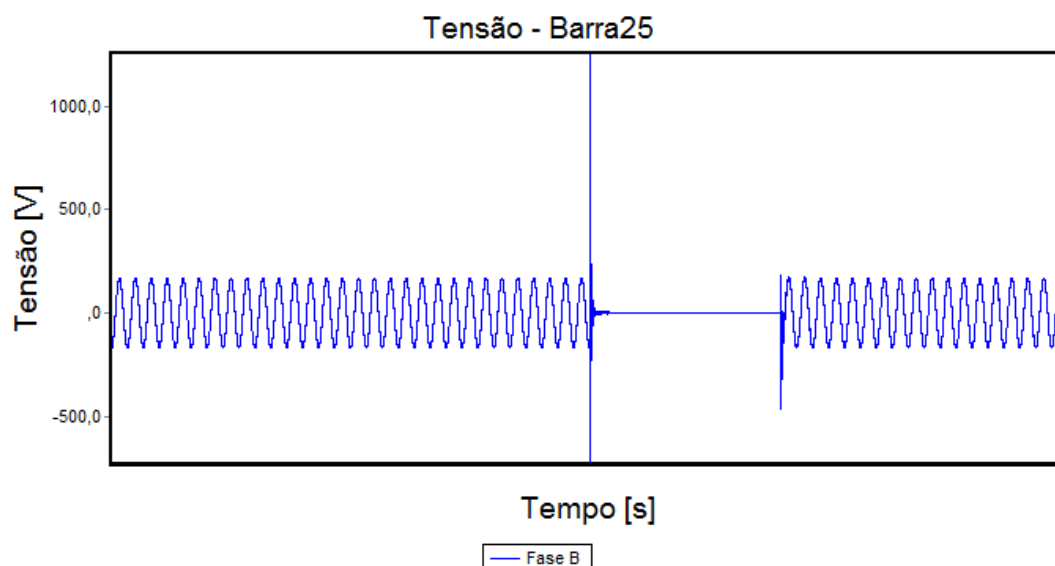


Figura 3.13 – Tensão na entrada do equipamento (banco de capacitores desconectados) - Caso 2.

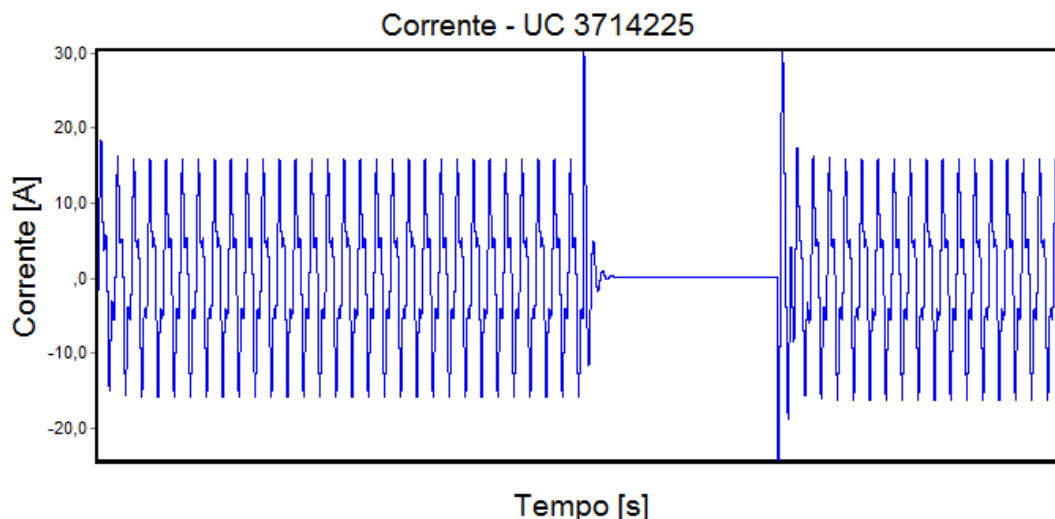


Figura 3.14 – Corrente de entrada do equipamento (banco de capacitores desconectados).

3.2.3 Caso 3 - Televisor (Distúrbio: descarga atmosférica)

O presente estudo refere-se a um pedido de ressarcimento por danos causados a um televisor devido a uma descarga atmosférica na rede primária que atende o reclamante. A ocorrência foi registrada da seguinte maneira:

“No dia 14-março-2007, às 22:38 hs, ocorreu uma intervenção emergencial na rede, houve uma manobra monopolar na Chave fusível n.º 0302805006, a anomalia foi provocado por descarga atmosférica na rede primária do circuito que atende a referida unidade consumidora...”.

O resultado da análise técnica da empresa sobre este processo foi o seguinte:

“Pedido deferido. Total pago: R\$ 420,00.

Justificativa: Quanto a descarga atmosférica no circuito podem gerar ondas de sobretensão que podem se propagar pela rede de distribuição e podem causar danos em equipamentos eletro/eletrônicos, perfurando a isolação ou danificando a fonte de comutação AC/DC”.

Nos mesmos moldes do caso anterior foi então realizada a modelagem da rede de distribuição correspondente ao Alimentador 002 da Subestação Trevo do

Lagarto da concessionária CEMAT ao qual o ramal de alimentação do reclamante encontra-se conectado. Em consonância com os passos já esclarecidos foram cumpridas as seguintes etapas:

a) Configuração e parametrização do fenômeno

A Figura 3.15 mostra a configuração da descarga atmosférica, para os fins da simulação computacional. Tal fenômeno ocasionou atuação da chave fusível localizada próxima do transformador que atende a unidade do reclamante. Porém a simulação considerada neste estudo foi a avaliação dos impactos decorrentes da descarga atmosférica, visto que tal situação é responsável pelas maiores solicitações térmicas e dielétricas no equipamento sob análise.

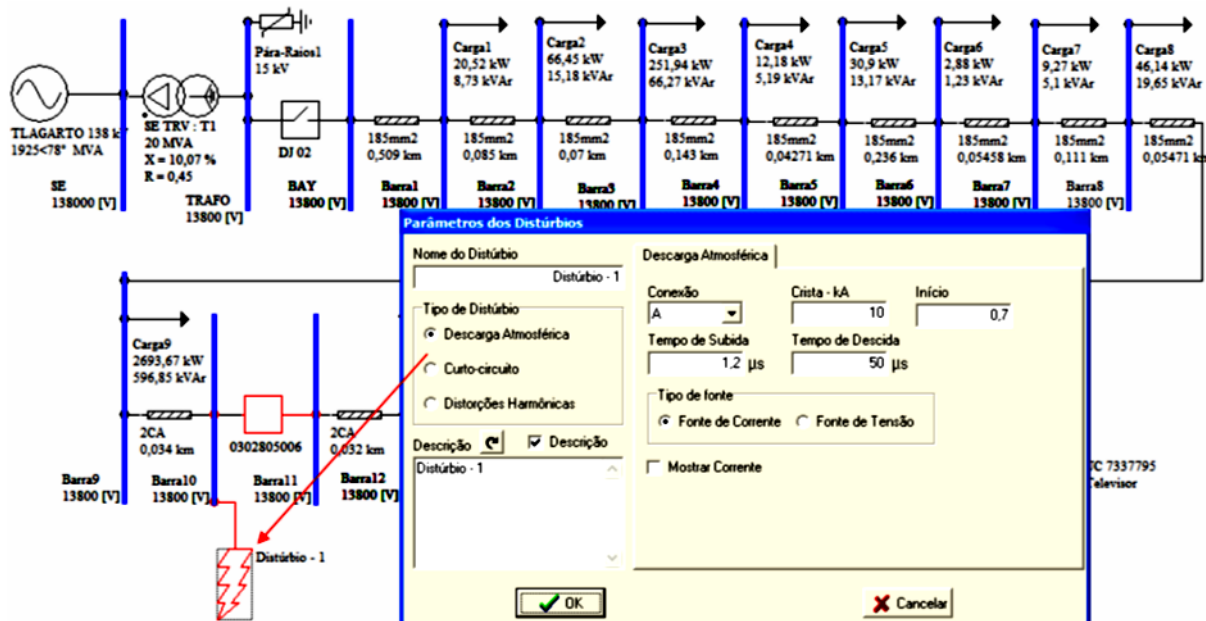


Figura 3.15 – Configuração da descarga atmosférica- Caso 3.

b) Resultados

A comparação das solicitações dielétricas e térmicas impostas pelo distúrbio ocorrido com as respectivas curvas de suportabilidade do aparelho televisão é representada através das Figuras 3.16 e 3.17.

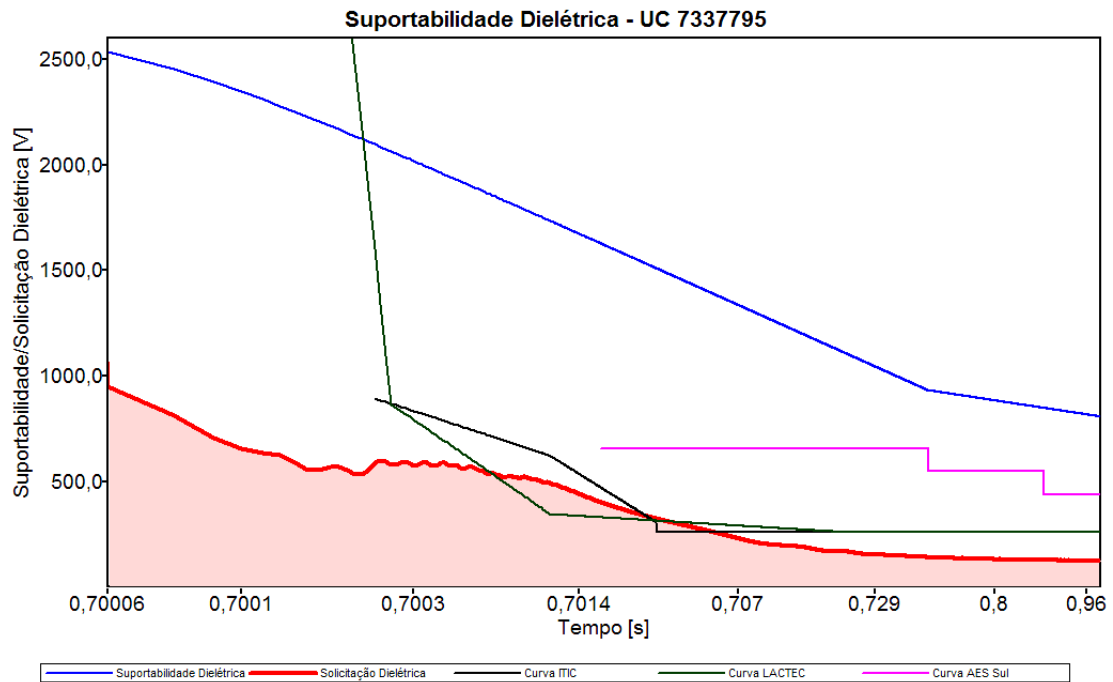


Figura 3.16 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma descarga atmosférica- Caso 3.

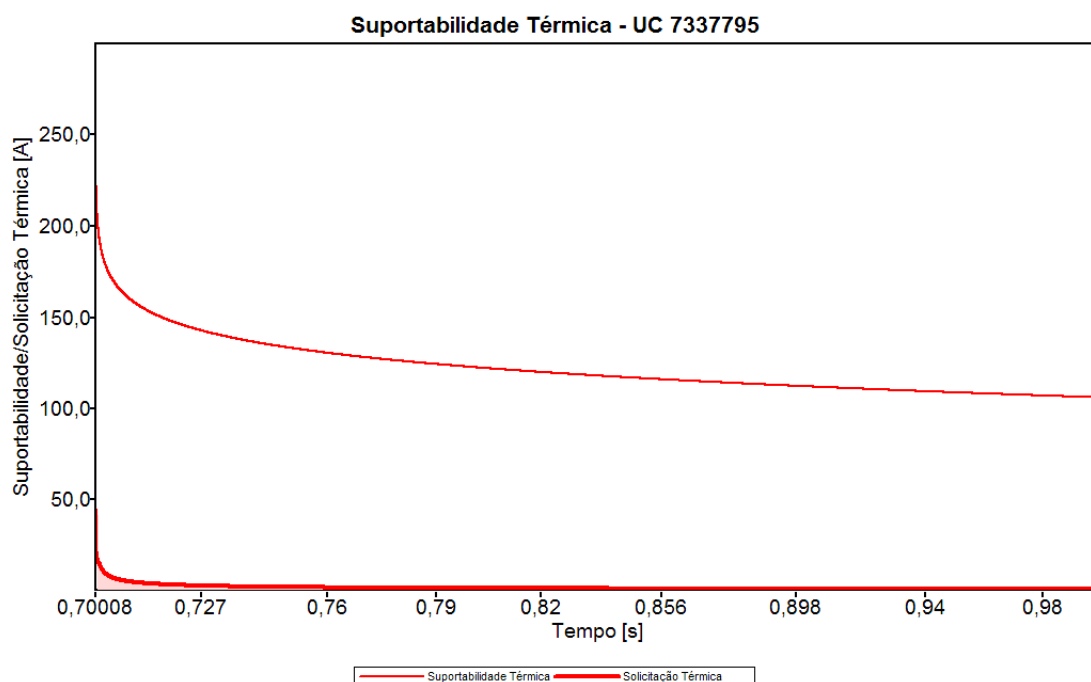


Figura 3.17 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma descarga atmosférica- Caso 3.

Os resultados mostrados nas figuras acima evidenciam que:

- Nos instantes que se seguem após a incidência da descarga atmosférica (0,7s) ocorre a violação dos níveis de tensão admissíveis pelo aparelho. Portanto, quanto às questões dielétricas pode-se verificar que: **há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolação do equipamento.**
- Com relação à violação dos limites térmicos do equipamento, constatou-se que **não há possibilidade de queima por sobreaquecimentos.**
- Parecer final (*através do APR*): **Solicitação procedente.**

c) Considerações finais

O resultado obtido através do aplicativo APR indica que o caso em questão está vinculado com uma solicitação procedente para o pedido de ressarcimento, portanto, o impacto produzido pela descarga atmosférica possui propriedades capazes de romper os limites dielétricos do produto sob análise.

3.2.4 Caso 4 – Aparelho de Fax (Distúrbio: manobra monopolar)

Este processo está associado a um pedido de ressarcimento por danos causados a um aparelho de fax devido a uma manobra monopolar na chave 13,8kV da rede primária que atende o reclamante.

A ocorrência foi registrada pela empresa da seguinte forma:

“No dia 25-janeiro-2007, às 12:49 hs, ocorreu uma intervenção emergencial na rede, houve uma manobra monopolar na chave fusível n.º 0303423006, a anomalia foi provocado por falha em equipamento na rede primária do circuito que atende a referida unidade consumidora...”.

A distribuidora apresentou o seguinte laudo para o processo de ressarcimento:

“Pedido deferido. Total pago: R\$ 160,00.

Justificativa: Quanto a manobra monopolar, provoca uma falta de fase em uma das fases na rede primária. Na rede secundária, uma das fases não afetada ficará normal e as outras duas fases ficarão flutuando podendo variar de zero até duas vezes a tensão fase – neutro n”.

Para a análise do problema em foco foi realizada a modelagem da rede de distribuição correspondente ao Alimentador 009 da Subestação Várzea Grande ao qual o ramal de alimentação do reclamante encontra-se conectado. Os procedimentos adotados foram os seguintes:

a) Configuração e parametrização do fenômeno

A Figura 3.18 mostra a configuração e a operação da chave fusível do ramal 13,8kV, para os fins da simulação computacional. Devido à ausência de maiores informações sobre a fase para a qual ocorreu a manobra, foram realizadas simulações para as linhas A, B e C, selecionando-se, posteriormente, a que ocasionou maior impacto no equipamento.

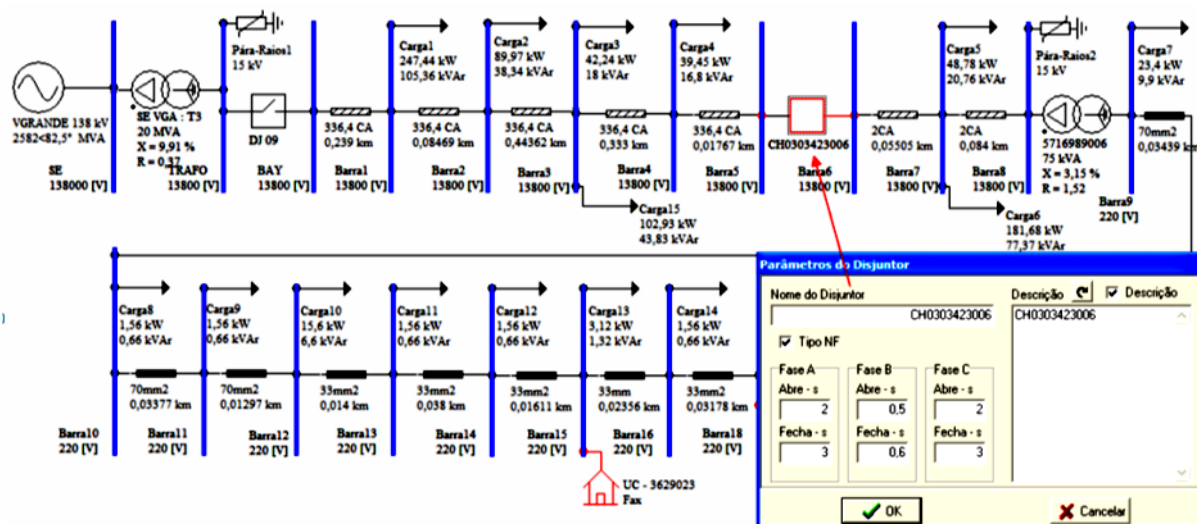


Figura 3.18 – Configuração da manobra monopolar - Caso 4.

b) Resultados

A comparação das solicitações dielétricas e térmicas com as curvas de suportabilidade do aparelho é representada através das Figuras 3.19 e 3.20.

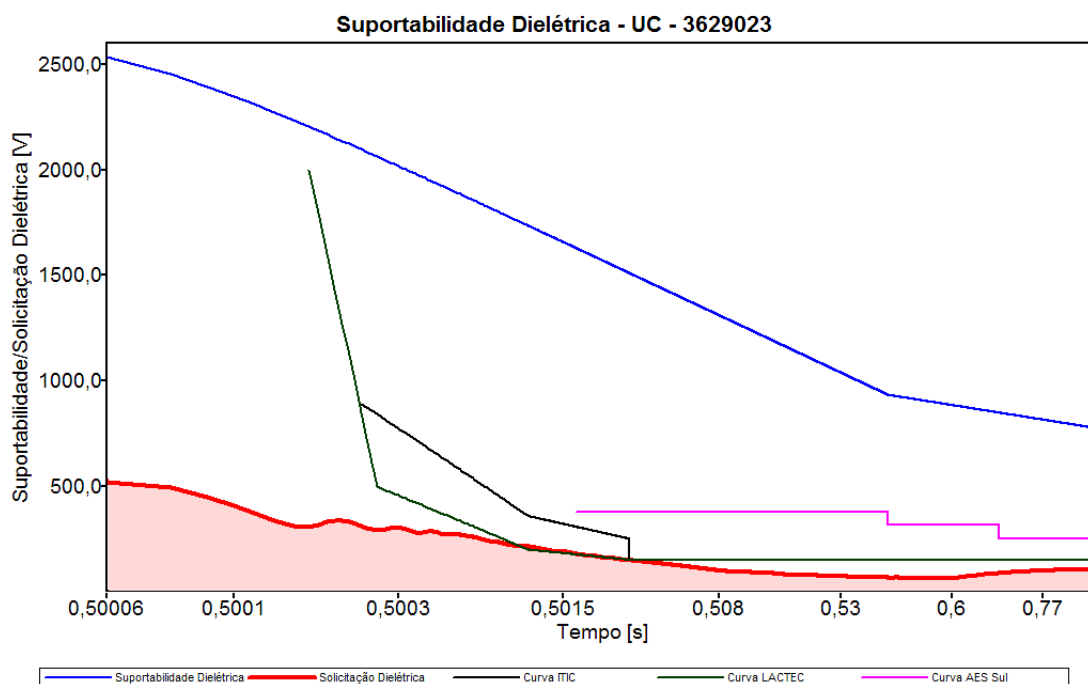


Figura 3.19 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 4.

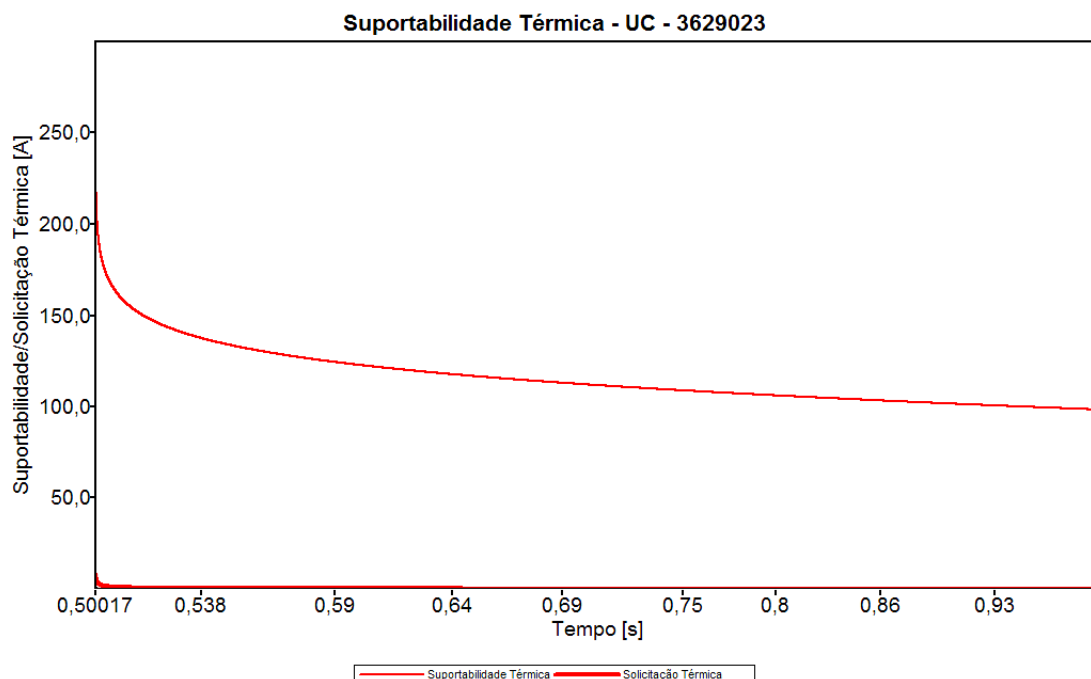


Figura 3.20 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 4.

As figuras anteriores evidenciam que:

- Nos instantes subseqüentes ao da abertura da chave (0,5s) ocorre a violação dos níveis de tensão admissíveis pelo aparelho. Portanto, quanto às questões dielétricas pode-se verificar que: **há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolação do equipamento.**
- Com relação à violação dos limites térmicos do equipamento, constatou-se que **não há possibilidade de queima por sobreaquecimentos.**
- Parecer final (através do APR): **Solicitação procedente.**

c) Considerações finais

O resultado computacional obtido através do aplicativo APR mostra que o caso em questão está vinculado com uma solicitação procedente para o pedido de ressarcimento.

3.2.5 Caso 5 – Aparelho de Som (Distúrbio: manobra monopolar)

Esta situação encontra-se vinculada com um pedido de ressarcimento por danos causados a um aparelho de som devido a uma manobra monopolar na chave 13,8kV da rede primária que atende o reclamante.

De acordo com o documento da concessionária a ocorrência foi registrada da conforme abaixo:

“No dia 25-janeiro-2007, às 12:49 hs, ocorreu uma intervenção emergencial na rede, houve uma manobra monopolar na chave fusível n.º 0303423006, a anomalia foi provocado por falha em equipamento na rede primária do circuito que atende a referida unidade consumidora...”.

O resultado da análise técnica da concessionária sobre este processo foi o seguinte:

“Pedido deferido. Total pago: R\$ 468,00.

Justificativa: Quanto a manobra monopolar, provoca uma falta de fase em uma das fases na rede primária. Na rede secundária, uma das fases não afetada ficará normal e as outras duas fases ficarão flutuando podendo variar de zero até duas vezes a tensão fase – neutro n”.

Para os estudos investigativos procedeu-se, como de praxe, a modelagem da rede de distribuição correspondente ao Alimentador 009 da Subestação

Várzea Grande da concessionária CEMAT ao qual o ramal de alimentação do reclamante encontra-se conectado. Estes são:

a) Configuração e parametrização do fenômeno

A Figura 3.21 mostra a configuração e a operação da chave fusível do ramal 13,8kV, para os fins da simulação computacional. Devido à ausência de maiores informações sobre em qual fase ocorreu a manobra, foram realizadas simulações para as fases A, B e C selecionando, posteriormente, a que ocasionou maior impacto no equipamento.

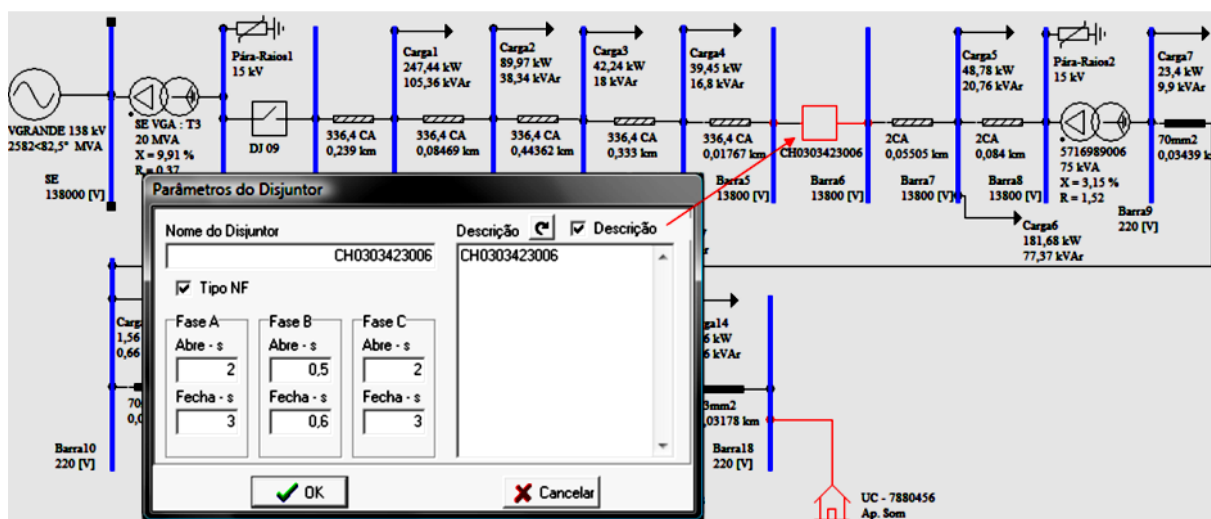


Figura 3.21 – Configuração da manobra monopolar - Caso 5.

b) Resultados

A comparação das solicitações dielétricas e térmicas impostas pelo distúrbio ocorrido com as respectivas curvas de suportabilidade do aparelho é representada através das Figuras 3.22 e 3.23.

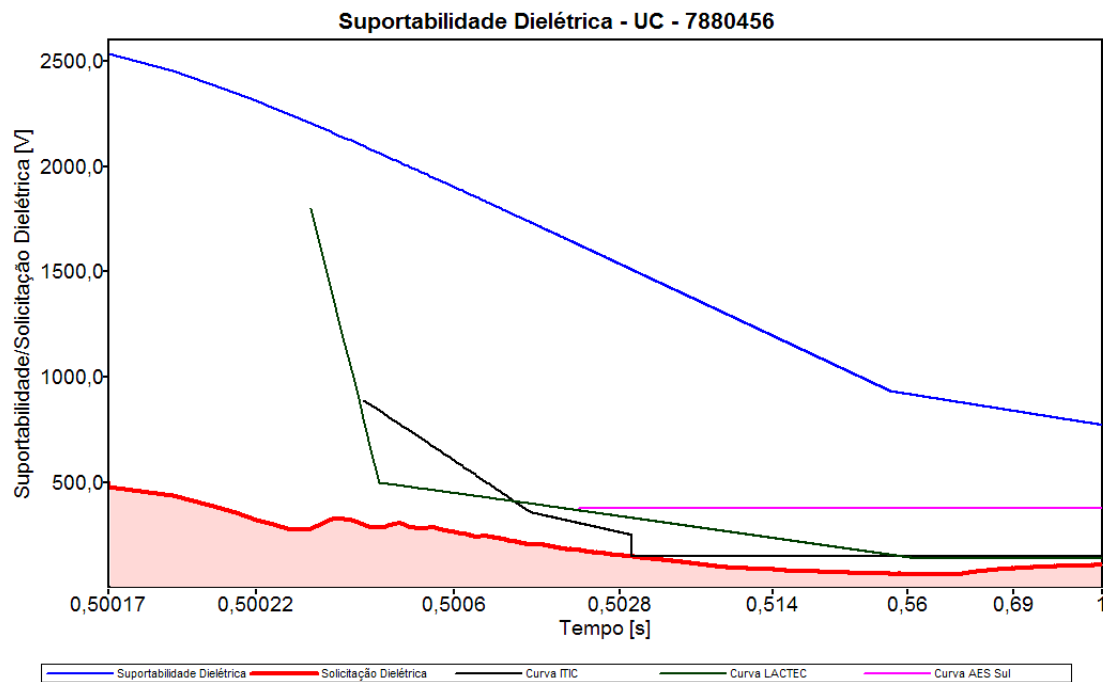


Figura 3.22 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 5.

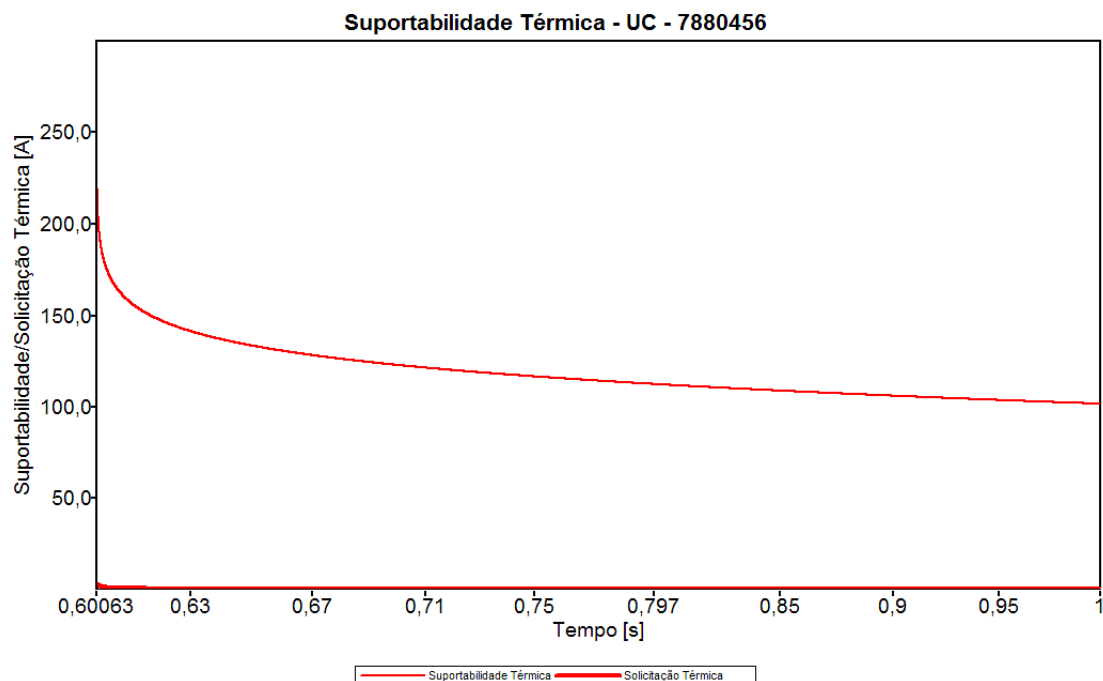


Figura 3.23 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 5.

Os resultados mostrados nas figuras evidenciam que:

- Não ocorreu a violação dos níveis de tensão admissíveis pelo aparelho. Portanto, quanto às questões dielétricas pode-se verificar que: **não há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolação do equipamento.**
- Com relação à violação dos limites térmicos do equipamento, constatou-se que **não há possibilidade de queima por sobreaquecimentos.**
- Parecer final (*através do APR*): **Solicitação improcedente.**

c) Considerações finais

Neste caso houve divergência entre o resultado do APR e o parecer da concessionária. O resultado obtido através do aplicativo APR indica que o caso em questão está vinculado com uma solicitação improcedente para o pedido de ressarcimento. Ou seja, o fenômeno ocorrido não produz tensões e correntes capazes de violar os limites de suportabilidade do equipamento de som.

Destaca-se, todavia, que para a situação sob análise, a rede avaliada possui três pára-raios de 15kV, ZnO, instalados nos terminais de entrada do transformador de distribuição. Diante deste fato, estudos complementares foram conduzidos admitindo-se que tais dispositivos de proteção contra surtos de tensão estivessem desconectados (ou isolados). Neste caso, diferentemente da situação anterior, ocorreu violação dos níveis de tensão admissíveis pelo equipamento no tocante às curvas de suportabilidade dielétricas estabelecidas, ficando evidenciada a possibilidade de danos físicos no aparelho de som, conforme Figura 3.24.

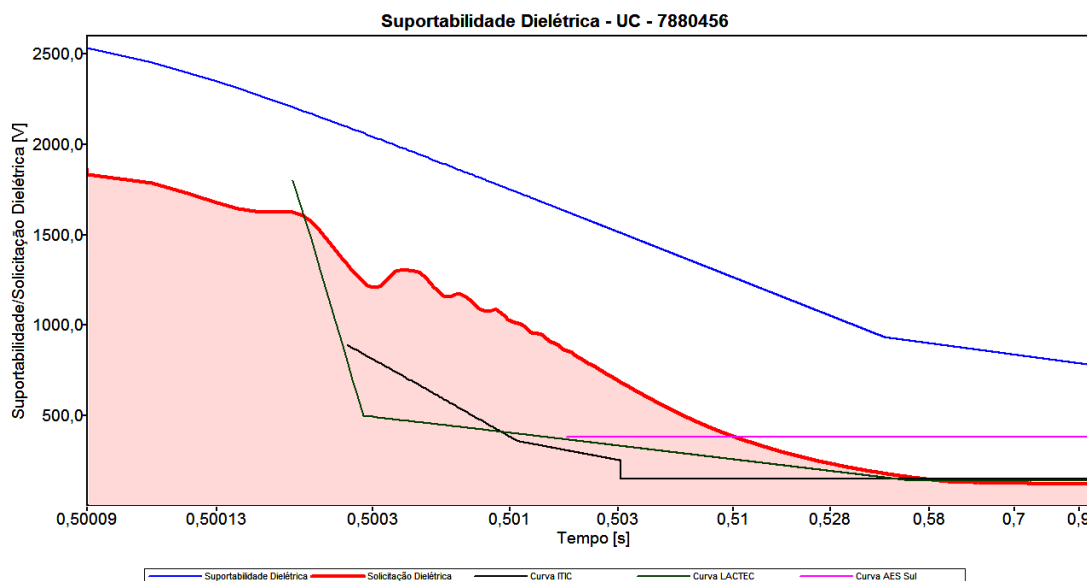


Figura 3.24 – Análise comparativa (PR's 15kV desconectados) - Caso 5.

O resultado apresentado na figura acima evidencia que nos períodos que se seguem após a abertura da chave (0,5s) ocorre a violação dos níveis de tensão admissíveis pelo aparelho. Portanto, quanto às questões dielétricas pode-se verificar que: **há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolamento do equipamento.** As Figuras 3.25 e 3.26 mostram, respectivamente, as formas de onda da tensão e da corrente na entrada do aparelho de som quando os PR's 15kV encontram-se desconectados ou inoperantes.

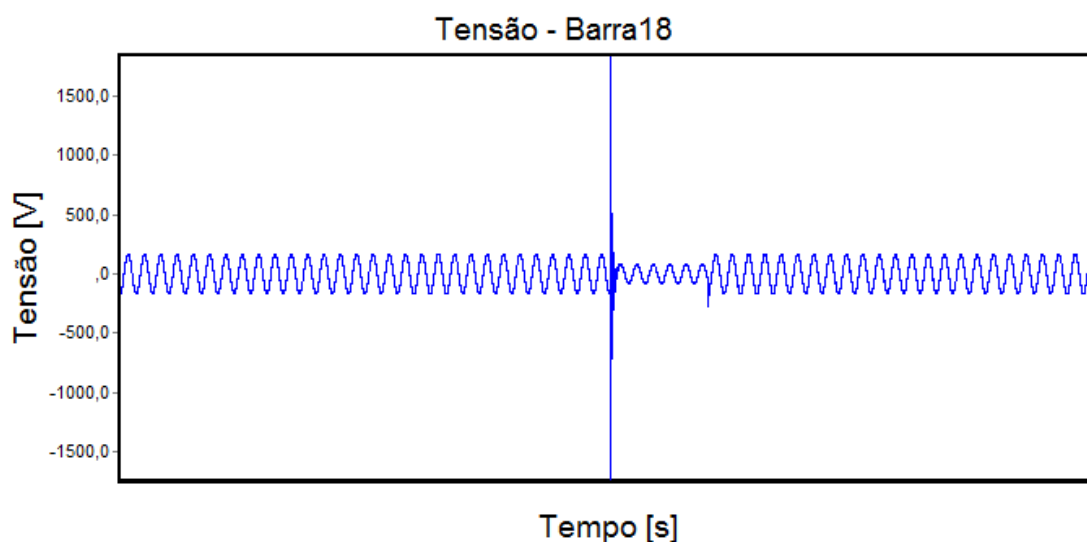


Figura 3.25 – Tensão na entrada do equipamento (PR's 15kV desconectados) - Caso 5.

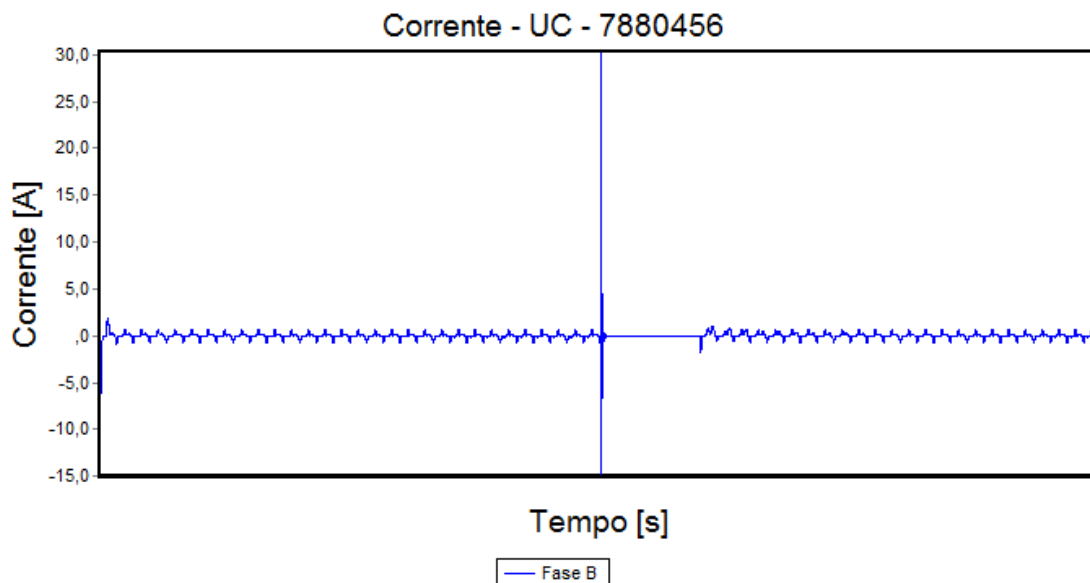


Figura 3.26 – Corrente de entrada do equipamento (PR's 15kV desconectados) - Caso 5.

3.2.6 Caso 6 – Refrigerador (Distúrbio: manobra monopolar)

Este pedido está associado com danos ocorridos em um refrigerador devido a uma manobra monopolar na chave 13,8kV da rede primária que atende o reclamante. A ocorrência foi registrada da seguinte forma pela concessionária:

“No dia 27-fevereiro-2007, às 20:00 hs, ocorreu uma intervenção emergencial na rede, houve uma manobra monopolar na chave fusível n.º 8905207006, a anomalia foi provocado por falha em equipamento na rede primária do circuito que atende a referida unidade consumidora...”.

A empresa apresentou o seguinte parecer para o processo de ressarcimento:

“Pedido deferido. Total pago: R\$ 602,00.

Justificativa: Quanto a manobra monopolar, provoca uma falta de fase em uma das fases na rede primária. Na rede secundária, uma das fases não afetada ficará normal e as outras duas fases ficarão flutuando podendo variar de zero até duas vezes a tensão fase – neutro n”.

Visando a análise do problema em foco, foi realizada a modelagem da rede de distribuição correspondente ao Alimentador 001 da Subestação Trevo do Lagarto ao qual o ramal de alimentação do reclamante encontra-se conectado. Novamente, as etapas seguidas foram:

a) Configuração e parametrização do fenômeno

A Figura 3.27 mostra como foi estabelecida a configuração e a operação da chave do ramal 13,8kV, para os fins da simulação computacional. Devido à ausência de maiores informações sobre em qual fase ocorreu a manobra, foram realizadas simulações para as fases A, B e C selecionando, posteriormente, a que ocasionou maior impacto no equipamento.

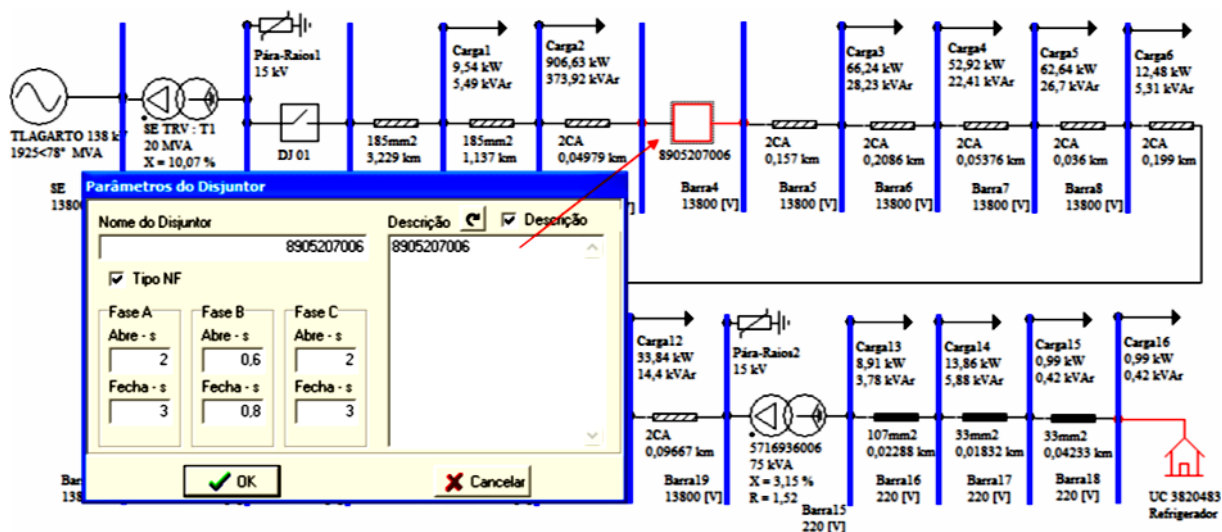


Figura 3.27 – Configuração da manobra monopolar - Caso 6.

b) Resultados

A comparação das solicitações dielétricas e térmicas impostas pelo distúrbio ocorrido com as respectivas curvas de suportabilidade do refrigerador é representada através das Figuras 3.28 e 3.29.

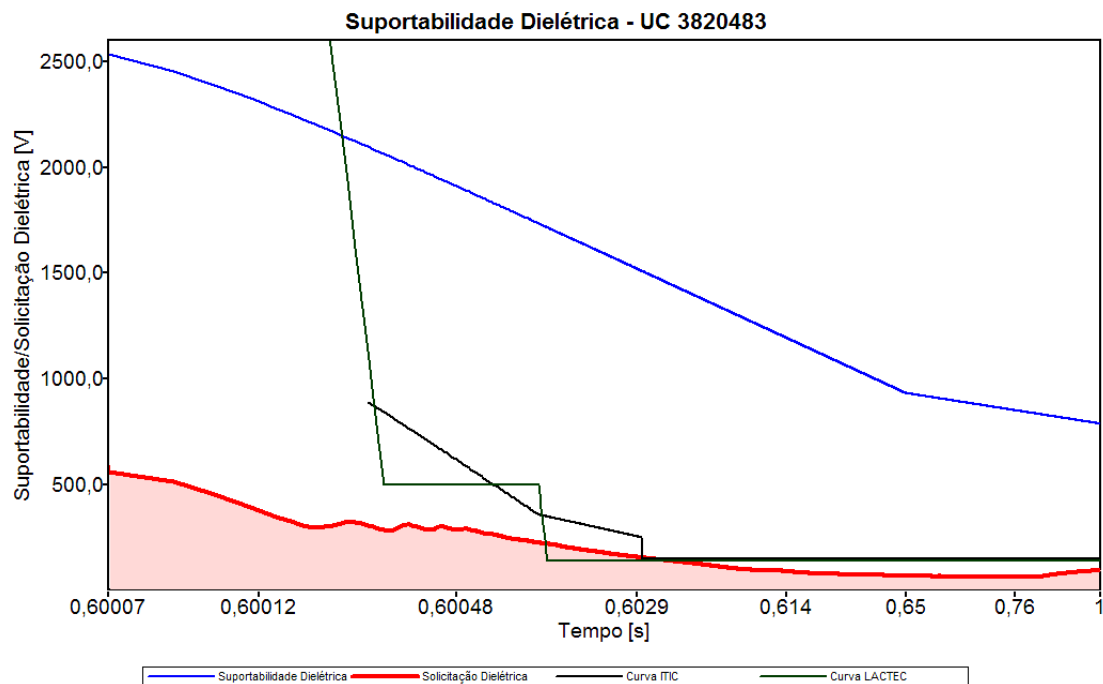


Figura 3.28 – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 6.

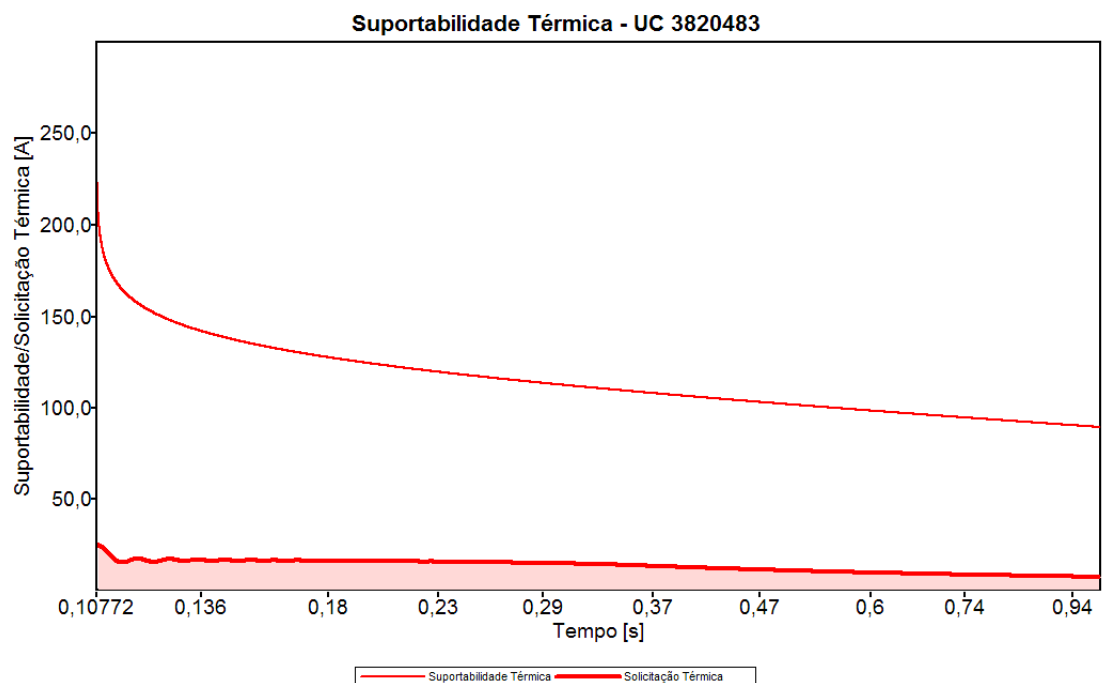


Figura 3.29 – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento sob uma manobra monopolar - Caso 6.

As figuras anteriores evidenciam que:

- Com a abertura da chave (0,6s) ocorre a violação dos níveis de tensão admissíveis pelo aparelho. Portanto, quanto às questões dielétricas pode-se verificar que: **há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolamento do equipamento.**
- Com relação à violação dos limites térmicos do equipamento, constatou-se que **não há possibilidade de queima por sobreaquecimentos.**
- Parecer final (*através do APR*): **Solicitação procedente.**

c) Considerações finais

O resultado do APR aponta para o fato que o caso em questão está vinculado com uma solicitação procedente para o pedido de ressarcimento, indicando que o distúrbio ocorrido possui propriedades capazes de romper os limites dielétricos do produto sob análise.

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Não obstante a maior incidência das manobras monopulares, os desempenhos sobre a correlação entre os distúrbios e seus impactos sobre os equipamentos terminais mostraram que o efeito mais prejudicial para equipamentos eletroeletrônicos, como poderia ser esperado, foi a incidência de descargas atmosféricas. De fato, para todas as situações envolvendo tal fenômeno, os limites de suportabilidade dielétrica dos aparelhos foram superados, indicando, assim, uma forte tendência para danificar o equipamento sob análise, resultando, deste modo, na consistência do pedido de ressarcimento e conseqüente coerência no processo indenizatório do consumidor reclamante.

Já os distúrbios vinculados com manobras monopulares, estes foram responsáveis por 40% dos casos de indenização. Esta operação, como ressaltado, foi a mais presente dentre os casos analisados (totalizando 15 casos).

A Tabela 3.5 apresenta uma análise comparativa entre os procedimentos e pareceres praticados pela concessionária e aqueles emitidos pelo APR.

Tabela 3.5 – Resultados obtidos pelo APR.

Caso	Equipamento	Distúrbio	Valor Pago (R\$)	Resultados do APR
1	01 TV	Rel. Tripolar	319,63	Procedente
2	01 Forno Microondas	Rel. Tripolar	109,50	Improcedente
3	01 TV	Descarga Atm.	420,00	Procedente
4	01 Fax	Man.Monopolar	160,00	Procedente
5	01 Aparelho de Som	Man.Monopolar	468,00	Improcedente
6	01 Geladeira	Man.Monopolar	602,00	Procedente
7	01 Micro System	Man.Monopolar	421,40	Procedente
8	01 TV	Rel. Tripolar	182,00	Procedente
9	01 TV	Man.Monopolar	266,04	Improcedente
10	01 Geladeira	Man.Monopolar	562,00	Procedente
11	01 Geladeira	Man.Monopolar	119,50	Procedente
12	01 Geladeira	Descarga Atm.	693,60	Procedente
13	01 CPU	Rel. Tripolar	210,00	Procedente
14	02 Lâmpadas Fluorescentes	Man.Monopolar	32,00	Improcedente
15	01 Portão Eletr., 01 Nobreak, 01 CPU, 01 Lâmp. Fl.	Man.Monopolar	870,00	Improcedente
16	01 TV, 01 Ar Cond.	Descarga Atm.	838,67	Procedente
17	01 Microondas, 01 Tel. s/ Fio	Man.Monopolar	117,12	Improcedente
18	01 Microondas	Man.Monopolar	88,64	Improcedente
19	01 Micro System	Man.Monopolar	130,00	Improcedente
20	01 TV	Man.Monopolar	529,00	Improcedente
21	01 Mini System	Man.Monopolar	536,04	Procedente
22	01 TV	Rel. Tripolar	463,87	Improcedente
23	01 TV	Rel. Tripolar	212,60	Improcedente
24	01 TV	Man.Monopolar	343,00	Improcedente
25	01 Geladeira	Rel. Tripolar	288,00	Procedente
Total			8.982,61	

A Tabela 3.6, por sua vez, evidencia os percentuais de casos em que os resultados foram julgados *Procedentes* ou *Improcedentes* pelo APR e que foram, para os 25 pedidos de ressarcimento, considerados procedentes pela CEMAT. Como se observa, houve concordância para 52% dos casos investigados.

Tabela 3.6 – Parecer Final do APR.

Tipo	Parecer APR (casos)	%
Procedente	13	52%
Improcedente	12	48%
Total	25	100,0

A Tabela 3.7 apresenta o montante total pago pela concessionária para os 25 casos reclamados e, por outro lado, os valores (R\$) julgados “Improcedentes” pelo APR.

Tabela 3.7 – Valores pagos pela concessionária.

Tipo	Quantidade de Casos	Valor pago pela Concessionária	Valor pago segundo o APR	R\$ (%)
Procedente	13	8.982,61	5.352,84	59,6%
Improcedente	12		3.629,77	40,4%
Total	25	8.982,61	8.982,61	100,00

Outro ponto de destaque está vinculado com estudos adicionais associados com os casos para os quais os pareceres advindos do APR se mostraram distintos daquele emitido pela empresa. Quando de tal ocorrência, investigações complementares foram conduzidas através de novas simulações, as quais se fundamentaram na utilização de configurações distintas para a rede de suprimento. Tais alterações foram feitas através da desconexão de elementos os quais, geralmente, atenuam os impactos de um eventual distúrbio incidente na

rede de distribuição. Este é, por exemplo, a situação encontrada quando da presença de bancos de capacitores e pára-raios, os quais, por motivos diversos poderiam, nos instantes das respectivas ocorrências, encontrarem-se desconectados ou inoperantes.

Objetivando avaliar os efeitos destas novas possibilidades operativas para as redes, nos termos acima referidos, obteve-se, por fim, os resultados indicados na Tabela 3.8. Os resultados evidenciam que, efetivamente, alterações topológicas da rede podem impactar fortemente sobre os resultados e as conclusões extraídas dos estudos.

Tabela 3.8 – Resultados obtidos.

Caso	Equipamento	Distúrbio	Parecer inicial do APR	Elemento desconectado (nova sim.)	Novo parecer do APR
1	01 TV	<i>Rel. Tripolar</i>	Procedente	-	-
2	01 Forno Microondas	<i>Rel. Tripolar</i>	Improced.	Banco de Capacitores 600 kVAr	Procedente
3	01 TV	<i>Descarga Atm.</i>	Procedente	-	-
4	01 Fax	<i>Man.Monopolar</i>	Procedente	-	-
5	01 Aparelho de Som	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Procedente
6	01 Geladeira	<i>Man.Monopolar</i>	Procedente	-	-
7	01 Micro System	<i>Man.Monopolar</i>	Procedente	-	-
8	01 TV	<i>Rel. Tripolar</i>	Procedente	-	-
9	01 TV	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Procedente
10	01 Geladeira	<i>Man.Monopolar</i>	Procedente	-	-
11	01 Geladeira	<i>Man.Monopolar</i>	Procedente	-	-
12	01 Geladeira	<i>Descarga Atm.</i>	Procedente	-	-
13	01 CPU	<i>Rel. Tripolar</i>	Procedente	-	-
14	02 Lâmpadas Fluorescentes	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Procedente
15	01 Portão Eletr., 01 Nobreak, 01 CPU, 01 Lâmp. Fl.	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Improced.
16	01 TV, 01 Ar Cond.	<i>Descarga Atm.</i>	Procedente	-	-
17	01 Microondas, 01 Tel. s/ Fio	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Procedente

Caso	Equipamento	Distúrbio	Parecer inicial do APR	Elemento desconectado (nova sim.)	Novo parecer do APR
18	01 Microondas	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Procedente
19	01 Micro System	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Improced.
20	01 TV	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Improced.
21	01 Mini System	<i>Man.Monopolar</i>	Procedente	-	-
22	01 TV	<i>Rel. Tripolar</i>	Improced.	Banco de Capacitores 600 kVAr	Procedente
23	01 TV	<i>Rel. Tripolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Improced.
24	01 TV	<i>Man.Monopolar</i>	Improced.	PR's 13,8kV	Improced.
25	01 Geladeira	<i>Rel. Tripolar</i>	Procedente	-	-

À luz dos estudos adicionais realizados, a tabela evidencia que, por exemplo, com o banco de capacitores de 600 kVAr desconectado, o APR apontou para o fato que o PID seria procedente, enquanto que o respectivo estudo anterior indicava o contrário. Para as situações em que foi considerada a ausência de pára-raios na rede 13,8 kV, verifica-se que os resultados também apresentam, para determinados casos, impactos ainda mais severos, causando danos no aparelho sob investigação e justificando, portanto, o pedido de ressarcimento. Por outro lado, constatou-se que, para certas situações (Caso 15, 19, 20, 23 e 24), mesmo na ausência de pára-raios, os distúrbios não se mostraram suficientes para danificar o aparelho eletroeletrônico reclamado.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo contemplou, de forma pontual, a avaliação do desempenho do software desenvolvido para a análise de consistência dos pedidos de indenização por danos elétricos.

Para atingir os propósitos das investigações foi selecionada uma área de concessão da CEMAT, nominalmente, o município de Várzea Grande, na região

da Grande Cuiabá. Também, foi definido um período de tempo para o qual foram escolhidos 25 casos reais de PID's direcionados à concessionária supra mencionada. Isto caracteriza pois, que os trabalhos conduzidos nesta dissertação foram centrados em ocorrências reais, fato este que permite obter informações relevantes e nos termos exigidos pela ferramenta computacional sob avaliação. Destes dados destacam-se: equipamento danificado, resultado da análise de providências tomadas pela concessionária, caracterização do fenômeno supostamente responsável pelo nexos causal, topologia e parâmetros da rede de distribuição e acessórios desde o ponto físico de ocorrência do distúrbio até o ponto de conexão do consumidor, etc.

Uma vez inseridas tais informações no APR e realizados os respectivos estudos que culminaram na obtenção das tensões e correntes impactantes sobre os produtos reclamados, estas grandezas elétricas, nos moldes definidos pelo software, foram traduzidas na forma de esforços dielétricos e térmicos impostos ao equipamento focado no PID. Por fim, a correlação destes esforços com os níveis de suportabilidade atribuídos aos produtos danificados conduziram a pareceres finais sobre a violação ou não das tolerâncias dos dispositivos pesquisados.

Com base nas informações oferecidas pelo APR e os pareceres e providências adotadas pela empresa supridora, estabeleceu-se, por fim, a uma análise comparativa entre os resultados obtidos. Os desempenhos obtidos para os trabalhos aqui relatados evidenciaram que para 13 casos, ou seja, 52% do total, o APR emitiu um parecer concordante com o da concessionária. Para os demais 12 casos (48%) houve divergência entre as indicações do aplicativo computacional e as decisões tomadas pela empresa supridora, indicando, assim, que o pedido de ressarcimento seria improcedente.

Para estes últimos, visando esclarecimentos e buscas sobre eventuais causas para as discordâncias detectadas, foram realizados estudos sob condições operacionais passíveis de ocorrência e que significariam particularidades quanto

ao funcionamento de alguns equipamentos que perfazem a rede de distribuição. Tais condições foram consideradas através da repetição dos estudos na ausência de pára-raios e bancos de capacitores, como esclarecido ao longo no texto. Assim procedendo observou-se que, como esperado, a desconexão destes componentes poderia ser um fator determinante para uma mudança do parecer final emitido pelo software. Isto pode ser comprovado através das simulações conduzidas para os casos 2, 5, 9, 14, 17, 18 e 22, para os quais, num primeiro momento, não se encontrou uma correspondência entre os diagnósticos e, posteriormente, houve concordância entre os mesmos.

Naturalmente, há de se reconhecer que os trabalhos feitos utilizaram uma base de dados relativamente modesta dentro do universo de casos, quando se considera o sistema brasileiro como um todo. Não obstante tal reconhecimento, considera-se que foram dados passos importantes na busca de uma estratégia confiável, segura e justa, para se atingir uma sistemática fundamentada em princípios físicos consistentes e aceitos pelos profissionais envolvidos no tema. Isto posto fica ratificado o posicionamento que o APR, para sua consolidação como ferramenta de análise para fundamentar, consubstanciar e acelerar o processo decisório e emissão de respostas, ainda deve merecer maiores e mais profundos estudos e testes de desempenho visando a necessária credibilidade quanto a emissão de pareceres conclusivos sobre PID's.

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA PARA INCORPORAÇÃO DO TEMPO DE USO DOS EQUIPAMENTOS

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Objetivando avançar as propriedades do programa anteriormente descrito e utilizado, este capítulo tem por objetivo propor uma estratégia para a incorporação, nos estudos de casos de PID's, da influência do tempo de uso dos equipamentos eletroeletrônicos, e sua respectiva redução da vida útil, quando comparados com situações em que os aparelhos são novos. Assim procedendo, certamente, a ferramenta desenvolvida se apresentará em maior consonância com a realidade operativa e oferecerá um diagnóstico mais apropriado aos fins aqui delineados.

Estabelecida e formatada a sugestão, esta é então implementada no APR com vistas a realização de novos estudos avaliativos sobre a consistência ou não dos pedidos de ressarcimento correlacionando-se, desta feita, os impactos oriundos dos alimentadores elétricos com os novos limites admissíveis pelos produtos avaliados.

A proposta apresentada fundamenta-se na aplicação de fatores de depreciação, de acordo com o tempo de utilização do equipamento, e encontra

sustentação no fato que, reconhecidamente, qualquer produto, com o decorrer do tempo, apresenta desgastes de seus componentes ao longo da vida útil dos equipamentos.

No intuito de avaliar o desempenho da metodologia proposta serão selecionados dois casos reais de PID's, já considerados no capítulo anterior, os quais conduziram, por parte do APR, a indicativos improcedentes para os pedidos de ressarcimento, fato este discordante dos pareceres da concessionária. Entretanto, vale ressaltar que os estudos que resultaram nestas respostas consideraram os equipamentos reclamados como novos, e, os trabalhos conduzidos nesta unidade da dissertação contemplam a adoção de uma condição distinta, visto que as novas investigações irão inserir a metodologia proposta para a incorporação do processo natural de degradação dos produtos pelo tempo de uso dos mesmos.

A estrutura utilizada para o cumprimento das metas supra-estabelecidas compreende pois as seguintes etapas:

- *Estabelecimento da metodologia;*
- *Modelagem do processo proposto através das curvas de suportabilidade dielétricas e térmicas para posterior correlação entre os fenômenos ocorridos e os limites admissíveis;*
- *Implementação computacional da estratégia no aplicativo APR e, por fim,*
- *Realização de avaliações computacionais sobre o desempenho e consistência da metodologia.*

4.2 METODOLOGIA PARA INSERÇÃO DO TEMPO DE USO DOS EQUIPAMENTOS

Em consonância com informações e conhecimentos adquiridos com a experiência das oficinas de manutenção e usuários, é sabido que qualquer dispositivo elétrico possui um tempo de vida útil. Esta pode sofrer influências distintas associadas com cuidados operacionais, adequação do ambiente, tempo de utilização diário, etc., todavia, estes parâmetros são praticamente imensuráveis e qualquer procedimento objetivando oferecer mecanismos que resultem num procedimento para o processo de depreciação da vida útil será bastante empírico e factível de questionamentos. Não obstante tais considerações há certo consenso em admitir que, por exemplo, um televisor doméstico, após anos de uso (10 a 15 anos, por exemplo), praticamente já encontra-se numa fase final de sua vida operacional e, nestas circunstâncias, independentemente da ocorrência de fenômenos nas redes elétricas, os defeitos poderiam advir aleatoriamente em função do estado de fragilidade natural ocasionado pelo desgaste de seus componentes. Alicerçados nesta premissa, a proposta aqui feita fundamenta-se na aplicação de fatores de redução que variam entre 1 (aparelho novo) e 0 (aparelho no fim da vida). Nestes termos, as curvas de suportabilidade seriam objeto dos mencionados fatores, obedecendo uma lógica similar aos fatores de depreciação da vida útil constantes na Tabela 4.1, a qual assume que o aparelho em pauta, utilizado de forma convencional, teria uma vida útil de 12 anos.

Observa-se, através da mencionada tabela, que os valores apresentados são arbitrários, obedecem uma taxa de decaimento da vida útil e visam apenas ilustrar o procedimento, portanto, qualquer outra informação numérica poderá ser prontamente utilizada em substituição à proposta. Vale ressaltar que, com relação à variável “tempo de utilização”, seria extremamente prudente empregar

uma outra, relacionada com as “horas de uso”, todavia, facilmente se reconhece as dificuldades em quantificar esta grandeza, fato este que orientou este trabalho a manter o tempo de uso em anos.

Tabela 4.1 – Fatores de depreciação em função do tempo de utilização do equipamento.

Tempo de utilização do equipamento (em anos)	Fator de depreciação (multiplicador das características de suportabilidade)
0	1
1	0,99
2	0,97
3	0,96
4	0,93
5	0,89
6	0,83
7	0,74
8	0,62
9	0,46
10	0,29
11	0,13
12	0,00

Para a aplicação do princípio da depreciação da vida útil do produto em foco, as curvas definidas por “*Suportabilidade Dielétrica*” e “*Suportabilidade Térmica*”, a estratégia empregada consiste em atenuar tais limites através dos fatores multiplicativos acima caracterizados até se atingir o menor valor da tensão de operação, a qual corresponde a de regime permanente e sob condições normais. Em outras palavras, as curvas vão decaindo na proporção dos anos de uso até atingir um nível mínimo, também passível de definição pelo usuário e, na condição “*default*” adota-se um nível final de tensão admissível de 120% ou 110% do valor nominal, conforme o produto sob análise.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE SUPORTABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS

As publicações técnicas que correlacionam os níveis de suportabilidade dielétrica e térmica para os distintos equipamentos empregados nas instalações residenciais, comerciais e industriais, indicam um comportamento físico similar ao indicado pela Figura 4.1. O eixo vertical, caracterizado pela função $Y(t)$, denota as grandezas de tensão ou corrente admissível pelo equipamento.

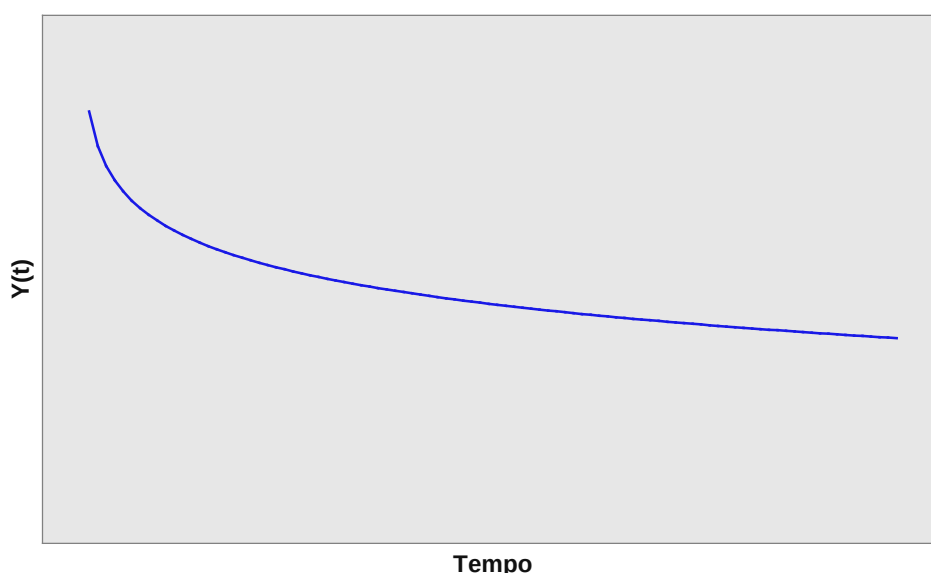


Figura 4.1 - Curva típica para a suportabilidade dielétrica e térmica de um equipamento.

Para a figura anterior valem as seguintes observações:

- A curva delimita os níveis de tensão ou corrente que, estatisticamente, apresentam alta probabilidade de ocasionar danos físicos para o equipamento correspondente;
- O eixo vertical indica o valor da tensão ou corrente, enquanto que o eixo horizontal se refere ao tempo de duração;

- *Caso o fenômeno ocorrido na rede conduza a valores de tensão ou corrente abaixo da curva indicada, então uma condição operacional sem riscos probabilísticos de danos teria ocorrido;*
- *Todavia, caso o distúrbio tenha conduzido a um ponto acima da curva, isto poderá ocasionar uma eventual falha do produto, justificando, assim, o ressarcimento pelo dano causado.*

As formas típicas encontradas para as curvas de suportabilidade sugerem a utilização de funções logarítmicas para a sua representação matemática. Todavia, devido às particularidades das regiões que caracterizam o formato global da curva ao longo do tempo, optou-se por subdividi-la em dois segmentos logarítmicos distintos e uma reta representativa das condições de suportabilidade em regime permanente.

No que tange às regiões iniciais, as expressões são do tipo:

$$Y(t) = \alpha \cdot \log t + \beta \quad (1)$$

Para a caracterização da expressão, isto é, para a determinação de seus coeficientes, torna-se necessário o conhecimento das informações atreladas com dois instantes para os quais são conhecidos os valores de tensão e corrente admissíveis.

Nestes termos, conhecendo-se os valores da função $Y(t)$ para os instantes t_1 e t_2 , obtêm-se:

$$\alpha = \frac{Y(t_2) - Y(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad (2)$$

e:

$$\beta = Y(t_1) - \alpha \cdot \log t_1 \text{ ou } \beta = Y(t_2) - \alpha \cdot \log t_2 \quad (3)$$

As informações utilizadas para os cálculos anteriores são consideradas como fornecidas pelos fabricantes ou extraídas de ensaios laboratoriais realizados até o nível de dano para os diversos produtos contemplados nos estudos.

As expressões representativas das curvas de suportabilidade dielétrica e térmica são destacadas na sequência.

4.3.1 Suportabilidade Dielétrica

As curvas de suportabilidade dielétrica são, como já ressaltado, modeladas através da composição de três funções que delimitam as regiões de suportabilidade física do equipamento. A opção aqui feita recaiu sobre a utilização de duas funções logarítmicas e uma reta, como indicado na Figura 4.2.

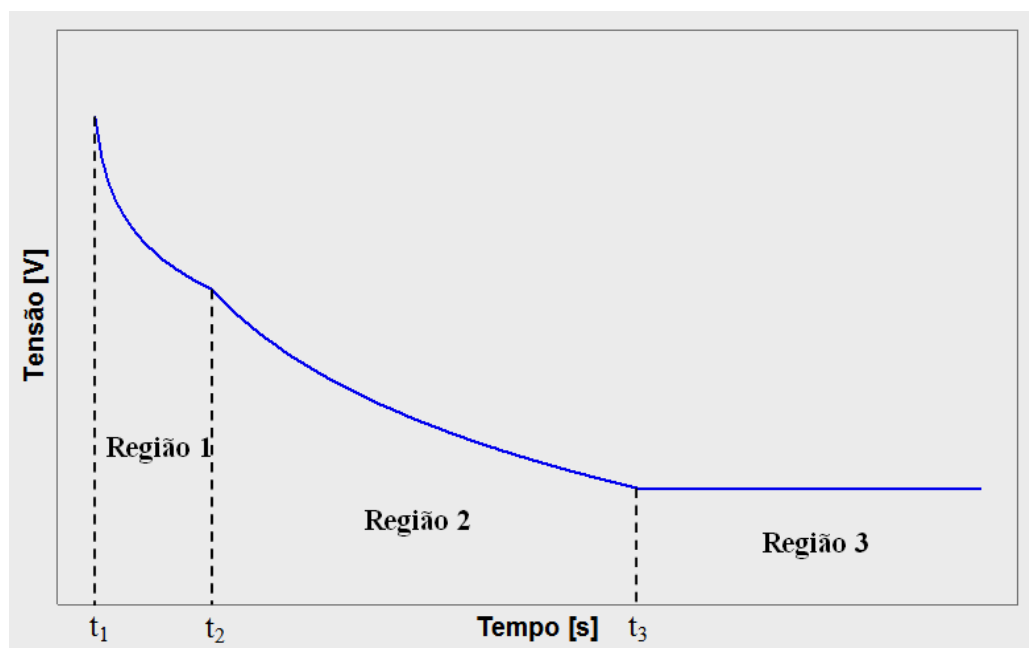


Figura 4.2 - Modelagem da curva de suportabilidade dielétrica.

As distintas regiões que compõem a curva caracterizada da figura anterior são matematicamente descritas como:

• **Região 1:**

$$V(t) = \alpha_1 \cdot \log t + \beta_1 \quad (4)$$

Onde:

$$\alpha_1 = \frac{V(t_2) - V(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad (5)$$

e:

$$\beta_1 = V(t_1) - \alpha_1 \cdot \log t_1 \text{ ou } \beta_1 = V(t_2) - \alpha_1 \cdot \log t_2 \quad (6)$$

Sendo:

$V(t_1)$ – valor da tensão admitida pelo equipamento durante um intervalo de tempo t_1 ;

$V(t_2)$ – valor da tensão admitida pelo equipamento durante um intervalo de tempo t_2 .

• **Região 2:**

$$V(t) = \alpha_2 \cdot \log t + \beta_2 \quad (7)$$

Onde:

$$\alpha_2 = \frac{V(t_3) - V(t_2)}{\log t_3 - \log t_2} \quad (8)$$

e:

$$\beta_2 = V(t_2) - \alpha_2 \cdot \log t_2 \text{ ou } \beta_2 = V(t_3) - \alpha_2 \cdot \log t_3 \quad (9)$$

Sendo:

$V(t_3)$ – valor da tensão admitida pelo equipamento durante um intervalo de tempo t_3 .

• **Região 3:**

$$V(t) = \beta_3 \quad (10)$$

Onde β_3 tem por significado o valor da tensão admitida pelo equipamento em regime permanente de operação.

4.3.2 Suportabilidade Térmica

De modo similar ao realizado para a suportabilidade de tensão, para o caso da descrição matemática da curva de suportabilidade térmica utiliza-se de um procedimento similar ao anteriormente descrito. Isto resulta, como previsto, numa figura com a forma indicada na sequência.

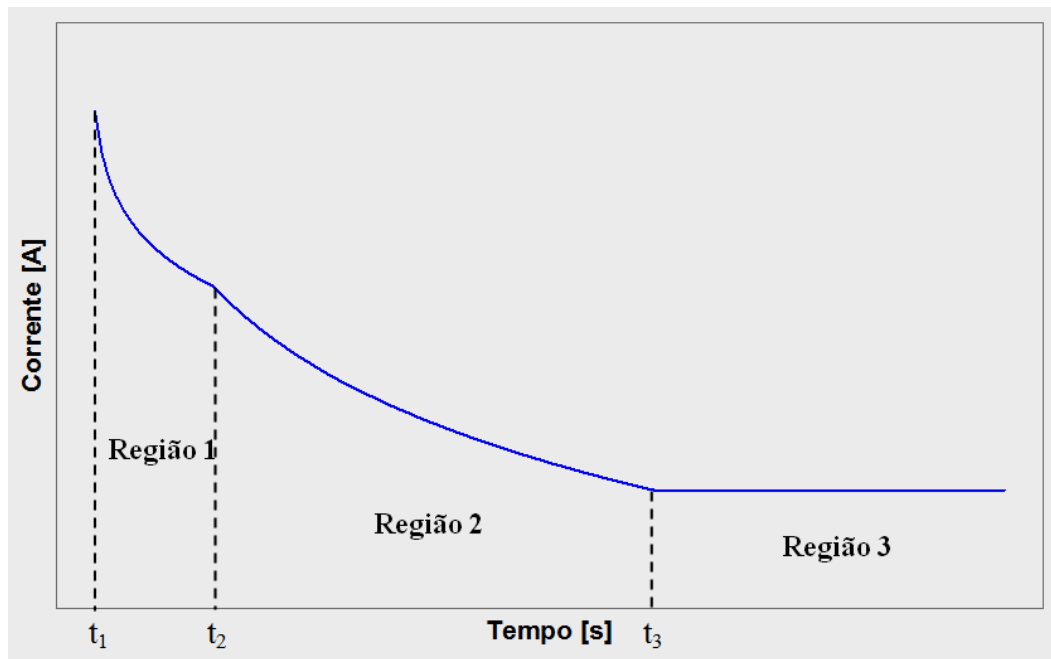


Figura 4.3 - Modelagem da curva de suportabilidade térmica.

• **Região 1:**

$$I(t) = \alpha_1 \cdot \log t + \beta_1 \quad (11)$$

Onde:

$$\alpha_1 = \frac{I(t_2) - I(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad (12)$$

e:

$$\beta_1 = I(t_1) - \alpha_1 \cdot \log t_1 \text{ ou } \beta_1 = I(t_2) - \alpha_1 \cdot \log t_2 \quad (13)$$

Sendo:

$I(t_1)$ – valor da corrente admitida pelo equipamento durante um intervalo de tempo t_1 ;

$I(t_2)$ – valor da corrente admitida pelo equipamento durante um intervalo de tempo t_2 .

• **Região 2:**

$$I(t) = \alpha_2 \cdot \log t + \beta_2 \quad (14)$$

Onde:

$$\alpha_2 = \frac{I(t_3) - I(t_2)}{\log t_3 - \log t_2} \quad (15)$$

e:

$$\beta_2 = I(t_2) - \alpha_2 \cdot \log t_2 \text{ ou } \beta_2 = I(t_3) - \alpha_2 \cdot \log t_3 \quad (16)$$

Sendo:

$I(t_3)$ – valor da corrente admitida pelo equipamento durante um intervalo de tempo t_3 .

• **Região 3:**

$$I(t) = \beta_3 \quad (17)$$

Onde β_3 tem por significado o valor da corrente admitida pelo equipamento em regime permanente de operação.

4.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Apresenta-se, na seqüência, uma exemplificação do uso do processo acima descrito. Para isto são selecionados dois casos reais de PID's submetidos a perturbações elétricas com diferentes origens. Ambos foram considerados no capítulo anterior, quando se constatou que o APR, na forma originalmente utilizada (sem inserção do tempo de uso dos equipamentos) emitiu um laudo improcedente para o pedido de ressarcimento. As duas situações estão

vinculadas com PID's atrelados com televisores. Ressalta-se, ainda, que os casos supracitados, diante de investigações adicionais, apresentaram resultados distintos quando submetidos a uma nova situação operativa, qual seja, a ausência de pára-raios na rede de distribuição.

4.4.1 Curvas de Suportabilidade Dielétrica e Térmica

Para a obtenção da característica de suportabilidade dielétrica do aparelho de TV foram utilizados os seguintes dados:

- *Apenas uma função logarítmica e uma reta representaram a curva almejada;*
- *Os dois pontos utilizados para a obtenção da expressão logarítmica foram definidos adotando-se uma tensão na região dos impulsos atmosféricos como sendo de 10 vezes a nominal e para um intervalo de 3 ciclos optou-se por uma sobretensão tolerável de 3 vezes a nominal. Desta forma: $V(t_1)=2,2 \text{ kV}$ para $t_1=1,2 \mu\text{s}$ e $V(t_2)=660 \text{ V}$ para $t_2=50 \text{ ms}$;*
- *Para a caracterização da região correspondente ao regime permanente utilizou-se uma tensão $V(t_3)=242 \text{ V}$ para um $t_3=4$ minutos. Este valor equivale a admitir 10% de sobretensão em regime permanente, sob condições ideais para a tensão de suprimento.*

Nos termos apresentados, as curvas de suportabilidade dielétrica para os televisores, ***novo e com oito anos (exemplo ilustrativo) de utilização***, encontram-se na Figura 4.4.

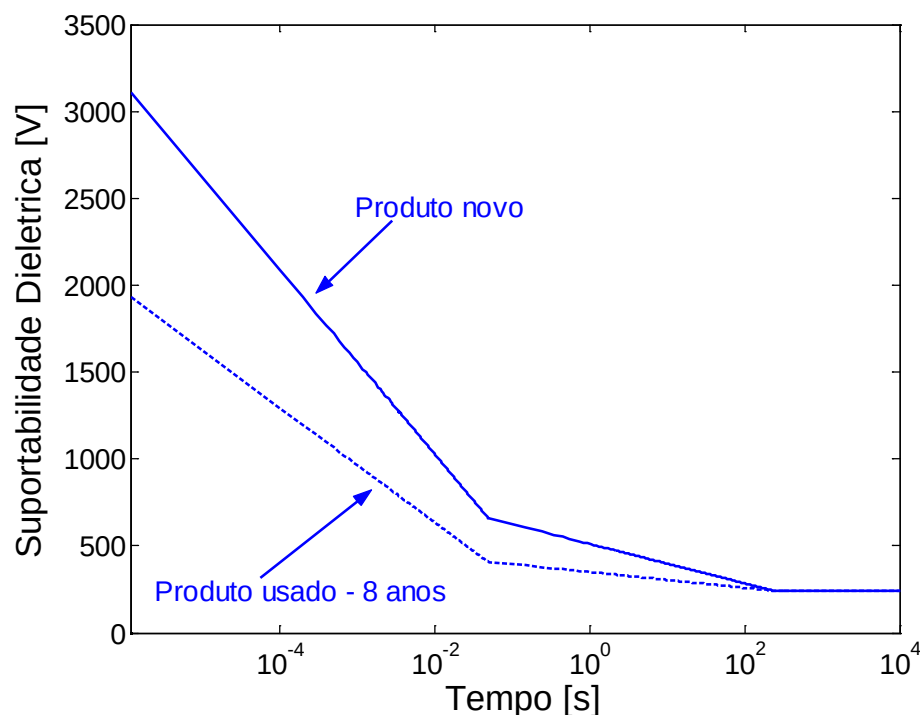


Figura 4.4 - Curvas de suportabilidade dielétrica dos aparelhos de TV (novo e usado).

Como se constata na figura, as regiões que expressam a suportabilidade dielétrica do equipamento para fenômenos transitórios rápidos e mais lentos foram reduzidas na proporção dos fatores de atenuação sugeridos neste trabalho.

Analogamente, para a característica de suportabilidade térmica do aparelho de TV empregou-se:

- Apenas uma função logarítmica e uma reta para representar a curva almejada;
- Os dois pontos utilizados para a obtenção da expressão logarítmica foram definidos com base nos limites térmicos admissíveis pela fonte chaveada que alimenta o televisor. Nestes termos adotou-se: $I(t_1)=295$ A para $t_1=1,2\mu s$ e $I(t_2)=150$ A para $t_2=16,67$ ms. Estas informações foram extraídas do catálogo do fabricante da ponte retificadora da fonte chaveada;
- Para a caracterização da região correspondente ao regime permanente utilizou-se uma corrente $I(t_3)=4$ A para um $t_3=4$

minutos. A informação foi também obtida do catálogo anteriormente mencionado.

Assim sendo as curvas de suportabilidade térmica para os televisores, **novo e usado (8 anos)**, correspondem à Figura 4.5.

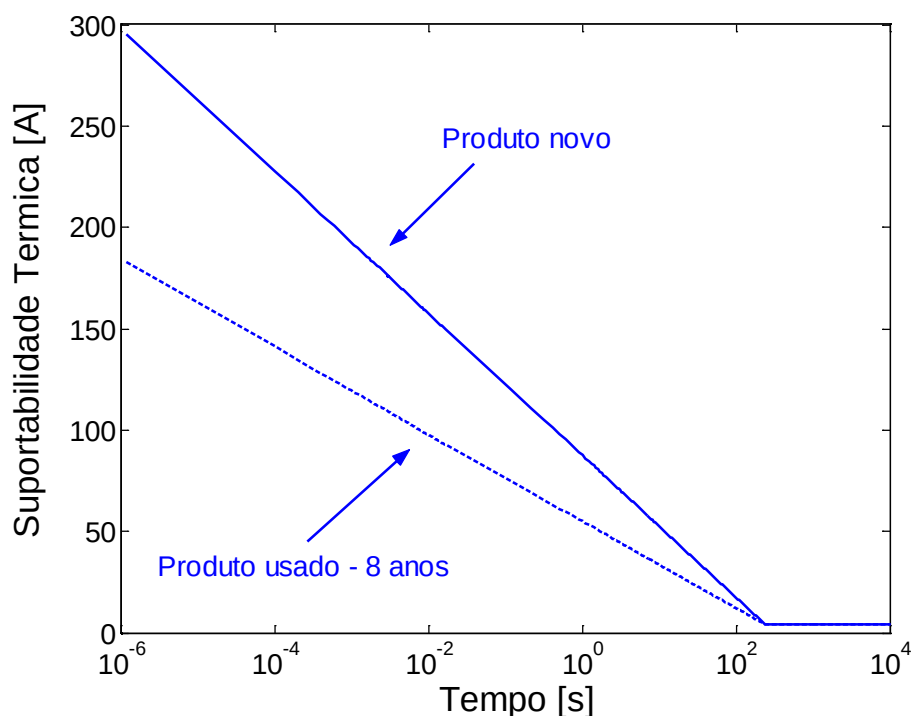


Figura 4.5 - Curvas de suportabilidade térmica dos aparelhos de TV (novo e usado).

4.5 CASOS ANALISADOS

A Tabela 4.2, extraída do Capítulo III, apresenta os resultados do aplicativo computacional para as avaliações já realizadas, as quais admitiram, por princípio, que os equipamentos eram novos. Para ambas as situações houve divergência entre os resultados do aplicativo e os pareceres da concessionária.

Tabela 4.2 – Resultados obtidos pelo APR (equipamento novo).

Caso	Equipamento	Distúrbio	Valor Pago (R\$)	Parecer inicial do APR	Elemento desconectado (nova sim.)	Novo parecer do APR
9	01 Televisor	Manobra monopolar	266,04	Improcedente	PR's 13,8kV	Procedente
23	01 Televisor 20"	Religamento Tripolar	212,60	Improcedente	PR's 13,8kV	Improcedente

Dentro deste enfoque e objetivando evidenciar os efeitos atrelados com o tempo de uso do produto, adotou-se duas possibilidades para as análises subsequentes, uma delas associada com a avaliação de um aparelho novo, conforme já abordado no capítulo anterior, e outra, refletindo um equipamento com cerca de 8 (oito) anos de utilização.

A Figura 4.6, mostra como se dá a inserção do tempo de uso do equipamento eletroeletrônico sob análise no aplicativo APR.

Parâmetros Consumidor

Nome do Consumidor: UC 3817806

Equipamentos: Suportabilidade | Televisor

Descrição: UC 3817806 Televisor

☒ Mostrar Descrição

Térmica

I1: 295 t1: 1,2 μs

I2: 150 t2: 16,67 ms

I3: 4 t3: 240 s

Dielétrica

V1: 2200 t1: 1,2 μs

V2: 660 t2: 50 ms

V3: 242 t3: 240 s

Tempo de uso: 8 anos

Depreciação: 38 %

OK Cancelar

Figura 4.6 – Tela do Aplicativo APR (tempo de uso).

Ao preencher a informação “tempo de uso” com 8 anos, o fator de depreciação é automaticamente apresentado no campo à direita. Caso o usuário

tenha a sua própria taxa de depreciação, esta poderá ser digitada no campo em substituição do valor inicialmente estabelecido pelo aplicativo.

4.5.1 Análise do Caso 9 (Manobra Monopolar)

Para o distúrbio adotado tem-se que, a tensão e corrente experimentados pelo equipamento no seu ponto de conexão com a rede de suprimento, são aquelas indicadas nas Figuras 4.7 e 4.8, respectivamente.

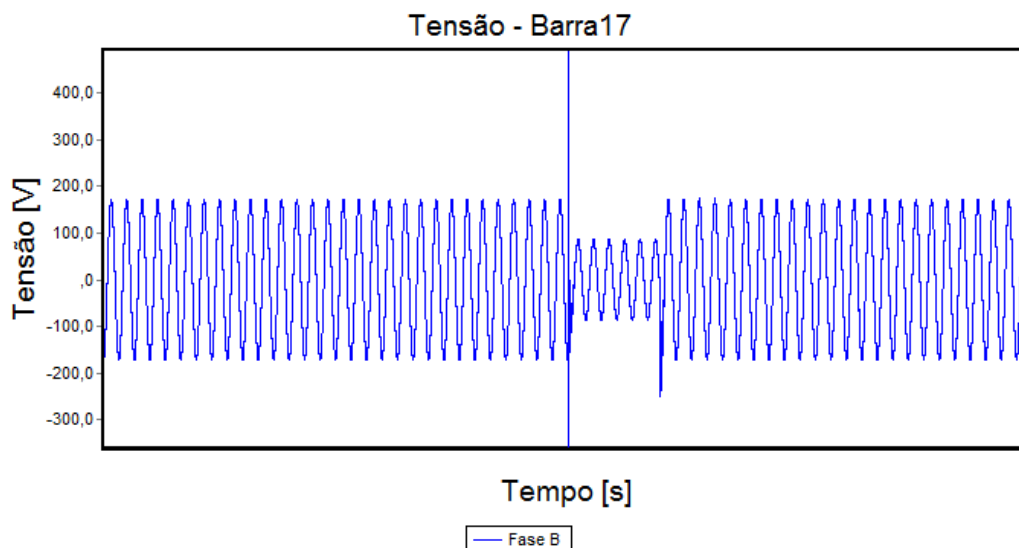


Figura 4.7 – Tensão na entrada do aparelho televisor (Caso 09 - manobra monopolar).

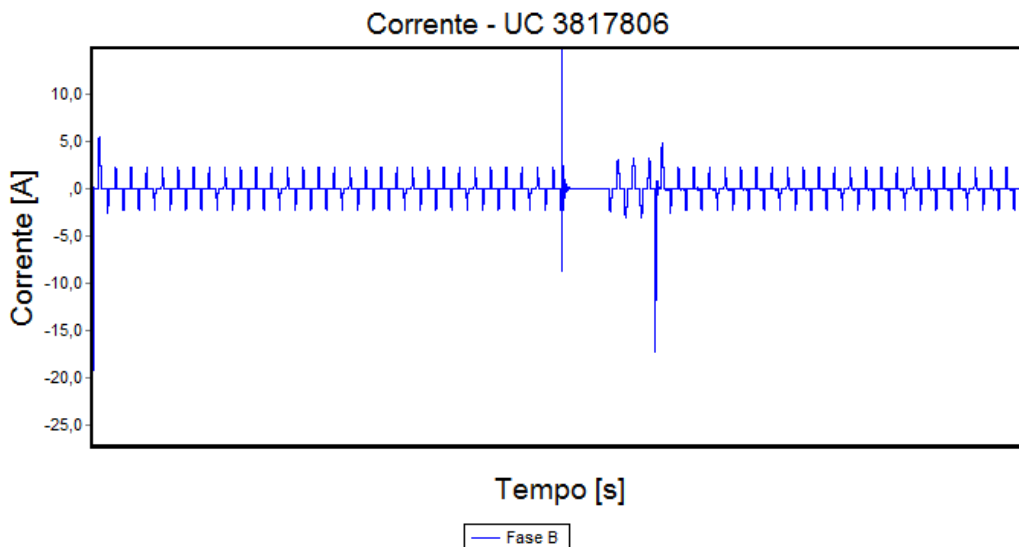


Figura 4.8 – Corrente na entrada do aparelho televisor (Caso 09 - manobra monopolar).

a) Correlação entre os Impactos e a Suportabilidade do Equipamento

Finalmente, de posse dos resultados obtidos, as curvas de solicitação dielétrica e térmica podem ser traçadas utilizando as equações apresentadas nos estudos descritos nesta dissertação. Assim procedendo obtém-se os resultados ilustrados nas Figuras 4.9 (a) e (b), e 4.10 (a) e (b) pelas curvas em vermelho.

As figuras (a) referem-se à comparação das curvas de solicitações dielétricas ou térmicas com a curva de suportabilidade do equipamento sob análise na condição de produto novo, e aquelas indicadas por (b) caracterizam a mesma comparação para o produto com oito anos de uso.

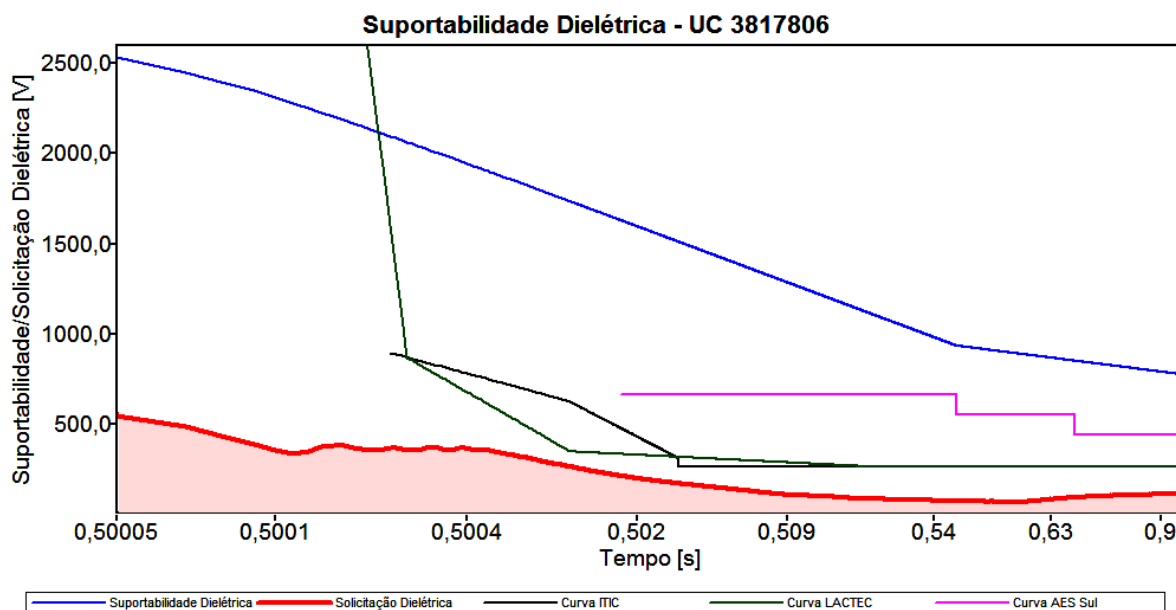


Figura 4.9 (a) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto novo.

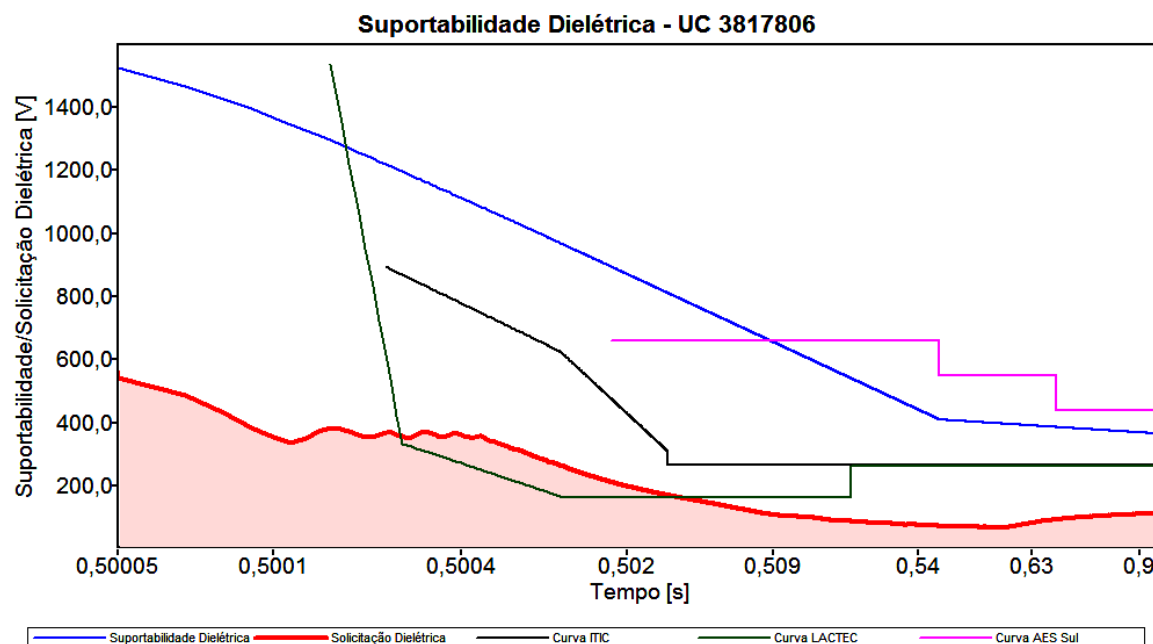


Figura 4.9 (b) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto usado.

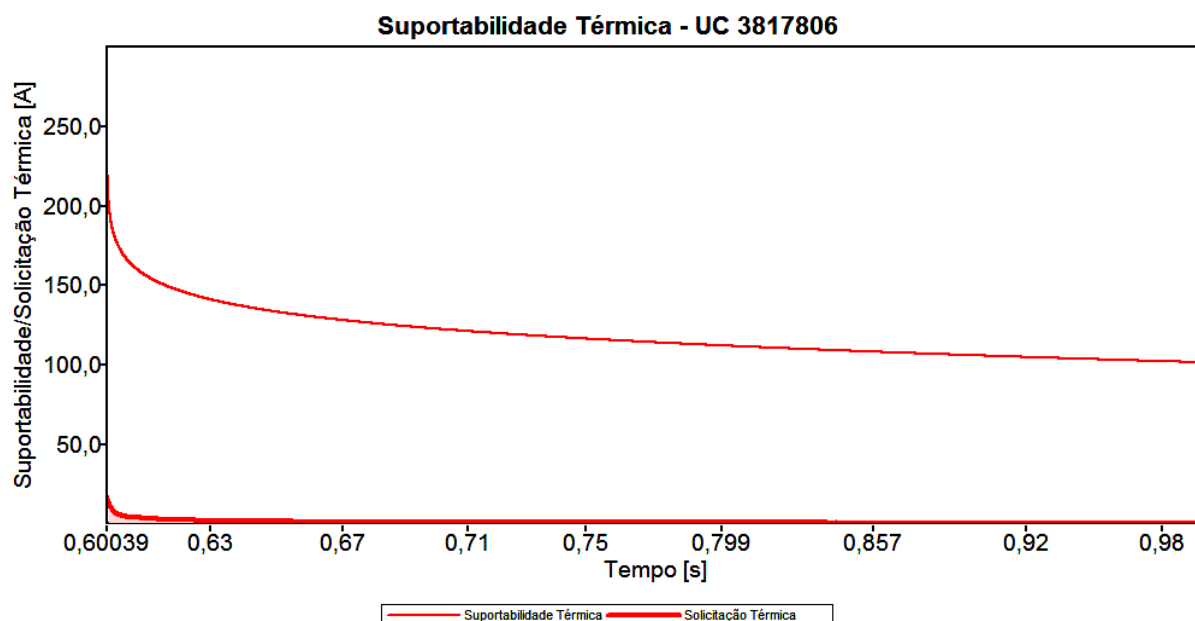


Figura 4.10 (a) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto novo.

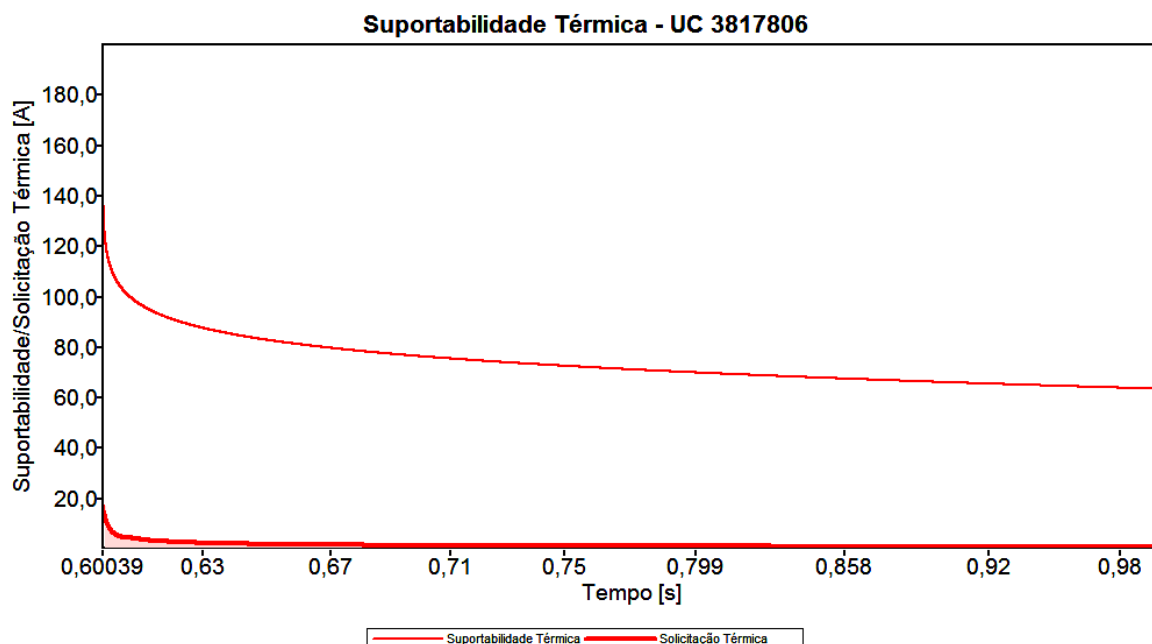


Figura 4.10 (b) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto usado.

Os resultados mostrados nas figuras anteriores evidenciam que:

- Quanto às solicitações dielétricas, constatou-se que, no caso do equipamento com 8 (oito) anos de uso, houve violação dos limites de suportabilidade do televisor submetido aos esforços sob investigação, portanto: **há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolamento do equipamento;**
- Quanto às questões térmicas, em nenhum momento se verifica, para qualquer dos casos analisados, uma violação dos limites tolerados pelo equipamento, portanto: **não há possibilidade de danos físicos na forma de sobreaquecimentos.**

4.5.2 Análise do Caso 23 (Religamento Tripolar)

De modo similar as descrições feitas anteriormente e também nos demais capítulos que antecederam ao presente, o distúrbio aqui modelado produziu as

tensões e correntes nos terminais de entrada do equipamento como indicado pelas Figuras 4.11 e 4.12, respectivamente.

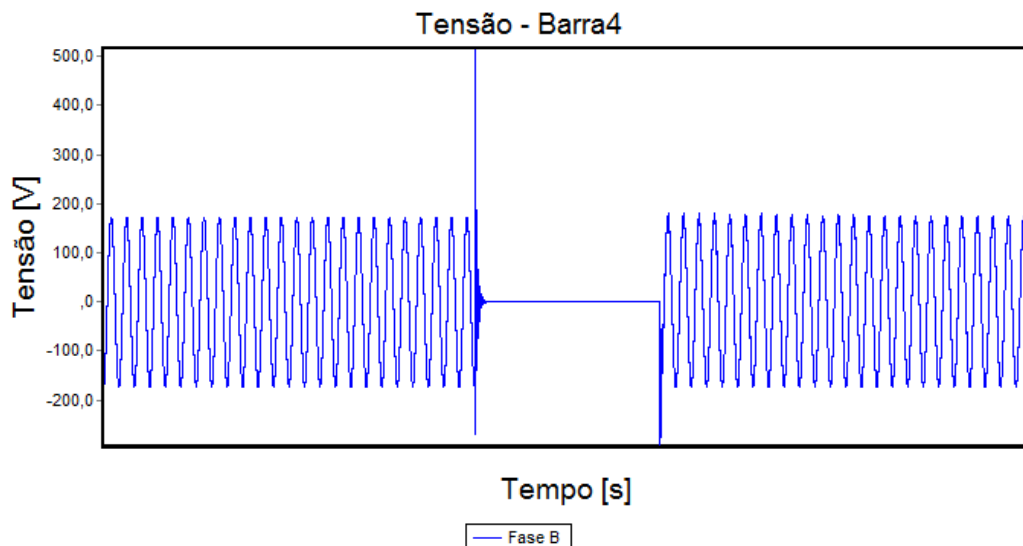


Figura 4.11 – Tensão na entrada do aparelho televisor (Caso 23 – religamento tripolar).

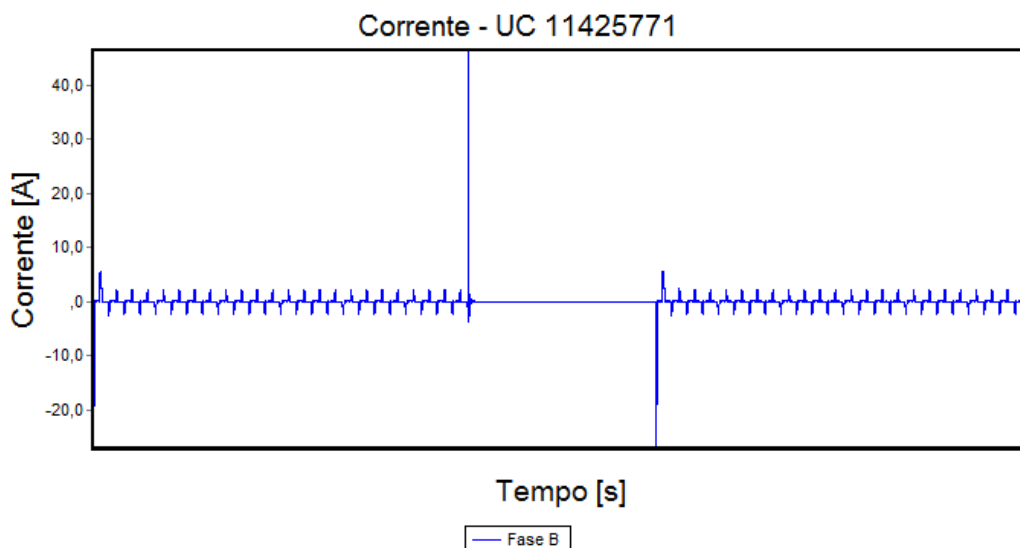


Figura 4.12 – Corrente na entrada do aparelho televisor (Caso 23 – religamento tripolar).

a) Correlação entre os Impactos e a Suportabilidade do Equipamento

De posse dos resultados obtidos, as curvas de solicitação dielétrica e térmica podem ser traçadas. Assim procedendo obtém-se os resultados ilustrados nas Figuras 4.13 (a) e (b), e 4.14 (a) e (b) pelas curvas em vermelho. As figuras

(a) referem-se à comparação das curvas de solicitações dielétricas ou térmicas com a curva de suportabilidade do equipamento sob análise na condição de produto novo, e aquelas indicadas por (b) caracterizam a mesma comparação para o produto com oito anos de uso.

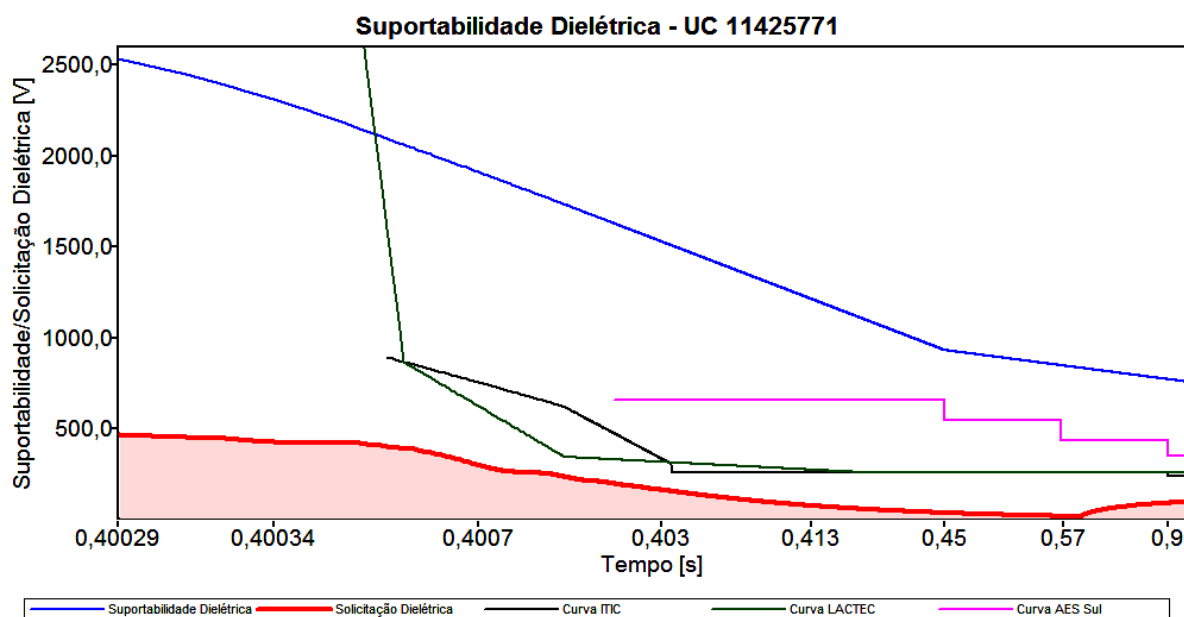


Figura 4.13 (a) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto novo.

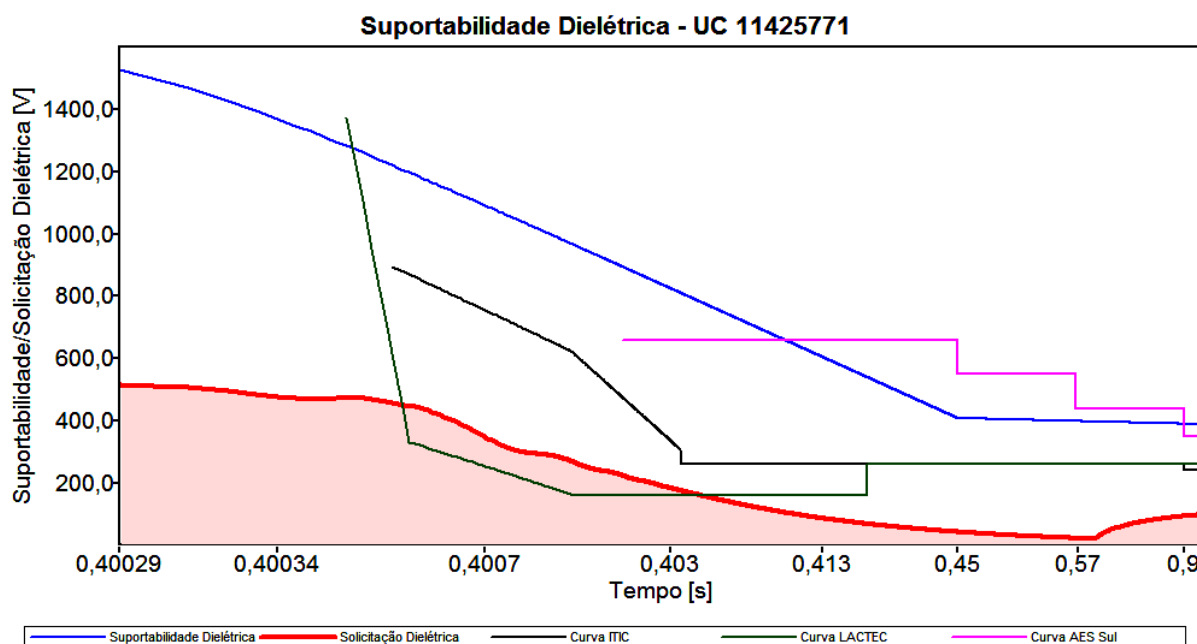


Figura 4.13 (b) – Análise comparativa das solicitações dielétricas diante dos níveis de suportabilidade do equipamento – Produto usado.

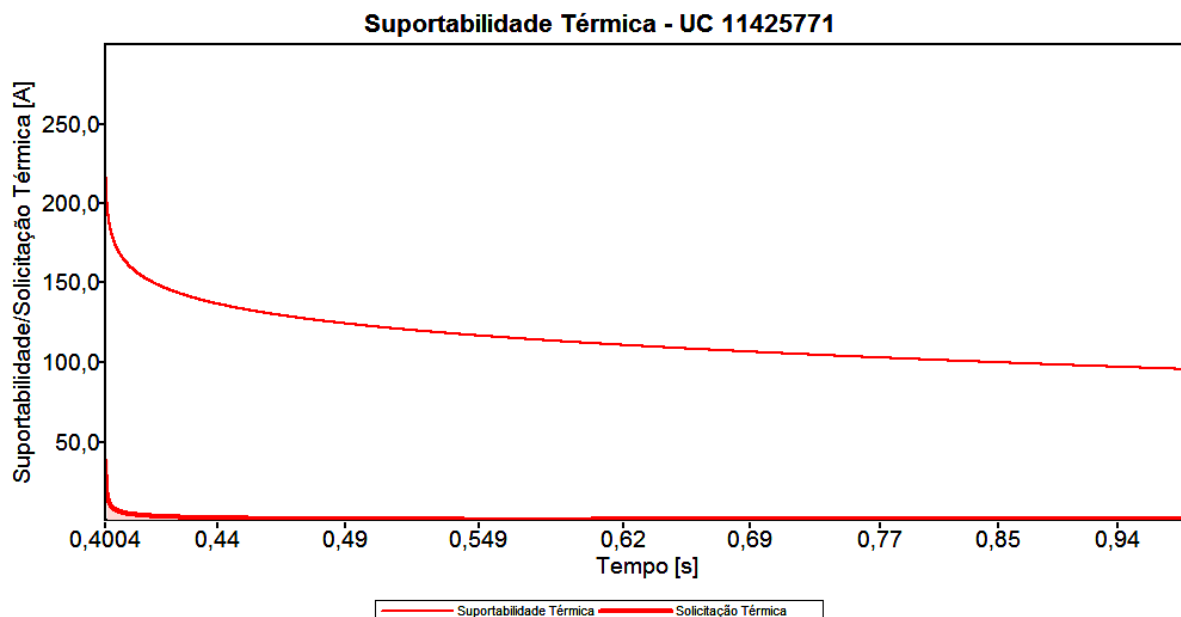


Figura 4.14 (a) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportaabilidade do equipamento – Produto novo.

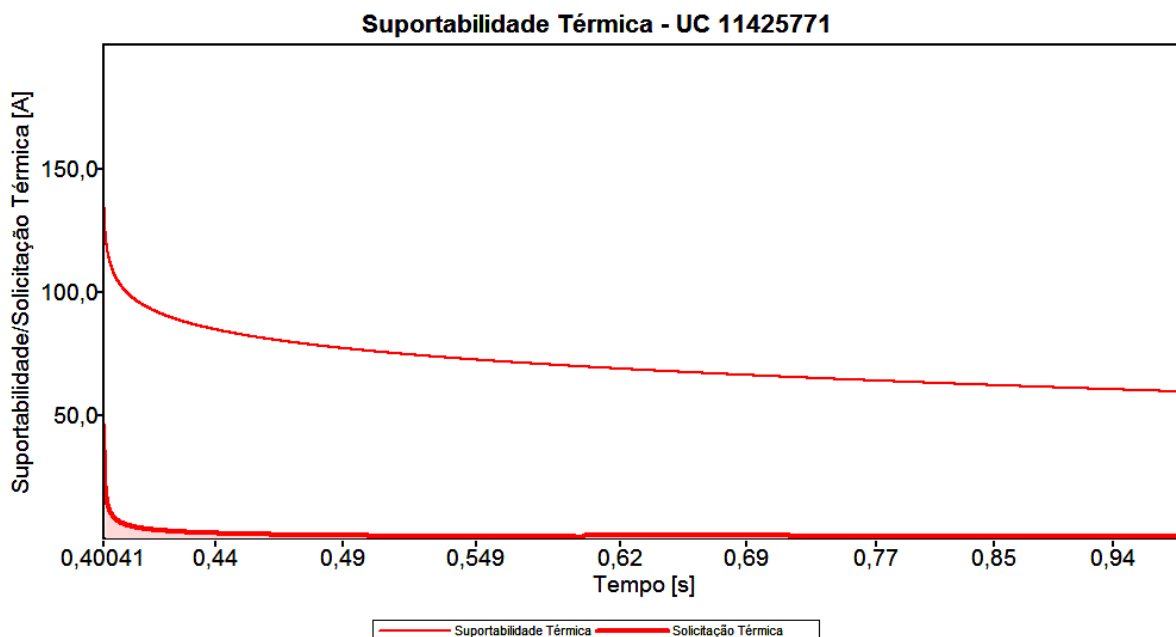


Figura 4.14 (b) – Análise comparativa das solicitações térmicas diante dos níveis de suportaabilidade do equipamento – Produto usado.

Os resultados mostrados nas figuras acima evidenciam que:

- Quanto às solicitações dielétricas, constatou-se, no caso do equipamento com 8 (oito) anos de uso, violação dos limites de suportaabilidade do televisor submetido aos esforços sob

*investigação, portanto: **há possibilidade de danos físicos na forma de rompimento da isolação do equipamento;***

- *Quanto às questões térmicas, em nenhum momento se verificou, para qualquer dos casos analisados, uma violação dos limites tolerados pelo equipamento, portanto: não há possibilidade de danos físicos na forma de sobreaquecimentos.*

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo teve como meta principal investigar a influência do tempo de uso dos equipamentos eletroeletrônicos, e sua respectiva redução da vida útil, nos estudos de pedidos de indenização por danos motivados por ocorrências manifestadas nas redes de fornecimento de energia elétrica, e que justificariam, a princípio, a solicitação do ressarcimento em foco.

De um modo geral, o presente capítulo sintetizou os desenvolvimentos realizados para o estabelecimento de uma metodologia destinada à incorporação do referido tempo de utilização, nos aparelhos objeto de análise da consistência ou não de PID's. Para tanto foi proposta uma metodologia que culminou num processo de atenuação dos limites das curvas definidas por “Suportabilidade Dielétrica” e “Suportabilidade Térmica”, através da aplicação de fatores multiplicativos de redução da vida útil. A estratégia utilizada, como esclarecido, empregou um mecanismo de depreciação na forma de fatores de redução da expectativa de suportabilidade. Assim procedendo adotou-se um fator multiplicativo unitário para os limites até então estabelecidos para os equipamentos, os quais, nestas circunstâncias se apresentavam como novos. Na sequência, empregando-se sucessivos fatores de redução, chegou-se a uma proposta de procedimento que se mostrou apropriada aos fins aqui almejados. A título de ilustração foi adotado um processo de atenuação dos padrões de

suportabilidade de tal modo que, ao fim de uma vida útil de 12 anos, o produto seria, por circunstâncias naturais, danificado. Não obstante a exemplificação numérica ressaltada no texto, é importante lembrar que quaisquer outros padrões de degradação podem ser empregados, tanto no que se refere ao tempo de vida útil quando a forma do decaimento das curvas representativas dos limites de suportabilidade.

Uma vez definido o mecanismo para a inserção do efeito sob consideração, este foi modelado através de expressões matemáticas genéricas, as quais foram adicionadas ao software de análise empregado para a presente pesquisa.

Através da versão modificada do aplicativo APR procedeu-se, então, a um conjunto de investigações, as quais, para fins do presente trabalho, foram mostrados apenas dois casos ilustrativos objetivando estabelecer termos comparativos sobre o desempenho de um equipamento, na situação de um produto novo com um correspondente dispositivo já usado. Naturalmente, para os estudos realizados, as fontes de distúrbios e os equipamentos avaliados foram os mesmos.

De um modo geral pode-se reconhecer que os resultados finais foram altamente significativos e mostraram a adequação da metodologia proposta. De fato, observou-se que, para os dois casos analisados, diferentemente dos resultados anteriormente obtidos sob condições tais que os aparelhos foram considerados novos e que o parecer do APR foi discordante com a decisão da empresa, para as condições impostas e atreladas com uma depreciação dos limites de suportabilidade, passou-se a um diagnóstico diferente, indicando, desta feita, que haveria a possibilidade de um nexo causal entre o distúrbio e os danos reclamados.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES GERAIS

Não obstante as considerações e comentários feitos ao término de cada um dos capítulos que compreenderam esta dissertação, com vistas a oferecer uma visão mais ampla sobre as atividades desenvolvidas, apresentam-se, nesta unidade final do trabalho, as principais constatações obtidas dos estudos realizados ao longo desta dissertação.

O Capítulo I foi direcionado a uma contextualização do tema central deste trabalho, apresentando, em termos gerais, a atualidade e importância do tema “Ressarcimento de Danos Elétricos”. Também foi evidenciado o estado da arte sobre os estudos voltados para o desempenho, sensibilidade e suportabilidade de equipamentos. Encerrando o capítulo, foram apresentadas as principais contribuições deste trabalho e a estrutura completa da dissertação.

O capítulo II, de cunho mais informativo, objetivou oferecer uma visão ampla do aplicativo utilizado para os fins desta pesquisa sem, todavia, detalhar as particularidades e propriedades do APR, as quais foram devidamente exploradas nas referências bibliográficas identificadas no texto. Foi apresentada também, a metodologia utilizada para se obter a relação entre os fenômenos nas redes elétricas e conseqüentes impactos sobre os aparelhos reclamados, além das bases matemáticas e físicas para a conversão do distúrbio em curvas representativas das solicitações dielétricas e térmicas. Foram também tecidos

comentários sobre as potencialidades do programa e a metodologia para a análise de consistência dos pedidos de ressarcimento. Adicionalmente foi apresentada, de forma didática, uma visão e discussão sobre os recursos disponíveis para representação das redes de distribuição, fontes de distúrbios de maior probabilidade de ocorrência e outros aspectos atrelados com os principais motivos que impactariam nas questões aqui focadas. Dentre as discussões mais relevantes foi destacada a questão da correlação entre a localização do fenômeno incidente e o ponto de conexão do consumidor, aspecto este de extrema importância para a avaliação dos resultados apresentados pelo APR. Devido a incertezas vinculadas com pontos de conexão dos consumidores, fases envolvidas, pontos de incidência dos distúrbios, etc. verificou-se a necessidade de investigações adicionais visando atingir resultados que oferecessem a necessária segurança para o processo de análise, em que pese a busca pelas situações que conduzissem aos maiores impactos do distúrbio ocorrido sobre o aparelho reclamado.

Avançando, o capítulo III concentrou sua atenção na avaliação do desempenho do aplicativo APR. Foi analisado um conjunto de 25 pedidos de ressarcimento de danos direcionados à concessionária CEMAT e extraídos de um banco de dados atribuídos a uma das áreas de atendimento da mesma. Os trabalhos foram centrados em ocorrências reais, fato este que permitiu obter informações relevantes e nos termos exigidos pela ferramenta computacional empregada. Dentre as informações requeridas para a realização das simulações destacam-se: equipamento danificado, resultado do parecer e providências emitidas pela concessionária, caracterização do fenômeno supostamente responsável pelo nexo causal, topologia e parâmetros da rede de distribuição e acessórios desde o ponto físico de ocorrência do distúrbio até o ponto de conexão do consumidor, etc. Inseridas tais informações no APR realizou-se os respectivos estudos que culminaram na obtenção das tensões e correntes impactantes sobre os produtos reclamados, grandezas estas traduzidas na forma

de esforços dielétricos e térmicos impostos ao equipamento focado no PID. A correlação destes esforços com os níveis de suportabilidade atribuídos aos produtos danificados conduziram a pareceres finais sobre a violação ou não das tolerâncias dos dispositivos pesquisados. Como detalhado no corpo da presente dissertação, para 52% das situações, o parecer do APR foi concordante com a decisão da empresa, apontando, portanto, que o PID foi procedente. Para os demais 12 casos (48% do total), os resultados do aplicativo computacional apontaram que o distúrbio ocorrido não teria propriedades que poderiam justificar os danos ou a queima dos equipamentos eletroeletrônicos reclamados, indicando, assim, que o pedido de ressarcimento seria improcedente. Visando esclarecimentos para estas discordâncias detectadas, foram realizados novos estudos operativos sob condições operacionais passíveis de ocorrência e que significariam particularidades quanto ao funcionamento de alguns equipamentos que perfazem a rede de distribuição. Assim procedendo observou-se que a ausência de componentes, a exemplo de bancos de capacitores e pára-raios implicou numa mudança do parecer final emitido pelo software.

Há de se reconhecer que os trabalhos conduzidos ao longo do Capítulo III utilizaram uma base de dados relativamente modesta dentro do universo de casos, quando se considera o sistema brasileiro como um todo. Não obstante tal reconhecimento, considera-se que foram dados passos importantes na busca de uma estratégia confiável, segura e justa, para se atingir uma sistemática fundamentada em princípios físicos consistentes e aceitos pelos profissionais envolvidos no tema.

No que tange ao conteúdo do capítulo IV este foi direcionado a proposição de uma metodologia para a incorporação, nos estudos de PID's, da influência do tempo de uso dos equipamentos eletroeletrônicos. Os procedimentos foram elaborados no sentido de se correlacionar os impactos oriundos de um distúrbio na rede de distribuição, diante de novos padrões de suportabilidade dos produtos considerados na análise, tendo em vista a

depreciação das curvas originais de suportabilidade dielétrica e térmica, com o passar do tempo. Foi estabelecida uma metodologia que consiste em atenuar os limites das curvas definidas por "Suportabilidade Dielétrica" e "Suportabilidade Térmica", através da aplicação de fatores multiplicativos de redução da vida útil. Uma vez implementada no APR e realizados estudos investigativos, ficou evidenciada a importância da consideração do efeito em pauta. De fato, diante de novas simulações realizadas para 2 casos em que o produto reclamado foi um televisor, admitindo-se, arbitrariamente, uma depreciação de 38% na vida útil dos equipamentos, valor este atribuído ao uso do produto por cerca de 8 (oito) anos, constatou-se uma mudança do parecer final emitido pelo aplicativo APR, o qual, num estudo anterior, tinha apontado para uma inconsistência dos pedidos. Com isto, acredita-se, foi dado mais um passo para a melhoria do processo de análise de PID's, o qual, agora, passa a permitir estudos complementares que levam em conta os desgastes naturais de todo e qualquer produto em uso.

Apesar destas constatações, para consolidação do aplicativo utilizado como ferramenta de análise para fundamentar, consubstanciar e acelerar o processo decisório e emissão de respostas, o software deve merecer maiores e mais profundos estudos e testes de desempenho visando a necessária credibilidade quanto a emissão de pareceres conclusivos sobre PID's.

Mesmo diante dos avanços oferecidos por esta dissertação, sugere-se que sejam realizados trabalhos complementares, a exemplo de:

- Investigações adicionais de outros bancos de dados sobre casos reais de pedidos de ressarcimento, visando a identificação de outras situações não detectadas nos casos analisados nesta dissertação;
- Avaliação de soluções mitigadoras visando o estudo de dispositivos que proporcionem a proteção dos aparelhos instalados em unidades consumidoras residenciais ou comerciais;

- Estudos complementares e mais abrangentes sobre o nível de suportabilidade e/ou sensibilidade de cada equipamento eletroeletrônico;
- Aprofundamento no processo de análise da depreciação de aparelhos ao longo do tempo, em especial sobre a questão da definição da taxa de decaimento da vida útil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DUGAN R. C., MCGRANAGHAN M. F., SANTOSO S., BEATY H. W., “Electrical power systems quality”, 2nd ed., McGraw-Hill, Nova York, 2003.
- [2] BOLLEN M. H. J., “Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions”, Piscataway, IEEE Press, 2000.
- [3] OLIVEIRA H. R. P. M., JESUS N. C., MARTINEZ M. L. B., “Avaliação do Desempenho de Equipamentos Eletrodomésticos Durante Ensaio de Sobretensões”, XVIII SNPTEE, Curitiba/PR, outubro de 2005.
- [4] TEIXEIRA M. D., ARAÚJO R. L., ARDJOMAND L. M., AOKI A. R., QUOIRIN N. S. R., WUNDERLICH I., “Acceptable Power Quality Limits to Avoid Damages in Appliances”, WSEAS Transactions on Circuits and Systems, Issue 5, vol. 4, maio de 2005.
- [5] ERMELER K., PFEIFFER W., SCHOEN D., SCHOCKE M., “Surge Immunity of Electronic Equipment”, IEEE - Electrical Insulation Magazine, Vol. 14, 1998.
- [6] JUCÁ A. S., “Avaliação do Relacionamento entre Consumidores e Concessionárias na Solução de Conflitos por Danos Elétricos: Proposta de adequação”, Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo/SP, 2003.
- [7] TAVARES, C. E., “Uma Proposta Computacional para a Análise Técnica da Consistência de Pedidos de Ressarcimento por Danos em Equipamentos”, tese de doutorado, UFU, Uberlândia/MG, maio de 2008.

- [8] ARRILLAGA J. and ARNOLD C.P., “Power Systems Electromagnetic Transients Simulation”, IEE Power & Energy Series, 39 - Institution of Electrical Engineers, 2002.
- [9] KENNEDY B. W., “Power Quality Primer”, McGraw-Hill, 2000.
- [10] BAGGINI A., “Handbook of Power Quality”, John Wiley & Sons, 2008.
- [11] KUSKO A., THOMPSON M. T., “Power Quality in Electrical Systems” 12st ed., McGraw-Hill Professional, Nova York, 2007.
- [12] SANTOS A. C. D., “Desempenho de Fontes Lineares e Chaveadas no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica”, dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, setembro de 2001.
- [13] TAVARES C. E., "Modelagem e Análise de Desempenho de Equipamentos Eletroeletrônicos diante de Distúrbios da Qualidade da Energia – Enfoque: Televisores, VCR's e Som", dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, maio de 2004.
- [14] PENICHE R. A., "Modelagem e Análise de Desempenho de Equipamentos Eletroeletrônicos diante de Distúrbios da Qualidade da Energia – Enfoque: Aparelhos de DVD, Fax e Telefone sem fio", dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, maio de 2004.
- [15] CORNICK K. J., LI, H. Q., “Power Quality and Voltage Dips: problem, Requeriments, Responsibilities”, Proceedings of the 5th International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM 2000, pp 149 – 156, Hong Kong, outubro de 2000.

- [16] REID, W. EDWARD, “Power Quality Issues – Standards Guidelines”, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 32, pp 625 – 632, maio/junho de 1996.
- [17] PQTN BRIEF 39: “Ride-trough Performance of Programmable Logic Controllers”, EPRI Power Eletronics Applications Center, Knoxville, TN, novembro de 1996.
- [18] SMITH J. C., LAMOREE J., VINETT P., DUFFY T. AND KLEIN M., “The Impact of Voltage Sags on Industrial Plant Loads”, Int. Conf. Power Quality: End-use applictions and perspectives (PQA-91), pp. 171 – 178.
- [19] ITI (CBEMA) Curve Application Note. Disponível online em: “<http://www.itic.org/archives/iticurv.pdf>”, acessado em janeiro de 2007.
- [20] SEKINE Y., YAMONOTO T., MORI S., SAITO N., KUROKAWA H., “Presents State of Momentary Voltage Dip Interferences and the Countermeasure in Japan”.Inc. Conf. On Large Eletric Networks (CIGRE), 34th Session, Paris, França, 1992.
- [21] ANDERSON LISA M., Northeast Utilits, and Bowes, Kenth B., “The Effects of Power Line Disturbances on Consumer Eletronic Equipment”, IEEE Transation on Power Delivery, vol. 5, pp. 1062 – 1065, abril de 1990.
- [22] SMITH, STHEPHEN B. AND STANDLER, RONALD B., “The Effects of Surges on Eletronic Appliances”, IEEE Transation on Power Delivery, vol. 7, pp. 1275 – 1282, julho de 1992.
- [23] ARSENEAU, R., OUELLETTE, M., The Effects of Supply Harmonics on the Performance of Compact Fluorescent Lamps”, IEEE Transation on Power Delivery, vol. 8, pp. 473 – 479, abril de 1993.

- [24] FUCHS, E. F., ROESLER, D. J. E KOVACS, K. P., “Sensibility of Eletrical Appliances to Harmonics and Fractional harmonics of the Power Systems Voltage. Part: Television sets, Induction Wathour and Universal Machines”, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. PWRD-2,, pp. 1275 – 1282, abril de 1987.
- [25] SANTOS A. C. D., “Desempenho de Fontes Lineares e Chaveadas no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica”, dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, setembro de 2001.
- [26] CARVALHO, C. B., “Desempenho de Aparelho Condicionador de Ar no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica”, dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, julho de 2002.
- [27] AZEVEDO, A. C., “Desempenho de Refrigeradores Domésticos no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica”, dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, julho de 2002.
- [28] MAGALHÃES, R. N. “Controlador Lógico Programável no Contexto da Qualidade da Energia”, dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, julho de 2003.
- [29] HERMES R. P. M., OLIVEIRA., JESUS N. C., VIECILI G. B., “Sensibilidade de Equipamentos Eletrodomésticos Submetidos a Afundamentos de Tensão” - XVIII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Curitiba-PR, outubro de 2005.
- [30] IEC 61000-4-5 (“Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 5: Surge Immunity Test”) 29/11/2005.

- [31] IEC 61000-4-11 (“Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests”), 24/03/2004.
- [32] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica - Resolução Normativa N° 61, de 29 de Abril de 2004.
- [33] ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica, “Procedimento para Análise de Solicitação de Ressarcimento de Danos Materiais a Terceiros”, 2003.
- [34] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – Superintendência de Mediação Administrativa Setorial - Ressarcimento de Danos em Equipamentos Elétricos Causados por Descargas Atmosféricas e Manobras – Brasília, março de 2002.
- [35] COSTA B. R., LUCIANO V. J., “Uma Nova Abordagem Técnica sobre a Queima de Equipamentos em Análises de Ressarcimento de Danos” XVII SENDI - Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Belo Horizonte-MG, agosto de 2006.
- [36] SHIGA A.A., PIANTINI A. E PEGOLLO C.A.G., “Custos Relativos a Descargas Atmosféricas em Sistemas de Distribuição de Energia”, SBSE - Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Campina Grande/PB, julho de 2006.
- [37] CIPOLI J. A., NOGUEIRA E. D. B., RIOS A. J. S., “Ressarcimento de Danos Elétricos”, II CITENEL – Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, Salvador/BA, novembro de 2003.
- [38] GARCEZ J. N., OLIVEIRA R. C. L., OLIVEIRA L. A. H. G., TOSTES M. E., MORAES J. R. B., A., SANTOS N. P., TUPIASSU, A. A. A.,

- SANTOS D. P., MULLER E., “Rede Neural de Ativação Interativa Competitiva – IAC para Auxílio à Tomada de Decisão sobre Responsabilidade por Danos em Consumidores de Energia Elétrica”, II CITENEL – Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, Salvador/BA, novembro de 2003.
- [39] OLIVEIRA J. C., TAVARES C. E., DELAIBA A. C., MENDONÇA, M. V. B., RODRIGUES, K. D., "Uma Estratégia Computacional para Análise Técnica de Pedidos de Ressarcimento à Nível de Distribuição" CEB-UFU, Brasília/DF, Uberlândia/MG, Relatório Técnico 03/07 - “Validação dos Modelos Computacionais”, maio de 2006.
- [40] MENDONÇA M. V. B., TAVARES C. E., GONDIM I. N., OLIVEIRA J. C., DELAIBA A. C., RODRIGUES K. D., SILVA R. M. T., "Modelagem de Equipamentos Eletroeletrônicos Utilizando Fontes Lineares e Chaveadas sob Condições Não Ideais de Alimentação na Plataforma ATP", VII CBQEE, Santos/SP, agosto de 2007.
- [41] MENDONÇA M. V. B., OLIVEIRA J. C., TAVARES C. E., RODRIGUES K. D., GONDIM I. N., SILVA R. M. T., "Projector Modeling and Performance Analysis with Non Ideal Supply Conditions Using ATP Simulator", IX COBEP, Blumenau/SC, outubro de 2007.
- [42] TEIXEIRA M. D., “Uma Estrutura Laboratorial para Testes de Desempenho de Equipamentos no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica”, dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia/MG, julho de 2003.
- [43] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica”.
- [44] ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO.