



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

Versão 1.0  
GSE.YY  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO -VIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE**

**EXPERIÊNCIA DA OPERAÇÃO DA CHESF COM A ANÁLISE SISTEMÁTICA DE SUPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO**

**Janaina Mirses de S. C. Costa\* Rita Katia D. M. Medeiros Francisco Jose de Avelar Baltar  
Sylvia de Almeida Barros Eduardo Jorge Calheiros Junior**

**COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - CHESF**

**RESUMO**

A maior competitividade do setor elétrico brasileiro com viabilização em curto prazo dos empreendimentos, principalmente os referentes à geração, tem trazido, como consequência, o aumento das solicitações elétricas sobre os equipamentos das instalações existentes, algumas vezes não previsto pelos estudos de planejamento de longo prazo. Diante deste cenário, a Chesf tem realizado anualmente estudos para verificar a adequabilidade de seus equipamentos quanto a corrente de carga, corrente de curto-circuito, tensão de restabelecimento transitória.

Este trabalho apresenta a experiência da Operação da Chesf nas análises de superação de seus ativos, abordando os critérios utilizados, resultados verificados e medidas adotadas.

**PALAVRAS-CHAVE**

Superação, Curto-Circuito, TRT, Equipamentos, Adequabilidade.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A ampliação do sistema elétrico através da incorporação de novos empreendimentos, principalmente aqueles relacionados ao aumento da capacidade de geração e aos reforços no sistema de transmissão, tais como a instalação de novas linhas de transmissão e transformadores, provocam o crescimento dos níveis de curto-circuito e modificam a relação entre suas impedâncias de seqüência zero e seqüência positiva (X0/X1).

Essas elevações nos níveis de curto-circuito, em alguns casos, poderão exceder a suportabilidade dos equipamentos de subestação, ameaçando a integridade não só dos disjuntores, mas também de outros equipamentos como chaves seccionadoras, transformadores de corrente, pára-raios, transformadores de potência, malhas de terra e barramentos, pondo em risco inclusive a vida das pessoas que porventura estejam nas proximidades. As alterações na relação X0/X1 podem atingir valores que violam também o critério de adequabilidade dos reatores de aterramento.

A análise dos efeitos da corrente de curto-circuito sobre esses equipamentos é necessária e fundamental para a Empresa, que é remunerada pela disponibilidade de seus ativos. Com isso, é indispensável conhecer as condições em que seus equipamentos estão operando, identificando aqueles que se encontram superados, indicando as soluções mais eficazes para redução dos níveis de curto-circuito ou até mesmo recomendando a substituição destes, a fim de manter a disponibilidade, o desempenho e a operação de suas instalações de acordo com os padrões estabelecidos. Desta forma, a Operação da Chesf realiza com periodicidade anual, os estudos de superação de seus equipamentos elétricos de alta tensão sob a análise quanto a corrente de carga, corrente de curto-circuito e tensão de restabelecimento transitória (TRT).

(\*) Rua Delmiro Gouveia, n° 333 – sala A212 – Anexo 2 – Bongi – CEP 50.761-901 Recife, PE – Brasil  
Tel: (+55 81) 3229-4177 – Fax: (+55 81) 3229-4174 – Email: jmirses@chesf.gov.br

Este trabalho apresenta a experiência da Operação da Chesf nos estudos e análises de adequabilidade dos equipamentos elétricos pertencentes ao seu sistema de transmissão e geração, quanto a corrente de curto-circuito e tensão de restabelecimento transitória (TRT), detalhando a metodologia, os critérios e as premissas adotadas, os resultados verificados, bem como algumas soluções adotadas de forma provisória e/ou definitiva na tentativa de buscar alternativas que diminuam as solicitações do sistema sobre os equipamentos.

## 2.0 - ANÁLISE DE SUPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

O principal objetivo desta análise é relacionar os equipamentos que operam nos setores de 500kV, 230kV, 138kV, 69kV e 13,8kV das subestações pertencentes à Chesf, que estão superados ou no limiar de superação, quanto aos níveis de curto-circuito impostos pelo sistema elétrico e da suportabilidade dos disjuntores quanto a TRT, de forma a subsidiar o planejamento da Empresa na elaboração do Plano de Obras e as tratativas com o ONS na elaboração do Plano de Ampliações e Reforços (PAR). Os equipamentos analisados são disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores de corrente, bobinas de bloqueio, pára-raios, transformadores de potência e reatores de aterramento. A análise sistemática de superação destes equipamentos tem periodicidade anual.

A metodologia de análise adotada para cada equipamento segue as diretrizes determinadas pelo Grupo de Trabalho para a Análise da Superação de Equipamentos de Alta Tensão (GT-AS) (1), (2), (3), formado pelos agentes de transmissão e o Operador Nacional do Sistema - ONS. De forma geral, há uma análise preliminar, que utiliza recursos simplificados para selecionar os equipamentos com possíveis problemas de superação, seguida de uma análise detalhada.

A partir da análise detalhada são selecionados os equipamentos superados e uma relação daqueles indicados para substituição é enviada ao ONS, através de um processo padronizado estabelecido pelo GT-AS, que por sua vez a encaminha à ANEEL por meio do Plano de Modernização de Instalações de Interesse Sistemático - PMIS. Como o tempo para a substituição de equipamentos de alta tensão é grande e atualmente há um grande avanço na expansão do sistema, principalmente na instalação de usinas geradoras não previstas no planejamento de longo prazo, agravando ainda mais a situação de superação, são estudadas medidas operativas que venham reduzir as solicitações impostas pelo sistema, até a substituição dos equipamentos superados (4).

### 2.1 Quanto a Corrente de Curto-Circuito

#### 2.1.1 Estudos de Curto-Circuito

Os estudos de curto-circuito são realizados utilizando o Programa de Análise de Falhas Simultâneas – ANAFAS/CEPEL (5), com o caso base do sistema de transmissão fornecido pelo ONS. O caso base considerado é o anual, na configuração completa e condição de geração máxima.

Através das simulações são obtidos os valores das correntes simétricas de curto-circuito, trifásico e monofásico, nas barras pertencentes às instalações da Chesf, referidos para a tensão máxima de operação. Também são obtidos os fatores de assimetria X/R das correntes de curto-circuito ( $X1/R1$  para os trifásicos e  $(2X1+X0)/(2R1+R0)$  para os monofásicos), a relação  $X0/X1$  nos barramentos de 69kV e as sobretensões temporárias nas fases sãs, resultantes de curtos-circuitos fase-terra. A partir dos valores de corrente simétrica de curto-circuito ( $I_{sim}$ ) e da relação X/R são calculados os valores de pico da corrente assimétrica de curto-circuito ( $I_{assim}$ ), conforme equação a seguir:

$$I_{assim(pico)} = I_{sim} \times \sqrt{2} \times \left(1 + e^{-\omega t / (X/R)}\right) \quad [1]$$

Onde:  $t = 1/2$  ciclo e  $\omega = 2\pi f$  (sendo,  $f = 60\text{Hz}$ )

Para o cálculo da corrente de curto-circuito não são considerados os valores de resistência dos transformadores de potência, os valores de impedância de arco do curto-circuito, os valores de impedância correspondentes à localização do defeito, bem como o tempo real de atuação da proteção. Porém, em alguns casos, principalmente nos setores de 69kV e 13,8kV, onde os valores de X/R são bastantes elevados, na análise detalhada são considerados os valores de ensaio da resistência dos transformadores de potência.

#### 2.1.2 Dados de Placa dos Equipamentos

As características elétricas dos equipamentos são obtidas, principalmente, através do banco de dados oficial da empresa ou através de fotografia da própria placa, quando solicitados aos operadores das instalações. Em alguns casos são consultados os fabricantes. Os dados necessários para análise de superação por equipamento são:

- Disjuntores: Fabricante, Ano de Fabricação, Norma, Tensão Máxima e Mínima de Operação (kV), Capacidade de Interrupção Simétrica e Assimétrica (kA), Tempo de Interrupção (s), Corrente Suportável de Curta Duração (Térmico) (kA) e Valor de Crista da Corrente Suportável (Dinâmico) (kA).
- Seccionadoras, TC e Bobinas de Bloqueio: Fabricante, Ano de Fabricação, Norma, Corrente Suportável de Curta Duração (Térmico) (kA) e Valor de Crista da Corrente Suportável (Dinâmico) (kA).
- Pára-raios: Fabricante, Ano de Fabricação, Norma, Suportabilidade da Corrente de Curto-Circuito Simétrica e Assimétrica (kA).
- Transformadores de Potência: Potência Nominal do Enrolamento Terciário de 13,8kV, na Refrigeração Natural (MVA).
- Reatores de Aterramento: Impedância (ohm/fase).

### 2.1.3 Critérios/Procedimentos

Inicialmente, são comparados os níveis de curto-circuito na barra, trifásico e monofásico, com os respectivos valores nominais dos equipamentos. Quando essas comparações atingem valores iguais ou superiores a 75%, são selecionados os equipamentos com possíveis problemas de superação para efetuar um estudo mais detalhado, considerando a corrente de curto-circuito a máxima corrente passante no equipamento. Quando no final da análise os resultados atingirem valores iguais ou superiores a 100%, o equipamento será caracterizado como superado e entre 90% e 100%, o equipamento estará no limiar de superação. Os critérios utilizados para cada equipamento estão descritos a seguir:

a. Disjuntores: quanto a capacidade de interrupção, a análise de superação é verificada em geral através da comparação dos valores das correntes simétricas e assimétricas de curtos-circuitos com a capacidade de interrupção simétrica e assimétrica dos disjuntores, respectivamente. Os valores da corrente assimétrica de curto-circuito são calculados com base no X/R do sistema e no tempo de separação dos contatos dos disjuntores. Numa análise mais detalhada normalmente são utilizados os critérios estabelecidos na norma de fabricação de cada um. Quanto a suportabilidade na condução da corrente de curto-circuito, a análise de superação é efetuada comparando os valores da corrente simétrica de curto-circuito passante no disjuntor com o valor da corrente suportável nominal de curta duração (Efeito Térmico) e os valores de pico da corrente assimétrica de curto-circuito com o valor de crista nominal da corrente suportável (Efeito Dinâmico).

b. Chaves Seccionadoras, Bobinas de Bloqueio e Transformadores de Corrente: a análise de superação quanto aos efeitos térmicos e dinâmicos destes equipamento na condução da corrente de curto-circuito com base nas normas técnicas de fabricação é verificada através da comparação do valor eficaz da corrente simétrica de curto-circuito, no ponto onde o equipamento está operando, com o valor da corrente suportável nominal de curta duração e do valor de pico da corrente assimétrica de curto-circuito do sistema com o valor de crista nominal da corrente suportável.

c. Pára-raios: a análise de adequabilidade quanto a suportabilidade da corrente de curto-circuito é baseada na comparação do valor da corrente assimétrica de curto-circuito monofásico do sistema (no ponto onde o pára-raios opera) com o valor nominal do dispositivo do alívio de pressão. A importância dessa avaliação é, principalmente, no sentido da segurança, pois, o dispositivo de pressão evita o crescimento da pressão interna além de um determinado valor, durante a atuação dos pára-raios. No caso desta pressão aumentar sem controle, poderá ocorrer a explosão da porcelana, o que na prática demonstrou ser suficiente para destruir equipamentos vizinhos, bem como o risco de acontecer acidentes em relação às pessoas que estiverem no local.

d. Transformadores de Potência: a análise de adequabilidade dos transformadores de potência foi baseada na sua capacidade quanto ao efeito térmico, ou seja, o valor eficaz da corrente simétrica de curto-circuito não deve ultrapassar 25 vezes a corrente nominal do enrolamento, na refrigeração natural, com duração máxima de 2 segundos.

e. Reatores de Aterramento: o critério considerado é que a relação  $X0/X1$  deve permanecer num valor entre 3 e 10. Por outro lado, também é avaliado o impacto das sobretensões temporárias de frequência industrial, resultante de curtos-circuitos fase-terra, levando em conta a duração do curto-circuito. Para evitar que a sobretensão nas fases sãs provoque solicitações sobre os equipamentos envolvidos, acima dos valores garantidos pelos fabricantes, ou riscos elevados de evolução de defeitos de monofásico para bifásico/trifásico, as sobretensões devem ser limitadas em 1,40pu que corresponde à tensão de frequência industrial suportável pelos equipamentos por um tempo de 1,0s.

Ressalta-se que nos estudos de superação não são considerados os desgastes naturais decorrentes do tempo de uso e regime de trabalho dos equipamentos.

## 2.1.4 Resultados

Foram analisados 16.954 equipamentos em operação nas instalações da Chesf, distribuídos em 1.558 disjuntores, 5.571 chaves seccionadoras, 4.614 transformadores de corrente, 436 bobinas de bloqueio, 4.617 pára-raios, 84 transformadores de potência e 74 reatores de aterramento. A Tabela 1 apresenta a quantidade de disjuntores, seccionadoras, pára-raios e transformadores de corrente (TC) avaliados no último estudo, por nível de tensão, bem como os caracterizados como superados.

Tabela 1 - Resultados da análise de adequabilidade quanto a curto-circuito

Tensão (kV)	Disjuntores		Seccionadoras		Pára-raios		TC	
	Total	Superados	Total	Superados	Total	Superados	Total	Superados
500	141	0	500	0	578	0	643	0
230	568	12	2315	0	1628	0	1414	0
138	50	0	166	0	139	0	78	0
69	553	30	1756	0	1544	0	2027	14
13,8	246	5	834	0	728	0	452	0
<b>TOTAL</b>	<b>1558</b>	<b>47</b>	<b>5571</b>	<b>0</b>	<b>4617</b>	<b>0</b>	<b>4614</b>	<b>14</b>

Como solução definitiva foram recomendadas as substituições dos disjuntores e dos TC superados.

No caso dos disjuntores, até a sua completa substituição, foram implantadas nas subestações como solução provisória, um esquema de desligamento seqüencial de forma a reduzir os níveis da corrente de curto-circuito para valores abaixo da capacidade de interrupção nominal dos disjuntores superados. Para implantação deste esquema é feita uma análise de adequabilidade quanto a TRT, na configuração proposta.

Em relação às bobinas de bloqueio, foi verificada superação em 1 unidade do setor de 230kV. Como solução, foi indicada a substituição imediata do equipamento.

Quanto aos enrolamentos terciários de 13,8kV dos transformadores de potência, foram avaliados 84 unidades, detectando a superação em 67. Alguns se encontram numa situação crítica, ou seja, enrolamentos de 13,8kV superados e suprindo carga. Em geral, recomenda-se que sejam instalados reatores limitadores nos terciários superados utilizados para o suprimento de cargas, mantendo isoladas as partes vivas entre a bucha de 13,8kV do transformador e o reator. Para os demais transformadores superados, os enrolamentos de 13,8kV devem permanecer desconectados e com suas partes vivas isoladas, pois como não estão sendo utilizados, estas situações de superação não são críticas.

Dos 74 reatores de aterramento instalados nos barramentos de 69kV pertencentes ao sistema Chesf, 12 estão inadequados, isto é, violam o critério X0/X1. Assim, como há necessidade de adequação desses equipamentos, suas substituições foram indicadas e os novos valores de impedância calculados de forma a modificar a relação X0/X1 para um valor abaixo de 10 e reduzir a sobretensão nas fases sãs para valores máximos de 1,40 pu.

## 2.2 Quanto a Tensão de Restabelecimento Transitória (TRT)

Nas análises de superação de equipamentos de alta tensão são incluídos estudos para verificar a adequabilidade dos disjuntores quanto à TRT.

Para disjuntores a partir de 138kV os critérios e procedimentos adotados nos estudos tomam como base as diretrizes determinadas GT-AS (2) e, para os disjuntores abaixo de 138kV, são usados os critérios já definidos no âmbito da Operação da Chesf em estudos anteriores (6).

Devido ao grande número de disjuntores em operação nas instalações da Chesf, a escolha das unidades a serem analisadas é baseada na metodologia definida pelo GT-AS, que indica para análise de TRT os disjuntores, cuja corrente de curto-circuito (Icc) passante se encontre acima de 85% de sua capacidade nominal de interrupção. Nas soluções mitigadoras indicadas nos estudos de superação quanto a corrente de curto-circuito é reavaliada a adequabilidade dos disjuntores quanto a TRT.

A Operação da Chesf tem buscado uma metodologia para varrer todos os disjuntores em operação, independente da classe de tensão e da corrente de falta a ser interrompida pelo disjuntor, visto que já é comprovado que as solicitações quanto à TRT não estão necessariamente ligadas com o nível da corrente de curto-circuito.

### 2.2.1 Estudos de TRT

Para obtenção das curvas de TRT do sistema, são realizadas simulações de transitórios eletromagnéticos, utilizando como ferramenta computacional o programa ATP/EMTP (7). São simuladas aberturas dos disjuntores considerando curto-circuito trifásico não aterrado para faltas terminais e curto-circuito monofásico para as faltas quilométricas. A verificação sob curto quilométrico é feita para os disjuntores de linha em que não se detectou superação por curto terminal, com a falta aplicada até 5Km da LT em intervalos de 1 km, sendo o pólo da fase defeituosa o último a abrir.

Todos os equipamentos são representados pelos modelos disponíveis no ATP, sem correção dos parâmetros com a frequência. As linhas de transmissão são representadas pelo modelo de parâmetros distribuídos. Os transformadores da SE em estudo são representados sem as curvas de saturação e sem perdas no ferro. As fontes são representadas como fonte senoidal do tipo 14. Os equivalentes de curto-circuito da rede não representada são localizados distantes da barra do disjuntor analisado, estando no mínimo na segunda barra adjacente ao disjuntor. Já se parte de uma modelagem refinada, onde são incluídas as capacitâncias parasitas do barramento do disjuntor manobrado e as capacitâncias típicas concentradas dos equipamentos ligados a este barramento.

Para todos os casos, o sistema é considerado completo, com geração máxima e carga mínima, a menos a SE em estudo que é representada sem carga. A tensão pré-falta adotada é a máxima tensão operativa admitida nas barras pertencentes à Chesf.

### 2.2.2 Dados de Placa dos Disjuntores

As características elétricas dos equipamentos são obtidas, principalmente, através do banco de dados oficial da empresa, e na falta deste, é solicitado aos operadores das instalações os dados contidos nas placas destes equipamentos. Em alguns casos é necessário consultar os fabricantes.

Os dados necessários para análise de superação por TRT são: Fabricante, Modelo, Número de Série, Ano de Fabricação, Norma, Tensão Nominal (kV), Tensão Máxima de Operação (kV), Capacidade de Interrupção (kA) Simétrica, Fator de Primeiro Pólo ( $k_{pp}$ ) e Pressão Nominal.

### 2.2.3 Critérios/Procedimentos

Na determinação dos parâmetros de referência os disjuntores construídos segundo as normas IEC e ANSI, com classe de tensão a partir de 138kV, é adotada a referência dada pelo GT-AS, que se baseia na norma IEC 62271-100 (2001), porém com parâmetros ( $U_1$ ,  $T_1$ ,  $U_c$ ,  $T_2$ ) interpolados para definição da envoltória nos casos em os valores percentuais da relação da corrente de defeito e a capacidade nominal de interrupção (M) se encontram fora dos valores normalizados. Para os disjuntores da norma IEC com classe de tensão abaixo de 138kV e para as análises de curto quilométrico, todos os cálculos estão se baseando na norma IEC 62271-100 (2001+A1:2002). Para os ANSI abaixo de 138kV os parâmetros de referência são extraídos da norma ANSI específica ou a mais próxima do ano de fabricação do disjuntor. Estes valores são usados para alimentar no ATP uma rotina desenvolvida em Models (8) para levantamento da curva de TRT do disjuntor analisado.

Para análise da adequabilidade é adotado o critério de comparação direta entre a curva de TRT imposta pelo sistema e a envoltória traçada a partir dos dados de referência. Os fabricantes são consultados para validar os resultados encontrados, principalmente pelo fato de não se tomar como referência a norma específica dos disjuntores na análise de superação.

Os disjuntores são ditos "superados", quando na comparação com a referência, os valores de taxa de crescimento (s) e valor de crista ( $U_c$ ) se encontrarem acima de 95%, após confirmação de superação por parte do fabricante. São classificados como no "limiar de superação", quando na comparação com os dados de referência, se encontrarem entre 90 e 95%, após confirmação de adequabilidade por parte do fabricante.

Como os disjuntores indicados como superados não são substituídos de imediato, são estudadas medidas provisórias que venham a reduzir as solicitações quanto a TRT, na tentativa de torná-los adequados quanto a essa grandeza. Já os disjuntores próximos ao limite de superação são reavaliados diante de mudanças na configuração do sistema, pois estas podem levá-los à superação quanto a TRT.

Quando a superação é por taxa de crescimento, é analisada a influência dos valores das capacitâncias representadas, a fim de se refinar o caso em análise e substituir os valores típicos pelos reais. Caso persista a superação, são analisadas alternativas de configuração, ou desligamento sequencial, uma vez que a indicação de células capacitivas, a serem instaladas na barra do disjuntor, só é feita para aqueles conectados aos barramentos de 13,8kV, visto que não há viabilidade desta solução para tensões superiores.

Quando a superação é por pico ( $U_c$ ), também são estudadas configurações ou esquemas de proteção que tornem o disjuntor adequado quanto à TRT e para os disjuntores de alimentadores, tem-se tomado como alternativa, indicar um número mínimo de alimentadores com um valor de carga predefinido, na tentativa de se diminuir os riscos no momento da abertura do disjuntor.

## 2.2.4 Resultados

Dos 1558 disjuntores do sistema Chesf, foi analisada, no ano de 2008, a adequabilidade, quanto a TRT, de 79 disjuntores, dos quais apenas 29 encontram-se interrompendo corrente de curto-circuito acima ou igual a 85% de sua capacidade nominal. Dos disjuntores analisados, 49 unidades (62%) encontram-se superadas por TRT, diante das premissas e dos critérios aqui descritos.

A seguir nas Tabelas 2 e 3, a título de ilustração, são mostrados resultados, incluindo os gráficos que apresentam o comportamento da TRT do sistema (verde) com a envoltória da TRT representativa da suportabilidade dos disjuntores analisados superposta (marrom) e suas respectivas análises.

Tabela 2 – caso 01: TRT do sistema imposta ao 14W1 (ANSI) – SE BNO: CC terminal trifásico não aterrado

SE	I <sub>cc</sub> 3Ø (kA)	M (%)	TRT de referência (GT-AS)				
			TRT do sistema				
			U1 (kV)	T1 (µs)	UC (kV)	T3 (µs)	s (kV/µs)
BNO 230kV	11,13	94	(260) <b>342,0</b>	(120) <b>1197,0</b>	(368) <b>342,0</b>	(390) <b>1197,0</b>	(2,16) <b>0,40</b>

Tabela 3 – Caso 02: TRT do sistema imposta aos religadores – SE BVT: CC terminal trifásico não aterrado (células capacitivas instaladas)

SE	I <sub>cc</sub> 3Ø (kA)	M (%)	TRT de referência				
			TRT do sistema				
			U1 (kV)	T1 (µs)	UC (kV)	T3 (µs)	s (kV/µs)
BVT 13,8kV	8,2	51	---	---	(30,7) <b>34,9</b>	(18,33) <b>570,0</b>	(---) <b>0,06</b>

No primeiro caso, apesar do pico da TRT se encontrar abaixo da envoltória de referência adotada pelo grupo, o fabricante deu parecer de superação para esta unidade. O segundo caso mostra disjuntores com capacidade de interrupção comprometida em 51%, superados por pico e taxa. Para adequar quanto à taxa de crescimento da TRT foram instaladas células capacitivas na barra de 13,8kV desta SE. Para o problema da superação por pico foi recomendado se manter alimentadores com carga de pelo menos 15MW neste barramento, por não ter se encontrado uma medida mais eficiente e segura até a substituição do mesmo.

## 3.0 - CONCLUSÃO

Os resultados dos estudos de adequabilidade dos equipamentos quanto a curto-circuito e TRT vem indicando um número relativamente elevado de equipamentos para substituição devido à superação de suas características nominais. Quanto a corrente de curto circuito, dos equipamentos em operação nas instalações da Chesf 141 se encontram superados. Quanto a TRT, dos 79 disjuntores analisados 49 unidades se encontram superados.

Apesar de se trabalhar com premissas que dão uma certa margem de segurança, seria interessante uma revisão do critério determinístico que considera a superação do equipamento apenas quando atinge 100% de sua capacidade nominal quanto a curto-circuito. Esta preocupação se deve ao tempo elevado para a substituição de equipamentos de alta tensão, que para os disjuntores normalmente é realizada acima de três anos, bem como, do

avanço acelerado da expansão do sistema, algumas vezes não previstas no planejamento de longo prazo, agravando ainda mais a situação de superação e por fim, os efeitos das capacidades nominais desses equipamentos, devido ao envelhecimento natural e regime de trabalho.

No que se refere a TRT, observou-se que os fabricantes não adotam o critério de interpolação dos parâmetros definidos pela norma IEC, o que provavelmente deverá ser discutido no âmbito do GT-AS. Vale ressaltar que as premissas determinadas pelo grupo, que são bastante conservativas, devem ser mantidas a fim de assegurar maior margem de segurança da operação, durante o tempo necessário para a substituição do disjuntor superado.

Outro ponto importante é que a superação por TRT não é, necessariamente, diretamente proporcional ao percentual da corrente simétrica de curto-circuito passante no disjuntor. Entende-se que a medida de se analisar os disjuntores, cuja capacidade de interrupção se encontra comprometida em 85% e acima, foi adotada pelo GT-AS apenas como pré-seleção, devido ao grande número de disjuntores em operação do Sistema Interligado Nacional (SIN). No último estudo de TRT realizado, das 50 unidades que se encontram fora deste critério, 36% estão superados e para todos os casos em que o desligamento seqüencial foi tido como solução para adequar o disjuntor quanto a corrente de curto-circuito, não se conseguiu simultaneamente adequação quanto à TRT.

A Chesf diante do elevado número de equipamentos superados por corrente de curto-circuito, TRT, como também, corrente de carga tem procurado medidas mitigadoras para tentar diminuir as solicitações impostas pelo sistema a seus ativos. Contudo, tem sido uma tarefa difícil, uma vez que é imprescindível levar em consideração a confiabilidade e flexibilidade operativa do sistema, sem esquecer os custos envolvidos e o esforço de seu corpo técnico para viabilizar as soluções encontradas.

De uma forma geral, observou-se que a adoção de diretrizes para análise de superação dos equipamentos de alta tensão facilitou bastante a execução dos estudos e a tomada de decisões por parte dos agentes. Porém é necessário se criar oportunidades de discussão das novas experiências e problemas vivenciados por estes e pelo ONS de maneira a favorecer uma realimentação contínua dos processos, objetivando revisar ou complementar os critérios e procedimentos hoje adotados.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GT de Análise de Superação de Equipamentos de AT, Diretrizes para Análise de Superação de Disjuntores, Seccionadoras e Bobinas de Bloqueio, Relatório ONS 2.1/206/2004 Revisão 1, 09/09/2005.
- (2) GT de Análise de Superação de Equipamentos de AT, Metodologia de Cálculo da TRT para Estudos de Superação de Disjuntores, Relatório ONS 2.1/079/2005, 08/09/2005.
- (3) GT de Análise de Superação de Equipamentos de AT, Diretrizes para Análise de Superação de Transformadores de Corrente, Relatório ONS 2.1/207/2004 Revisão 2, 08/09/2005.
- (4) GT de Análise de Superação de Equipamentos de AT, Diretrizes de Aplicação de Medidas Mitigadoras para a Superação de Equipamentos de Alta Tensão, Relatório ONS.
- (5) Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, CEPEL, Programa de Análise de faltas Simultâneas - Manual do Usuário, Outubro 2008.
- (6) Metodologia e Critérios para Análise de Adequação de Disjuntores quanto a Tensão de Restabelecimento Transitória – Comitê Coordenador de Operações do Norte – Nordeste – CCON/SCEE.
- (7) LEUVEN EMTP CENTER, "ATP – Alternative Transients Program – Rule Book", Herverlee, Belgium, July 1987.
- (8) J. AMON Fº, D. G. PIMENTA, Aplicação da Rotina MODELS e da Interface ATPDraw do Programa ATP/EMTP para o Cálculo dos Valores de Pico, dos Instantes de Tempo Correspondentes e da Taxa de Crescimento da Tensão de Restabelecimento Transitória (TRT) em Disjuntores, bem como para a Impressão de Envoltórias de Referência Normalizadas, XVII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Uberlândia, MG, Brasil, 19-24 Outubro 2003.
- (9) CARVALHO, A.C., SINDER, D., MUNIZ, M., MONTEIRO, A.M., SILVA, B. A., Superação de Equipamentos de Alta Tensão: Critérios de Análise e Processo de Indicações de Substituições na Rede Básica e Demais Instalações da Transmissão, XIX SNPTEE, artigo SGE 97, Rio de Janeiro, out. 2007.
- (10) CARVALHO, A.C., MUNIZ, M., SAAVEDRA, A.R., SINDER, D., SILVA, B. A., Superação de Equipamentos e Instalações na Rede Básica e DIT: Situação Atual e Perspectivas Futuras, XI SEPOPE, SP-089, Belém, 2009.