XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

# MALHA DE TERRA DE SUBESTAÇÕES: RESPONSÁVEL PELA DESCOORDENAÇÃO DAS PROTEÇÕES DE SOBRECORRENTE

**Autor: ELOI RUFATO JUNIOR**
**Empresa : COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA**

**Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000**

**RESUMO DO TRABALHO**

Recentes problemas no sistema de distribuição 34,5/13,8 kV, tem causado desligamentos das proteções nas subestações fonte 138/34,5/13,8 kV, onde, defeitos que envolvam a terra, nos alimentadores de 13,8 kV provocam a abertura dos equipamentos de proteção de retaguarda no sistema de 34,5 kV, nas subestações fontes, através da atuação das unidades de neutro destas proteções.
Pela teoria dos circuitos elétricos, para estes tipos de defeitos, isto é, que envolvam a terra no sistema de 13,8 kV, quando se utilizam transformadores estrela-aterrada/ delta, com transformadores de aterramento do lado do delta, quando ocorrem curto circuitos do lado da ligação delta, não há contribuição de correntes de seqüência zero fluindo através do sistema estrela-aterrada.
O objetivo deste trabalho é mostrar todas as tentativas que foram realizadas no sentido de procurar descobrir e resolver este tipo de problema, pois estavam causando inúmeros desligamentos através da atuação descoordenada das proteções, com conseqüente aumento do DEC ( Duração Equivalente por Consumidor).
Tem como objetivo também mostrar a rotina de realização de testes de curto circuitos que foram realizados durante um período de 4 anos, com o intuito de procurar resolver este tipo de problema e outros que surgiram no decorrer da realização dos testes, mostrando as soluções adotadas para sanar os problemas.

**ABSTRACT**

Recent problems in the distribution system 34,5/13,8 kV, has been causing improper performance of the protections in the substations source 138/34,5/13,8 kV, where, faults to ground, in feeders of 13,8 kV cause opening of the protection equipments of rearguard protection in the system of 34,5 kV, due to neutral relay.
The electric circuits theory, for faults to ground, say that when ground-wye / delta transformers are used, with ground-transformers of delta side, for short-circuit in this side, there are no Zero-sequence flowing through ground-wye system.
The aim of this work is to show all the attempts that were accomplished trying to discover and solve this problem, because they has been caused countless openings due to protection discoordination, with consequent increase of DEC (Equivalent Duration for Consumer).
It also intend to show the routine of accomplishment of short circuits tests that were accomplished during a period of 4 year-old, with the objective of trying to solve this problems and others that appeared during the accomplishment of this tests, showing the solutions adopted for to solve the problems, for example, the use of special ground electrodes in the grid of auxiliary earth for ground-transformer of the Substations.

## 1-INTRODUÇÃO:

O sistema de distribuição da COPEL foi concebido para atender as premissas de baixo investimento inicial e custo operacional reduzido. Dentro desta filosofia optou-se por duas tensões de distribuição, 13,8 e 34,5 kV fazendo esta última tensão também o papel de subtransmissão. As linhas de subtransmissão de 34,5 kV, que partem de subestações de transmissão 138/34,5/13,8 kV, alimentam subestações de 34,5/13,8 kV (até 4 subestações) que atendem pequenas localidades.

O arranjo destas subestações, permitem a instalação de até quatro transformadores de 5 a 7 MVA e quatro alimentadores de 13,8 kV, com entrada de dois circuitos de subtransmissão em 34,5 kV, além da possibilidade de instalação de bancos de capacitores e reguladores de tensão. O tipo de ligação dos transformadores de força é estrela aterrado no lado de 34,5 kV e delta com transformador de aterramento em zig-zag no lado de 13,8 kV.(Figura 3)

As potências dos transformadores são de 3,75 MVA, 4,2, 5 e 7 MVAs, havendo casos mais antigos de 1,0 MVA, 1,5 MVA, 2,0 MVA e 2,5 MVA, sendo que todos estes possuem tap's (34,5/33,75/33,0/32,25/31,5 kV) no lado primário.
A COPEL possui em operação 226 subestações de 34,5/13,8 kV.

## 1.1-PROTEÇÃO EM SUBESTAÇÕES

As proteções das saídas 13,8 kV e 34,5 kV das subestações, são realizadas com a utilização de religadores automáticos, com controle hidráulico, eletrônico, eletro-mecânico e microprocessados, com tendências para estes últimos, que possibilitam ajustes mais finos e precisos, facilitando a coordenação e sensibilidade. Estes religadores utilizam meios de interrupção a vácuo, SF6 ou óleo isolante, sendo que os últimos estão em desuso.
O número de religadores instalados em subestações, em dez/97 é de 969 nas saídas de 13,8 kV e 576 nas saídas de 34,5 kV.

## 1.2-PROTEÇÃO EM LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO

A fim de melhorar a confiabilidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica, têm sido utilizados religadores automáticos em ramais que derivam das linhas de distribuição em 34,5 kV e de alimentadores de 13,8 kV, coordenados com os elos fusíveis e chaves religadoras. A quantidade destes religadores é da ordem de 308 em 13,8 kV e 131 em 34,5 kV, em dez/97.

## 2 - HISTÓRICO

Através de levantamento no arquivo de ocorrências, conforme tabela 1, verificamos a existência de problemas relacionados com as proteções na área de Nova Esperança, na Regional de Maringá.

Defeitos que envolvem a terra (curto-circuito T, T ou 3 T) nos alimentadores de 13,8 kV da SE Nova Esperança causam a operação do religador de 34,5 kV, instalado a montante, na subestação fonte, SE Alto Paraná, como proteção de retaguarda. Só que estas atuações ocorrem através da sensibilização do sensor de neutro deste religador. Tais problemas ocorrem desde 13/01/91.(ver tabela 1)

**Tabela 1 - Ocorrências com Descoordenação das Proteções.**

| Ocor. | LOCAL | TIPO DE CURTO | TEMPO INTER. | ATUAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ramal Rural - Alim. Rocha Pombo - 13,8 kV | ∅ T - Fase do meio sobre cruzeta | 0,20' (21:30 às 21:50) | SE APR - RA NVE |
| 2 | Ramal Rural - Alim. Rocha Pombo - 13,8 kV | ∅ T - Fase rompida contato com o solo Galhos sobre outras 2 fases | - (17:30h) | Elo da fase rompida não atuou. 1 FM no RA 13,8 kV SE APR - RA NVE foi a bloqueio. |
| 3 | LD Atalaia/Uniflor | ∅ T - Isolador de pino quebrado | (14:11 - 14:35) (15:51 - 15:57) | RA circuito Atalaia Uniflor de 13,8 kV não operou SE APR - RA NVE bloqueou |
| 4 | LD Atalaia/Uniflor | ∅ T - Isolador de pino quebrado | (16:18 - 16:30) (17:08 - 17:15) | Atuou RA de 34,5 kV na SE/APR |
| 5 | LD Atalaia/Uniflor | ∅ T - Cabo rompido na rede de Atalaia sobre neutro BT | (16:05 - 16:15) | RA 13,8 kV não atuou Atuou RA 34,5 kV SE/APR |
| 6 | Alim. Capelinha | - | - | Atuou RA 34,5 kV SE/APR |

Estes defeitos acarretam o bloqueio do religador de 34,5 kV na SE Alto Paraná, desenergizando toda a SE Nova Esperança, assim como todos os consumidores da Linha de Distribuição Alto Paraná - Nova Esperança. Os referidos problemas tem provocado críticas por parte de consumidores residenciais e industriais da região.

## 3 - REUNIÃO COM AS ÁREAS ENVOLVIDAS

Como os problemas que vem ocorrendo envolvem várias áreas da empresa, realizou-se uma reunião, onde analisou-se algumas hipóteses:

3.1 - Conforme a teoria de circuitos elétricos, e devido ao tipo de ligação dos transformadores da SE Nova Esperança (Estrela Aterrada - Delta), não temos circulação de corrente de seqüência zero (3I0) a 60 Hz no equipamento de proteção que protege a LD APR/NVE, ocasionada por um curto-circuito nos alimentadores de 13,8 kV envolvendo a terra.

3.2 - Levantou-se a hipótese da influência do Banco de Capacitores da Subestação de Nova Esperança.

3.3 - Outra hipótese levantada, foi da influência dos harmônicos, somados com as correntes de carga, estarem influenciando nos sensores de proteção dos religadores instalados nas Subestações.

3.4 - A outra hipótese levantada, foi de que o tipo de equipamento de proteção utilizado poderia estar provocando o problema, isto é, em Alto Paraná a proteção é realizada com um religador tipo ESV 3810 da Westinghouse com controle eletrônico Resco, e nos alimentadores de 13,8 kV da SE Nova Esperança a proteção é realizada em alguns circuitos através de relés eletromecânicos tipo CO-11 da Westinghouse.

Após esta reunião, realizou-se um estudo mais detalhado sobre as ocorrências. Também, devido ao fato de termos muitas hipóteses para a ocorrência dos referidos problemas, decidiu-se dá realização de testes de curto-circuito no campo para comprovação das hipóteses.

## 4 - ESTUDO DETALHADO DAS OCORRÊNCIAS

Foram refeitos os Estudos de Proteção, teóricos, envolvendo os equipamentos de proteção das SE's de Alto Paraná e Nova Esperança, chegando-se a conclusão que não há descoordenação dos equipamentos de proteção envolvidos.

Devido a isto, resolve-se verificar se o referido problema também poderia estar ocorrendo em outras subestações, o que foi constatado, conforme as respostas tabeladas a seguir:

**Tabela 2 - Ocorrências na regional de Maringá**

| OCORRÊNCIAS | | | |
|---|---|---|---|
| 34,5 kV | | 13,8 kV | |
| SE | RA | SE | RA |
| CIT | CXE | STE | RX |
| FLA | RVE | IBE | KFE*<br>(3 vezes) |
| APR | ESV 3810 | NVE | CO-11<br>ESV 1512<br>CO-11 |
| SSD | CXE | ARU | ESV 1512<br>RX<br>RX |
| SSD | ESV 3810 | BAD | RX |

## 5 - ANÁLISE QUANTO ÀS TECNOLOGIAS DOS EQUIPAMENTOS

Através do levantamento realizado em todas as Regionais, conforme mostra a tabela 2, podemos verificar que a hipótese levantada, isto é, os religadores de 34,5 kV de Alto Paraná com controle eletrônico e os religadores de 13,8 kV da SE Nova Esperança com relés eletromecânicos ou mesmo com religadores hidráulicos, não seriam a origem dos problemas.

Foram levantadas 25 ocorrências em 15 subestações, onde defeitos nos religadores de 13,8 kV ocasionaram a operação dos religadores das subestações fonte de 34,5 kV.

Na tabela 3, temos a comparação das ocorrências, com os tipos de equipamento envolvidos:
Tabela 3 - Comparação das Ocorrências

**Tabela 3 - Comparação das Ocorrências**

| SE 34,5 kV | SE 13,8 kV | |
|---|---|---|
| | ELETRÔNICO | NÃO ELETRÔNICO |
| ELETRÔNICO | 11 | 13 |
| NÃO ELETRÔNICO | 0 | 0 |

Obs: Um dos casos envolveu um Religador eletrônico no 34,5 kV e elos fusíveis do transformador na SE de 13,8 kV.

**Tipos de Controle**

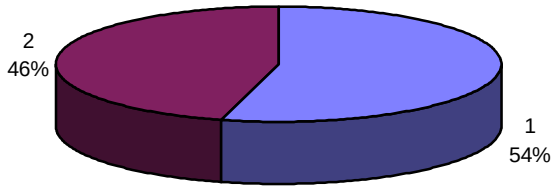


**Figura 1 - Gráfico de Quantidade de Ocorrência em função do tipo de Controle**

1 - 54% dos defeitos envolveram controle com tecnologia eletrônica a montante e hidráulica ou eletro-mecânica a jusante.
2 - 46% dos defeitos envolveram somente equipamentos com tecnologia eletrônica.

Com esta análise, concluímos que a tecnologia dos equipamentos de proteção utilizados não são a causa dos problemas.

## 6 - TESTES NOS EQUIPAMENTOS ENVOLVIDOS

Durante as análises, levantou-se a hipótese de que poderiam estar ocorrendo falhas nos equipamentos envolvidos (religadores, transformadores, transformadores de aterramento, etc). Realizou-se os ensaios nos dois transformadores de força na SE Nova Esperança. Nestes equipamentos a suspeita recaiu sobre a estes serem de deslocamento angular diferentes. Conforme os relatórios de ensaio, ficou comprovado que os transformadores de força são de mesma classe de ligação e todas as suas características estão dentro dos valores esperados e utilizados nos estudos.

Outra suspeita recaiu sobre o transformador de aterramento, o qual foi substituído. Analisado o transformador velho para verificar a hipótese de que o mesmo poderia estar danificado internamente como por exemplo espiras em curto ou até mesmo uma das “pernas” desconectadas, o que não se constatou.
Foram realizados ensaios em todos os religadores envolvidos, tanto da SE de Nova Esperança como o da SE Alto Paraná e nada de anormal foi encontrado.

Após as devidas análises, suspeitou-se que poderia ser a ligação dos TC’s de proteção do religador ESV 3810 da Westinghouse instalado na SE Alto Paraná. Se os mesmos estivessem ligados com polaridade invertida, poderia estar circulando a corrente no sensor de neutro do religador e o mesmo seria sensibilizado, realizados novos ensaios, nada se constatou.

Após todas estas verificações, traçou-se um Plano de Ações, no qual um dos itens definidos foi da realização de testes de curto circuito nos locais onde estavam ocorrendo os problemas.

## 7 - DEFINIÇÃO DOS TESTES

### 7.1 - ALIMENTADORES ONDE SERÃO REALIZADOS OS TESTES.

Através do levantamento das ocorrências decidiu-se realizar os testes de curto-circuito nos seguintes alimentadores de 13,8 kV da SE Nova Esperança:

a) Alimentador Rocha Pombo - RA WECO - Relés C011.

b) Alimentador Atalaia + Uniflor - RA WECO - ESV 1512 - controle Resco.

## 7.2 - PONTOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES NOS ALIMENTADORES.

Com o objetivo de simularmos os curtos-circuitos o mais próximo das condições reais que ocorreram os defeitos, identificou-se os locais onde ocorreram os defeitos nos alimentadores.

Conforme mostra o diagrama unifilar da figura 9, anexo 1, foram definidos os seguintes pontos para realização dos testes:

No alimentador Atalaia + Uniflor o ponto X9 distante 23,55 km da SE Nova Esperança.

No alimentador Rocha Pombo o ponto X4 distante 8,61 km da SE Nova Esperança.

Ponto X1 dentro da subestação Nova Esperança, distante 10 metros do religador de 13,8 kV.

## 7.3 - DETALHAMENTO DOS CURTOS-CIRCUITOS.

a) Curtos-circuitos monofásicos para Terra.

Para realização destes curtos-circuitos, necessita-se montar uma cruzeta auxiliar, com chaves fusíveis, que será montada no poste, no ponto escolhido para o curto circuito. Das chaves fusíveis derivarão cabos com a mesma bitola dos condutores da linha em teste. Na extremidade dos cabos serão amarrados bastões isolantes utilizados pela equipe de linha-viva. Na outra extremidade dos bastões derivarão cordas de nylon de comprimento adequado, para que sejam baixadas da cesta do caminhão de linha-viva até que os condutores toquem o solo, uma fase de cada vez.

b) Curtos-circuitos bifásicos.

Para este tipo de teste utilizamos os mesmos cabos auxiliares que estão derivando das chaves fusíveis. O curto-circuito é realizado fazendo-se o contato dos dois cabos, um de cada fase.
Em uma primeira etapa realizou-se 16 testes nos três pontos de curto circuitos, onde, utilizando-se de oscilógrafos tipo HIOKI 8825, realizou-se a medição das seguintes grandezas:

Na SE Nova Esperança, as correntes das fases A, B e C e também a corrente no neutro de cada religador envolvido, as correntes no neutro do Transformador de Força, neutro do transformador de aterramento e neutro (TF+TA), conforme figura 2.

Simultaneamente, foram oscilografados com um equipamento idêntico na SE Alto Paraná, as correntes nas fases A, B e C e no neutro do religador de 34,5 kV do circuito Nova Esperança.

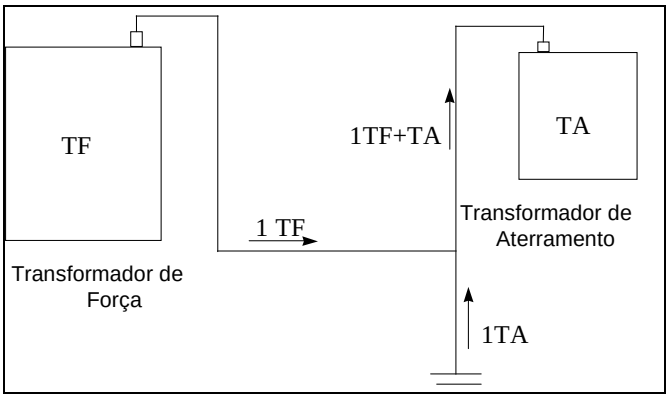


**Figura 1 - Medição das Correntes**

## 8 - ANÁLISE DAS MEDIÇÕES

Analisando as oscilografias constatamos que quando da realização de curtos-circuitos que envolviam a terra, uma percentagem da corrente de curto circuito estava fluindo através do sistema de 34,5 kV e voltando através do transformador de força da subestação (1TF) e somando-se com a corrente que sobe pelo aterramento do transformador de aterramento (1TA), resultando no neutro do religador de 13,8 kV a corrente total (1TF+TA).
Após isto, foram feitas várias simulações, com a utilização do EMTP versão ATP, visando simular as condições encontradas nos resultados dos testes.(ver ref.1)
Através das análises e simulações, verificou-se que a ligação metálica entre o neutro do transformador de força e o neutro do transformador de aterramento, realizada através da malha de terra, estaria provocando a circulação desta corrente pelo 34,5 kV.

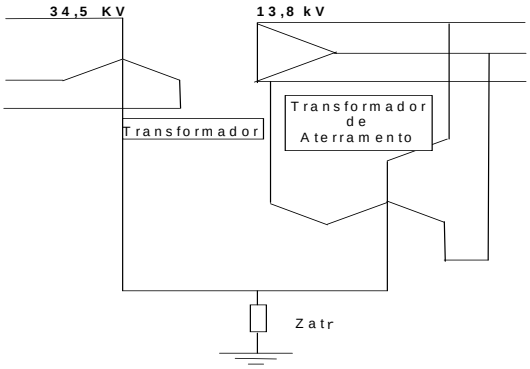


**Figura 3 - Representação do Sistema Real**

Esta ligação altera o diagrama de seqüência zero do sistema, onde tinha-se um circuito aberto para a ligação estrela-aterrada/delta, no transformador, para seqüência zero, tem-se agora um circuito fechado, conforme as figuras 4 e 5.

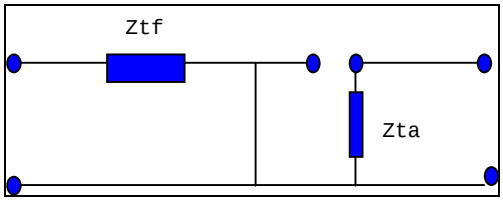


**Figura 4 - Seqüência Zero Teórica**

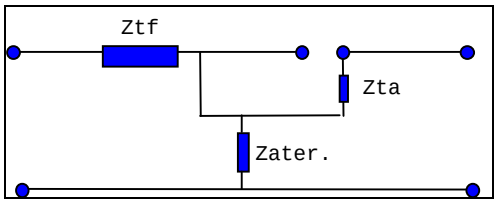


**Figura 5 - Seqüência Zero Real**

A corrente de seqüência zero “enxerga” o restante do sistema elétrico como caminho de retorno, na tensão base de 13,8 kV. Este caminho é composto pelo paralelo de:
 Resistência de aterramento da malha de terra da subestação 34,5/13,8 kV, multiplicada por 3 ( queda de tensão para 3Io)
 Impedância equivalente de seqüência zero do restante do sistema a montante da subestação.
Devido ao fato de que os programas de curto circuito existentes não possibilitam a inclusão desta resistência da malha terra, pode-se então, para facilitar a realização dos Estudos de Proteção, a fim de saber-se qual é a verdadeira corrente de seqüência zero que estará circulando no sistema de 34,5 kV, calcular-se o valor da corrente, através da determinação de um Fator de Divisão de correntes que será dado pelo paralelo de:3Rat e Zosist, conforme a equação 1:

$$FD = \left| \frac{3 \text{ x Rat}}{\text{Zosist} + 3\text{xRat}} \right| \quad (1)$$

Calculado este fator de distribuição, basta obter-se a corrente de curto circuito no sistema de 13,8 kV e multiplica-lá pelo Fator de Divisão para obter-se a corrente que circulará pelo neutro das proteções instaladas no 34,5 kV, a montante. Realizaram-se várias medições, que comparadas com a teoria, tiveram um acerto de 99,9%.(ver ref. 4 e 5)

## 9 - ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS

Para resolver o problema de descoordenação das proteções, foram propostas 3 alternativas:

a) Desconexão do neutro do Transformador de Força;
b) Instalação de Reator no neutro do Transformador de Força;
c) Malha auxiliar para o Transformador de Aterramento.

As alternativas ‘a’ e ‘c’ possibilitam a separação completa dos circuitos de seqüência zero, já a ‘b’, apenas limita o valor da corrente que circulará para terra do sistema de 34,5 kV.
As três propostas possuem vantagens e desvantagens ( ver ref.2):

alternativa a:
**Vantagens** - Isola completamente os dois sistemas;
Não interfere na resistência equivalente de terra do sistema 13,8 kV;
**Desvantagens** - Despadroniza o sistema de aterramento adotado pela empresa;
Impõe maiores sobretensões de manobra e de curtos fase-terra, aos equipamentos, com redução de vida útil;
Pode ser inviável se o valor das sobretensões dinâmicas estiver próximo da tensão nominal dos pára-raios utilizados no sistema.

alternativa b:
Esta alternativa oferece as mesmas desvantagens da “a”, além de haver a necessidade de um reator de aterramento especificado para cada caso, sendo a mais cara entre as três.

alternativa c:
**Vantagens** - Não despadroniza o sistema de aterramento utilizado;

Isolando completamente os dois sistemas, soluciona o problema de descoordenações das proteções;
Não impõem sobretensões ao sistema;
Utilizando-se apenas 3 a 4 hastes de aterramento, conforme estudos, consegue-se uma baixa resistência para a malha auxiliar.

**Desvantagens** - Redução do valor da corrente de curto circuito que envolvam a terra, em solos onde a resistividade é muito elevada e não se consegue um valor de baixa resistência de aterramento.

Devido a alternativa "c" ter se apresentado como a que melhor se adequou para resolver o problema, foram realizados mais 17 testes de curto circuitos na mesma subestação com o objetivo de verificar a efetiva solução.

## 10- ANÁLISE DOS NOVOS TESTES

Dos 17 testes realizados, foram selecionados os testes 17 e 19, o primeiro, com a configuração normal, isto é, com transformador de aterramento conectado na malha convencional e o segundo, com o transformador de aterramento conectado na malha auxiliar. Os valores retirados das oscilografias, em que se monitorou as mesmas grandezas dos testes anteriores, encontram-se plotados nas figuras 6 - medições pré-falta, figura 7 - medições durante a falta, com configuração normal e figura 8 - medições durante a falta, com transformador de aterramento conectado na nova malha auxiliar.

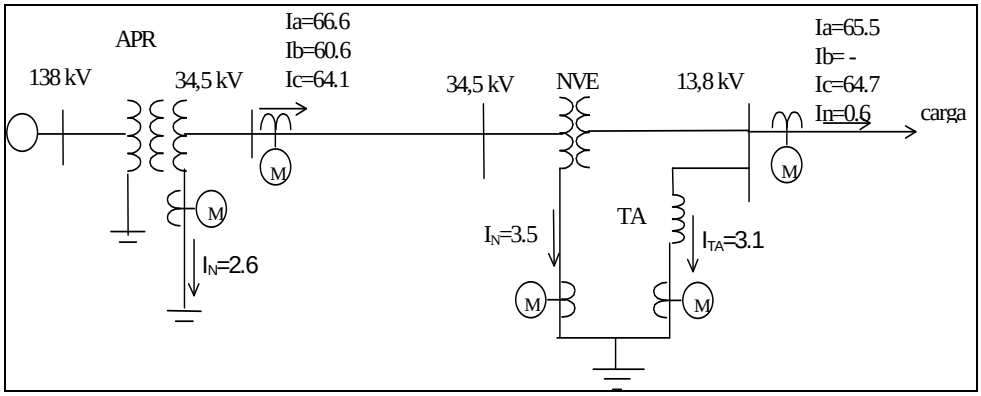


**Figura 6 - Medições pré-falta**

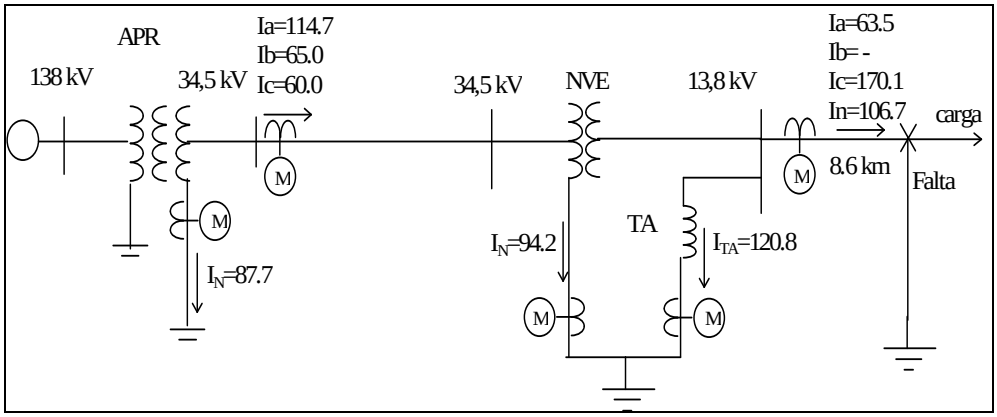


**Figura 7 - Medições de corrente, com falta no 13,8 kV.**

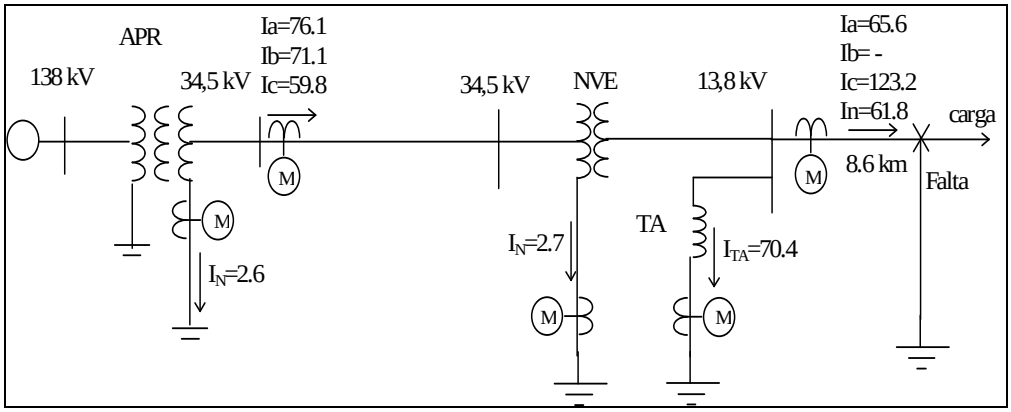


**Figura 8 - Medições de corrente, malha auxiliar, com falta no 13,8 kV.**

Estes dois testes foram simulados no EMTP versão ATP, com os dois casos, com a conexão do transformador de aterramento na malha normal e na malha auxiliar de 45 ohms, sendo que os resultados obtidos foram bastante próximos dos valores medidos em campo.(ver ref. 3)

## 11- CONCLUSÕES

Com base em todos os testes e simulações realizadas, podemos tecer as seguintes conclusões:

- Através dos testes realizados em todos os equipamentos envolvidos, constatou-se não serem estes a causa dos problemas;
- Pode-se chegar a mesma conclusão quanto a tecnologia dos equipamentos de proteção utilizados;
- Através dos vários testes realizados em campo, verificou-se que os valores de corrente de curto circuitos que envolvam a terra estão muito abaixo dos valores calculados nos programas de simulação, onde são considerados valores de impedância de contato padrão, o que se verificou não ser verdade, pois este parâmetro se altera conforme o local de curto circuito e o tipo de solo. Para este problema, estão sendo realizados novos testes e pesquisas de novas soluções para as baixas correntes obtidas, como por exemplo a utilização do DFM ( Digital Feeder Monitor) da GE.
- A outra constatação que se obteve foi o reduzido valor de corrente de curto circuito fase-terra, quando o curto circuito é realizado dentro da subestação, onde deveriam resultar as maiores correntes de curto circuito. Estes casos estão sendo testados em campo e analisados.(ref. 5 e 6)
- Constatou-se que a separação das malhas de aterramento na subestação, com a construção de uma malha auxiliar, e de baixo custo, resolveu os problemas de descoordenações das proteções, com conseqüentes melhorias nos índices de qualidade, continuidade e confiabilidade de energia.
- Clique no ícone a seguir para ver uma parte dos testes de curto circuito realizados em campo. Para uma boa visualização recomendamos a instalação do software (mpie4ful.exe) , anexo.

mpie4ful.exe

Teste_Curto.ASF

## 11- REFERÊNCIAS

**[1]Ushikubo, Mauro F. :"Circulação de Correntes no Neutro de Religadores 34,5 kV para Faltas à Terra no Lado 13,8 kV de SE's 34,5/13,8 kV".Copel-CNPS - 002/96, Curitiba, Brasil,23/01/96.**

**[2]Rezende, David S.: "Descoordenação da Proteção para Curtos Fase-Terra no 13,8 kV". Copel - SGM, Curitiba, Brasil, 1996.**

**[3]Ushikubo, Mauro F.:"Análise das Tensões Impostas aos Equipamentos da SE NVE com os neutros dos Transformadores de Força conectados numa malha de terra auxiliar". Copel - CNPS -008/97, Curitiba, Brasil, 25/03/97.**

**[4]Bourges, Fernado :"Circulação de Corrente no Neutro de Religadores em LTs 34,5 kV que alimentam SE's 34,5/13,8 kV - preliminar". Estudo Preliminar - Copel, Curitiba, Brasil, 1996.**

**[5]Rufato, Eloi Junior; "Relatório de Ensaios de Curto Circuito na SE Nova Esperança". Copel - CNDS - Relatório 01/96, Curitiba, Brasil, 07/06/1996.**

**[6]Rufato, Eloi Junior; "Relatório de Ensaios de Curto Circuito na SE de Francisco Beltrão e Marmeleiro". Copel - CNDS - Relatório 01/98, Curitiba, Brasil, 02/02/1998.**

**[7]Arroyo, Carlos A.: "Selecion de La Proteccion de Fallas a Tierra Con Altas Resistências en Las Redes de Media Tension". I Seminário sobre Sistemas de Distribucion Y Utilizacion de Energia Electrica, Ica, Peru, octubre/1996.**

**DADOS DA EMPRESA:**

**Destinatário: Companhia Paranaense de Energia – COPEL**
**Eloi Rufato Junior**
**Endereço:**Rua José Izidoro Biazetto, 158 – Bloco C – Mossungue – Curitiba-Paraná-Brasil

**Código Postal:** 81200-240.
**Telefone:** (55-41) 331-2736.
**Telefax:** (55-41) 331-3266.
Email:
ruffato@mail.copel.br
eloi.ruffato@copel.com
elrufato@daelt.cepro.cefetpr.br

**ANEXO 1**

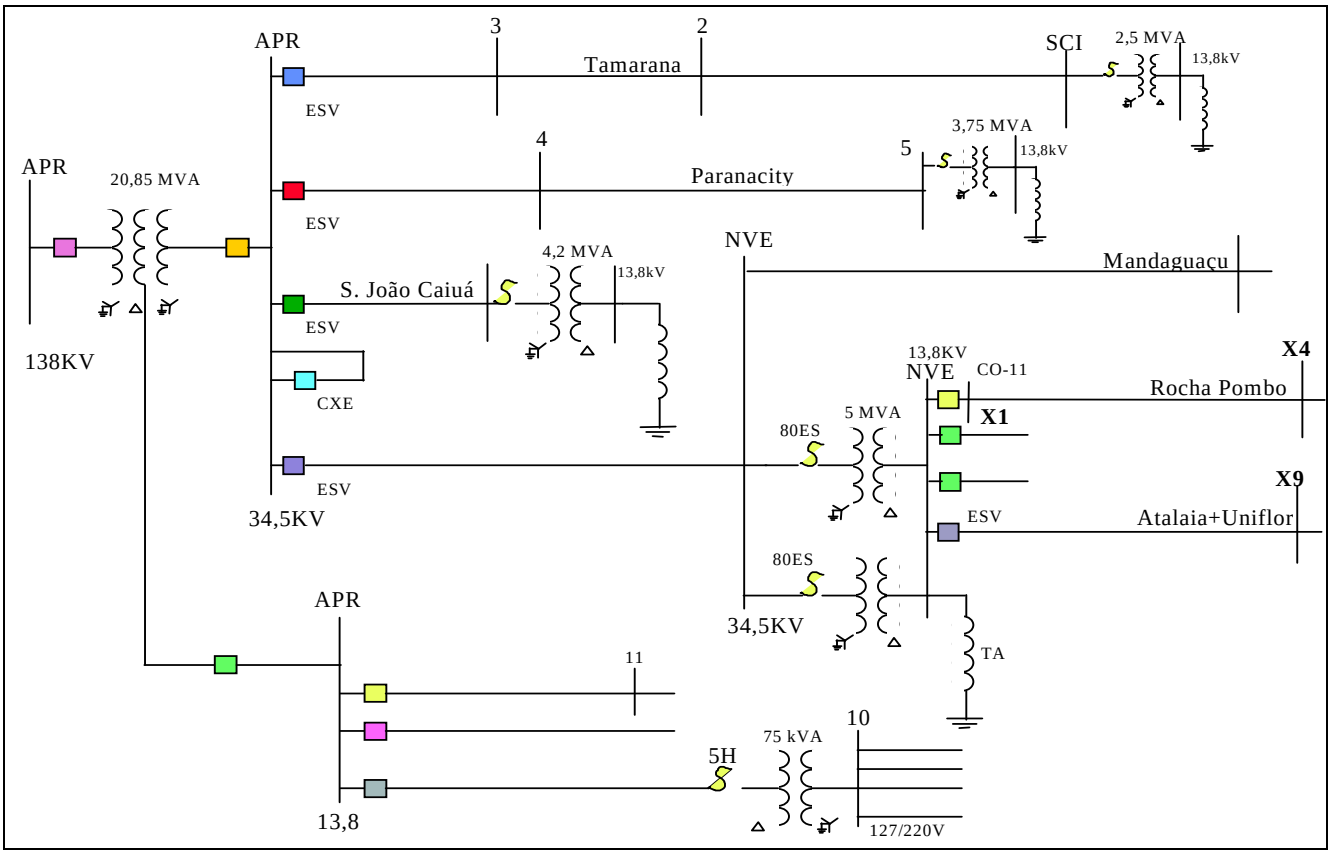


**Figura 9 - Diagrama Unifilar do Sistema Estudado**