

UNIVERSIDADE DE MINAS GERAIS FEDERAL - UFMG
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
CPDEE - CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM REDES
DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA BASEADO
EM SEQUÊNCIA DE EVENTOS**

EDGARD PEREIRA CARDOSO

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Clever Sebastião Pereira Filho

Belo Horizonte, MG - Brasil

Agosto de 2006

Dedico este trabalho

Aos meus pais

Anunciato e Auxiliadora

À minha esposa

Ivanea

À minha filha

Mariana

Agradecimentos

A Deus que iluminou, abençoou e me concedeu a perseverança para a conclusão deste trabalho, superando aqueles momentos difíceis que quase nos fazem desistir.

A meu pai por seu exemplo de vida, sabedoria, determinação e ter me ensinado a sempre lutar com dignidade e respeito.

À minha mãe que com seu carinho e amor esteve sempre ao meu lado.

À minha esposa e à minha filha que e em todos os momentos estiveram ao meu lado.

Ao professor Clever que com sua sabedoria e dedicação foi, além de um exímio orientador, um amigo.

À Companhia Energética de Minas Gerais que tornou possível a realização deste trabalho.

Aos funcionários da CEMIG José Aloise Ragone Filho, Rodolfo de Souza Monteiro, Reinaldo Loureiro Mendes, Alexandre Francisco Maia Bueno, Sanderson Carmona Martha e Marcio Gustavo Guimarães Dias, por toda a ajuda indispensável para a realização deste trabalho.

A todos que de uma forma ou de outra colaboraram na execução desta dissertação.

Índice

Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 – Considerações Preliminares.....	1
1.2 – Objetivos do Trabalho	3
1.3 – Estrutura da Dissertação.....	3
Capítulo 2 – Localização da Faltas em Sistema de Distribuição.....	5
2.1 – Intodução.....	5
2.2 – Introdução da Tecnologia Digital para Uso em Localização de Faltas ..	7
2.3 – Ferramentas Utilizadas na Localização de Faltas em Rede de Distribuição.....	9
2.3.1 – Introdução	9
2.3.2 – GIS - GEMINI	10
2.3.3 – Metodologia de Cálculos de Perdas Elétricas e Curto-Circuito em Linhas de Distribuição.....	13
2.4 – Sistema Scada - xOMNI	18
2.4.1 – Introdução	18
2.4.2 – Descrição dos Módulos.....	19
2.5 – Relés de Sobrecorrentes.....	22
2.5.1 – Introdução	22
2.5.2 – Relés Eletromecânicos e Digitais.....	23
2.5.3 – Curva Tempo versus Corrente	28
Capítulo 3 – Programa LOCFALT	39
3.1 – Introdução	39
3.2 – Estrutura do LOCFALT.....	41
3.3 – Descrição das Rotinas.....	42
3.3.1 – Sistema Gemini.....	42
3.3.2 – Determinação das Curvas do Relés do Sobrecorrente	45
3.2.3 – xOMNI - Tempo de Operação do Relés	47
3.4 – Módulo de Localização.....	50

3.4.1 – Topologia de Rede	50
3.4.2 – Representação das Cargas.....	52
3.4.2 – Aquisição de Dados	53
3.5 – Telas do LOCFALT	57
3.6 – Considerações Finais.....	61
Capítulo 4 – Caso Reais	63
4.1 – Introdução	63
4.2 – Resultados - Localizações Corretas	64
4.2.1 – Análise 01	64
4.2.2 – Análise 02	70
4.2.3 – Análise 03	74
4.2.4 – Análise 04	79
4.2.5 – Análise 05	83
4.2.6 – Análise 06	87
4.2.7 – Análise 07	91
4.2.8 – Análise 08	95
4.2.9 – Análise 09	99
4.2.10 – Análise 10	104
4.3 – Resultados - Localizações Erradas	108
4.3.1 – Análise 11	108
4.3.2 – Análise 12	113
4.4 – Resultados - Unidade Instantânea	119
4.4.1 – Análise 13	119
Capítulo 5 – Conclusões e Sugestões de Continuidade	124
5.1 – Conclusões.....	124
5.2 – Sugestões de Continuidade	127
Referências Bibliográficas.....	129
Apêndice A - Metodologia da Localização de Faltas.....	132
Apêndice B - Metodologia de Cálculos de Linhas de Distribuição.....	144
Anexo A - Resultados dos Casos Reais.....	151

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados iniciais obtidos no desenvolvimento de um programa de localização de faltas dedicado às redes e linhas de distribuição, denominado LOCFALT. O programa foi inicialmente concebido para auxiliar os Centros de Operação da Distribuição (COD) nos desligamentos com perda de carga.

Várias chamadas telefônicas de consumidores reclamando pela perda de energia elétrica são feitas à Central de Atendimento e automaticamente repassadas ao Centro de Operação da Distribuição - COD. Em redes aéreas, a partir desta primeira informação, equipes de manutenção são enviadas para inspecionar visualmente as linhas de distribuição, para então serem tomadas as providências necessárias.

Para os CODs, é desejável que, em casos de falta permanente, esteja disponível uma ferramenta que possibilite a determinação de uma região do seu sistema que contenha o provável local da falta, com boa precisão, otimizando desta forma o envio das equipes de manutenção que não necessitariam percorrer grandes extensões de suas redes.

O LOCFALT foi desenvolvido visando dar maior agilidade e eficiência no envio das equipes de manutenção na ocorrência de faltas permanentes, uma vez que, fornece uma clara indicação de uma ou mais regiões que venham a englobar o possível ponto da falta. A localização é realizada através da integração, compilação e manipulação de dados contidos no sistema de geoprocessamento (GIS) que possuem informações detalhadas dos dados físicos, elétricos, da topologia das linhas de distribuição, na tabelas de curva tempo versus corrente de relés de proteção e nos tempos de operação da proteção obtidos através do Sistema de Controle e Aquisição de Dados (SCADA).

Seu desempenho foi avaliado somente para casos de faltas reais, por esta razão, foram avaliados mais de 60 casos de ocorrências acidentais em diversas linhas de distribuição do sistema CEMIG, sob várias condições de falta, utilizando-se os dados obtidos dos registradores do Scada-Xomni e do Gemini (GIS). Os resultados obtidos nestas análises mostraram as vantagens e a eficiência desta técnica utilizada.

A rotina desenvolvida encontra-se atualmente em fase de teste na CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, para utilização futura em seu sistema prático de localização de faltas em linhas de distribuição, apresentando resultados adequados e contribuindo para a redução dos tempos de restabelecimento, com consequência um aumento nos índices de satisfação dos clientes.

Abstract

This paper presents the initial results obtained while developing a failures identification program related to nets and distribution lines, denominated LOCFALT. The program was initially created to help Distribution Centers Operation (COD) concerning the interruptions with load loss.

A lot of consumers phone calls complaining about the electric power loss are made to the Call Center and automatically transferred to the Distribution Center Operation (COD). Based on the first consumers' information, in case of electrical aerial nets, the maintenance technician team workers are sent to inspect, visually, the distribution lines, and then the necessary providences are taken.

It is desirable that the Distribution Center Operation (COD), in cases of permanent load loss, be provided by a tool that makes possible the determination of an area that contains the probable load loss place, with precision, optimizing the maintenance technician teams geographic position, avoiding them traveling great extensions, consequently increasing the time to repair the electrical system.

The LOCFALT program was developed objectifying agility and efficiency when guiding the maintenance technician teams to the load loss permanent occurrences. It provides a precise indication of an area or more areas that would be included to the possible load loss place. The load loss place identification is accomplished by data's integration, compilation and manipulation from the Geographic Information System (GIS). The (GIS) has detailed physical and electric information data's of the distribution lines topology, of the duration curve tables average versus protection relay current and of the protection operation duration obtained by the System Control and Data Acquisition (SCADA).

The LOCFALT performance was only evaluated in real situations, for this reason, more than 60 cases of accidental occurrences were evaluated in several Cemig system distribution lines, under many load loss conditions, using the obtained data from the registrars of Scada-Xomni and of Gemini (GIS). The results obtained in these analyses showed the advantages and the efficiency of this technique.

The developed routine is now in test phase in CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais and it will be applied in the future in its practical system of localization of load loss in distribution lines, presenting appropriate results and contributing to the reduction of electrical reestablishment duration, therefore an increase of customers' satisfaction indexes.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações Preliminares

Os sistemas de transmissão e distribuição constituem-se nos maiores intermediários entre as fontes de energia elétrica e os consumidores. O crescimento e expansão desses setores acirraram a disputa das companhias de energia elétrica pelos mercados consumidores.

As concessionárias de energia, antes responsáveis por gerar, transmitir e distribuir energia elétrica nas áreas de sua concessão de forma monopolizada vivem hoje diante de um mercado livre e competitivo, onde os consumidores em breve poderão optar por comprar energia de um fornecedor qualquer, independente de sua localização geográfica.

Essa tendência tem tudo para se confirmar nos próximos anos, pois somente desta forma as empresas conseguirão reduzir seus custos operacionais, tornando-se ágeis e competitivas. Além disso, possibilita às empresas a adequação aos critérios de qualidade, cada vez mais rígidos, estabelecidos pelos agentes reguladores do setor, assegurando, em contrapartida, a satisfação de seus clientes. Esse fato tem exigido um preparo maior das empresas. Os investimentos em pesquisas de novas tecnologias e na compra de modernos equipamentos têm aumentado substancialmente a cada ano.

Uma rede de distribuição de energia elétrica deve procurar manter uma maior disponibilidade de fornecimento possível, atendendo aos índices de

confiabilidade e de níveis de tensão dentro dos limites definidos pela legislação e com as menores perdas de energia possíveis. Com as alterações na legislação vigente que definem as regras para operação do sistema elétrico brasileiro, dando mais direitos aos consumidores e deveres às concessionárias de energia elétrica, vem sendo de grande importância para as empresas de energia a diminuição das interrupções, em quantidade e duração, quer sejam programadas ou acidentais.

Por tudo isso, é grande o interesse das companhias em minimizar o tempo das interrupções no fornecimento de energia elétrica, provocadas normalmente por faltas permanentes comumente originadas por descargas atmosféricas, quedas de árvores ou estruturas, vandalismo, rompimento de cabos, etc. O restabelecimento seguro do fornecimento só pode ser realizado mediante a determinação do local da ocorrência do distúrbio, necessário ao reparo dos elementos danificados.

Dessa forma, o restabelecimento pode ser extremamente dispendioso e demorado se o método de localização não determinar adequadamente, dentro de certa precisão, o local de ocorrência da falta permanente. Na sua forma mais primitiva, esta localização é feita através da inspeção visual, onde as equipes de manutenção percorrem extensos percursos do sistema à procura de indícios do evento.

Diversos métodos na literatura já foram propostos para tal finalidade. A utilização cada vez mais intensa de relés de proteção microprocessados, com função de registro de oscilografia, e a crescente instalação de registradores digitais de perturbação - *RDPs* nas subestações propiciam a utilização de algoritmos digitais para a localização de faltas em linhas de transmissão. Para o sistema de transmissão, vários dos métodos propostos já demonstraram sua eficácia, possibilitando o desenvolvimento de sistemas localizadores. Contudo, esses e outros métodos, quando aplicados às redes de distribuição, não obtiveram o mesmo sucesso, em razão da natureza dessas redes. Trata-se de redes não homogêneas, com elevada capilaridade e cargas distribuídas. Essas

características aumentam o grau de dificuldade e tornam a tarefa de localização de faltas nessas redes tarefa árdua e de alta complexidade

1.2 – Objetivos do Trabalho

Este trabalho foi desenvolvido visando dar maior agilidade e eficiência no envio das equipes de manutenção na ocorrência de faltas permanentes, em redes e linhas de distribuição, uma vez que fornece uma clara indicação de uma ou mais regiões que venham a englobar o possível ponto da falta. A localização é realizada através da integração, compilação e manipulação de dados contidos no sistema de geoprocessamento (GIS) que possui informações detalhadas sobre os dados físicos, elétricos e da topologia das linhas de distribuição, das curvas tempo versus corrente de relés de proteção e dos tempos de operação da proteção obtidos através do Sistema de Controle e Aquisição de Dados (SCADA).

O sistema apresenta a flexibilidade de poder agregar outros métodos e dispositivos para a localização de faltas, aproveitando ao máximo o conjunto de informações disponíveis em cada subestação, contribuindo para elevar a robustez, a confiabilidade e a aplicabilidade da ferramenta proposta. Desse modo, são apresentadas as principais características referentes à concepção e às funcionalidades do sistema localizador desenvolvido e sua integração a outras ferramentas computacionais utilizadas pela companhia, finalizando com a apresentação dos testes aos quais foi submetido que comprovam sua eficiência na tarefa de localização de faltas em redes e linhas de distribuição.

1.3 – Estrutura da Dissertação

No capítulo 2 são apresentadas as ferramentas básicas que podem ser utilizadas em programas para a localização de faltas.

O capítulo 3 apresenta o programa *LOCFALT*, mostrando todas as rotinas implementadas e os vários processos envolvidos em uma localização de faltas em linhas de distribuição.

O capítulo 4 apresenta os resultados das localizações obtidas pelo programa *LOCFALT*, dos casos reais de faltas em linhas de distribuição, onde a localização foi comparada com a indicada pelo programa e confirmada em campo pelas equipes de manutenção.

O capítulo 5 apresenta as conclusões gerais do trabalho e algumas sugestões de continuidade.

O Apêndice A apresenta algumas metodologias para localização digital de faltas, utilizando componentes de alta frequência induzidos nas linhas de distribuição durante as faltas.

O Apêndice B mostra os modelos e as formulações matemáticas utilizadas pelo Gemini nos cálculos dos perfis de carga e de tensão, ao longo das linhas distribuição.

O Anexo A apresenta os resultados dos casos reais, com um breve relato da localização da falta.

CAPÍTULO 2

LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

2.1 – Introdução

O assunto de localização de falta em linhas de transmissão e de distribuição é de interesse há algum tempo por várias concessionárias de energia elétrica. Certas empresas utilizam as informações oferecidas pelos relés de proteção digitais ou pelos registradores digitais de perturbação, enquanto que outras transmitem as oscilografias armazenadas nesses equipamentos para uma central de análise que efetua a localização utilizando algoritmos já consagrados.

Os métodos primitivos de localização consistiam na inspeção visual das linhas [1], o que normalmente implicava em percorrer grandes extensões do sistema, geralmente sob condições climáticas adversas e em lugares de difícil acesso, principalmente em se tratando no meio rural. Diversos métodos têm sido propostos na literatura, destinados à estimação de locais de falta em linhas de transmissão, baseados em ondas viajantes [2], em componente fundamental de frequência das tensões e correntes de um ou de ambos os terminais da linha [6] já demonstraram sua eficácia, possibilitando o desenvolvimento de sistemas localizadores.

Entretanto, a aplicação desses métodos é restrita devido às inúmeras hipóteses assumidas para a compensação do efeito da impedância de curto-circuito e da contribuição de corrente da fonte do terminal remoto. Contudo,

estes e outros métodos, quando aplicados às redes de distribuição, não obtiveram o mesmo sucesso.

O desenvolvimento dos localizadores para a distribuição sempre esbarrou numa série de características inerentes a esses sistemas. Dentre os vários complicadores é possível citar: a heterogeneidade das linhas provocada pela numerosa mudança na bitola e no tipo dos cabos; a grande capilaridade do alimentador devido à presença de ramais laterais; sua assimetria caracterizada pela presença de linhas trifásicas, bifásicas e monofásicas num mesmo alimentador, além do comportamento dinâmico das cargas.

O número de trabalhos desenvolvidos para o tema que, efetivamente, têm se mostrado promissor é bem pequeno [5]. Foram propostas nos últimos anos novas técnicas para solucionar este problema. Em [6] é proposta técnica de localização de falta para linhas de distribuição radial com informações sobre as cargas, utilizando os dados de uma só fonte. Uma técnica baseada na medida de alta frequência é proposta em [7]. A referência [1] propõe uma técnica de localização de falta para sistemas de distribuição rurais baseado na aproximação de método de impedância aparente. Também em [6] a técnica basea-se no conceito de componentes sobrepostos de tensão e de corrente.

Foram feitas também algumas tentativas para solucionar problema de soluções múltiplas usando conhecimento baseado em aproximações [7,8], que fazem uso basicamente de informações dos registradores de falta digitais e disponibilizadas pelos dispositivos de proteção.

A técnica apresentada em [9] integra as informações retiradas dos registradores de falta digitais - DFR com a configuração do alimentador. O principal problema é que podem existir vários possíveis locais da falta que estão à mesma distância elétrica da subestação.

2.2 – Introdução da Tecnologia Digital para Uso em Localização de Faltas

Com a introdução da tecnologia digital no campo da proteção de sistemas elétricos de potência e a aplicação de técnicas numéricas aos relés de proteção, muitas funções acessórias tem sido agregadas aos equipamentos disponíveis no mercado. Alguns exemplos dessas novas funções são os registros de oscilografia, seqüências de eventos e localização de faltas.

A função de localização de faltas dos relés digitais ainda necessita de maior verificação no que se refere à precisão dos dados disponibilizados. Essa constatação decorre da falta de informações quanto aos algoritmos implementados pelos fabricantes, principalmente no que se refere ao número de amostras de corrente e tensão de curto-circuito armazenado para o cálculo da distância do ponto de falta e de como estes dados são tratados pelos algoritmos até à disponibilização do resultado final. Também deve ser verificado se esses algoritmos incorporam compensações para os fatores que influenciam a medição da distância ao ponto de falta.

As proteções digitais existentes no sistema elétrico que possuem a função de localização de faltas apresentam em comum a escassez de informações por parte dos fabricantes quanto ao algoritmo utilizado para executar a função de localização de falta. Na falta de informações mais detalhadas que permita aferir a precisão dos algoritmos, o melhor é comparar o que diz a documentação de cada fabricante a respeito da função disponibilizada e das considerações feitas em cada algoritmo frente aos problemas que interferem em sua precisão.

De modo geral, a função de localização de falta utilizada pelos relés digitais utiliza a maioria dos passos de processamento de sinais exigidos na função de proteção da linha de distribuição, como a necessidade de uma medição correta das tensões fase-terra e das correntes em todas as fases; a extração dos fasores de corrente e tensão, através de métodos de filtragem de sinais digitais, visando remover as componentes de alta freqüência e a

componente DC, que introduzem erros nas medições e a determinação do tipo de falta, o que determinará o “loop” de medição a ser utilizado.

A precisão da distância do ponto de falta depende do algoritmo utilizado. Logicamente, uma maior janela de dados oferece mais condições de exatidão na medição. Em geral, o cálculo da distância ao ponto de falta é feito com os valores instantâneos de corrente e tensão de curtos-circuitos armazenados para esse fim.

Comparada com a função de proteção de distância do relé, a função de localização de faltas pode ter uma janela de dados substancialmente maior, correspondente ao tempo de operação da proteção mais o tempo de operação do disjuntor, o que permite agregar maior precisão ao cálculo a ser executado.

A complexidade destes sistemas contribui para a redução da precisão e da exatidão dos algoritmos desenvolvidos para estimação de locais de falta. Isto pode ser traduzido pelos seguintes fatores que influenciam a medição da distância do ponto da falta são:

- A resistência de falta possui um comportamento diante no tempo, totalmente aleatório e não linear;
- O comportamento dinâmico das cargas do alimentador;
- A dificuldade de distinguir falta no tronco do alimentador e em ramais laterais. Em alguns casos, pode haver ainda a presença de unidades de co-geração operando paralelamente ao sistema;
- Desequilíbrio da rede e das cargas
- A presença de cargas e ramais laterais monofásicos e/ou bifásicos dá origem a correntes desequilibradas em regime normal de operação. Esse tipo de configuração, normalmente, introduz erros aos métodos clássicos baseados em componentes simétricas.
- Heterogeneidade do sistema, onde o tipo e a bitola dos condutores variam ao longo do alimentador dependendo do valor das cargas, modificando a impedância em cada trecho;

- Erros introduzidos pelos transformadores de corrente e de potencial, que introduzem erros, principalmente no período o subtransitório e transitório, devido basicamente ao seu comportamento não linear.

Devido à falta de informações mais detalhadas das equações utilizadas pelos fabricantes no algoritmo de localização de falta, que permitiria aferir sua exatidão dos dados de localização disponibilizados pelos relés deve ser considerada com prudência, face à ausência de compensação dos fatores que provocam erros na medição da distância do ponto de falta. Principalmente no que se refere à amostragem e manipulação dos dados.

Diversas são as filosofias que têm sido adotadas para desenvolvimento de sistemas localizadores de faltas. O Apêndice A mostra uma breve revisão sobre as metodologias de Ondas Viajantes e de Injeção de Corrente que são utilizadas na determinação do local da falta em rede de distribuição.

2.3 – Ferramentas Utilizadas na Localização de Faltas

2.3.1 – Introdução

O avanço tecnológico tem trazido um novo alento para a pesquisa de novos algoritmos de proteção digital destinados à localização de faltas permanentes em sistemas de distribuição. Equipamentos que, outrora se pensava serem inconcebíveis para o uso nesses tipos de sistemas devido ao seu elevado custo e sofisticação, já podem ser comumente encontrados.

Além disso, esta tecnologia tem permitido agregar novas funções aos tradicionais equipamentos empregados nas tarefas de proteção, controle e supervisão sem custos adicionais elevados. Essas funções podem proporcionar a aquisição de importantes informações sobre o estado do sistema em tempo real como, por exemplo, os valores instantâneos de corrente e tensão presentes numa oscilografia digital, tempos de aberturas de disjuntores em milésimos de segundos, etc.

As empresas concessionárias de energia elétrica têm se conscientizado de que, para poder atuar de maneira eficiente em seu sistema, é de suma importância que se consiga reunir, cada vez, mais informações sobre ele. Por isso, várias companhias já dispõem em seus bancos de dados de informações detalhadas sobre a topologia e a constituição de suas redes e linhas de distribuição (GIS) e sistemas de aquisições de dados de proteção em tempo real (SCADA). Todas essas informações reunidas possibilitam o desenvolvimento de novos algoritmos de proteção e de localização de faltas cada vez mais eficientes e precisos, com pequenos custos agregados.

2.3.2 – GIS – Gemini

O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento das informações geográficas que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional.

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (GIS), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes em um único banco de dados geo-referenciados, além de automatizar a produção de documentos cartográficos. Essas capacidades distinguem o GIS de outros sistemas de informação e fazem desse uma ferramenta valiosa e insubstituível para uma vasta gama de empresas públicas e privadas, para explicar eventos, prever resultados e planejar estratégias [102].

Atualmente as empresas de energia elétrica enfrentam uma disputa por mercados de energia elétrica, onde estão sendo obrigadas a realizarem investimentos em novas tecnologias que possibilitem a modernização e a redução global dos custos, de forma a torná-las mais ágeis e competitivas, capazes de atender aos critérios de qualidade e desempenho estabelecidos pelos novos agentes do setor.

A utilização deste aplicativo pelas empresas de energia elétrica tem funções estratégicas para localizar elementos da rede elétrica que permitem visualizar toda a rede primária e a rede secundária, impressão de mapas, a localização de consumidores, bem como todos os dados de faturamento que auxiliam na elaboração de projetos elétricos, planejamento elétrico, manutenção e na operação do sistema elétrico da distribuição.

Projeto GEMINI

Visando atender as suas necessidades de gerenciamento e automatização dos processos da área de distribuição, a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, desenvolveu o projeto Gemini que é um sistema de geoprocessamento que possui um banco de dados que engloba toda a rede de distribuição de energia elétrica de uma região geográfica que utiliza sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal of Mercator). Possui também funções de processamento gráficas de imagens e interface gráfica homem/máquina. O Gemini possui dois módulos que são o CARTOR e o PROLUX, responsáveis pela obtenção e manutenção da base de dados cartográfica em meio digital e pela ferramenta de gerenciamento da rede de distribuição.

O módulo CARTOR é uma adaptação sobre o CAD MicroStation utilizando como linguagem de programação o Visual Basic 4.0, para facilitar sua utilização no mapeamento. Foram escritas funções para o desenho de todas as feições necessárias ao correto posicionamento da rede de distribuição no espaço de coordenadas do sistema UTM.

Através deste módulo foi feita a transferência dos principais documentos cartográficos já existentes e disponíveis para o meio digital, de forma que pudessem ser utilizados como base da rede de distribuição. Além disso, permite a atualização de mapas através de diversas técnicas de levantamento: topografia, aerofotogrametria e geodésica por satélites.

O módulo PROLUX, responsável pela gerência de redes do projeto Gemini, tem como objetivo manter a integração das informações cartográficas, obtidas e atualizadas pelo CARTOR, com as informações de rede de distribuição de energia elétrica, de maneira a propiciar sua representação conjunta. Possui também ferramentas de suporte para análise das atividades de planejamento, projeto, operação e manutenção e também integra em um único banco de dados a gerência das redes de distribuição primária e secundária.

A base de dados do PROLUX permite a representação e controle de informações referentes a diversos componentes do sistema tais como:

- Clientes;
- Trechos primários e secundários;
- Equipamentos de rede secundária e primária;
- Iluminação pública e posteação;
- Ortofotocartas, imagens e arruamento, etc.

Atualmente o sistema incorpora as seguintes funções principais:

- Cálculo de carregamento, perdas elétricas, níveis de tensão e de curto-circuito ao longo dos circuitos primários;
- Consulta a dados físicos cadastrados e dados elétricos calculados pelo sistema;
- Funções gráficas para gerenciamento de carregamento de transformadores
- Funções gráficas para gerenciamento de carregamento e níveis de tensão da rede primária e secundária;
- Análise de transferência de carga entre linhas de distribuição ou entre trechos;
- Mapas de mercado com tipo de consumo e densidade de carga por área;
- Suporte à operação com facilidades específicas como: análise de manobras, indicação de trechos/ equipamentos com restrições operativas, indicação de clientes especiais;

- Possibilita a utilização de ortofotocartas, mapas do IBGE e fotografias aéreas como pano de fundo para rede elétrica.

O sistema é multiplataforma funcionando na arquitetura cliente/servidor e utiliza técnicas de análise, projeto e programação orientada a objetos.

2.3.3 – Metodologia para Cálculos de Perdas Elétricas e Curto-Circuito de Linha de Distribuição

Neste item são apresentados os modelos e a formulação matemática utilizados pelo Gemini nos cálculos das perdas elétricas e dos valores de curto-circuito nos pontos notáveis, ao longo das linhas de distribuição. Os cálculos dos perfis de carga e de tensão estão detalhados no apêndice B.

Perdas Elétricas

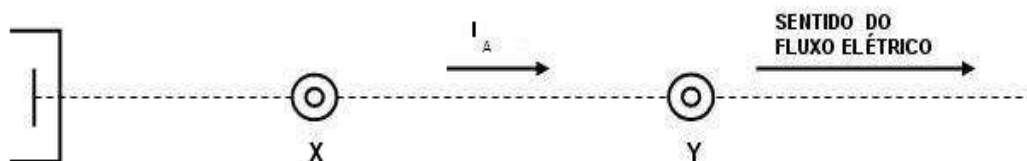
O objetivo deste procedimento é calcular as correntes e as perdas elétricas de cada trecho da linha de distribuição. O cálculo das correntes das fases em cada trecho é feito do seguinte modo:

$$I_{A1} = \frac{D_{A1}}{kV_1 / \sqrt{3}} \quad (2.1)$$

$$I_{A2} = \frac{D_{A2}}{kV_2 / \sqrt{3}} \quad (2.2)$$

onde:

- os índices (1) e (2) referem-se às condições de carga mínima e máxima da linha de distribuição, respectivamente.
- considerando-se o trecho de rede representado pela figura abaixo:



I_A é a corrente no trecho $X - Y$, em ampéres, na fase A ;

D_A é a demanda total diversificada no ponto em kVA , na fase A ;

kV é a tensão entre fases, medida na saída da linha em kV ;

De maneira análoga, os cálculos são realizados para as fases B e C , e para todos os trechos da linha de distribuição. O cálculo da corrente no neutro é feita do seguinte modo:

$$IN = ID \times 0,75 \quad (2.3)$$

$$ID = \sqrt{(Ix)^2 + (Iy)^2} \quad (2.4)$$

$$Ix = [I_A \times \cos \varphi] + [I_B \times \cos (240 - \varphi)] + [I_C \times \cos (120 - \varphi)] \quad (2.5)$$

$$Iy = [I_A \times \sin \varphi] + [I_B \times \sin (240 - \varphi)] + [I_C \times \sin (120 - \varphi)] \quad (2.6)$$

onde:

IN é a corrente no neutro, em ampéres;

ID é a corrente de desequilíbrio, em ampéres;

Ix é a componente ativa da corrente de desequilíbrio, em ampéres;

Iy é a componente reativa da corrente de desequilíbrio, em ampéres;

φ é o ângulo do fator de potência na saída da linha de distribuição;

I_A, I_B, I_C são as correntes nas fases A, B, C , respectivamente, em ampéres.

O procedimento é repetido para as condições de carga mínima e máxima da linha de distribuição.

O cálculo das perdas elétricas em cada trecho da linha de distribuição é feito do seguinte modo:

$$P_{FA} = R_F \times (I_F)^2 \quad (2.7)$$

$$P_N = R_N \times (I_N)^2 \quad (2.8)$$

onde:

P_F são as perdas elétricas no condutor na fase em watts;

P_N são as perdas elétricas no neutro em watts;

R_F é a resistência do condutor fase, em ohm ;

R_N é a resistência do condutor neutro, em ohm ;

I_F é a corrente na fase, em ampéres;

I_N é a corrente no neutro, em ampéres.

As perdas elétricas acumuladas são obtidas somando-se os valores referentes a cada trecho do alimentador no sentido da extremidade para o barramento da subestação. Os cálculos são realizados para as condições de carga máxima e mínima da linha de distribuição.

Curto Circuito

O objetivo deste procedimento é determinar o cálculo das correntes de curto-circuito em cada trecho da linha de distribuição. Para este cálculo são necessários alguns dados como:

- Tensão nominal do alimentador;
- Corrente simétrica de curto circuito trifásico e fase-terra máximo no barramento da subestação (módulo e ângulo);
- Comprimento, material e bitola do condutor, e fases do alimentador.

Os programas de cálculo de curto-circuito utilizam grandezas em por unidade (PU), adotando valores-base, conforme as equações 2.9, 2.10 e 2.11 abaixo:

$$kVA_{base} = 100.000 \text{ (100 MVA)} \quad (2.9)$$

kV_{base} é a tensão nominal do alimentador, entre fases.

$$I_{base} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base}} \quad (2.10)$$

$$Z_{base} = \frac{(kV_{base})^2 \times 100}{kVA_{base}} \quad (2.11)$$

Inicialmente, os valores de corrente de curto circuito do barramento da subestação são convertidos em valores pu.

$$I_3 pu = \frac{I_3}{I_{base}} \quad (2.12)$$

$$I_1 pu = \frac{I_1}{I_{base}} \quad (2.13)$$

onde:

I_3 é a corrente de curto circuito trifásico no barramento da subestação em ampéres;

$I_3 pu$ é a corrente de curto circuito trifásico no barramento da subestação, em PU;

I_1 é a corrente de curto circuito fase-terra máxima no barramento da subestação, em ampéres;

$I_1 pu$ é a corrente de curto circuito fase-terra máxima no barramento da subestação, em ampéres.

Cálculo das impedâncias equivalentes de seqüência positiva e zero do sistema:

$$Z_{1s} = \frac{1}{I_3 pu} \quad (2.14)$$

$$Z_{0s} = \left(\frac{3}{I_1 pu} \right) - (2 \times Z_{1s}) \quad (2.15)$$

onde:

Z_{1s} é a impedância equivalente de seqüência positiva do sistema, em pu;

Z_{0s} é a impedância equivalente de seqüência zero do sistema, em pu;

Impedância de seqüência zero, positiva e negativa dos trechos do alimentador :

$$Z_1 pu = \frac{Z}{Z_{base}} \quad (2.16)$$

$$Z_2 pu = Z_1 pu \quad (2.17)$$

$$Z_0 pu = 3 \times Z_1 pu \quad (2.18)$$

onde:

$Z_1 pu$ é a impedância de seqüência positiva do trecho, em pu;

Z é a impedância do trecho, em ohm;

$Z_2 pu$ é a impedância de seqüência negativa;

$Z_0 pu$ é a impedância de seqüência zero.

A partir dos valores de impedância de seqüência positiva e zero dos condutores de cada trecho, são calculadas as impedâncias de seqüência acumuladas desde o barramento até o fim de cada trecho do alimentador.

$$Z_1' pu = Z_{1s} + \sum Z_1 pu \quad (2.19)$$

$$Z_2' pu = Z_1 pu \quad (2.20)$$

$$Z_0' pu = Z_{0s} + \sum Z_0 pu \quad (2.21)$$

onde:

$Z_1' pu$ é a impedância de seqüência positiva, acumulada até o ponto;

$Z_2' pu$ é a impedância de seqüência negativa, acumulada até o ponto;

$Z_0' pu$ é a impedância de seqüência zero, acumulada até o ponto;

Z_{1s}, Z_{0s} é a impedância de seqüência positiva e negativa, respectivamente, do sistema;

$\sum Z_1 pu, \sum Z_0 pu$ são os somatórios das impedâncias de seqüência positiva e zero, respectivamente, dos trechos do alimentador da subestação até o ponto para o qual se deseja calcular os níveis de curto-circuito.

Conhecidos os valores das impedâncias acumuladas até o ponto, as correntes de curto circuito são calculadas pelas formulas:

$$I_{3F} = \frac{1}{Z_1' pu} \times I_{base} \quad (2.22)$$

$$I_{FF} = \frac{\sqrt{3}}{Z_1' pu + Z_2' pu} \times I_{base} \quad (2.23)$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times \left(\frac{1}{Z_1' pu} \times I_{base} \right) = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3F}$$

$$I_{FTm\acute{a}x} = \frac{3}{(2 \times Z_1' pu) + Z_0' pu} \times I_{base} \quad (2.24)$$

$$I_{FTmin} = \frac{3}{[(2 \times Z_1' pu) + Z_0' pu + (3 \times R_F pu)]} \times I_{base} \quad (2.25)$$

$$R_F pu = \frac{R_F}{Z_{base}} \quad (2.26)$$

onde:

I_{3F} é a corrente de curto circuito trifásico no ponto, em ampéres;

I_{FF} é a corrente de curto circuito fase-fase no ponto, em ampéres;

$I_{FTm\acute{a}x}$ é a corrente de curto circuito fase-terra máximo no ponto, em ampéres;

I_{FT} é a corrente de curto circuito fase-terra mínimo no ponto, em ampéres;

$R_F pu$ é a resistência máxima de falta arbitrada em 40 ohms.

O processo é repetido para todos os pontos do alimentador.

2.4 – Sistema Scada – xOMNI

2.4.1 – Introdução

O SCADA-xOMNI consiste na versão mais avançada do *software* SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) multi-plataforma, isto é, exerce as funções de aquisição de dados, supervisão e controle, que possa ser operado sob vários sistemas operacionais (WINDOWS NT, UNIX, QNX, AIX, OSF/1). Além das funções de tratamento de alarmes, atualização de telas dinâmicas, configuração do banco de dados de tempo real, editor e gerador de relatórios, editor de sinóticos e de tendência em tempo real e histórica [14].

Possui também funções específicas para a Supervisão e Controle dos Centros de Operação da Distribuição - COD's (Funções DMS - *Distribution Management System*), tais como: propagação de estado; análise de carga;

cálculo de queda de tensão; simulação e planejamento de manobras e análise de contingência.

Suas principais características são:

- Filosofia Cliente/Servidor – um servidor para vários clientes;
- Interface gráfica X-WINDOW/MOTIF;
- Banco de dados de tempo real configurável através de menus do tipo *fill in the blanks*;
- Interface homem-máquina amigável, do tipo *full graphics* georeferenciada através de coordenadas UTM (*Universal Transversal of Mercator*) e janelas dinâmicas;
- Editor de Sinóticos (telas) do tipo CAD com suporte para dispositivos digitalizadores com coordenadas relativas (*mouse* ou *tracking ball*) e absolutas (mesa digitalizadora) e suporte para coordenadas UTM.

2.4.2 – Descrição dos Módulos

O xOMNI possui vários módulos que permitem a comunicação com diversos dispositivos remotos tais como, Controladores Lógicos Programáveis, Unidades Terminais Remotas, Controladores Inteligentes, etc., bem como com outros *softwares* através de uma potente biblioteca de acesso à sua base de dados de tempo real. Executa também telecomandos, através de comandos emitidos via linha de comando ou interativamente com os sinóticos que representem a planta em operação.

O xOMNI é composto dos seguintes módulos:

- Módulo Gerenciador do Banco de Dados;
- Módulo Configuração do Banco de Dados;
- Módulo xClienteOmni;
- Módulo Editor de Sinóticos;
- Módulo Operação;
- Módulo de Tendência em Tempo Real;
- Módulo de Tendência Histórica;
- Módulo Editor e Gerador de Relatórios;

- Módulo de Comunicação;
- Módulo de Funções DMS - *Distribution Management System*.

Módulo Gerenciador do Banco de Dados

O módulo gerenciador do Banco de Dados é o gerenciador de tempo real com a filosofia Cliente/Servidor admitindo múltiplos clientes locais ou remotos através de rede local padrão TCP/IP. Possui as principais estruturas de dados residentes em memória de forma a minimizar o tempo de resposta às consultas e atualizações. Sua concepção possibilita a replicação dos dados, o que permite em conjunto com o Módulo Hot Stand-By, à dualização em outra máquina na rede de forma transparente aos aplicativos. Na falha de uma máquina, a outra entra em operação sem a intervenção e percepção do usuário.

Este módulo possui ainda uma interface SQL (*Structured Query Language*) que permite sua conexão a bancos de dados relacionais possibilitando a integração do xOMNI com diversos aplicativos fornecidos por terceiros.

Módulo de Configuração do Banco de Dados

O módulo de configuração da base de dados do xOMNI é orientado para entidades representativas dos tipos de dados existentes no mundo físico (entradas digitais, saídas digitais, entradas analógicas, saídas analógicas e equipamentos) e por entidades virtuais ou calculadas. Configurar esta base significa identificar e nomear cada uma destas entidades, atribuindo a elas nomes simbólicos (TAGs) e seus respectivos parâmetros operacionais.

As seguintes configurações são possíveis neste módulo:

- Configuração das Remotas, onde são introduzidos no sistema dados relativos às Unidades Terminais Remotas (endereço físico, número de pontos, etc), que são os equipamentos que estão diretamente

ligadas ao processo e se comunicam com o xOMNI para trocar informações e ações de comando;

- Configuração do Sistema, onde são configurados os dados relativos ao ambiente geral do sistema, tais como a configuração de *hardware*, tratamento de alarmes, eventos do operador, *mouse*, uso de impressora, etc;
- Configuração de Históricos, onde se informa e seleciona o conjunto de dados que serão armazenados na forma de históricos, para análise posterior;
- Configuração da Comunicação, onde os dados relativos às portas seriais do sistema computacional, as quais são utilizadas para comunicação com as remotas ou com periféricos seriais (*mouse*, *plotter*, prancheta digitalizadora, etc.);
- Configuração de Senhas, onde são configurados os operadores e as respectivas senhas de acesso ao sistema;
- Configuração das Descrições, que permite associar um campo alfanumérico a cada entidade do sistema;
- Configuração dos Protocolos, através da qual são associados textos que, agregados à descrição de uma entidade, fornecerão informações sobre seu estado operacional (ex.: aberto, fechado, alto, baixo, etc.);
- Configuração de Entidades, onde se configura todos os elementos do banco de dados de tempo real do xOMNI.

As seguintes entidades são configuradas, as entradas analógicas, as entradas digitais que sinalizarão estados de variáveis de estado, as saídas digitais utilizadas para atuar no processo.

A entidade denominada Equipamentos é um agrupamento de variáveis de estado e analógicas, que caracterizam um determinado equipamento, que possui um tratamento distinto de forma a facilitar, em tempo de operação do sistema, sua visualização e correta ação sobre o mesmo.

Os Cálculos Analógicos, Digitais e de Alarmes Estendidos são entidades virtuais do banco de dados de tempo real. Estes cálculos possuem, respectivamente, as mesmas características que as entradas analógicas e digitais, diferindo apenas, pelo fato que serão definidos por expressões matemáticas envolvendo outras entidades do banco de dados, não possuindo correspondência física direta no processo supervisionado.

A descrição detalhada dos módulos xClienteOmni, Editor de Sinóticos; Operação; Tendência em Tempo Real, Tendência Histórica; Editor e Gerador de Relatórios; Comunicação e de Funções DMS - *Distribution Management System*.

2.5 – Relés de Sobrecorrente

2.5.1 – Introdução

De acordo com a ABNT, Relé é um dispositivo por meio do qual um equipamento elétrico é operado quando se produzem variações nas condições deste equipamento ou do circuito em que está ligado, ou em outro equipamento ou circuito associado.

Outras normas definem o relé como um dispositivo cuja função é detectar nas linhas dos aparelhos faltosos, perigosas ou indesejáveis condições do sistema, e iniciar convenientes manobras de chaveamento ou dar aviso adequado [15].

Há uma grande variedade de relés, atendendo às diversas aplicações, porém aqueles aplicados ao sistema elétrico de potência, podem ser reduzidos a um pequeno número de tipos. Podem-se classificar os relés basicamente:

- quanto às grandezas físicas de atuação: elétricas, mecânicas, térmicas, óticas, etc.;
- quanto à natureza da grandeza a que respondem: corrente, tensão, potência, frequência, pressão temperatura, etc.;

- quanto ao tipo construtivo: eletromecânicos (indução), mecânicas (centrífugos), eletrônicos (fotoelétricos), estáticos (efeito Hall), digitais, etc.;
- quanto à função: sobrecorrente, tensão ou potência, direcional de corrente ou potência, diferencial, distância, etc.;
- quanto à forma de conexão do elemento sensor: direto no circuito primário ou através de redutores de medidas (TCs e TPs);
- quanto ao tipo de fonte para função do elemento de controle: corrente alternada ou contínua;
- quanto à aplicação: máquinas rotativas (gerador) ou estáticas (transformadores), linhas aéreas ou subterrâneas, aparelhos em geral;
- quanto à temporização: instantâneo (sem retardo proposital) e temporizado (mecânica, elétrica ou eletronicamente).

Para cumprir sua finalidade os relés devem:

- ser simples (confiabilidade) e robustos (efeitos dinâmicos da corrente de defeito);
- ser rápidos (estabilidade do sistema), independente do valor, natureza e localização do defeito;
- ter baixo consumo próprio;
- ter alta sensibilidade e poder de discriminação (a corrente de defeito pode ser inferior à nominal e a tensão quase se anula);
- manter sua regulagem, independente da temperatura exterior, variações de frequência, vibrações, campos eletromagnéticos externos, etc.

2.5.2 – Relés Eletromecânicos e Digitais de Sobrecorrente

Os relés eletromecânicos podem ser projetados para funcionar em corrente alternada e/ou em corrente contínua. Em se tratando de relés de proteção de sistema de potência, o que desperta bastante interesse é o de corrente alternada, motivo pelo qual será detalhado.

Os relés de indução são dispositivos, de corrente alternada, monofásicos, sensíveis à intensidade de corrente, usados na proteção de sistemas elétricos contra sobrecorrentes entre fases ou entre fase e terra [15]. Seu funcionamento é baseado sobre a ação exercida por campos magnéticos alternativos (circuito indutor fixo), sobre as correntes induzidas por esses campos em um condutor móvel constituído por um disco ou copo metálico.

A maioria dos relés tem uma faixa de ajuste que os torna adaptáveis a uma larga faixa de circunstâncias possíveis. Há normalmente dois ajustes possíveis, conforme pode ser observado na figura 2.1:

a – ajuste de corrente – feito seja pelo posicionamento do entreferro, ou pelo tensionamento da mola de restrição, por pesos, por tapes de derivação da bobina, etc.; é o que se chama *ajuste de tape*;

b – ajuste de tempo - é feito regulando-se o percurso do contato móvel (chamado *ajuste do dispositivo de tempo – DT*), ou por meio de dispositivos de temporização diversos.

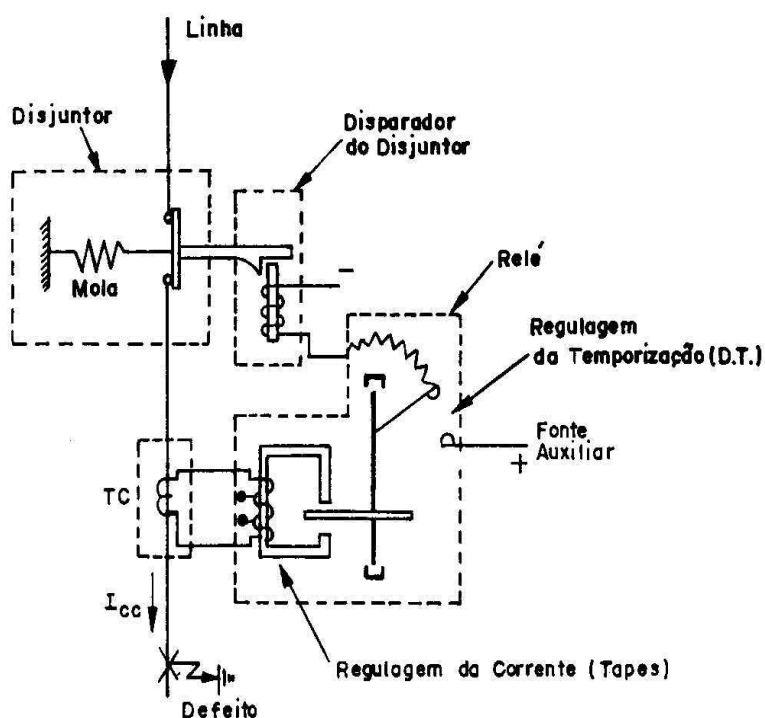


Figura 2.1 – Esquemático do Conjunto Relé-Disjuntor

Embora esses ajustes sejam feitos independentemente, a interdependência é mostrada nas chamadas *curvas tempo versus corrente* fornecida no catálogo do fabricante. Nestas curvas no eixo vertical são mostrados os tempos, em geral em segundos; no eixo horizontal aparecem as correntes de acionamentos, em múltiplos de 1 a 20 vezes o tape escolhido em geral.

Assim, o tape escolhido passa a ser o valor de atuação do relé, ou seja, o valor para o qual o relé é sensibilizado e realmente operaria seus contatos em um tempo infinito; por motivos de segurança (problemas de atrito, por exemplo), costuma-se fazer com que a grandeza do defeito represente pelo menos uma vez e meia o valor de atuação (fator de sensibilidade). Como indicação, e em igualdade de condições de escolha, em um relé de características de tempo inverso, o valor de atuação ou pick-up deve ser escolhido na parte mais inversa das curvas, ou seja, múltiplo baixo e dispositivo de temporização alto.

Relés Digitais

Os sistemas de proteção digital, ou resumidamente, proteção digital, são sistemas de proteção que fazem uso dos processadores digitais para execução das tarefas relacionadas à proteção. Atualmente estes sistemas utilizam dispositivos digitais de pequeno tamanho, alta capacidade operacional e custo reduzido denominados microprocessadores e em razão disto, muitas vezes, a proteção digital é referida como proteção microprocessada.

Os microprocessadores são resultados da evolução tecnológica dos antigos processadores, parte integrante dos primeiros computadores digitais. Pode-se dizer que a alma de um relé digital é o processador e muitas vezes a história da proteção digital se confunde com a história dos computadores digitais, que cronologicamente podem ser classificados em gerações.

Os primeiros relés de proteção para sistemas de energia elétrica eram eletromecânicos. Mesmo nos dias de hoje eles ainda encontram boa

receptividade no mercado principalmente devido à sua robustez e custo. Os primeiros relés estáticos microprocessados foram introduzidos no mercado na década de 50.

Hoje em dia trata-se de tecnologia dominante principalmente nas áreas relacionadas à proteção de sistemas de energia elétrica de alta e extra-alta tensão (AT e EAT), onde a velocidade, aliada à confiabilidade, flexibilidade e diversidade de funções são características imprescindíveis. No fim da década de 60 início da década de 70, alguns fabricantes e centros de pesquisa começaram a investigar os relés digitais desenvolvendo algoritmos de proteção contra faltas nos equipamentos de energia elétrica.

Algoritmos para Proteção Digital de SEP

O que realmente faz um microprocessador funcionar como um dispositivo específico de proteção é o software que traduz as amostras digitalizadas das ondas de tensão e corrente em tensões do tipo trip/não trip. Consiste num programa de computador, feito em geral em linguagem ASSEMBLY de um determinado microprocessador; que vai operar com amostras digitalizadas dos sinais de tensão e/ou corrente, produzindo estimativas de determinados parâmetros de interesse para as funções de proteção. Essas estimativas são obtidas, na sua forma mais geral, através de modelos ou padrões esperados, expressos no software através de algoritmos.

Se esses modelos e/ou padrões não conseguirem se aproximar com fidelidade à resposta real do sistema elétrico às perturbações, serão introduzidos erros nos parâmetros computados, ocasionando mau funcionamento do relé (operação indevida ou ausência de operação). Esses erros são devidos principalmente a:

a - As tensões e correntes pós-falta não são puramente senoidais. Além da componente senoidal de frequência fundamental elas são formadas basicamente por uma componente exponencial decrescente (com valor de pico da ordem do valor máximo da componente AC de frequência fundamental e

constante de tempo lenta de aproximadamente 30 a 50 ms em sistemas de EAT) e por componentes de alta frequência que vão aparecer devido às reflexões na linha de transmissão. A componente DC tem grande influência naqueles algoritmos que utilizam a transformada Discreta de Fourier ou de Walsh e nestes casos devem ser removidas através de filtragem digital. As componentes AC de alta frequência são menos importantes por serem naturalmente removidas durante a filtragem anti-aliasing,

b - Os filtros anti-aliasing e os circuitos de entrada de natureza analógica possuem uma resposta transitória natural que pode influenciar no comportamento dinâmico do relé;

c - Os transdutores primários (representados pelos TC's e TP's) introduzem erros, principalmente no período subtransitório e transitório, devido basicamente ao seu comportamento não linear. Este efeito é substancialmente mais acentuado nos TC's devido às elevadas correntes de curto. Este problema vai se acentuar em relés de alta velocidade que vão operar em períodos onde estes erros são maiores;

d - No instante da falta e em alguns instantes sucessivos podem existir sinais pré e pós-falta de amostragem. Tal fato pode mascarar completamente os resultados obtidos principalmente nas operações devidas;

e - A resistência de falta possui um comportamento diante ao tempo, totalmente aleatório e não linear. Isso também tende a influenciar em maior grau os relés de alta velocidade;

Torna-se importante considerar essas fontes de erros analisar sua influência nas repostas dos relés microprocessados e tomar medidas para evitar que elas possam impedir o seu correto funcionamento.

2.5.3 – Curva de Tempo versus Corrente

Relés de sobrecorrente de indução estiveram em uso contínuo durante mais de 40 anos foram de fato um padrão na América Norte. Não existe nenhum padrão definindo os dados das curvas dos relés de indução, estas foram obtidas utilizando as características de dados experimentais.

Para exemplificar como são obtidas estas curvas examinemos os princípios de funcionamento de um relé de sobrecorrente típico IAC51 fabricante General Electric, conforme esquematizado na figura 2.2. O conjugado elétrico que provoca a rotação do disco é produzido por um eletro-ímã em forma de “U”. Este elemento é constituído por uma bobina enrolada numa estrutura de ferro laminado que tem dois pólos. Um destes é envolvido por anéis de cobre, divisores de fluxo. A corrente circulando na bobina produz um fluxo que se divide em dois, circulando nos pólos simples e o outro naqueles que possuem anéis.

O conjugado é proporcional ao produto destes fluxos e ao seno do ângulo formado entre eles. Pode-se demonstrar que o conjugado é igual ao produto entre a uma constante K de projeto, o número de espiras da bobina e o valor da corrente que circula pela bobina, fazendo com que o conjugado aumente em função do valor da corrente.

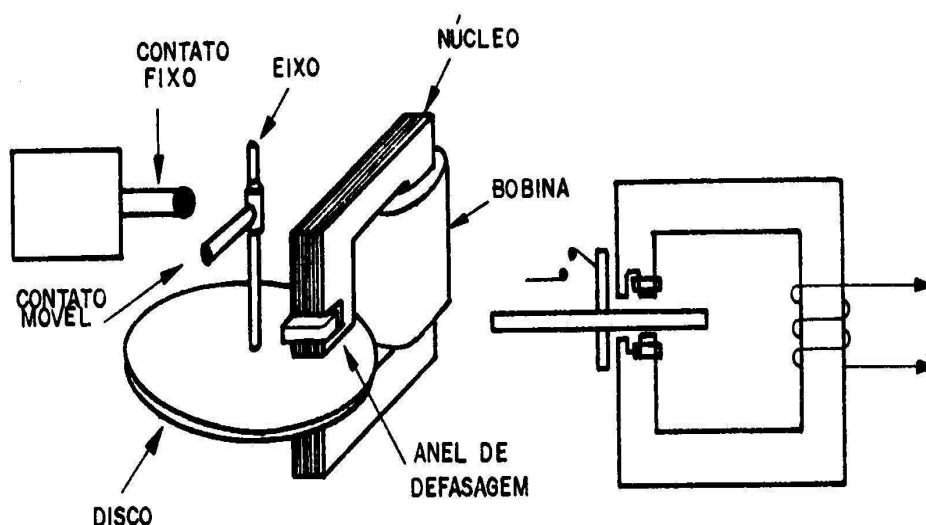


Figura 2.2 – Principais elementos de um relé de indução- IAC51-GE

Contudo, a partir de um determinado valor da corrente, a estrutura de ferro começa a saturar e conseqüentemente um aumento da corrente não corresponde a um aumento proporcional do fluxo. Projetando-se, adequadamente, a quantidade de ferro e o número de espiras da bobina, podem ser obtidos várias curvas características de operação, inversa, muito inversa e extremamente inversa. A curva chamada de inversa tem a menor quantidade de ferro e o maior número de espiras enquanto que a denominada de extremamente inversa tem a maior quantidade de ferro e o menor número de espiras. Concluindo, a corrente na bobina produz fluxo, este produz conjugado e a saturação do núcleo de ferro modela a curva tempo versus corrente dos relés de sobrecorrente.

Reciprocamente, relés microprocessados executam algoritmos que são procedimentos matemáticos. Eles produzem características analíticas que podem ser descritas com precisão por uma equação. Este padrão utiliza as práticas vívidas e as práticas analíticas presentes, isto é, definindo as equações que asseguram que os relés de sobrecorrente microprocessados coordenarão com os relés de sobrecorrente de indução. O padrão define as equações para a região de reset, de trip e também para a curva tempo-corrente que é derivada da equação diferencial básica.

Relés microprocessados são também capazes de reproduzir matematicamente as curvas tempo corrente dos relés eletromecânicos ou estáticos, por exemplo, IAC-51 –GE.

Definições

Pick-up: Para relés de sobrecorrente é o menor valor da grandeza operante, capaz de promover a operação do relé (limiar da operação).

Drop-out: Para relés de sobrecorrente é o maior valor da grandeza operante, capaz de promover a desoperação do relé (limiar da desoperação).

Relés de tempo-inverso: Neste a corrente de operação que produz no relé uma característica tempo-inverso é obtida integrando uma função de $F(I)$ em função do tempo. A função $F(I)$ é positiva acima e negativa abaixo em relação a uma corrente de contribuição predeterminada chamada de corrente de pick-up.

Para os relés de indução a velocidade do disco que é a função de $F(I)$, isso é, integrando esta função obtêm-se a característica de tempo-inverso. A velocidade é positiva para corrente acima e negativa para corrente abaixo de um pickup predeterminado. O valor fixo predeterminado da integral representa a viagem de disco, exigida para a saída do Trip ou desligamento.

Reset: É o tempo que um relé de sobrecorrente de tempo-inverso demora voltar à posição de repouso, ou seja, quando a integral da função $F(I)$ produz uma característica tempo-corrente igual à zero.

Dial de tempo: O dial de tempo é o controle que determina o valor do integral onde ocorre o sinal de trip para o disjuntor. Nos relés de indução o dial de tempo é a distância que o disco tem que girar para fechar o contato do trip, que é obtido com a integral da velocidade em função do tempo.

Equação Tempo versus Corrente

Praticamente a coordenação de sistema de potência é influenciada pelos estudos usados em sistemas de distribuição. Notavelmente, na Europa e Japão a prática é operar com sistemas monofásicos aterrados ou trifásicos multi-aterrados. Estes sistemas possuem derivações monofásicas protegidos por fusíveis, que podem ser protegidas usando a coordenação com características de tempo definido. Na América do Norte praticamente os sistemas de distribuição são a quatro fios, onde as derivações são protegidas por fusíveis e a coordenação utilizada tem característica de tempo inverso. Na figura 2.3 podemos comparar a característica da curva de um relé com características extremamente inversa a curvas de tempo mínimo e total de fusão de um fusível de alta tensão (69 kV).

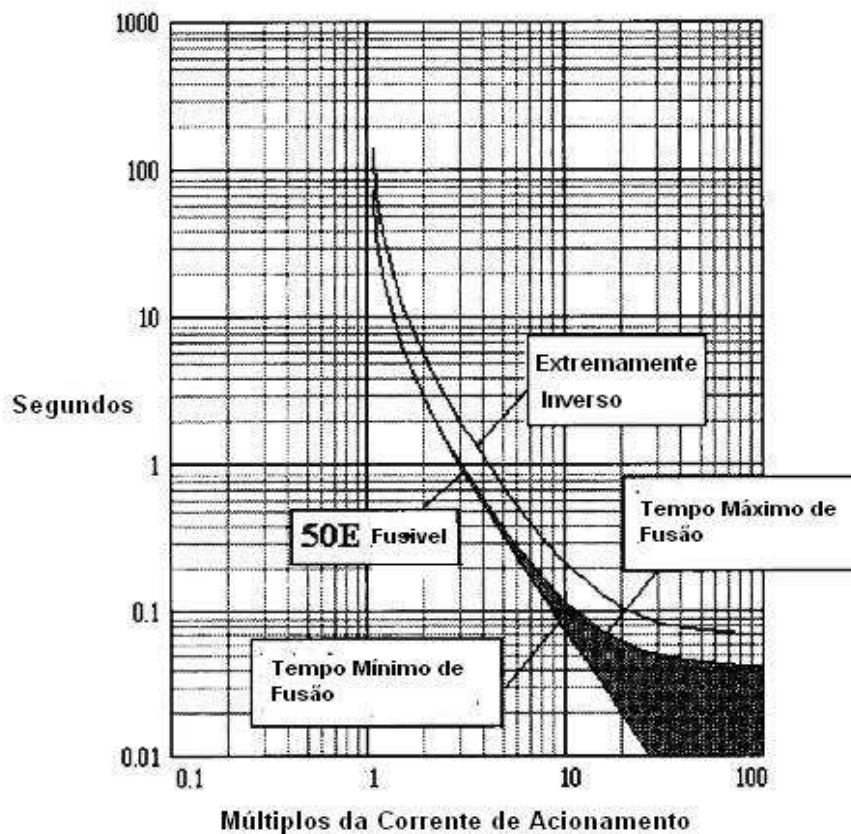


Figura 2.3 – Característica da curva do relé extremamente inverso comparada com a curva de Fusão do elo fusível de alta tensão.

Equação Analítica

As equações 2.27 e 2.28 definem o tempo de reset e o tempo de pick-up, respectivamente, de um relé de sobrecorrente de indução. Aplicando-se as constantes a estas equações, uma curva característica pode ser definida com bastante precisão. A equação 2.28 é semelhante para a equação de IEC (IEC 255-03 [1989-05]) com exceção da adição da constante B . A constante B define a componente de tempo onde ocorre a saturação dos relés do tipo de indução.

For $0 < M < 1$

$$t(I) = \left(\frac{t_r}{M^2 - 1} \right) \quad (2.27)$$

For $M > 1$

$$t(I) = \left(\frac{A}{M^p - 1} + B \right) \quad (2.28)$$

onde:

$t(I)$ é o tempo de Reset equação (1) e tempo do Trip equação (2);

M é a relação entre I_{input} / I_{pickup} ;

A, B, p são as constantes que alteram, as características da curva.

Relés de indução têm uma propriedade dinâmica que resulta em uma velocidade maior de viagem de disco em função de uma corrente elevada. Podemos ter algumas condições de falta onde os valores de corrente são superiores aos valores ajustados do relé, podendo ocorrer erros de atuação da proteção. Equação 2.29 representa como a indução desta corrente no disco do relé de tempo inverso e a consideração que deve ser feita nestes casos para que a coordenação seja mantida até mesmo com uma variação rápida de corrente.

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{t(I)} dt = 1 \quad (2.29)$$

onde:

T_0 é o tempo de operação

O dial de tempo de um relé de sobrecorrente é um controle que permite ajustar a um tempo de viagem do disco a um determinado valor de corrente de pickup. O dial de tempo geralmente permite uma faixa de ajustes 1 a 15 valores.

Nas equações características 2.27 e 2.28, as constantes A , B , e t_r são proporcionais ao dial de tempo. A relação de A para B varia até certo ponto com a alteração do dial de tempo em relés de indução, já nos relés micro processados esta relação é constante e independente do ajuste do dial.

Características da Curvas Tempo x Corrente

Na tabela 2.1 estão os valores das constantes utilizados nas equações 2.27 e 2.28, para definir uma das características das curvas, de acordo com o padrão da IEEE- C37.112-1996, utilizadas pelos relés de proteção, que pode ser do tipo normal inverso, muito inverso e extremamente inverso. A constante t_r , quando usada na equação 2.27 define o tempo de reset do relé.

Tabela 2.1 – Constantes Usadas nas Equações Analíticas

Característica	A	B	p	t_r
Normal Inverso	0,0515	0,1140	0,020	4,85
Muito Inverso	19,61	0,491	2,000	21,6
Extremamente Inverso	28,2	0,1217	2,000	29,1

As figuras abaixo mostram as curvas características de tempo de reset e trip dos relés de sobrecorrente, onde as curvas da esquerda representam as característica do tempo de reset e as da direita a característica temporizada de trip da unidade de sobrecorrente. Apesar de não ser uma operação estritamente instantânea, mas uma operação sem temporização proposital que opera em 30 milissegundos ou menos, a curva da unidade de sobrecorrente instantânea não foi representada.

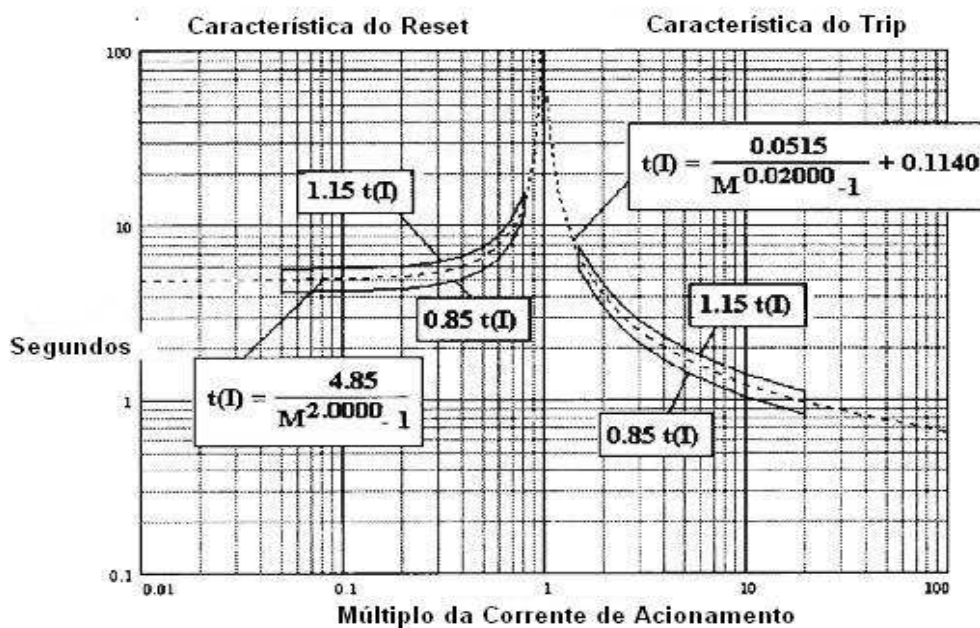


Figura 2.4 – Característica da curva Normal Inverso - reset e trip

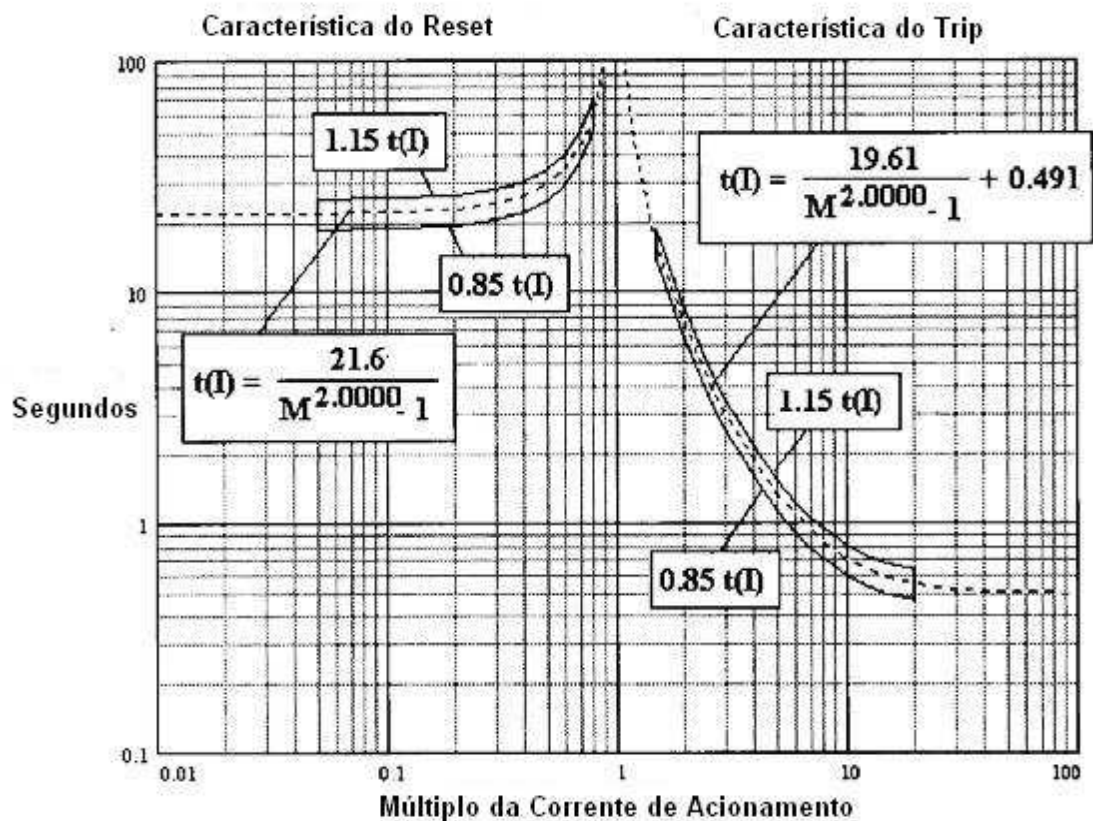


Figura 2.5 – Característica da curva Muito Inversa - reset e trip

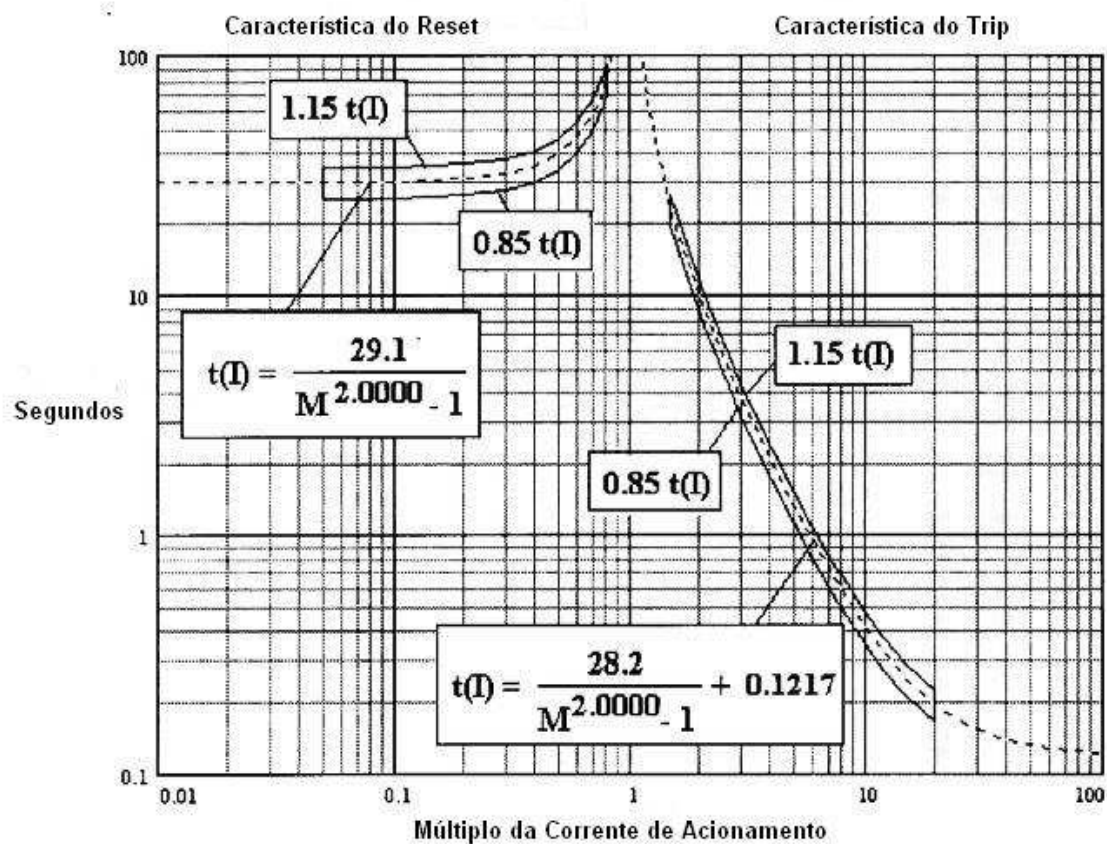


Figura 2.6 – Característica da curva Muito Inversa - reset e trip

Equação Tempo x Corrente

Uma equação analítica que define a curva característica de tempo x corrente inverso pode ser obtida a partir da seguinte equação diferencial básica para uma temporização de entrada, conforme isto se aplica a um relé de indução:

$$K_I I^2 = m \frac{d^2 \theta}{dt^2} + K_d \frac{d\theta}{dt} + \frac{\tau_F - \tau_S}{\theta_{\max}} \theta + \tau_S \quad (2.30)$$

onde:

I é a corrente de entrada;

θ é o deslocamento angular do disco;

θ_{\max} é o máximo deslocamento angular do disco;

K_I é o fator de torque relativo à corrente;

m é o momento de inércia do disco;

K_d é o fator de amortecimento devido ao imã de arrasto;

τ_F é o máximo torque da mola;

τ_S é o torque da mola;

O gradiente de torção da mola usado nos relés de indução é pequeno e resulta em um pequeno aumento no torque de τ_S para τ_F . O disco também é ajustado para produzir um torque crescente com objetivo de compensar o aumento em torque da mola. O torque do disco total resultante é o seguinte:

$$K_I I^2 - \tau_S \quad (2.31)$$

Onde a constante de torque τ_S determina pick-up. Considerando a corrente I igual o M múltiplo da corrente de pickup I_p de forma que o torque líquido pode ser escrito como segue:

$$K_I (M I_p)^2 - \tau_S \quad (2.32)$$

Considerando $M = 1$, o torque líquido no disco igual a zero:

$$K_I I^2 - \tau_S = 0 \quad (2.33)$$

$$K_I I^2 = \tau_S$$

O torque líquido pode ser expresso como os termos do torque de mola substituindo equação 2.32 na equação 2.33 como seguem:

$$(M^2 - 1) \tau_S \quad (2.34)$$

Se não consideramos o pequeno momento de inércia do disco, equação 2.30 é simplificada conforme abaixo:

$$\tau_S (M^2 - 1) = K_d \frac{d\theta}{dt} \quad (2.35)$$

onde:

M é a relação I/I_p ;

I é a corrente de entrada;

I_p é a corrente de pick-up em amperes;

θ é o deslocamento angular do disco

K_d é o fator de amortecimento devido ao imã de arrasto;

τ_S é o torque da mola;

$\frac{d\theta}{dt}$ é a velocidade angular.

O baixo valor do momento de inércia do disco é desprezado e o torque da mola é representado por uma constante, pois o efeito de seu gradiente é compensado por um aumento no torque causado pelo formato do disco. Integrando a equação 2.35, temos:

$$\theta = \int_0^{\tau_0} \frac{\tau_S}{K_d} (M^2 - 1) dt \quad (2.36)$$

Dividindo ambos os lados da equação 2.36 por θ resulta na equação dinâmica:

$$\int_0^{T_0} \frac{\tau_s}{K_d \theta} (M^2 - 1) dt = \int_0^{T_0} \frac{1}{t(I)} dt = 1 \quad (2.37)$$

onde $t(I)$ é característica de tempo/corrente e a constante A é igual a, $\frac{K_d \theta}{\tau_s}$:

$$t(I) = \frac{\left[\frac{K_d \theta}{\tau_s} \right]}{(M^2 - 1)} = \frac{A}{(M^2 - 1)} \quad (2.38)$$

Característica de reset

Nos casos em que a integral de tempo de qualquer elemento puder ser resetada em um ciclo, uma característica de reset opcional é disponibilizada se for desejada uma coordenação precisa com os relés de indução existentes. A equação 2.38 define a característica de indução para correntes que estiverem abaixo da corrente de *pick-up*, assim como para as correntes que estiverem acima.

Se o disco de indução tiver um deslocamento inicial em relação a sua posição de reset quando a corrente aplicada for reduzida à zero, o disco será conduzido numa direção negativa em relação à posição de reset. Isto é representado na equação 2.38 ajustando o $M = 0$, o que produz um número negativo indicando o tempo de reset e a rotação do disco no sentido do reset. Com esta substituição, a equação 2.38 fornece o tempo de reset t_r :

$$|t_r| = \frac{K_d \theta}{\tau_s} \quad (2.39)$$

E a característica de reset para qualquer valor de M entre zero e um é:

$$t = \frac{t_r}{M^2 - 1} \quad (2.40)$$

A equação dinâmica 2.37 e a equação característica 2.38 são importantes uma vez que especificam como uma característica de tempo/corrente inverso deve ser implementada para garantir a coordenação

com os relés de sobrecorrente de tempo inverso em situações tais como a resistência de falta diminuindo e o terminal remoto abrindo.

O torque devido a corrente é proporcional ao quadrado do fluxo causado por ela, e a derivada assume uma relação linear entre o fluxo e a corrente. Não se leva em conta a saturação do eletroímã que é usado para produzir as características tempo-corrente produzido pelo princípio de indução. O grau de saturação produz uma curva particular pode ser determinada substituindo o fluxo normalizado por M na equação 2.37:

$$t = \frac{t_r}{\left(\frac{\phi}{\phi_{pu}}\right)^2 - 1} \quad (2.41)$$

onde:

ϕ / ϕ_{pu} é o fluxo normalizado;

t_r é o tempo de reset para $I = 0$;

t é o tempo de operação;

Logo para a equação 2.41 o fluxo normalizado em termo de tempos de operação e de reset é:

$$\left(\frac{\phi}{\phi_{pu}}\right)^2 = \sqrt{\frac{t_r}{t}} + 1 \quad (2.42)$$

CAPÍTULO 3

PROGRAMA LOCFALT

3.1 – Introdução

Atualmente, as grandes concessionárias de energia elétrica têm disponível em seus bancos de dados informações detalhadas sobre a topologia, a constituição de suas redes e linhas, como também dos elementos mais comumente encontrados em seus sistemas como transformadores, religadores, relés eletromecânicos ou digitais. Além de todos estes dados físicos do sistema, estão disponíveis também valores de correntes de curto-circuito em pontos notáveis da rede de distribuição, como chaves facas, por exemplo. Essas informações são obtidas através das ferramentas de gerenciamento da companhia como GIS e o SCADA, bancos de dados de relés, etc.

A metodologia proposta é baseada na manipulação direta desses bancos de dados para o desenvolvimento de um algoritmo para a localização de faltas que seja eficiente e preciso a um custo computacional bem menor para ser utilizado em rede de distribuição de 13,8 kV. A figura 3.1 traz uma visão geral do LOCFALT.

Quando um relé é sensibilizado por uma corrente de defeito, esse relé acionará o disjuntor, após o tempo especificado pela sua curva característica. O disjuntor abrirá o circuito interrompendo a corrente de defeito. Após a passagem de um período de tempo o relé de religamento fechará o disjuntor.

Caso o defeito seja permanente, haverá uma sucessão de desligamentos e religamentos, denominada seqüência de operação ou ciclo de operação.

Do módulo de tendência e histórico do sistema SCADA, são retirados tempos da seqüência de operação do disjuntor, disponíveis em milésimos de segundos. Através desses tempos e utilizando a curva tempo-corrente (relés IAC), são estimados os valores das correntes de curto-circuito que provocaram as aberturas do disjuntor. Fazendo a correlação dessas correntes de curto-circuito estimadas, com as calculadas pelo sistema GIS nos pontos notáveis do alimentador (chaves e equipamentos) de acordo com a topologia da rede são, determinados os prováveis locais da falta.

O sistema localizador desenvolvido também apresenta a flexibilidade de inclusão de novos algoritmos para localização de faltas, expandindo sua utilização a diversos tipos de subestações da Companhia. Nas subestações mais modernas, por exemplo, onde são encontrados oscilógrafos digitais, é possível o desenvolvimento de algoritmos baseados na componente fundamental em regime permanente senoidal de tensão e corrente, medidas em um terminal da rede de distribuição, durante os regimes pré e pós-falta. Esses dados, associados às informações sobre a topologia do alimentador, presentes no banco de dados da Companhia, permitem determinar uma ou mais regiões mais prováveis que englobam o real local de ocorrência da falta permanente.

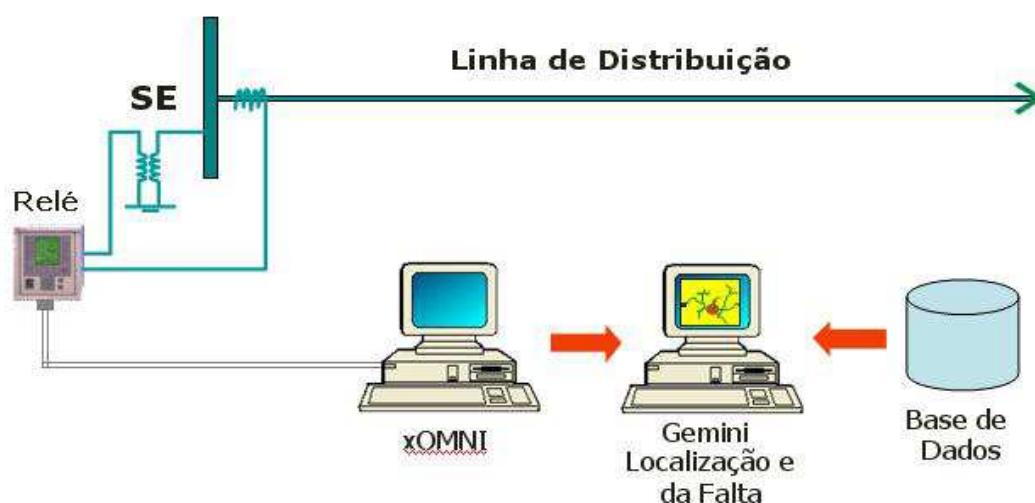


Figura 3.1 – Visão Geral do Sistema Localizador Proposto

3.2 – Estrutura do LOCFALT

O esquema da figura 3.1 é apresentado de uma maneira mais detalhada na figura 3.2. Este diagrama de blocos traz a estrutura geral com os processos que compõem o LOCFALT, os quais serão detalhados a seguir.

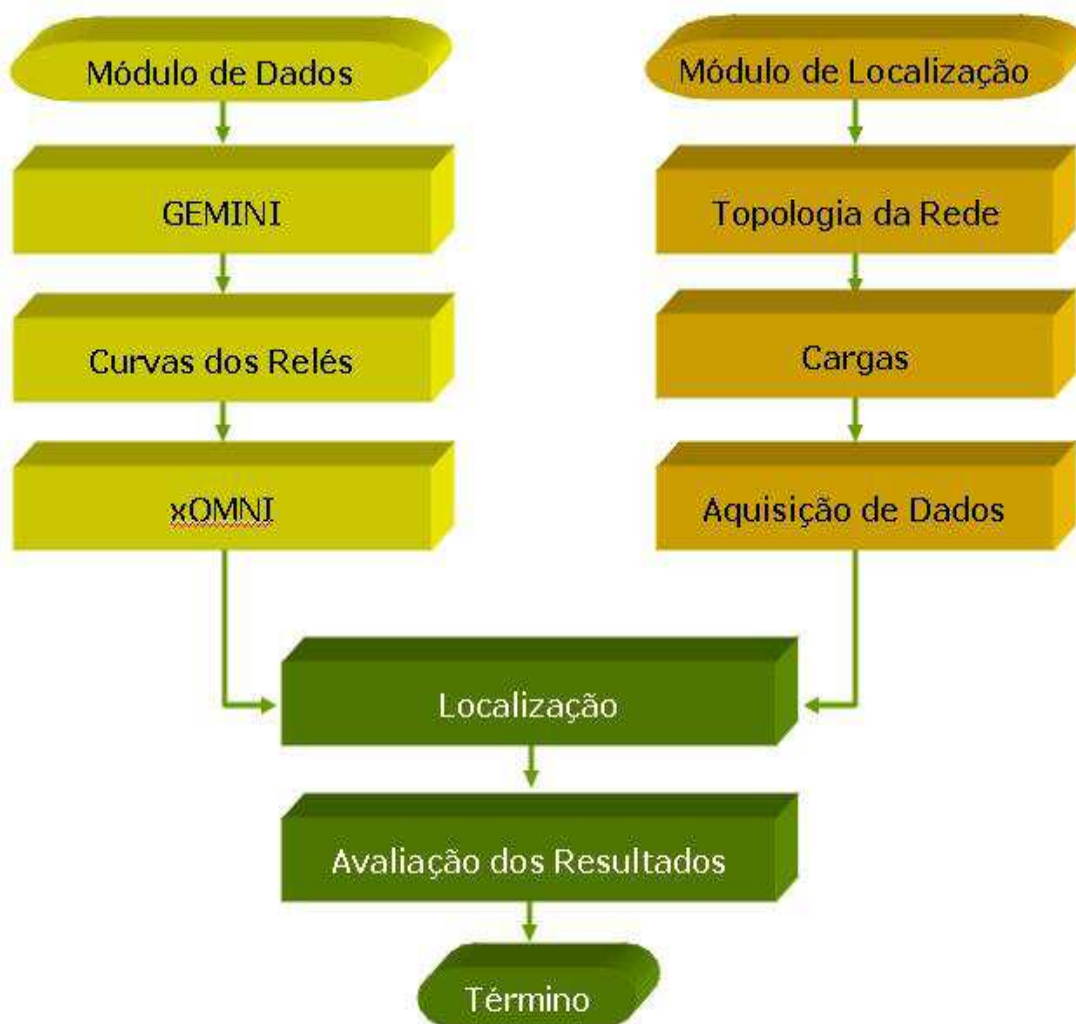


Figura 3.2 – Etapas Seqüências do Processo de Localização de Falta

Baseado nesta estrutura, o LOCFALT foi dividido em dois módulos básicos, cada um compreendendo os seguintes processos:

- Módulo de dados:
 - Dados do Sistema Gemini;
 - Determinação das curvas dos relés de sobrecorrente;
 - Dados do xOMNI;

- Módulo de localização:
 - Topologia de Rede;
 - Representação das cargas;
 - Aquisição de dados;
 - Aplicação do algoritmo de localização;
 - Avaliação dos resultados;

3.3 – Descrição das Rotinas

3.3.1 – Sistema Gemini

O LOCFALT foi concebido para funcionar de maneira integrada ao sistema Gemini da CEMIG, conforme citado anteriormente. Projetado para ser instalado nas áreas de operação, projetos e planejamento do sistema elétrico, a ferramenta foi concebida para atuar paralelamente às demais ferramentas já existentes na companhia, utilizando informações e dados disponíveis sobre o sistema monitorado, presentes nos bancos de dados.

O Gemini é composto por um banco de dados geográfico que engloba toda a rede de distribuição de energia elétrica de uma região e possui também funções de processamento gráfico de imagens, componentes gráficas de entrada e saída de dados e interfase gráfica homem/máquina. A figura 3.3, representa a arquitetura do sistema Gemini:



Figura 3.3 – Arquitetura do Sistema Gemini

Considerando-se a dimensão, a complexidade dos bancos de dados do Gemini e a necessidade de atendimentos às atividades operacionais das áreas de projetos, planejamento e principalmente de operação, foram criados vários relatórios com informações específicas para cada área.

O relatório mostrado na figura 3.4 contém os dados físicos e elétricos utilizados pelo LOCFALT na localização de falta. Nesse relatório consta a localização georeferenciada dos pontos notáveis (chaves faca, religadores, transformadores), a distância do ponto em relação ao disjuntor de saída da subestação, o tipo/bitola do condutor e o valor de curto circuito trifásico e monofásico no ponto. Esses valores são calculados conforme demonstrado no capítulo 2.

CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais
Relatório de Trechos Notáveis de Alimentador Data: 21/06/200(Página 1

Alimentador: BETT 309

Coordenadas		Comprim.	Condutor		Curto Circuito			
Fonte	Carga	Metros	Tipo	Bitola	Trifásico -(A)- Ângulo	Fase/Fase -(A)- Ângulo	Fase/Terra (min) -(A)- Ângulo	Fase/Terra (max) -(A)- Ângulo
5856-77970 741 316	5856-77970 708 255	69,4	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	9431	-1,53	0 0,00 198 0,00	9286 -1,52
5856-77970 708 255	5856-77970 707 237	18,0	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	9373	-1,53	0 0,00 198 0,00	9191 -1,51
5856-77970 707 237	5856-77970 557 191	156,9	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	8892	-1,49	0 0,00 198 0,00	8430 -1,45
5856-77970 557 191	5856-77965 124 136	703,9	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	6985	-1,34	0 0,00 196 0,00	5821 -1,25
5856-77965 124 136	5856-77960 077 352	287,9	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	6406	-1,29	0 0,00 196 0,00	5148 -1,20
5856-77960 077 352	5848-77960 799 273	111,0	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	6219	-1,28	0 0,00 196 0,00	4941 -1,19
5848-77960 799 273	5848-77960 670 100	215,8	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5879	-1,26	0 0,00 195 0,00	4578 -1,16
5848-77960 670 100	5848-77960 559 167	129,7	Alumínio-CA	2 AWG - 33,63 mm2	5472	-1,18	0 0,00 194 0,00	4140 -1,08
5848-77960 670 100	5848-77960 654 065	38,5	Alumínio-CA	2 AWG - 33,63 mm2	5823	-1,25	0 0,00 195 0,00	4519 -1,16
5848-77960 654 065	5848-77955 496 444	199,0	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5526	-1,23	0 0,00 195 0,00	4216 -1,14
5848-77955 496 444	5848-77955 470 439	26,5	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5491	-1,23	0 0,00 195 0,00	4182 -1,13
5848-77955 470 439	5848-77955 451 432	20,2	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5465	-1,23	0 0,00 195 0,00	4156 -1,13
5848-77955 451 432	5848-77955 392 410	63,0	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5385	-1,22	0 0,00 194 0,00	4077 -1,13
5848-77955 392 410	5848-77960 456 026	132,5	Alumínio-CA	2 AWG - 33,63 mm2	5023	-1,15	0 0,00 193 0,00	3710 -1,05
5848-77955 392 410	5848-77955 322 375	78,3	Alumínio-CA	2 AWG - 33,63 mm2	5289	-1,21	0 0,00 194 0,00	3982 -1,12
5848-77955 322 375	5848-77955 307 366	17,5	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5268	-1,21	0 0,00 194 0,00	3962 -1,12
5848-77955 307 366	5848-77955 242 335	72,0	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5183	-1,21	0 0,00 194 0,00	3879 -1,11
5848-77955 307 366	5848-77955 338 339	41,1	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5218	-1,21	0 0,00 194 0,00	3914 -1,12
5848-77955 242 335	5848-77955 141 281	114,5	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	5051	-1,20	0 0,00 194 0,00	3754 -1,11
5848-77955 141 281	5848-77955 102 236	59,5	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	4985	-1,19	0 0,00 194 0,00	3692 -1,10
5848-77955 102 236	5848-77955 086 210	30,5	Protegida -15kV	150 mm2 - 15kV	4952	-1,19	0 0,00 194 0,00	3661 -1,10
5848-77955 086 210	5848-77955 071 226	21,9	Alumínio-CA	336,4 MCM -	4923	-1,19	0 0,00 194 0,00	3634 -1,10
5848-77955 086 210	5848-77955 066 175	40,3	Alumínio-CA	336,4 MCM -	4909	-1,19	0 0,00 194 0,00	3620 -1,10

Figura 3.4 – Relatório de Dados Físicos do Gemini

3.3.2 – Determinação das Curvas dos Relés de Sobrecorrente

Os relés instalados nas saídas das linhas de distribuição, sejam eletromecânicos ou digitais, bem como os religadores têm características de

sobrecorrente de tempo inverso. A maioria dos relés tem uma faixa de ajuste que os torna adaptáveis a uma larga faixa de circunstâncias possíveis. Dessa forma, o tempo de operação é inversamente proporcional ao valor de corrente de falta, ou seja, quanto maior a corrente, menor o tempo de operação.

Os relés de sobrecorrente possuem várias derivações, cada qual correspondendo a uma corrente de acionamento denominado *tape* que corresponde ao valor pelo qual o relé é sensibilizado a atuar e opera seus contatos. As curvas características dos relés são expressas em função dos múltiplos dessas correntes de derivação. O tempo de acionamento do relé é determinado mediante o ajuste no “dial de tempo” que está associado a um conjunto de curvas.

Embora esses ajustes sejam feitos independentemente, a interdependência é mostrada nas chamadas curvas tempo-corrente, fornecidas no catálogo do fabricante. Atualmente os modernos religadores e relés permitem que suas curvas tempo versus corrente possam ser modeladas de acordo com a necessidade do sistema a ser protegido.

Os relés de sobrecorrente são extensivamente usados para a proteção de sistemas de distribuição. Em geral utilizam-se três relés para proteção contra curto-circuito entre fase e um relé separado, ligado residualmente para proteção contra curtos-circuitos entre fase e terra. Esses relés têm seus valores de *tapes* e *diais* ajustados de acordo com as características físicas e elétricas (corrente de curto-circuito, extensão do alimentador, equipamentos instalados à jusante e à montante, tipo de carga, etc.) dos sistemas que estão protegendo, de modo que quando ocorrer uma condição anormal ou defeito, eles atuem coordenadamente isolando a falha através dos disjuntores.

Na filosofia de proteção adotada pela Cemig para os circuitos de média tensão, os relés são ajustados para promoverem um ciclo completo de quatro aberturas e três fechamentos nos disjuntores, com “tempo morto” entre fechamentos de 15, 40 e 60 segundos, podendo ter tempos diferentes em função da característica físicas de cada relé.

Em função do grande número de disjuntores instalados nas redes de distribuição da CEMIG, da diversidade de modelos, de ajustes de tape, de dial dos relés de sobrecorrente associados a eles, tornou-se necessário para aplicação do algoritmo de localização de falta a criação de curvas tempo versus corrente para cada relé de proteção.

Para a modelagem dessas curvas específicas para cada disjuntor, utiliza-se a equação 3.1, que define a curva característica de operação de um relé de sobrecorrente IAC, por exemplo, o modelo da GE – General Eletric, as constantes na tabela 3.1 de acordo com sua característica se inverso, muito inverso ou extramentene inverso, além do valor do *Tap* e do *Dial* ajustados no relé. Obtém-se o tempo de atuação do disjuntor (T), em segundos se conhecido o valor de corrente de entrada (I). De forma análoga, o valor da corrente (I), se conhecido o tempo de abertura do disjuntor.

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^3} \right) \quad (3.1)$$

Tabela 3.1 – Constantes Usadas na Equação dos relés IAC da GE - General Eletric

Característica	A	B	C	D	E
Normal Inverso	0,0040	0,6379	0,6200	1,7872	0,2461
Muito Inverso	0,0900	0,7955	0,1000	-1,2885	7,9586
Extremamente Inverso	0,2078	0,8630	0,8000	-0,4180	0,1947

onde :

T é o tempo em segundos;

M é o múltiplo do relé;

I é a corrente de entrada;

I_{pu} é a corrente de pick-up em amperes;

A, B, C, D, E são constantes.

Ajuste da Unidade Instantânea

Além de uma característica de tempo-corrente, que é uma função do movimento do disco de indução, os relés de sobrecorrente também possuem um mecanismo de desligamento instantâneo, que opera magneticamente. O valor mínimo da corrente de desligamento é determinado mediante ajuste da posição de um êmbolo dentro de um solenóide. Diferentes faixas continuamente ajustáveis são disponíveis através da inserção de diferentes elementos instantâneos. Os ajustes de derivação são indicados e o desligamento mínimo é uma função da corrente de entrada secundária e do ajuste escolhido.

Isso é expresso da seguinte fórmula:

Valor do Desligamento Instantâneo = RTC x TAP da Unidade Instantânea

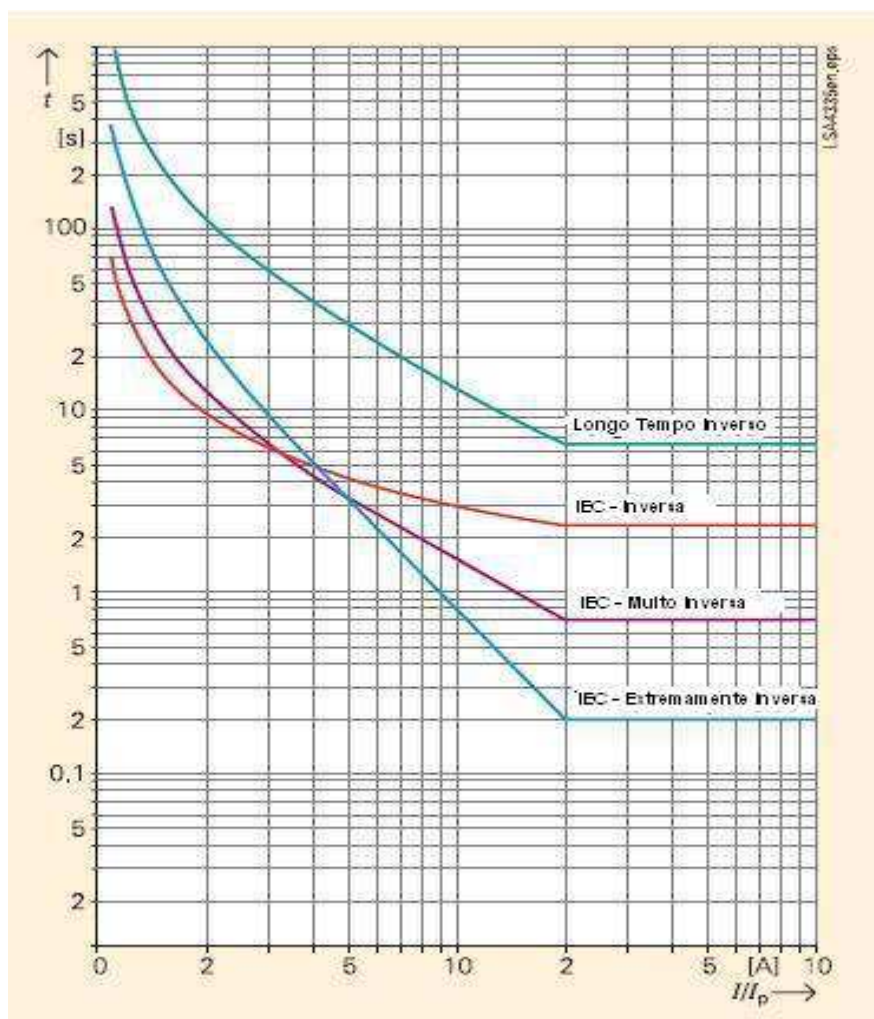


Figura 3.5 – Curvas características das normas IEC

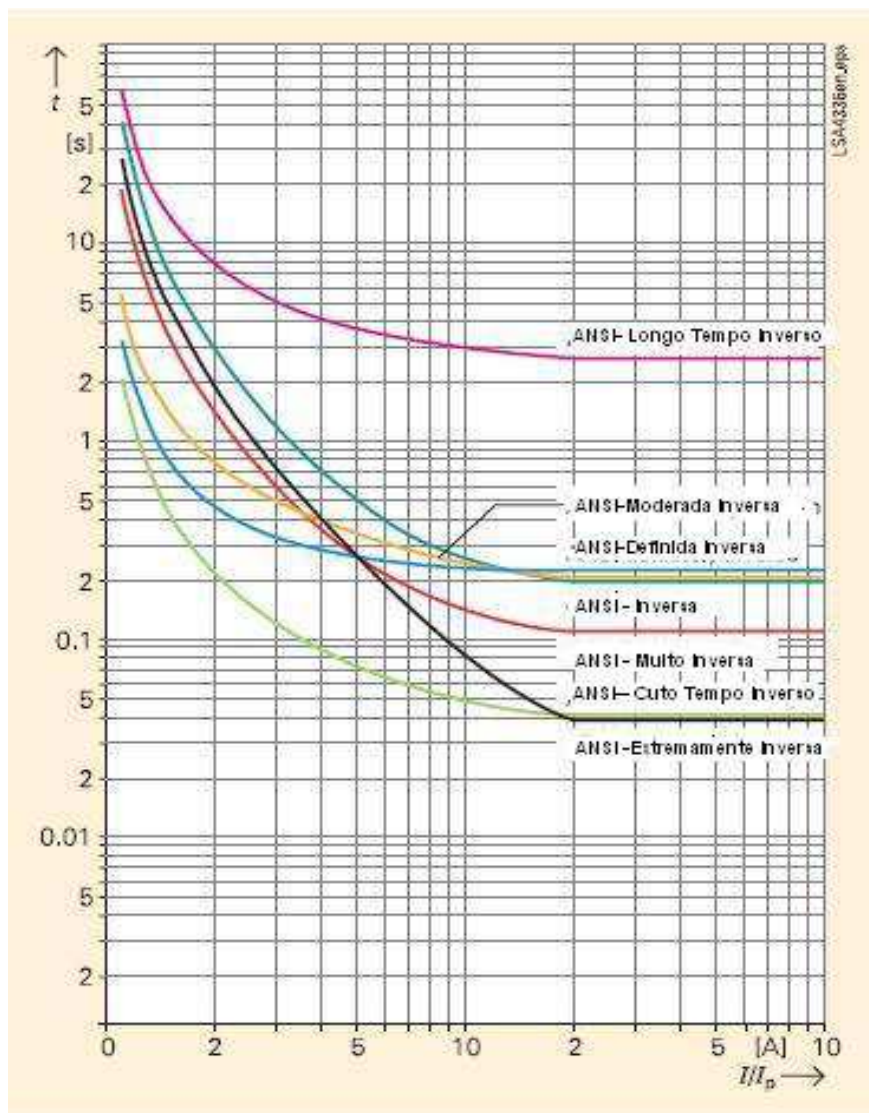


Figura 3.6 – Curvas características das normas ANSI

É importante destacar que as equações que definem as curvas características de um relé de sobrecorrente são diferentes de acordo com a norma utilizada se *IEC* ou *ANSI*. Verificam-se, variações de até 500 milissegundos no tempo de atuação da proteção para um mesmo valor de corrente, conforme pode ser observado nas figuras 3.5 e 3.6.

3.3.3 – xOMNI - Tempo de Operação dos Relés

A figura 3.7 traz uma visão geral do xOMNI, software Scada (Supervisory Control and Data Acquisition) instalado no Centro de Operação da Distribuição – COD, que além das funções de aquisição de dados em tempo real, supervisão e controle possui um módulo gerenciador de banco de dados,

onde todas as ocorrências no sistema por ele supervisionado como exemplo, a abertura e fechamento de disjuntores, operação de relé de proteção, alarmes de tensão baixa, temperaturas de enrolamento dos transformadores, baixa pressão de gás SF6 no disjuntor, dentre outros, são gravados a uma resolução de milissegundo.

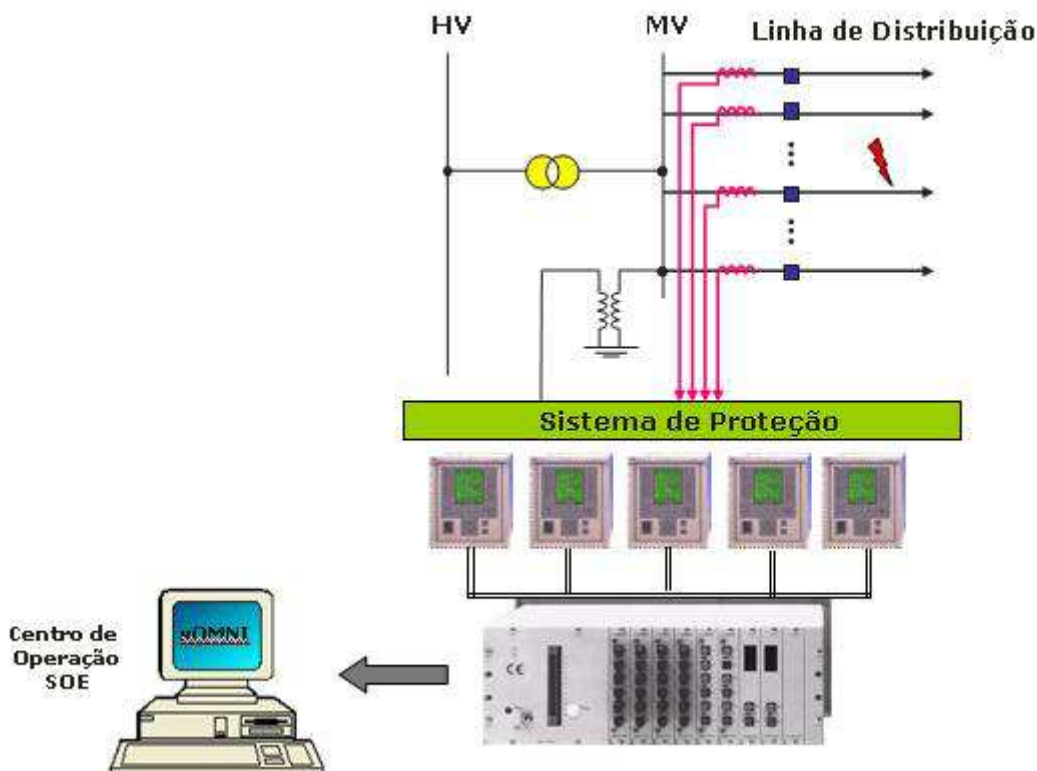


Figura 3.7 – Visão Geral da Aquisição de Dados pelo xOMNI

Essa base de dados é orientada por “entidades” representativas dos tipos de dados existentes no mundo físico (entradas e saídas digitais, entradas e saídas analógicas e equipamentos) e por “entidades” virtuais.

As estas “entidades” são associados nomes simbólicos denominados TAGs (campo alfanumérico) e seus respectivos parâmetros operacionais. Os equipamentos possuem um tratamento distinto de forma a facilitar, em tempo de operação do sistema, sua visualização e correta ação sobre o mesmo. A cada alteração do estado operacional de uma TAG (ex: aberto, fechado, alto, baixo, etc.) haverá um evento associado no sistema com a geração de um registro na base de dados. O módulo de tendência histórica armazena esses dados amostrados das TAGs que podem ser visualizados em tempo real.

18/07/2006	10:42:43.352	BHSM4T90HA_ED	0 RELE 90	MANUAL	SION
18/07/2006	10:45:11.829	BETT27CCCB_ED	1 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:45:12.114	BETT319F4RPP_ED	1 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	OPEROU	BETIM_3
18/07/2006	10:45:12.120	BETT27CASA_ED	1 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:45:12.142	BETT319F4R_ED	0 RELIGADOR	ABERTO	BETIM_3
18/07/2006	10:45:12.210	BETT319F4RPP_ED	0 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:45:12.353	BETT27CCCB_ED	0 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	1º RA	BETIM_3
18/07/2006	10:45:13.207	BETT27CASA_ED	0 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:45:28.016	BETT319F4R_ED	1 RELIGADOR	FECHADO	BETIM_3
18/07/2006	10:45:28.207	BETT27CCCB_ED	1 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:45:28.499	BETT319F4RPP_ED	1 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	OPEROU	BETIM_3
18/07/2006	10:45:28.506	BETT27CASA_ED	1 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:45:28.528	BETT319F4R_ED	0 RELIGADOR	ABERTO	BETIM_3
18/07/2006	10:45:28.594	BETT319F4RPP_ED	0 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:45:28.715	BETT27CCCB_ED	0 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	2º RA	BETIM_3
18/07/2006	10:45:29.546	BETT27CASA_ED	0 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:46:05.659	BHSM2TVF1_ED	1 VENTILACAO FORCADA - PRIMEIRO ESTAGIO	LIGADA	SION
18/07/2006	10:46:09.436	BETT319F4R_ED	1 RELIGADOR	FECHADO	BETIM_3
18/07/2006	10:46:09.620	BETT27CCCB_ED	1 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:46:09.908	BETT319F4RPP_ED	1 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	OPEROU	BETIM_3
18/07/2006	10:46:17.491	BHHR7F43R_ED	0 RELIGAMENTO AUTOMATICO	EM SERVICO	HORTO
18/07/2006	10:46:09.922	BETT27CASA_ED	1 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:46:09.940	BETT319F4R_ED	0 RELIGADOR	ABERTO	BETIM_3
18/07/2006	10:46:10.007	BETT319F4RPP_ED	0 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:46:10.118	BETT27CCCB_ED	0 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	3º RA	BETIM_3
18/07/2006	10:46:10.949	BETT27CASA_ED	0 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:47:11.014	BETT319F4R_ED	1 RELIGADOR	FECHADO	BETIM_3
18/07/2006	10:47:11.198	BETT27CCCB_ED	1 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:47:11.485	BETT319F4RPP_ED	1 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	OPEROU	BETIM_3
18/07/2006	10:47:11.499	BETT27CASA_ED	1 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	FALTA TENSÃO	BETIM_3
18/07/2006	10:47:11.514	BETT319F4R_ED	0 RELIGADOR	ABERTO	BETIM_3
18/07/2006	10:47:11.573	BETT319F4RPP_ED	0 PROTECAO PROPRIA DO RELIGADOR	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:47:11.686	BETT27CCCB_ED	0 VCC DO CARREGADOR DE BATERIAS - 125V	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:47:12.523	BETT27CASA_ED	0 VCA DO SERVICO AUXILIAR - 127V	NORMAL	BETIM_3
18/07/2006	10:47:41.009	BETT319F43R_ED	TAG MENTO AUTOMATICO	FORA DE SERVICO	BETIM_3
18/07/2006	10:50:49.398	BETDPORTA2SE_ED	0 PORTA DA CASA DE CONTROLE	ABERTA	BETIM_2
18/07/2006	10:56:04.611	BETDPORTA2SE_ED	1 PORTA DA CASA DE CONTROLE	FECHADA	BETIM_2

Figura 3.8 – Relatório de SOE do xOMNI

A figura 3.8 apresenta um dos relatórios do xOMNI, denominado de Seqüência de Operações e Eventos (SOE), onde são apresentados a “entidade” (TAG), a data e horário do bloqueio, o tempo do *trip* do(s) relé(s) e os tempos de abertura e fechamento do disjuntor ou do religador.

Verificando-se que as tentativas de eliminar a falta pelo religador não foram satisfatórias, ou seja, o ciclo de operação do religador foi completado levando-o ao bloqueio, conforme mostrado na figura 3.8, calculam-se então, os tempos de aberturas do religador por proteção para cada religamento automático (RA). Este cálculo é feito através da subtração do tempo do fechamento e o de abertura do religador. Nesta etapa também são verificados os tempos tempos do relé de religamento “tempo morto”.

3.4 – Módulo de Localização

No item anterior, foram abordados aspectos iniciais relativos à metodologia utilizada na preparação dos dados que são utilizados pelo *LOCFALT*. Portanto, antes de entrar em maiores detalhes relativos à aplicação das técnicas de localização de falta, torna-se importante que a representação dos diversos elementos constituintes das redes de distribuição seja abordada.

3.4.1 – Topologia de Rede

Ao contrário das linhas de transmissão, as linhas de distribuição aéreas apresentam, normalmente, vãos de pequena extensão. Conseqüentemente, essas linhas podem ser satisfatoriamente representadas através de segmentos de modelos π . A figura 3.9 apresenta as características geométricas e elétricas de uma rede de distribuição convencional onde se observam os posicionamentos do condutor neutro e das fases, além da geometria do poste.

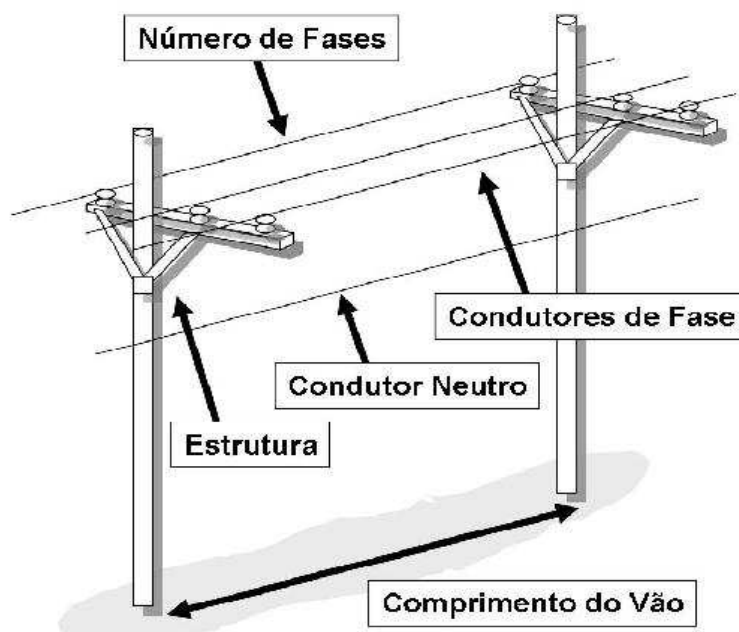


Figura 3.9 – Característica de um vão de uma Linha de Distribuição

Na figura 3.10, apresenta o modelo π representativo de segmento trifásico de comprimento l_{rs} , entre duas barras quaisquer r e s , onde Z_l e Y_t

correspondem, respectivamente, à matriz de impedâncias longitudinais em Ω/km e à matriz das admitâncias transversais, dada em S/km .

Na representação em componentes de fase, estas matrizes podem ser desequilibradas, o que normalmente ocorre nos sistemas de distribuição, onde não há a transposição dos condutores. Assim, é possível expressá-las como sendo:

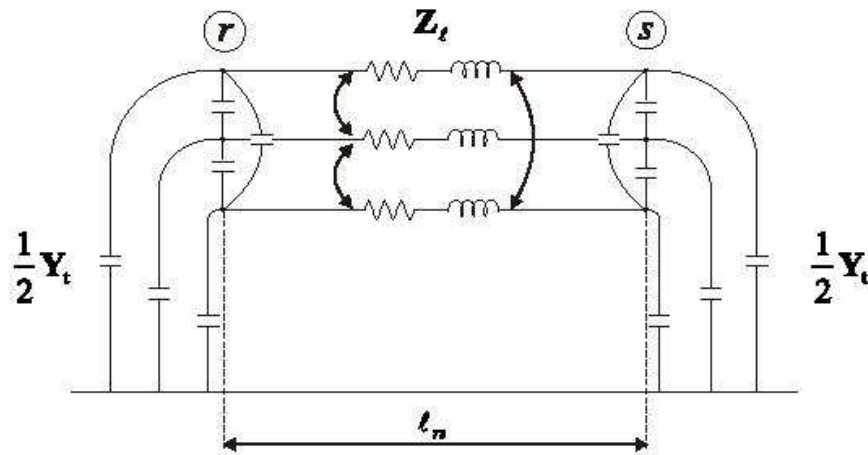


Figura 3.10 – Representação de uma de Linha de Distribuição Aérea

$$Z_l = R + j\omega L = \begin{bmatrix} Z_{l(aa)} & Z_{l(ba)} & Z_{l(ca)} \\ Z_{l(ab)} & Z_{l(bb)} & Z_{l(cb)} \\ Z_{l(ac)} & Z_{l(bc)} & Z_{l(cc)} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$Y_t = j\omega C = \begin{bmatrix} Y_{t(aa)} & Y_{t(ba)} & Y_{t(ca)} \\ Y_{t(ab)} & Y_{t(bb)} & Y_{t(cb)} \\ Y_{t(ac)} & Y_{t(bc)} & Y_{t(cc)} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

No banco de dados das companhias de energia elétrica, em geral, já se encontram calculados os parâmetros elétricos dos cabos e equipamentos mais utilizados pela empresa.

Geralmente, estes dados correspondem apenas aos parâmetros longitudinais de seqüência positiva, e zero. Normalmente os parâmetros de seqüência negativa não são fornecidos e, portanto, são considerados iguais

aos de seqüência positiva, mesmo para os equivalentes das fontes. Isso implica em se desprezar os parâmetros transversais das linhas e admitir que

$$Z_{l(p)} = Z_{l(aa)} = Z_{l(bb)} = Z_{l(cc)} \quad (3.4)$$

$$Z_{l(m)} = Z_{l(ab)} = Z_{l(bc)} = Z_{l(ca)} \quad (3.5)$$

$$Y_t = 0 \quad (3.6)$$

onde se obtém no domínio das fases que

$$Z_{l(p)} = \frac{1}{3}(Z_{l(a)} + 2Z_{l(1)}) \quad (3.7)$$

$$Z_{l(m)} = \frac{1}{3}(Z_{l(0)} - Z_{l(1)}) \quad (3.8)$$

onde $Z_{l(0)}$ e $Z_{l(1)}$ são as impedâncias de seqüência zero e positiva, respectivamente. O mesmo raciocínio é utilizado para a obtenção dos modelos para as linhas bifásicas e monofásicas, uma vez que os parâmetros de seqüência são calculados como se as linhas fossem trifásicas.

3.4.2 – Representação das Cargas

Um sistema de distribuição típico é constituído por diversas cargas laterais situadas ao longo das redes de distribuição, cargas ligadas a transformadores instalados, tanto em ramais laterais, quanto no tronco principal dos alimentadores. A determinação do valor exato dessa impedância, exigiria o conhecimento do carregamento atual de cada transformador, no momento do curto-circuito.

Cada um desses transformadores, que pode ser monofásico, bifásico ou trifásico, possui um carregamento cujo comportamento é dinâmico, variando conforme o dia e a hora. Em termos práticos, é difícil de se obter seu valor atual e é esperado que isto implique em erros adicionais no processo de localização.

Neste trabalho, as cargas foram representadas por elementos de impedância constantes, sendo elas trifásicas, bifásicas ou monofásicas e a influência das variações desse parâmetro na precisão do método não foi considerada.

3.4.3 – Aquisição dos Dados

Do xOMNI obtêm-se com precisão de milisegundos os tempos de abertura e fechamento dos disjuntores e religadores (figura 3.4). Do Gemini obtêm-se os valores de curto circuito dos pontos notáveis (chaves e equipamentos) da linha de distribuição que são identificados através das coordenadas UTM (Universal Transversal of Mercator-figura 3.2). Foram criadas tabelas de tempo versus corrente para disjuntores e religadores em função da característica de temporização, do *tap*, *dial* e da corrente de curto circuito. Os dados dessas tabelas são obtidos utilizando-se a equação 3.1 quando a linha de distribuição é protegida por disjuntores, e das curvas características dos fabricantes quando protegidas por religadores.

3.4.4 – Localização da Falta na Linha de Distribuição

O algoritmo do programa LOCFALT, manipula de forma conjunta e direta os bancos do sistema Scada (xOMNI), do sistema de GIS (Gemini) e da curva de tempo versus corrente (IEEE Standard Inverse-Time).

Após, constatado pelo despachante do COD o término do ciclo de operação do disjuntor e sua abertura por proteção, obtem-se no SOE (Seqüência de Operação de Eventos) que é gerado pelo sistema xOMNI os tempos em milésimos de segundo de abertura, fechamento e o “tempo morto” do disjuntor ou do religador, bem como o tempo do *trip* do(s) relé(s).

Conhecendo-se o tempo de atuação da proteção em cada religamento (fechamento e abertura), a característica de temporização, o *tap* e o *dial* do relé, calcula-se o valor aproximado da corrente de curto-circuito que provocou a

abertura do disjuntor, através da curva de tempo versus corrente (IAC-51 Standard Inverse-Time - figura 3.11). Se a linha de distribuição é protegida por disjuntor utiliza-se a curva da figura 3.11, se protegido por religadores utiliza-se a curva característica de atuação fornecida pelo fabricante, conforme figura 3.12.

A comparação da leitura do valor aproximado da corrente de curto circuito obtida na curva tempo versus corrente com os valores calculados nos pontos notáveis do alimentador disponíveis no sistema Gemini, figura-2.3 demonstrados no capítulo 2, possibilita a determinação dos prováveis locais da falta.

Devido a grande extensão da rede de média tensão destas linhas de distribuição estabeleceram-se como localizações corretas os pontos indicados pelo algoritmo do provável local da falta que estiverem situados a um raio máximo de 5% da extensão total da rede de média tensão em relação ao ponto da falta. Foi estabelecida uma faixa de variação de corrente de curto-circuito de 300 A para redes urbanas e 500 A para redes rurais.



Figura 3.11 – Curvas Característica do Relé de Sobrecorrente IAC-51

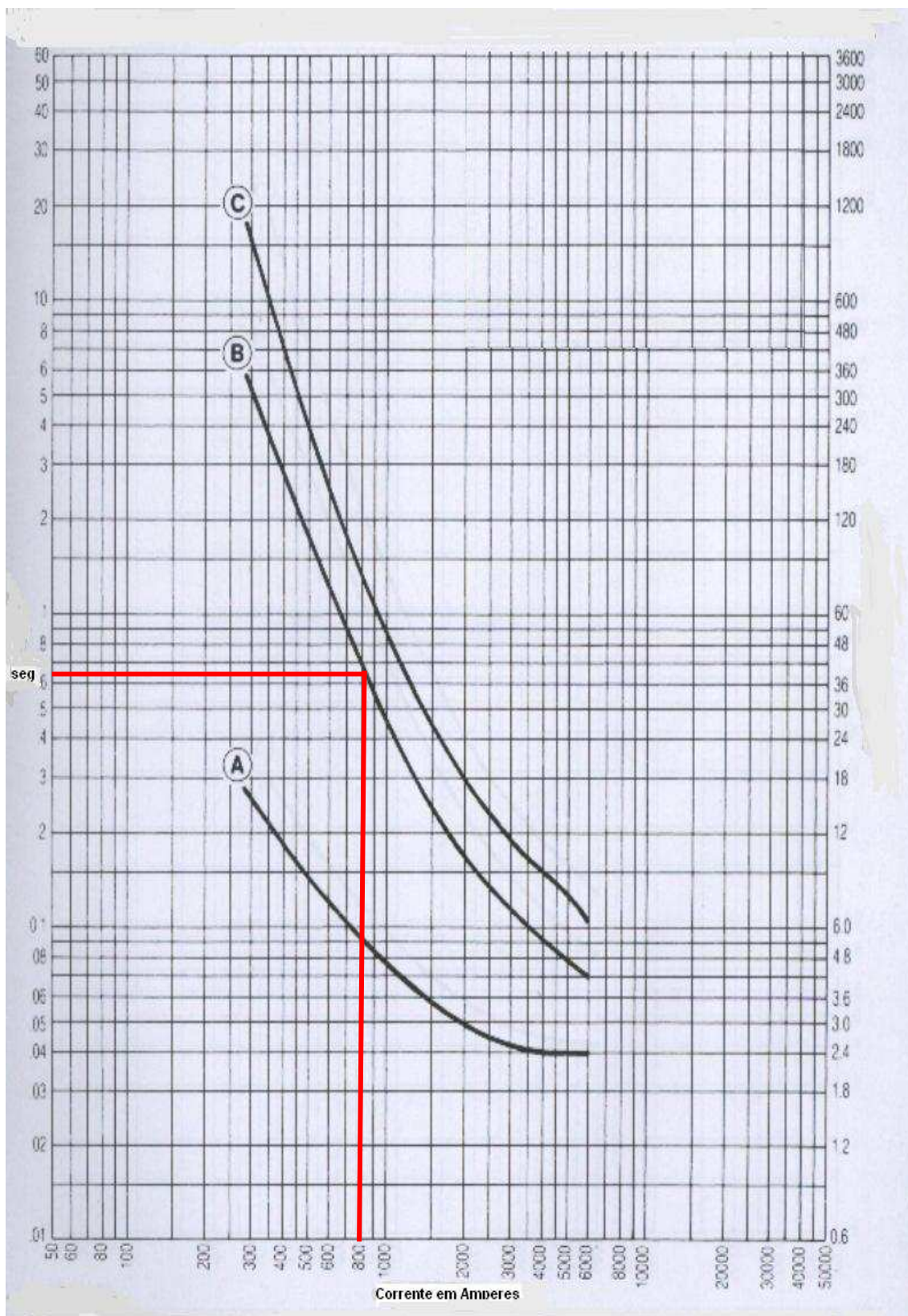


Figura 3.12 – Curvas Característica de Religadores KFE

3.5 – Telas do LOCFALT

As tabelas das curvas tempo versus corrente das proteções de cada disjuntor criadas utilizando as equações 3.1, o SOE (Seqüência de Operação e Eventos) do xOMNI e os dados da topologia de rede de todos os alimentadores do Gemini compõem a base de dados do LOCFALT.

A figura-3.13 apresenta a primeira tela do LOCFALT onde é informada a subestação, o alimentador, o dia e horário da ocorrência. Essas informações serão utilizadas para a montagem da TAG (nomenclatura das entidades da base de dados - digital ou analógica) que identifica o disjuntor ou o religador que será pesquisado nos bancos de dados do sistema xOMNI.

A imagem mostra uma interface gráfica de usuário para o sistema de localização de falta em LD. O título da janela é "Sistema de Localização de Falta em LD". O formulário contém os seguintes campos:

- Estação : BETIM 3 (menu suspenso)
- Alimentador : BETT 309 (menu suspenso)
- Data : 13/05/2006 (campo de texto)
- Hora : 09:47:00 (campo de texto)
- Botão "Montar dado" (botão de ação)

Figura 3.13 – Tela de entrada de dados do LOCFALT

Em seguida, na tela de importação do LOCFALT, mostrada na figura 3.14, é gerada a TAG (no exemplo BETT309F4R_ED), que é associada ao arquivo.txt do xOMNI o qual contém todas as ocorrências no sistema de distribuição do dia informado na primeira tela, bem com os dados referentes aos tempos de abertura, fechamento dos disjuntores e os tempos de partida dos relés de proteção.

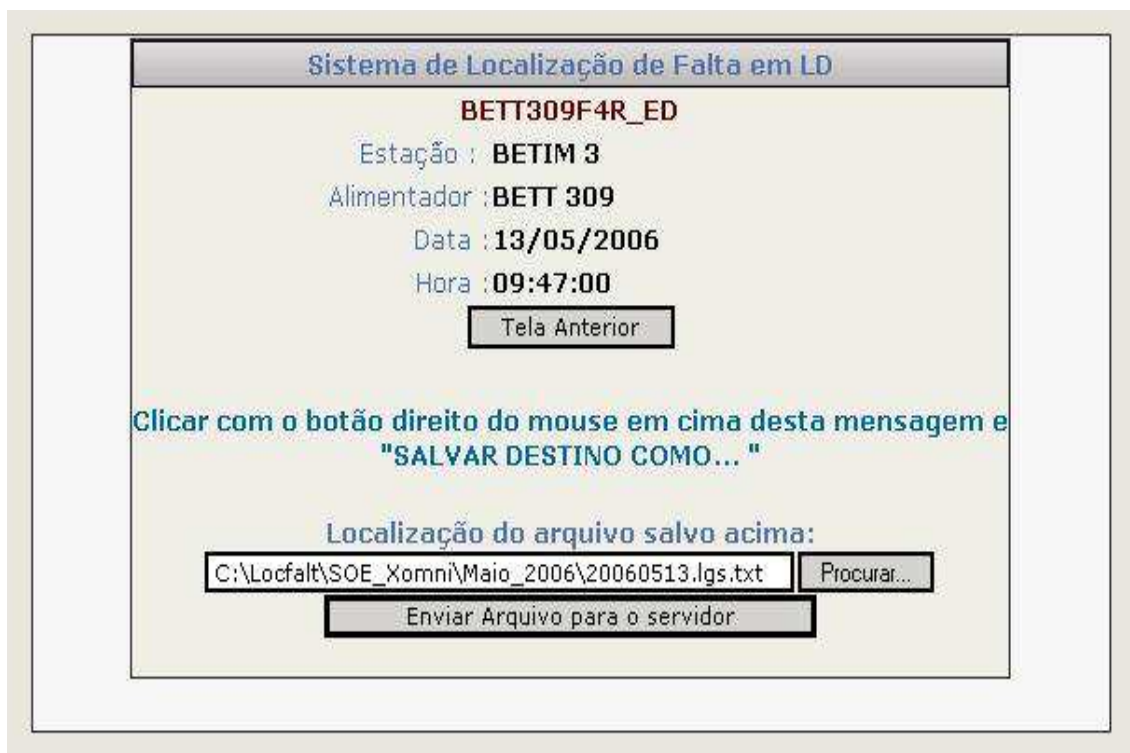


Figura 3.14 – Tela de integração do Xomni ao LOCFALT

Depois de identificada a ocorrência no arquivo.txt importado do Xomni, calculam-se os tempos dos religamentos automáticos (RAs), que na maioria dos disjuntores e religadores estão ajustados para três tentativas. Faz-se então a subtração entre o tempo do fechamento do disjuntor e o tempo de abertura do disjuntor por proteção para obtenção do tempo de atuação da proteção. Obtém-se também o “tempo morto” do disjuntor, através da subtração do tempo de abertura por proteção e o tempo de fechamento através do relé de religamento, neste caso é verificado se os tempos do relé de religamento estão conforme ajustado.

O relé comanda automaticamente o religamento do disjuntor após este ter sido aberto pelo relé de sobrecorrente instantâneo ou temporizado, com o número de operação variando de um e no máximo quatro religamentos. Na figura 3.15, coluna Tempo (F), verifica-se que o relé está ajustado para três religamentos automáticos em 15s, 40s e 60s e os valores verificados no LOCFALT 15,838 s, 40,787 s e 60,817 s, estão dentro dos limites de erros aceitáveis, determinados pelo fabricante.

Com os tempos de atuação da proteção (coluna Tempo-A) o operador pode escolher qual ou quais serão utilizados na localização da falta. Verifica-se também a atuação das proteções se pela unidade instantânea ou temporizada, a característica do curto circuito, se franco ou alta impedância, uma vez que neste caso, os tempos de abertura do disjuntor são discrepantes, além poder optar pela média dos tempos de abertura. (figura 3.15).

Estampa de Tempo do SOE

BETT309F4R_ED

Estação : **BETIM 3**
 Alimentador : **BETT 309**
 Data : **13/05/2006** Hora : **09:30**

Relação tempo extraído do SOE (Diário)

RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	09:47:51.266			
<input checked="" type="checkbox"/>		09:48:07.104		00:00:15.838
	09:48:07.929		00:00:00.825	
<input checked="" type="checkbox"/>		09:48:48.716		00:00:40.787
	09:48:49.543		00:00:00.827	
<input checked="" type="checkbox"/>		09:49:50.360		00:01:00.817
	09:49:51.176		00:00:00.816	
<input type="checkbox"/>		11:13:09.396		01:23:18.220

Selecionar Tempos

Tela Inicial

Figura 3.15 – Tela dos Tempos de Atuação das Proteções

O algoritmo permite a escolha da proteção (fase ou de terra), do tempo de abertura do disjuntor (se 1º RA, ou o 2º RA e o 3º RA, etc.), que serão utilizados na localização do provável local da falta. A partir do(s) tempo(s) de abertura(s) colhido(s), da(s) proteção(ões) e da faixa de corrente o sistema localiza os prováveis pontos da falta. Nessa etapa, é realizada a consulta entre as soluções determinadas pelo algoritmo e o sistema real (figura - 3.16).

The screenshot displays a software interface for SOE time printing. At the top, it shows the station name 'BETT309F4R_ED' and the substation 'Estação : BETIM 3'. Below this, it lists the feeder 'Alimentador : BETT 309' and the current date and time 'Data : 13/05/2006 Hora : 09:30'. A central table titled 'Tempos verificados' lists the times for three relays: 1º RA (00:00:00.825), 2º RA (00:00:00.827), and 3º RA (00:00:00.816), with a calculated average 'Média' of 00:00:00.823. Below the table are controls for 'Executar cálculo por', including dropdown menus for '1º RA' and 'Relé de Fase'. A 'Faixa de Corrente' section features a '+ ou -' sign, a text input field containing '300', and an 'A' unit indicator. At the bottom, there are buttons for 'Localizar possíveis causas' and 'Tela Inicial'.

Tempos verificados	
1º RA	00:00:00.825
2º RA	00:00:00.827
3º RA	00:00:00.816
Média	00:00:00.823

Figura 3.16 – Tela com os Tempos de Religamentos

A faixa de corrente determina o intervalo de consulta (largura de faixa – Bandwidth) que o algoritmo faz ao relatório de dados físicos do Gemini (figura 3.2), considerando como referência a corrente de curto-circuito estimada (figura 3.17) a partir do religamento automático (RA) escolhido.

A figura 3.17 apresenta as informações da pesquisa feita pelo LOCFALT, onde estão relacionadas as chaves e equipamentos do alimentador com o respectivo endereço que apresentam a maior probabilidade de ser o local da falta e, associado a isto, também possui a indicação dos valores de corrente (pontos notáveis) da linha de distribuição. A correlação com os locais das chaves pode permitir também uma adequada coordenação das manobras para a pronta determinação do trecho defeituoso da rede, que constitui uma ferramenta muito importante para as equipes dos CODs.

Estampa de Tempo do SOE		
BETT309F4R_ED		
Estação : BETIM 3		
Alimentador : BETT 309		
Data : 13/05/2006 Hora : 09:30		
Tempo SOE: 00:00:00.825 / Corrente de Curto verificada : 2700 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fusível Nº : [62103]	RRUA MARECHAL HUMBERTO C SILV	2961
Faca Unipolar Nº : [62264]	RRUA DO ROSARI	2923
Chave Fusível Nº : [65019]	RROSARIO,D	2791
Faca Unipolar Nº : [62224]	RRUA DO ROSARI	2774
Faca Unipolar Nº : [63648]	RRUA DO ROSARI	2753
Chave Fusível Nº : [63599]	RRUA DO ROSARI	2743
Chave Fusível Nº : [62614]	PPRAÇA S/O CRISTAVI	2527
Chave Fusível Nº : [63655]	RRUA TUPACIGUAR	2473
Faca Unipolar Nº : [63645]	RRUA DO ROSARI	2485
Chave Fusível Nº : [62747]	RRUA SILVA LOB	2414
Chave Fusível Nº : [63425]	RRUA REDELVIM ANDRAD	2576
Chave Fusível Nº : [64322]	RRUA PEDRO DA SILVA FORTE	2629
Chave Fusível Nº : [63599]	RRUA DO ROSARI	2729
Chave Fusível Nº : [65019]	RROSARIO,D	2870
Chave Fusível Nº : [62103]	RRUA MARECHAL HUMBERTO C SILV	2968
Tela Inicial		

Figura 3.17 – Chaves e Equipamentos – Provável Local da Falha

3.6 – Considerações Finais

As redes de distribuição típicas das empresas distribuidoras de energia elétrica apresentam uma característica muito heterogênea, pois são constituídas por diversas ramificações, com diferentes bitolas de condutores, e possuem cargas laterais situadas ao longo do alimentador principal e de suas derivações.

As interrupções provocam diversos transtornos tanto às empresas quanto à população, afetando o cotidiano e comprometendo serviços essenciais. Na prática, seus efeitos devem ser minimizados através de ações

preventivas e/ou corretivas, que permitam a prestação de um serviço com qualidade, sem que isto, necessariamente, represente num ônus na tarifa dos consumidores.

Portanto, diante de uma interrupção no fornecimento provocada por um curto-circuito permanente em sua rede de distribuição de energia elétrica, é de interesse das companhias que o restabelecimento do fornecimento aconteça da maneira mais rápida possível, sem que isto represente numa elevação dos custos operacionais e em riscos para os seus clientes.

Os equipamentos dedicados à determinação dos locais destas ocorrências, contribuem para o rápido reparo e restabelecimento do sistema como um todo, reduzindo o tempo médio das interrupções. Desta forma, é desejável aos CODs dispor de ferramentas que realizem de forma automática esta tarefa, contribuindo com o trabalho das equipes de manutenção, uma vez que não seria mais necessário percorrer grandes extensões da rede para encontrar o local exato do distúrbio.

O LOCFALT foi concebido como uma ferramenta para auxiliar o trabalho dos despachantes do COD na gestão do restabelecimento de linhas de distribuição, disponibilizando informações dos trechos a serem percorridos pelas equipes de manutenção para localização real do curto.

Na prática, vários fenômenos acontecem simultaneamente durante a dinâmica de um curto-circuito real e são difíceis de serem modelados nos programas para a simulação de transitórios eletromagnéticos, sem que estes introduzam erros adicionais no processo de localização. Podem existir ainda outros fatores complicadores, por isto optou-se pela a validação do sistema localizador proposto fosse feita a partir de dados reais de faltas.

CAPÍTULO 4

CASOS REAIS

4.1 – Introdução

Foram avaliados sessenta casos em linhas de distribuição de 13,8 kV da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, compreendendo diversos tipos de faltas causadas por diferentes agentes, permitindo avaliar sua precisão e robustez.

As redes de média tensão das linhas de distribuição da empresa possuem em média 15 km para os circuitos urbanos e 90 km para os circuitos rurais. Devido a essa grande extensão, foram considerados como localizações corretas, os pontos indicados pelo algoritmo do provável local da falta os que estiverem situados a um raio máximo de 5% da extensão total da rede de média tensão em relação ao ponto da falta. Para uma linha de distribuição que possui uma rede de média tensão com extensão de 10 km, foi considerada como localização correta, se os pontos indicados pelo algoritmo com o provável local da falta estiverem a uma distância máxima de 500 metros do local da falta, seja circuito urbano ou rural.

O Anexo A apresenta os resultados da localização da falta para os casos reais avaliados, onde são apresentados, além da localização, o tempo de atuação dos relés de proteção, os valores de corrente de curto-circuito no ponto da falta calculada pelo Gemini e pelo LOCFALT, o relé utilizado na localização e em que ciclo de religamento. A resistência de falta não foi estimada.

Neste trabalho é apresentada de forma detalhada a aplicação do LOCFALT para 13 casos reais em linhas de distribuição protegidas por relés (disjuntores) e religadores. Foram utilizados todos os tempos de abertura na localização. Os dez primeiros casos apresentam as localizações corretas do algoritmo e nos três últimos os casos o algoritmo não localizou a falta.

4.2 – Resultados – Localizações Corretas

Os resultados obtidos foram satisfatórios, onde em 70% dos casos a localização das faltas foi considerada correta, tendo sido confirmada em campo pelas equipes de manutenção.

4.2.1 – Análise 01

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “a” e “c” e “c” para a terra, causada por um ato de vandalismo, onde um morador de um prédio jogou um saco de lixo sobre a média tensão provocando no primeiro instante o curto circuito entre fases e em seguida um curto entre fase e terra. Houve o rompimento do condutor da fase “c”, cabo 1/0 AWG de média tensão.

A figura 4.2.1(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2.

Observa-se que os tempos estão ajustados conforme programado, neste caso 2s no 1º RA, 40 s no 2º RA e 60 s no 3º RA.

Estampa de Tempo do SOE				
BHR21F4_ED				
Estação : HORTO				
Alimentador : BHR 21				
Data : 27/03/2005 Hora : 02:45				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	02:51:39.352			
<input checked="" type="checkbox"/>		02:51:41.546		00:00:02.194
	02:51:41.829		00:00:00.283	
<input checked="" type="checkbox"/>		02:52:24.898		00:00:43.069
	02:52:25.682		00:00:00.784	
<input checked="" type="checkbox"/>		02:53:27.328		00:01:01.646
	02:53:28.081		00:00:00.753	
<input type="checkbox"/>		03:34:19.888		00:40:51.807

Figura 4.2.1(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A Figura 4.2.1(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos do 2º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta.

Os cálculos foram feitos para os relés de fase e de neutro. Também foram utilizados os tempos do 1º religamento e a média dos tempos na análise. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300A.

Estampa de Tempo do SOE	
BHHR21F4_ED	
Estação : HORTO	
Alimentador : BHHR 21	
Data : 27/03/2005 Hora : 02:45	
Tempos verificados	
1º RA	00:00:00.283
2º RA	00:00:00.784
3º RA	00:00:00.753
Média	00:00:00.607
Executar cálculo por	
3º RA ▾	Relé de Fase ▾
Faixa de Corrente	
+ ou -	<input type="text" value="300"/> A
<input type="button" value="Localizar possíveis causas"/>	

Figura 4.2.1(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

As Figuras 4.2.1(c) e 4.2.1(d) apresentam respectivamente os resultados da pesquisa dos prováveis locais onde ocorreu a falta, utilizando-se o tempo do 2º RA com a curva de relé de fase e o do 3º RA com a curva do relé de neutro.

Observa-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos. Foram feitas todas as simulações possíveis com os tempos dos RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.

Tempo SOE: 00:00:00.784 / Corrente de Curto verificada : 3060 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Faca Unipolar Nº : [13819]	RR IDELFONSO ALVIM 426 B DA GRAC	3327
Chave Fusível Nº : [8277]	RR ILDEFONSO ALVIM 245 RENASCENC	3234
Chave Fusível Nº : [7869]	RR HORTA BARBOSA 33	3111
Chave Fusível Nº : [7869]	RR HORTA BARBOSA 33	3122
Faca Unipolar Nº : [13809]	RR SAO GONCALO 857 NOVA FLOREST	3187
Chave Fusível Nº : [4412]	RR SAO GONCALO 1073 NOVA FLOREST	3100
Chave Fusível Nº : [4412]	RR SAO GONCALO 1073 NOVA FLOREST	3088
Chave Fusível Nº : [8935]	RRUA SAO CLARET - 418 C/PC BERN.TOL	2801
Chave Fusível Nº : [8935]	RRUA SAO CLARET - 418 C/PC BERN.TOL	2808
Faca Unipolar Nº : [10818]	RRUA BOTUCATU 69 RENASCENC	3065
Chave Fusível Nº : [3269]	RRUA HORTA BARBOSA 523 P/RUA BOTU	2979
Faca Unipolar Nº : [1223]	RRUA BOTUCATU 200 RENASCENC	2921
Faca Unipolar Nº : [1576]	RR BOTUCATU 440 C/JACUI RENASCENC	2862
Chave Fusível Nº : [3268]	RRUA PANEMA 555 PROX RUA TEF	2774
Chave Fusível Nº : [3267]	RR PANEMA 605 ESQ C/ R BOTUCAT	2809
Faca Unipolar Nº : [2434]	RRUA HORTA BARBOSA 622 RENASCENC	2974
Chave Fusível Nº : [3284]	RRUA CACONDE 71 PROX RUA HORTA BAR	2874
Chave Fusível Nº : [7674]	RRUA JURUA ESQ. C/ JATA	3280
Chave Fusível Nº : [7674]	RRUA JURUA ESQ. C/ JATA	3265
Faca Unipolar Nº : [13896]	AAV CRISTIANO MACHADO 1284 SILVEIR	3334
Faca Unipolar Nº : [3287]	RR BIAGIO POLIZZI 80 B SILVEIR	3248
Chave Fusível Nº : [9433]	BBIAGIO POLIZZI SILVEIR	3111

Figura 4.2.1(c) – Prováveis Locais da Falta - 2º RA-Curva do relé de fase

Tempo SOE: 00:00:00.753 / Corrente de Curto verificada : 2360 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fusível Nº : [8277]	RR ILDEFONSO ALVIM 245 RENASCENC	2607
Chave Fusível Nº : [7869]	RR HORTA BARBOSA 33	2463
Chave Fusível Nº : [7869]	RR HORTA BARBOSA 33	2476
Faca Unipolar Nº : [13809]	RR SAO GONCALO 857 NOVA FLOREST	2562
Chave Fusível Nº : [4412]	RR SAO GONCALO 1073 NOVA FLOREST	2469
Chave Fusível Nº : [4412]	RR SAO GONCALO 1073 NOVA FLOREST	2454
Chave Fusível Nº : [8935]	RRUA SAO CLARET - 418 C/PC BERN.TOL	2137
Chave Fusível Nº : [8935]	RRUA SAO CLARET - 418 C/PC BERN.TOL	2145
Faca Unipolar Nº : [10818]	RRUA BOTUCATU 69 RENASCENC	2431
Chave Fusível Nº : [3269]	RRUA HORTA BARBOSA 523 P/RUA BOTU	2335
Faca Unipolar Nº : [1223]	RRUA BOTUCATU 200 RENASCENC	2280
Faca Unipolar Nº : [1576]	RR BOTUCATU 440 C/JACUI RENASCENC	2220
Chave Fusível Nº : [3268]	RRUA PANEMA 555 PROX RUA TEF	2127
Chave Fusível Nº : [3267]	RR PANEMA 605 ESQ C/ R BOTUCAT	2163
Faca Unipolar Nº : [1574]	RR BOTUCATU 766 P/R ITU RENASCENC	2074
Faca Unipolar Nº : [2434]	RRUA HORTA BARBOSA 622 RENASCENC	2332
Faca Unipolar Nº : [2309]	RRUA HORTA BARBOSA 933 RENASCENC	2060
Chave Fusível Nº : [3284]	RRUA CACONDE 71 PROX RUA HORTA BAR	2223
Chave Fusível Nº : [7674]	RRUA JURUA ESQ. C/ JATA	2655
Chave Fusível Nº : [7674]	RRUA JURUA ESQ. C/ JATA	2637
Faca Unipolar Nº : [3287]	RR BIAGIO POLIZZI 80 B SILVEIR	2633
Chave Fusível Nº : [9433]	BBIAGIO POLIZZI SILVEIR	2473

Figura 4.2.1(d) – Prováveis Locais da Falta - 3º RA-Curva do relé de Neutro

A figura 4.2.1(e) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis, que foram estimados nas simulações do LOCFALT no 2º e 3º RA para as curvas dos relés de fase e de neutro.

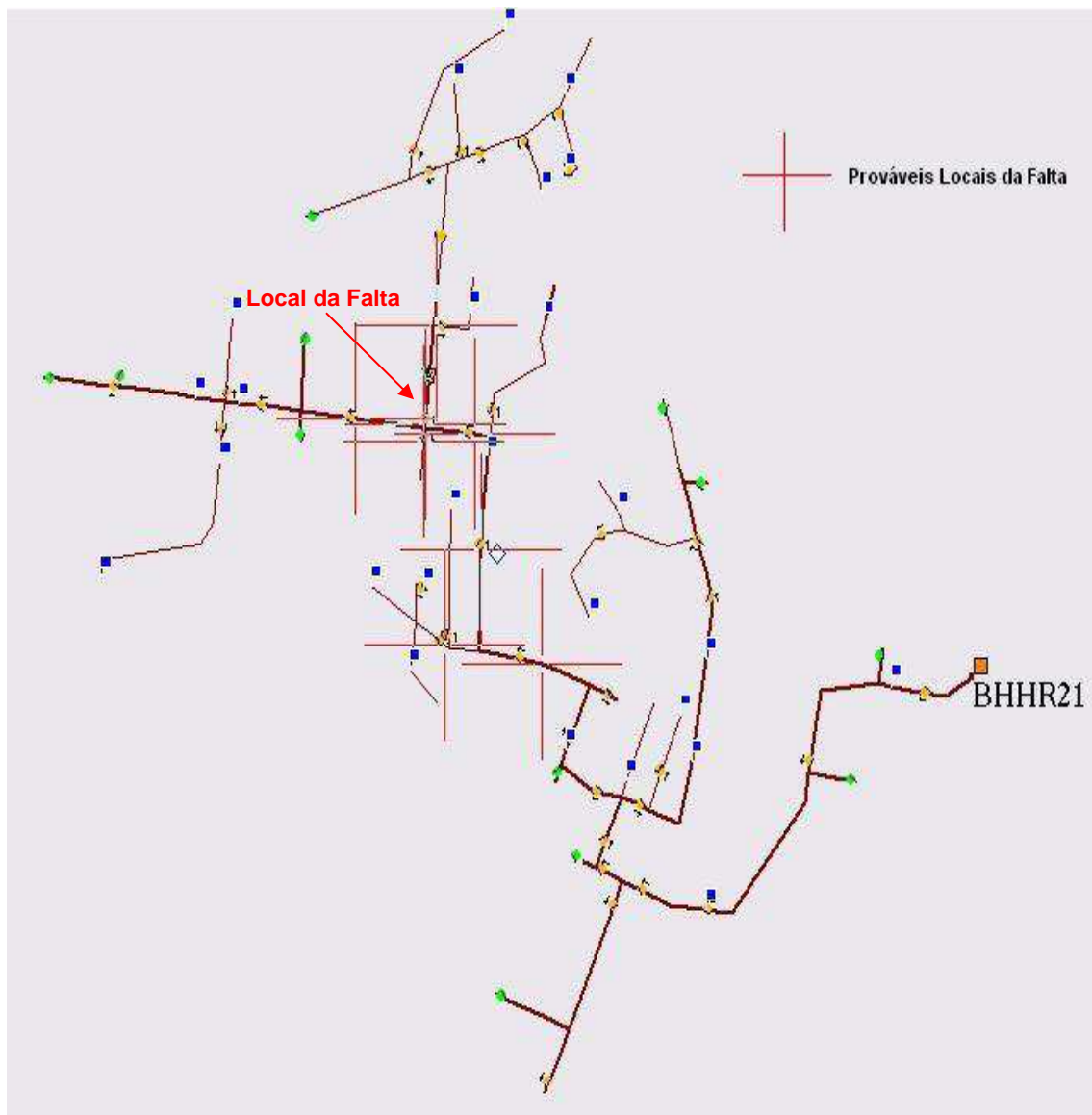


Figura 4.2.1(e) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto circuito apresentadas nas simulações dos tempos do 2º e 3º religamento, para as proteções de fase e de terra, foram muito bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 800 metros e no mínimo 50 metros. Estas informações repassadas a equipe de manutenção reduziram a área de

inspeção e conseqüentemente o tempo de restabelecimento da energia elétrica aos consumidores.

Na tabela 4.2.1, verifica-se que os valores de corrente de curto-circuito estimados simulados no LOCFALT estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Observa-se também que uma atuação rápida da proteção no 1º RA caracteriza uma atuação de unidade instantânea, que neste disjuntor está ajustada para uma corrente de 3000 A.

No modelo de proteção adotado nas linhas de distribuição da CEMIG, a unidade instantânea é ajustada para proteger 80% do trecho compreendido entre sua localização (subestação) e o ponto de instalação do primeiro equipamento de proteção ajusante. As unidades instantâneas trabalham com dois ajustes: corrente mínima de atuação e um tempo de atuação previamente definido. Os relés eletromecânicos não permitem o controle de tempo, isto é, atuam em um tempo muito pequeno da ordem de milisegundos, com valor de corrente elevado. Portanto, se a unidade operada for a unidade instantânea (U.I.), então o defeito deve estar mais próximo da subestação.

Em vista do exposto, e analisando os valores de curto circuito das simulações dos tempos do 2º e 3º religamento, verificou-se que os valores apresentados estão próximos ao da unidade instantânea. Fato que permitiu considerarmos também na localização todos os pontos notáveis da linha de distribuição onde os valores da corrente de curto-circuito estão próximos a 3000A.

Tabela 4.2.1 - Resultados da localização de falta na LD – BHR-21

Alimentador	BHR-21	Horário	2:53	Data	27/3/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	0,283	3.071	2.443	U.I.	U.I.
2º RA	0,784			3.060	2.210
3º RA	0,754			3.200	2.360
Média	0,607			4.210	3.650

4.2.2 – Análise 02

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “b” e “c” e “a” para a terra, causado por descarga atmosférica que provocou no primeiro instante o curto-circuito entre fases e em seguida envolvendo terra. Houve o rompimento do condutor da fase “a” na conexão do cabo 336,4 MCM da média tensão. Neste dia chovia muito e ventava forte.

A figura 4.2.2(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Observa-se 3º religamento automático foi feito manualmente pelo despachante dois minutos e trinta e seis segundo após o segundo religamento.

Estampa de Tempo do SOE				
BHJT2F4_ED				
Estação : JATOBA				
Alimentador : BHJT 2				
Data : 29/12/2004 Hora : 18:50				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	18:50:59.794			
<input checked="" type="checkbox"/>	18:51:09.064	18:51:07.686	00:00:01.378	00:00:07.892
<input checked="" type="checkbox"/>	18:51:51.302	18:51:49.853	00:00:01.449	00:00:40.789
<input type="checkbox"/>	18:54:28.952	18:54:27.501	00:00:01.451	00:02:36.199
<input type="checkbox"/>		19:10:04.649		00:15:35.697
<input type="button" value="Selecionar Tempos"/>				
<input type="button" value="Tela Inicial"/>				

Figura 4.2.2(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A Figura 4.2.2(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de atuação da proteção para o 1º e 2º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta. As simulações foram feitas para os relés de fase e de neutro. Também foram utilizados os tempos da média dos tempos com o 3º religamento. Apesar de manual o tempo de abertura da proteção verificado no SOE foi próximo ao do 1º e 2º RAs, conforme pode ser observado na figura 4.2.2(a), última linha da coluna – Tempo (A). Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 200A.

The screenshot displays the 'Estampa de Tempo do SOE' (SOE Time Stamp) interface for station BHJT2F4_ED. It shows the station name 'JATOBA', feeder 'BHJT 2', and the date/time '29/12/2004 18:50'. A table of 'Tempos verificados' (verified times) is shown below, with values for 1st RA (00:00:01.378), 2nd RA (00:00:01.449), and the average (00:00:01.414). The interface includes controls for 'Executar cálculo por' (Execute calculation for) with dropdowns for '1º RA' and 'Relé de Fase', a 'Faixa de Corrente' (Current Range) section with a value of 200 A, and buttons for 'Localizar possíveis causas' (Locate possible causes) and 'Tela Inicial' (Home Screen).

Tempos verificados	
1º RA	00:00:01.378
2º RA	00:00:01.449
Média	00:00:01.414

Figura 4.2.2(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

As figuras 4.2.2(c) e 4.2.2(d) apresentam respectivamente os resultados da pesquisa dos prováveis locais onde da falta, utilizando o tempo da proteção para o 1º RA com a curva de relé de fase, e o tempo do 3º RA com a curva do relé de neutro. Observa-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos. Foram feitas todas as simulações possíveis com os

tempos de proteção para todos os RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.



Figura 4.2.2(c) – Prováveis Locais da Falta - 1º RA-Curva do relé de fase



Figura 4.2.2(d) – Prováveis Locais da Falta - 1º RA-Curva do relé de Neutro

A figura 4.2.2(e) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT no 1º e 2º RA para as curvas dos relés de fase e de neutro.

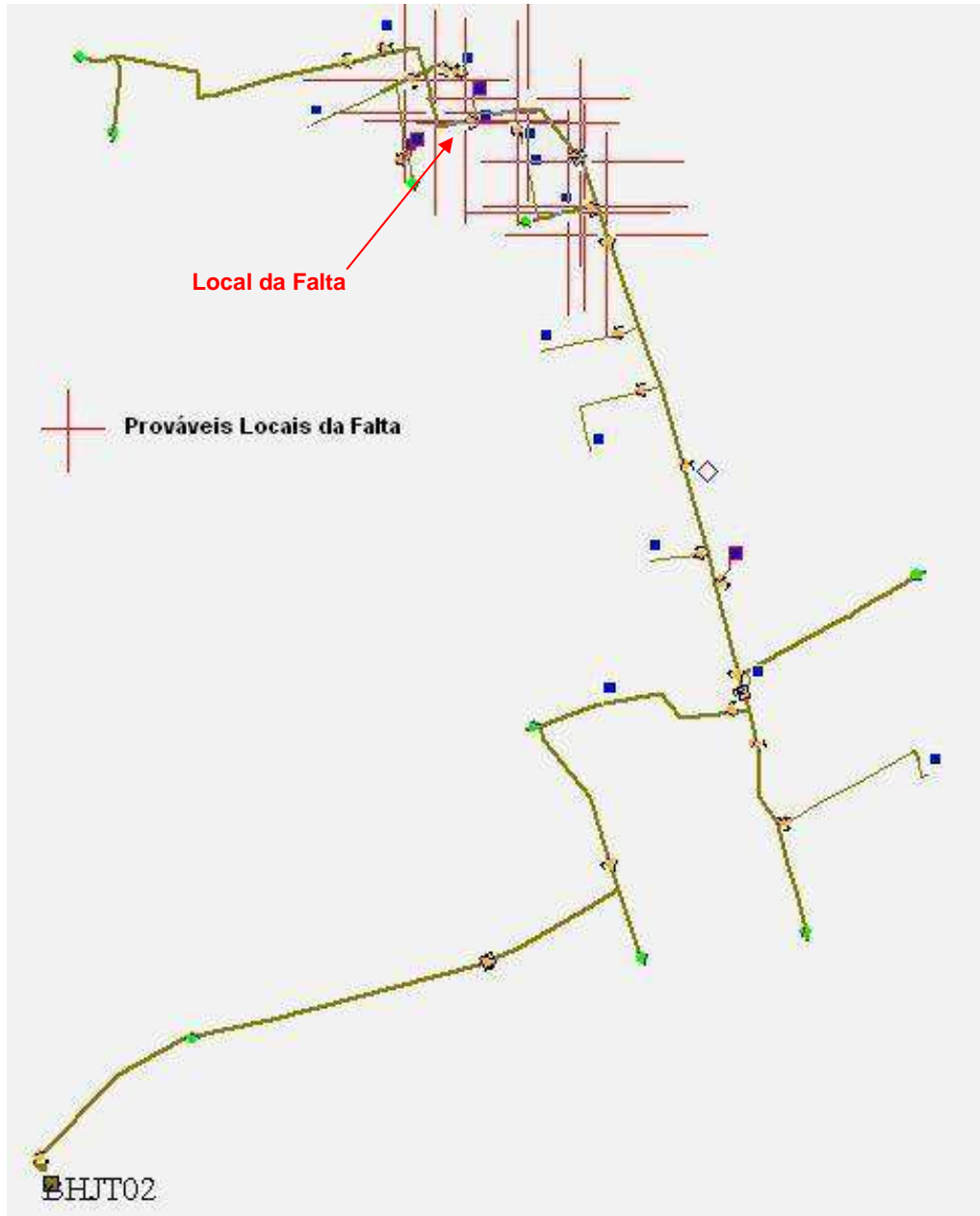


Figura 4.2.2(e) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta, utilizando os valores de correntes de curto-circuito apresentadas nas simulações dos tempos de proteção do 1º e 2º religamento, foram muito bons,

onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 750 metros e no mínimo 100 metros. Essas informações repassadas à equipe de manutenção, reduzem a área de inspeção e conseqüentemente o tempo de restabelecimento da energia elétrica.

Na tabela 4.2.2, verificamos que os valores de corrente de curto-circuito estimados no LOCFALT principalmente pelo relé de fase estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto-circuito das simulações para o 1º e 2º religamento, verificou-se que os valores estão próximos dos valores calculados para o 3º religamento mesmo tendo sido feito de forma manual pelo despachante, fato que permitiu considerarmos também estes pontos na localização.

Tabela 4.2.2 - Resultados da localização de falta na LD – BHJT-02

Alimentador	BHJT-02	Horário	18:49	Data	29/12/2004
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	1,378	2.337	1.698	2.270	1.240
2º RA	1,449			2.200	1.200
3º RA - Manual	1,451			2.220	1.190
Média	1,414			2.240	1.220

4.2.3 – Análise 03

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu por um curto-circuito entre as fases “a”, “b” e “c” e “a” para a terra, causada por abalroamento em poste com circuito duplo, envolvendo duas linhas de distribuição de diferentes subestações (Betim 1 e UT de Igarapé). No primeiro instante, o curto-circuito foi entre fases e em seguida um curto entre fase e terra, pois houve quebra do poste o rompimento de um condutor da fase “a”, cabo 4/0 CA da média tensão.

A Figura 4.2.3(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do religador, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Observa-se que os tempos mortos verificados ocorreram estão conforme programado (15 s, 40 s e 60 s).

Estampa de Tempo do SOE				
BETU14F4R_ED				
Estação : BETIM 1				
Alimentador : BETU 14				
Data : 11/05/2005 Hora : 06:25				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	06:31:34.085			
<input checked="" type="checkbox"/>		06:31:50.092		00:00:16.007
	06:31:50.793		00:00:00.701	
<input checked="" type="checkbox"/>		06:32:31.295		00:00:40.502
	06:32:31.999		00:00:00.704	
<input checked="" type="checkbox"/>		06:33:32.565		00:01:00.566
	06:33:33.284		00:00:00.719	
<input type="checkbox"/>		07:26:48.746		00:53:15.462
Selecionar Tempos				

Figura 4.2.3(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A Figura 4.2.3(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise, verificou-se que os tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta.

Os cálculos foram feitos somente para as proteções de fase, pois esta linha de distribuição é protegida por religadores W. As curvas características de operação de fase para o religador W são a tempo inverso.

Este religador está ajustado com a curva temporizada (B) para operação por fase e curva de tempo definido para a terra. Estes equipamentos podem ser também ajustados com uma ou mais curvas rápidas (curva A) ou curvas temporizadas (B e C). Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300 A.

Estampa de Tempo do SOE
BETU14F4R_ED

Estação : **BETIM 1**
Alimentador : **BETU 14**
Data : **11/05/2005** Hora : **06:25**

Tempos verificados	
1º RA	00:00:00.701
2º RA	00:00:00.704
3º RA	00:00:00.719
Média	00:00:00.708

Executar cálculo por

1º RA ▼ Relé de Fase ▼

Faixa de Corrente

+ ou - A

Figura 4.2.3(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Religador

A figura 4.2.3(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais onde ocorreu a falta, utilizando o tempo de proteção para o 1º, 2º e 3º RA com a curva de fase do religador. Observa-se que não foram utilizados os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na proteção de terra, pois neste tipo de equipamento as curvas de operação de terra são de tempo definido.

Tempo SOE: 00:00:00.701 / Corrente de Curto verificada : 1311 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fusível N° : [101769]	BBR 38	1576
Chave SF6 N° : [101766]	MMARCIA ANTONI	1415
Faca Unipolar N° : [63114]	RRUA CEL GERVA SIO LAR	1363
Faca Unipolar N° : [63113]	RRUA CEL GERVASIO LARA, B. BICA	1280
Chave Fusível N° : [62164]	RRUA MARAJ	1222
Chave Fusível N° : [62164]	RRUA MARAJ	1238
Chave Fusível N° : [62549]	RRUA S/O JOS	1218
Faca Unipolar N° : [62978]	RRUA RUI BARBOS	1182
Chave Fusível N° : [64864]	RRUA OEST	1151
Chave Fusível N° : [13882]	RRUA MATEUS LEM	1163
Faca Unipolar N° : [64476]	RRUA EMMA VALADARE	1054
Faca Unipolar N° : [62461]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1051
Faca Unipolar N° : [63154]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1047
Chave Fusível N° : [10742]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1036
Chave Fusível N° : [62626]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1023
Chave Fusível N° : [62626]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1029
Chave Fusível N° : [10742]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1034
Faca Unipolar N° : [62461]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1034
Chave Fusível N° : [63158]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1044
Chave Fusível N° : [63158]	RRUA RONALDO X L CANÇAD	1045
Chave Fusível N° : [64788]	RRUA GERSINO NOGUEIR	1091
Chave Fusível N° : [62549]	RRUA S/O JOS	1220
Chave Fusível N° : [63090]	AAV MARIA DO CARM	1372

Figura 4.2.3(c) – Prováveis Locais da Falta - Curva do relé de fase

A figura 4.2.3(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT no primeiro, segundo e terceiro religamento, para as curvas de fase do religador.

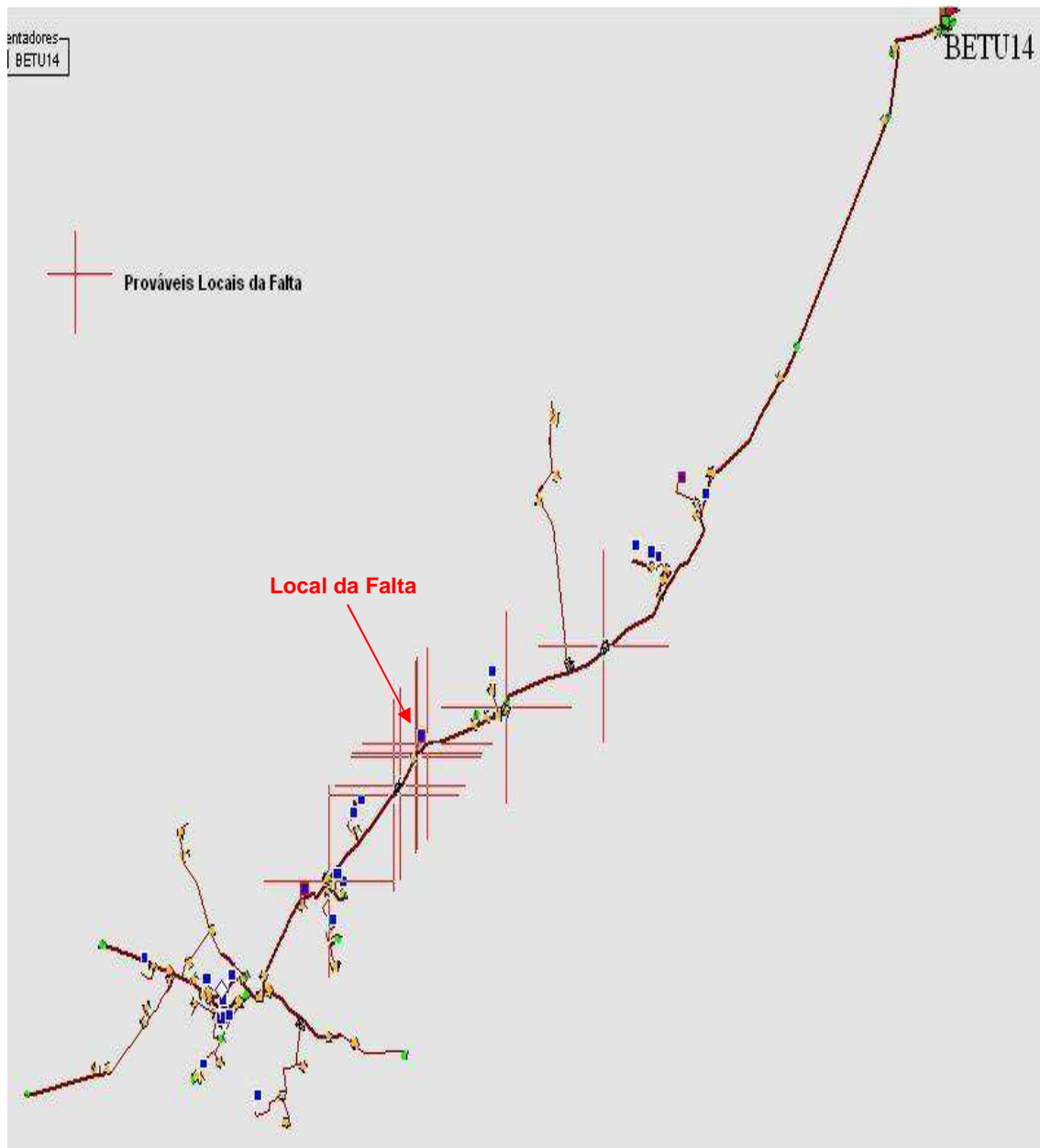


Figura 4.2.3(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto circuito apresentadas nas simulações dos tempos do 1º, 2º e 3º religamentos, foram bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 900 metros e no mínimo 40 metros.

Na tabela 4.2.3, verificamos que os valores de corrente de curto circuito estimados no LOCFALT principalmente pela proteção de fase do religador estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto-circuito das simulações dos tempos do 1º, 2º e 3º religamento, verificou-se que os valores estão próximos, fato que permitiu considerarmos todos os pontos na localização. Não foram consideradas as proteções de terra conforme mencionado anteriormente.

Tabela 4.2.3 - Resultados da localização de falta na LD – BETU-14

Alimentador	BETU-14	Horário	6:33	Data	11/5/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	0,701	1.139	704	1.294	60
2º RA	0,704			1.294	60
3º RA	0,719			1.294	60
Média	0,708			1.294	60

4.2.4 – Análise 04

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu por um curto-circuito entre as fases “a” e “b”, causada por galho de árvore tocando a média tensão, que provocou no primeiro instante o curto circuito entre fases e em seguida rompimento do jumper cabo 4/0 CA na estrutura da chave fase nº. 21345. Neste dia chovia e ventava forte com descargas atmosféricas.

A figura 4.2.4(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do religador, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Observa-se que os tempos mortos verificados ocorreram conforme programado (15 s, 40 s e 60 s).

Estampa de Tempo do SOE				
LGT15F4R_ED				
Estação : LAGOA SANTA				
Alimentador : LGT 15				
Data : 17/01/2005 Hora : 02:40				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	02:45:16.861			
<input checked="" type="checkbox"/>		02:45:32.495		00:00:15.634
	02:45:47.291		00:00:14.796	
<input checked="" type="checkbox"/>		02:46:28.420		00:00:41.129
	02:46:43.541		00:00:15.121	
<input checked="" type="checkbox"/>		02:47:44.057		00:01:00.516
	02:47:58.962		00:00:14.905	
<input type="checkbox"/>		05:47:32.308		02:59:33.346
<input type="button" value="Selecionar Tempos"/>				
<input type="button" value="Tela Inicial"/>				

Figura 4.2.4(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Religador

A Figura 4.2.4(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta.

Os cálculos foram feitos somente para as proteções de fase, pois esta linha de distribuição é protegida por religadores W. Este religador está ajustado com a curva temporizada de tempo inverso (B) para operação por fase e curva de tempo definido para a terra. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 500 A.



Figura 4.2.4(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Religador

A figura 4.2.4(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais da falta, utilizando o tempo da proteção para o 1º, 2º e 3º RA com a curva de fase do religador. Observa-se que não foram utilizados os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na proteção de terra, pois este tipo de religador a as curvas de operação de terra a tempo definido.



Figura 4.2.4(c) – Prováveis Locais da Falta - Curva do relé de fase

A figura 4.2.4(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT no 1º e 2º e 3º RA para as curvas de fase do religador.

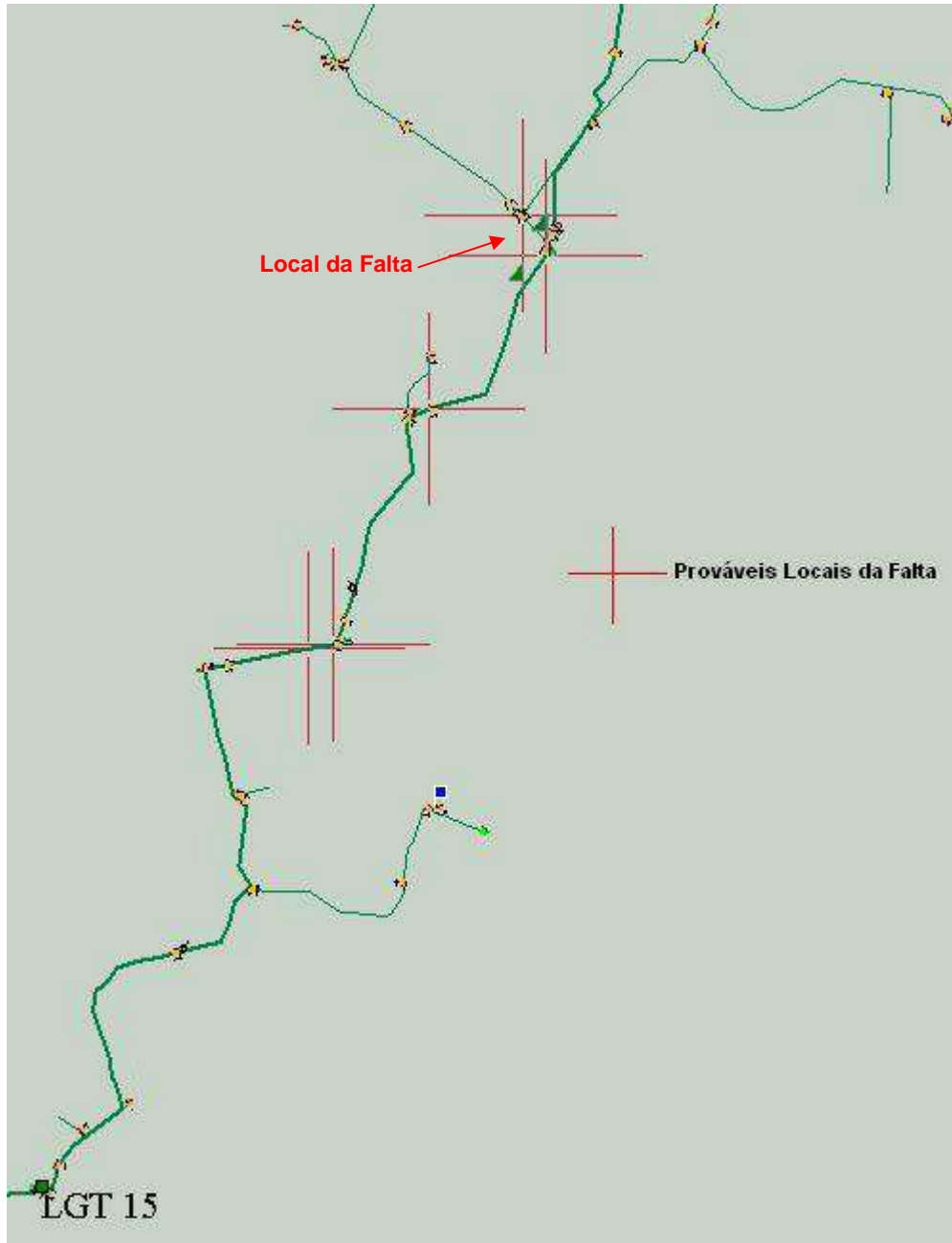


Figura 4.2.4(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta, utilizando os valores de correntes de curto-circuito apresentados nas simulações dos tempos do 1º, 2º e 3º religamento, foram muito bons, onde os

erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 2,5 km metros e no mínimo 400 metros. Ressalta-se que esta linha de distribuição possui 48 km de rede de média tensão, grandes trechos em área rural de difícil acesso, principalmente no período noturno.

Na tabela 4.2.4, verificamos que os valores de corrente de curto-circuito estimados no LOCFALT principalmente pelo relé de fase não estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto circuito das simulações dos tempos do 1º, 2º e 3º religamento mesmo não estando próximos e como se trata de uma linha de distribuição com mais de 70% de sua rede de média tensão em trecho rural de difícil acesso, consideramos uma faixa de corrente de 500A entre os pontos identificados pelo LOCFALT o que permitiu reduzirmos o trecho a ser percorrido pela equipe de manutenção. Não foram consideradas as proteções de terra conforme mencionado anteriormente.

Tabela 5.2.4 - Resultados da localização de falta na LD – LGT-15

Alimentador	LGT-15	Horário	2:48	Data	17/1/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	14,796	502	315	950	70
2º RA	15,121			950	70
3º RA	14,905			950	70
Média	14,941			950	70

4.2.5 – Análise 05

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu por um curto-circuito entre as fases “a” e “c” e “a” para a terra, causada por um abaloamento sem danos para o poste, porém provocou no primeiro instante o curto circuito entre fases e em seguida um curto entre fase e terra devido ao rompimento do condutor da média tensão, fase “a” cabo 2 CA.

A figura 4.2.5(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Observa-se que os tempos estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
BHAD17F4_ED				
Estação : ADELAIDE				
Alimentador : BHAD 17				
Data : 12/09/2005 Hora : 19:00				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	19:13:50.913			
<input checked="" type="checkbox"/>		19:14:06.742		00:00:15.829
	19:14:07.764		00:00:01.022	
<input checked="" type="checkbox"/>		19:14:49.008		00:00:41.244
	19:14:49.929		00:00:00.921	
<input checked="" type="checkbox"/>		19:15:46.626		00:00:56.697
	19:15:47.641		00:00:01.015	
<input type="checkbox"/>		19:52:13.723		00:36:26.082

Figura 4.2.5(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.5(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise, verificou-se que os tempos de proteção para o 1º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta.

Os cálculos foram feitos para os relés de fase e de neutro. Também foram utilizados os tempos da média considerando o segundo religamento na análise. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 200 A.

Estampa de Tempo do SOE
BHAD17F4_ED

Estação : **ADELAIDE**
Alimentador : **BHAD 17**
Data : **12/09/2005** Hora : **19:00**

Tempos verificados

1º RA **00:00:01.022**
2º RA **00:00:00.921**
3º RA **00:00:01.015**

Média **00:00:00.986**

Executar cálculo por

1º RA Relé de Fase

Faixa de Corrente

+ ou - A

Figura 4.2.5(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.5(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais de falta, utilizando o tempo do 1º RA com a curva do relé de fase. Observou-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos quando utilizamos o tempo do 3º RA com a curva do relé de fase. Foram feitas todas as simulações possíveis com os tempos de proteção para todos RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.

Tempo SOE: 00:00:01.022 / Corrente de Curto verificada : 3140 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fufvel Nº : [9172]	RRUA IPOMEIA 765 PEDRO I	3238
Faca Unipolar Nº : [2763]	RRUA SERRA NEGRA 129 SANTO ANDR	3216
Chave Fufvel Nº : [5796]	RRUA SERRA NEGRA 1118 SANTO ANDR	3012
Chave Fufvel Nº : [12662]	RRUA RECIFE 352 NOVA ESPERANC	3048
Chave Fufvel Nº : [6675]	RR LEOPOLDINO OLIVEIRA 717 B.JESU	3020
Chave Fufvel Nº : [5949]	RRUA NATAL 414 BOM JESU	2975
Chave Fufvel Nº : [6675]	RR LEOPOLDINO OLIVEIRA 717 B.JESU	3053
Chave Fufvel Nº : [9172]	RRUA IPOMEIA 765 PEDRO I	3111
Faca Unipolar Nº : [5948]	RR SERRA NEGRA 1702 N ESPERANC	3325
Chave Fufvel Nº : [13303]	AAV AMERICO VESPUCIO 1660 ADELAID	3010

Figura 4.2.5(c) – Prováveis Locais da Falta - 1º RA- Curva do relé de fase

A figura 4.2.5(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis onde ocorreu a falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT no 1º e 3º RA para as curvas dos relés de fase e de neutro.

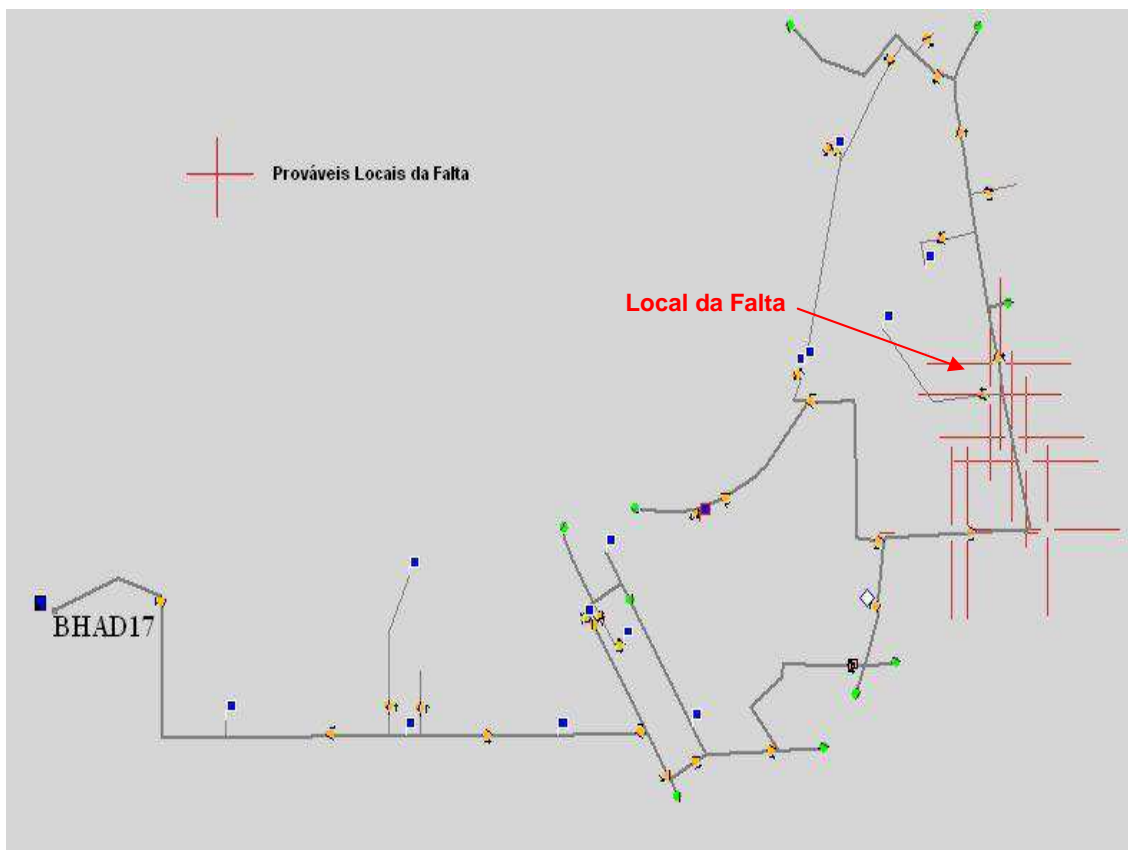


Figura 4.2.5(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto-circuito apresentados nas simulações dos tempos de proteção para o 1º e 3º religamento, foram muito bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 500 metros e no mínimo 200 metros.

Na tabela 4.2.5, verificamos que os valores de corrente de curto circuito estimados no LOCFALT principalmente pelo rele de fase estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto-circuito da simulação para o 2º religamento, apesar do valor apresentado não estar

próximo este contribuiu para a redução da área a ser inspecionada, pois os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 1,1 km e mínimo de 600 metros o que permitiu considerar também este ponto na localização.

4.2.5 - Resultados da localização de falta na LD – BHAD-17

Alimentador	BHAD-17	Horário	19:14	Data	12/9/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	1,022	3.020	2.195	3.140	1.570
2º RA	0,921			3.530	1.770
3º RA	1,015			3.160	1.580
Média	0,986			3.260	1.630

4.2.6 – Análise 06

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “b” e “c” e “c” para a terra, causada por vandalismo onde uma peça de madeira (viga) caiu de um prédio em construção sobre a média tensão. Provocou no primeiro instante o curto circuito entre fases e em seguida um curto entre fase e terra, devido ao rompimento do condutor da média tensão fase “c” cabo 2CA e do condutor do neutro e da fase “a” da baixa tensão. Neste dia chovia muito com ventos fracos.

A Figura 4.2.6(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2.

Estampa de Tempo do SOE				
RBSD217F4_ED				
Estação : NEVES 2				
Alimentador : RBSD 217				
Data : 17/08/2005 Hora : 18:20				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	18:23:39.169			
<input checked="" type="checkbox"/>		18:23:48.065		00:00:08.896
	18:23:48.698		00:00:00.633	
<input checked="" type="checkbox"/>		18:24:50.788		00:01:02.090
	18:24:51.463		00:00:00.675	
<input type="checkbox"/>		19:05:06.235		00:40:14.772

Figura 4.2.6(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.6(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º e 2º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta. As simulações foram feitas para os relés de fase e de neutro. Também foi utilizado o tempo da média dos tempos. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300 A.

Estampa de Tempo do SOE	
RBSD217F4_ED	
Estação : NEVES 2	
Alimentador : RBSD 217	
Data : 17/08/2005 Hora : 18:20	
Tempos verificados	
1º RA	00:00:00.633
2º RA	00:00:00.675
Média	00:00:00.654
Executar cálculo por	
1º RA <input type="button" value="v"/>	Relé de Fase <input type="button" value="v"/>
Faixa de Corrente	
+ ou -	<input type="text" value="300"/> A

Figura 4.2.6(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.6(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais da falta, utilizando o tempo de proteção para o 2º RA com a curva de relé de fase. Observou-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos quando utilizamos os tempos para o 1º RA e da média dos tempos com a curva do relé de fase.

Foram feitas todas os cálculos possíveis com os tempos de proteção para todos os RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.

Tempo SOE: 00:00:00.675 / Corrente de Curto verificada : 3400 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Faca Unipolar Nº : [10368]	RR MAQUINE 35 JUSTINOPOLI	3591
Faca Unipolar Nº : [3745]	RR MAQUINE 340 LAGO	3401
Chave Fusvel Nº : [10369]	RR DEZESSEIS 35 BAIRRO KATI	3388
Chave Fusvel Nº : [10369]	RR DEZESSEIS 35 BAIRRO KATI	3340
Faca Unipolar Nº : [2229]	RR MAQUINE 473 C/IRACI J SILVA LAGO	3304
Chave Fusvel Nº : [13966]	RRUA MAQUINE 634 B LAGO	3228
Faca Unipolar Nº : [1467]	JJOSUE MARTINS DE SOUZA LAGO	3164
Faca Unipolar Nº : [14099]	RR VINTE E OITO LAGO	3112
Chave Fusvel Nº : [13966]	RRUA MAQUINE 634 B LAGO	3107

Tela Inicial

Figura 4.2.6(c) – Prováveis Locais da Falta - 2º RA- Curva do relé de fase

A figura 4.2.6(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis da falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT para o 1º e 2º RA para as curvas dos relés de fase e de neutro.

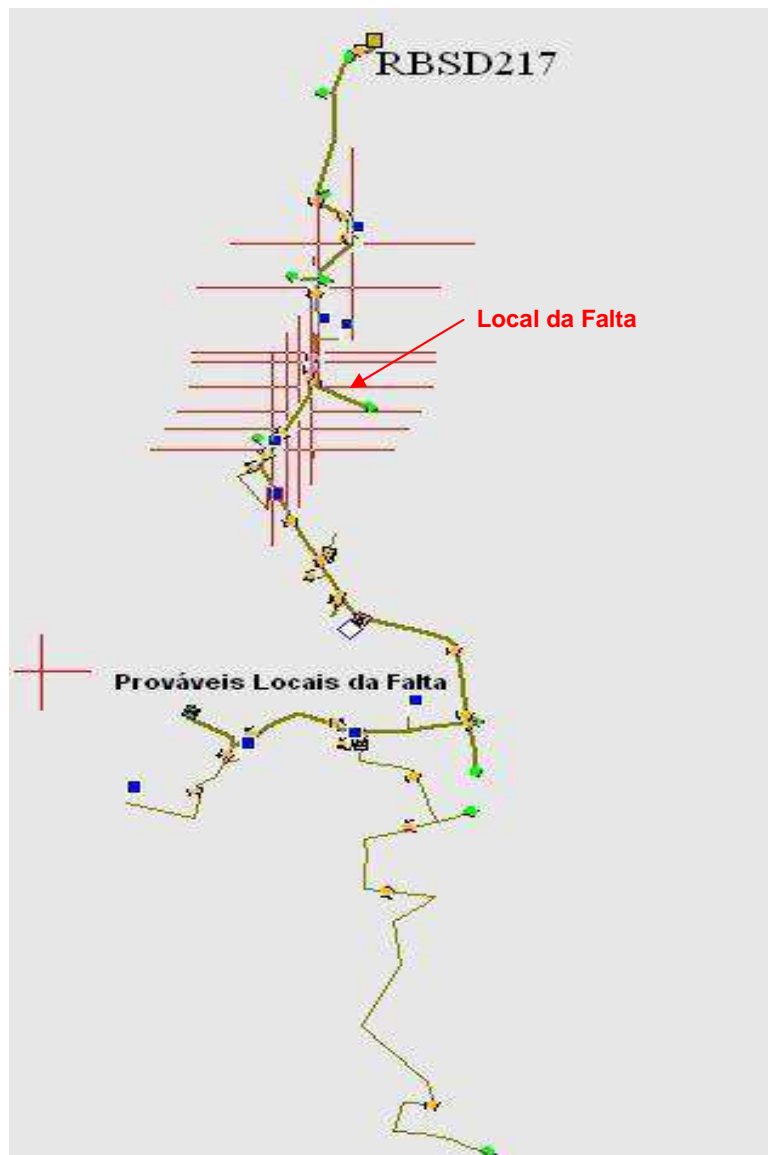


Figura 4.2.6(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto-circuito apresentadas nas simulações dos tempos para o 1º e 2º religamento, foram muito bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 450 metros e no mínimo 200 metros.

Na tabela 4.2.6, verificamos que os valores de corrente de curto-circuito estimados no LOCFALT principalmente pelo rele de fase estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI, fato que permitiu considerarmos todos os pontos na localização. Esta Linha de distribuição não possui o 3º RA.

Tabela 4.2.6 - Resultados da localização de falta na LD – RBSD-217

Alimentador	RBSD-217	Horário	18:28	Data	17/8/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	0,633	3.321	2.689	3.590	3.310
2º RA	0,675			3.400	2.880
3º RA	-			-	-
Média	0,654			3.490	2.870

4.2.7 – Análise 07

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre a fase “a” e a terra, causada por descarga atmosférica que quebrou o isolador de pino. Não houve rompimento do condutor. Neste dia chovia muito com descarga atmosférica e ventos fracos.

A figura 4.2.7(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Observa-se que os tempos estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
BHJT16F4_ED				
Estação : JATOBA				
Alimentador : BHJT 16				
Data : 25/05/2005 Hora : 16:00				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	16:08:04.631			
✓		16:08:19.539		00:00:14.908
	16:08:20.721		00:00:01.182	
✓		16:09:00.333		00:00:39.612
	16:09:01.340		00:00:01.007	
✓		16:10:00.744		00:00:59.404
	16:10:01.783		00:00:01.039	
☐		17:11:50.788		01:01:49.005

Figura 4.2.7(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.7(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta. As simulações foram feitas para os relés de fase e de neutro. Também foi utilizado o tempo da média dos tempos de atuação de proteção na análise. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300A.

Estampa de Tempo do SOE
BHJT16F4_ED

Estação : **JATOBA**
Alimentador : **BHJT 16**
Data : **25/05/2005** Hora : **16:00**

Tempos verificados	
1º RA	00:00:01.182
2º RA	00:00:01.007
3º RA	00:00:01.039
Média	00:00:01.076

Executar cálculo por

1º RA ▼ Relé Neutro ▼

Faixa de Corrente

+ ou - 300 A

Figura 4.2.7(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.7(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais onde da falta, utilizando-se o tempo do 1º RA com a curva de relé de fase. Observou-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos quando utilizamos os tempos de proteção para o 2º e 3º RAs e da média dos tempos de proteção com a curva do relé de fase de neutro.

Foram feitas todas os cálculos possíveis com os tempos de proteção para todos os RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.

Tempo SOE: 00:00:01.182 / Corrente de Curto verificada : 1844 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fusível Nº : [12567]	TTEREZA CRISTIN	2131
Chave Fusível Nº : [5037]	AAV CEL BENJAMIN GUIMARAES P/903 IN	1836
Chave Fusível Nº : [6647]	RRUA PROF. ADALGISA 46 INDUSTRIA	1720
Faca Unipolar Nº : [9154]	RR CEL. GABRIEL ANDRADE 509 INDUSTR	1715
Faca Unipolar Nº : [11747]	RR CEL GABRIEL ANDRADE 49 AMAZONA	1594
Chave Fusível Nº : [12490]	AAV TIRADENTES 180	1553
Chave Fusível Nº : [11745]	RR FLORIANO LEME 398 INDUSTRIA	1565
Chave Fusível Nº : [6651]	RR CEL JOAO M DE AZEVEDO 53	1629
Chave Fusível Nº : [11739]	RR NASCIMENTO TEIXEIRA 46	1689
Chave Fusível Nº : [5037]	AAV CEL BENJAMIN GUIMARAES P/903 IN	1804
Chave Fusível Nº : [14092]	AAV CEL BENJAMIN GUIMARAES 981 INDU	1846
Chave Fusível Nº : [5039]	RR DR ASSIS DE ANDRADE 27 INDUSTRIA	1816
Chave Fusível Nº : [14092]	AAV CEL BENJAMIN GUIMARAES 981 INDU	1829
Chave Fusível Nº : [13216]	RRUA CEL. A LEITE PROX RUA J FRANC	1956
Chave Fusível Nº : [6386]	TTEREZA CRISTIN	2076
Chave Fusível Nº : [9914]	TTEREZA CRISTIN	1969
Chave Fusível Nº : [12567]	TTEREZA CRISTIN	2141

Tela Inicial

Figura 4.2.7(c) – Prováveis Locais da Falta - 1º RA-Curva do relé de fase

A figura 4.2.7(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT para o 1º, 2º e 3º RA com as curvas dos relés de fase e de neutro.

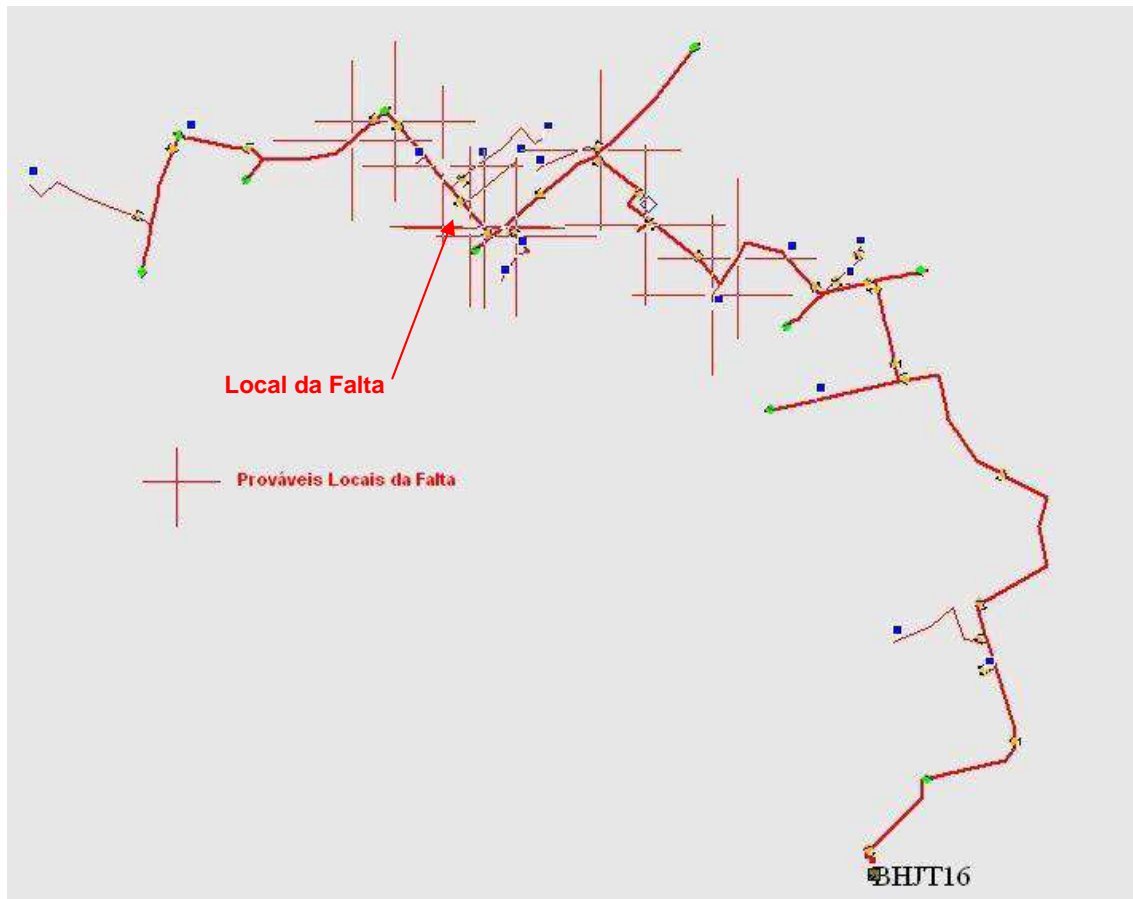


Figura 4.2.7(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto-circuito apresentadas nas simulações para os tempos do 1º e 3º religamento, foram muito bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 850 metros e no mínimo 250 metros.

Na tabela 4.2.7, verificamos que os valores de corrente de curto-circuito estimados no LOCFALT principalmente pelo relé de neutro estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto circuito para terra nas simulações dos tempos do 1º e 2º religamento está próximo fato que permitiu caracterizarmos uma falta para a terra, pois chovia forte com varias descarga atmosférica, que provocam em sua maioria curtos-circuitos para a terra.

Tabela 4.2.7 - Resultados da localização de falta na LD – BHJT-16

Alimentador	BHJT-16	Horário	16:10	Data	25/5/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1° RA	1,182	2.325	1.686	1.540	1.840
2° RA	1,007			1.810	1.810
3° RA	1,039			1.750	2.027
Média	1,076			1.690	1.972

4.2.8 – Análise 08

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “a” e “b”, causada por pipa, onde uma criança com a pipa entrelaçada à rede de média tensão puxou os condutores, provocando curto-circuito entre fases cabo 2 CA, sem rompimento de condutor.

A figura 4.2.8(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Observa-se que os tempos estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
BHPM10F4_ED				
Estação : PAMPULHA				
Alimentador : BHPM 10				
Data : 04/06/2005 Hora : 13:00				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	13:15:23.385			
<input checked="" type="checkbox"/>		13:15:38.978		00:00:15.593
<input checked="" type="checkbox"/>	13:15:39.357		00:00:00.379	
<input checked="" type="checkbox"/>		13:16:19.441		00:00:40.084
<input checked="" type="checkbox"/>	13:16:21.478		00:00:02.037	
<input checked="" type="checkbox"/>		13:17:19.922		00:00:58.444
<input checked="" type="checkbox"/>	13:17:20.141		00:00:00.219	
<input type="checkbox"/>		13:23:11.998		00:05:51.857

Selegionar Tempos

Figura 4.2.8(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.8(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta. A simulação utilizando o tempo da média dos tempos de proteção foi a que melhor identificou o local da falta. O 2º religamento não foi considerado, pois observamos que houve um tempo elevado de atuação da proteção caracterizando que o curto-circuito neste instante tornou-se uma falta de alta impedância.

Foram feitas todas os cálculos possíveis com os tempos de proteção para todos os RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300A.

Tempos verificados	
1º RA	00:00:00.379
2º RA	00:00:02.037
3º RA	00:00:00.219
Média	00:00:00.878

Executar cálculo por

Média ▼ Relé de Fase ▼

Faixa de Corrente

+ ou - 300 A

Localizar possíveis causas

Figura 4.2.8(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.8(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais da falta, utilizando-se a média dos tempos de proteção para todos os RAs com a curva de relé de fase. Observa-se somente a média dos tempos

identificou os pontos notáveis (chaves e equipamentos) na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta.

Os valores apresentados no 1º e 3º religamentos caracterizam um segundo local provável para a local da falta. Como foram poucos os pontos notáveis indicados se comparados com os apresentados na média dos tempos, optou-se que seriam considerados na análise, porém com uma priorização diferente, ou seja, estes pontos seriam inspecionados após a verificação dos pontos indicados pela média dos tempos.

Foram feitas todas as simulações possíveis para o primeiro e o terceiro religamento e a média dos tempos com as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.

Tempo SOE: 00:00:00.878 / Corrente de Curto verificada : 3200 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fusível Nº : [5579]	AAV ERICO VERISSIMO 908 CANDELARI	3278
Faca Unipolar Nº : [1265]	RRUA ENG JOSE GUIMARAES 75 CANDELAR	3330
Chave Fusível Nº : [5193]	RR PASTOR RUI FRANCO 165 P/CLUBE LA	2991
Chave Fusível Nº : [5193]	RR PASTOR RUI FRANCO 165 P/CLUBE LA	3115
Chave Fusível Nº : [1353]	RR PROFESSORA AFONSINA MACHADO 4	3149
Chave Fusível Nº : [1352]	RR FERNANDO MAGALHAES PEREIRA6	3245
Faca Unipolar Nº : [6893]	RRUA AGUA MARINHA 15 CANDELARI	3394
Faca Unipolar Nº : [6893]	RRUA AGUA MARINHA 15 CANDELARI	3414
Religador Nº : [576]	RR AGUA MARINHA 35 CANDELARI	3361
Chave Fusível Nº : [13565]	RRUA PADRE PEDRO PINTO 1140 V NOV	3300
Religador Nº : [1772]	RR CAP NELSON ALBUQUERQUE 41 V NOV	3178
Faca Unipolar Nº : [14210]	EEDGAR TORRES SAO PEDR	2923
Chave Fusível Nº : [13565]	RRUA PADRE PEDRO PINTO 1140 V NOV	3215
Chave Fusível Nº : [2516]	RR PE PEDRO PINTO 1460 VENDA NOV	3481

Tela Inicial

Figura 4.2.8(c) – Prováveis Locais da Falta – Média dos RAs - Curva do relé de fase

A figura 4.2.8(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis da falta, que foram estimados na simulação do LOCFALT utilizando a 1^o, 3^o religamentos e a média dos tempos de proteção para todos os RAs para as curvas dos relés de fase e de neutro.

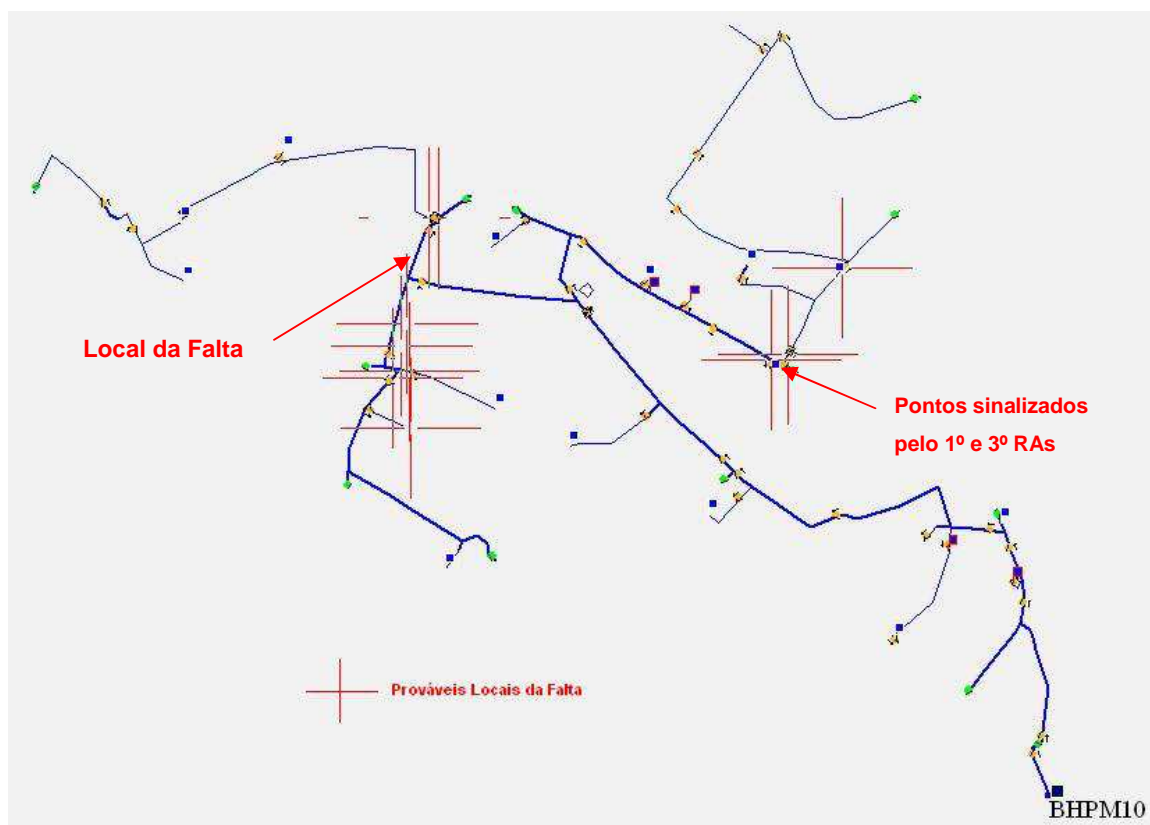


Figura 4.2.8(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta, utilizando os valores de correntes de curto-circuito apresentadas nas simulações dos tempos de proteção para o 1^o e 3^o religamento, não foram muito bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 1,8 km e no mínimo 1,5 km. Observamos, devido à temporização de abertura do disjuntor, que o 1^o e 3^o religamento foram caracterizados por curto-circuito franco e no 2^o religamento curto-circuito de alta impedância o que dificulta a localização do ponto de falta.

Utilizando-se os valores de corrente de curto-circuito apresentada na simulação da média dos tempos para os dos RA, os resultados foram muito

bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 400 metros e no mínimo 200 metros.

Na tabela 4.2.8, verificamos que os valores de corrente de curto-circuito estimados no LOCFALT pelos relés de fase e neutro no 1º e 3º religamento e na média dos tempos dos RAs, estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI, fato que permitiu considerarmos todos os pontos na localização.

Tabela 4.2.8 - Resultados da localização de falta na LD – BHPM-10

Alimentador	BHPM-10	Horário	13:17	Data	4/6/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	0,379	3.452	2.409	3.350	2.301
2º RA	2,037			-	-
3º RA	0,219			3.479	2.432
Média	0,878			3.200	2.230

4.2.9 – Análise 09

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “a” e “b” e “a” para a terra, causada por um abalroamento com quebra do poste que provocou no primeiro instante o curto circuito entre fases e em seguida um curto entre fase e terra devido ao rompimento do condutor da média tensão, fase “a” e “c” cabo 1/0 CA.

A figura 4.2.9(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2.. Os valores estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
SLAT309F4R_ED				
Estação : SETE LAGOAS 3				
Alimentador : SLAT 309				
Data : 11/09/2005 Hora : 04:00				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	04:08:39.946			
<input checked="" type="checkbox"/>		04:08:42.646		00:00:02.700
	04:08:43.508		00:00:00.862	
<input checked="" type="checkbox"/>		04:08:53.958		00:00:10.450
	04:08:54.700		00:00:00.742	
<input type="checkbox"/>		05:04:49.380		00:55:54.680

Figura 4.2.9(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.9(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º e 2º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta.

As simulações em religadores são feitas somente para as proteções de fase devido às proteções de neutro utilizam curvas de tempo definido que são muito lentos em relação à proteção de fase, apesar dos valores de pick-up destas proteções serem baixos. Em religadores as proteções de neutro são mais eficientes para atuações por desequilíbrio. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300A.



Figura 4.2.9(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Religador

A figura 4.2.9(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais da falta, utilizando o tempo de proteção para o 1º RA com a curva de fase do religador.

Observa-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos para o 1º e 2º religamentos. Não foram feitas as simulações com os tempos dos RAs para as curvas de neutro do religador.

Tempo SOE: 00:00:00.862 / Corrente de Curto verificada : 2000 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fusível N° : [40947]	DDERIV BAIRRO OURO BRANC	2179
Chave Fusível N° : [42147]	RR FELIPE CHAMON C/CASTELO BRANC	2148
Faca Unipolar N° : [42145]	CCASTELO BRANC	2139
Chave Fusível N° : [41356]	AAV CASTELO BRANCO DER P/SAAE 162	2013
Faca Unipolar N° : [42144]	CCASTELO BRANC	1935
Chave Fusível N° : [42122]	OOLAVO BILA	1891
Chave Fusível N° : [42390]	OOLAVO BILA	1712
Chave Fusível N° : [42143]	CCACHOEIRA DA PRAT	1842
Chave Fusível N° : [41356]	AAV CASTELO BRANCO DER P/SAAE 162	1988
Chave Fusível N° : [42147]	RR FELIPE CHAMON C/CASTELO BRANC	2034
Chave Fusível N° : [41357]	JJOAO DAMASCEN	1903
Faca Unipolar N° : [42182]	AAV OTAVIO CAMPELO RIBEIR	2247
Chave Fusível N° : [41398]	AAV OTAVIO CAMPELO RIBEIR	2225
Chave Fusível N° : [41398]	AAV OTAVIO CAMPELO RIBEIR	2086
Faca Unipolar N° : [41183]	OOTAVIO C. RIBEIRO C/HORTO FLORESTA	2059
Faca Unipolar N° : [42414]	BBR040 FRENTE ITASIDER 35-09-2	1724
Chave Fusível N° : [40553]	AAV DR CRISTIANO GUIMARAE	2247
Chave Fusível N° : [41975]	AAV CRISTIANO GUIMARAES-MOTEL SAGI	2094

Tela Inicial

Figura 4.2.9(c) – Prováveis Locais da Falta - 1º RA-Curva da proteção de fase

A figura 4.2.9(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT para o 1º e 2º RA com as curvas de fase do religador.

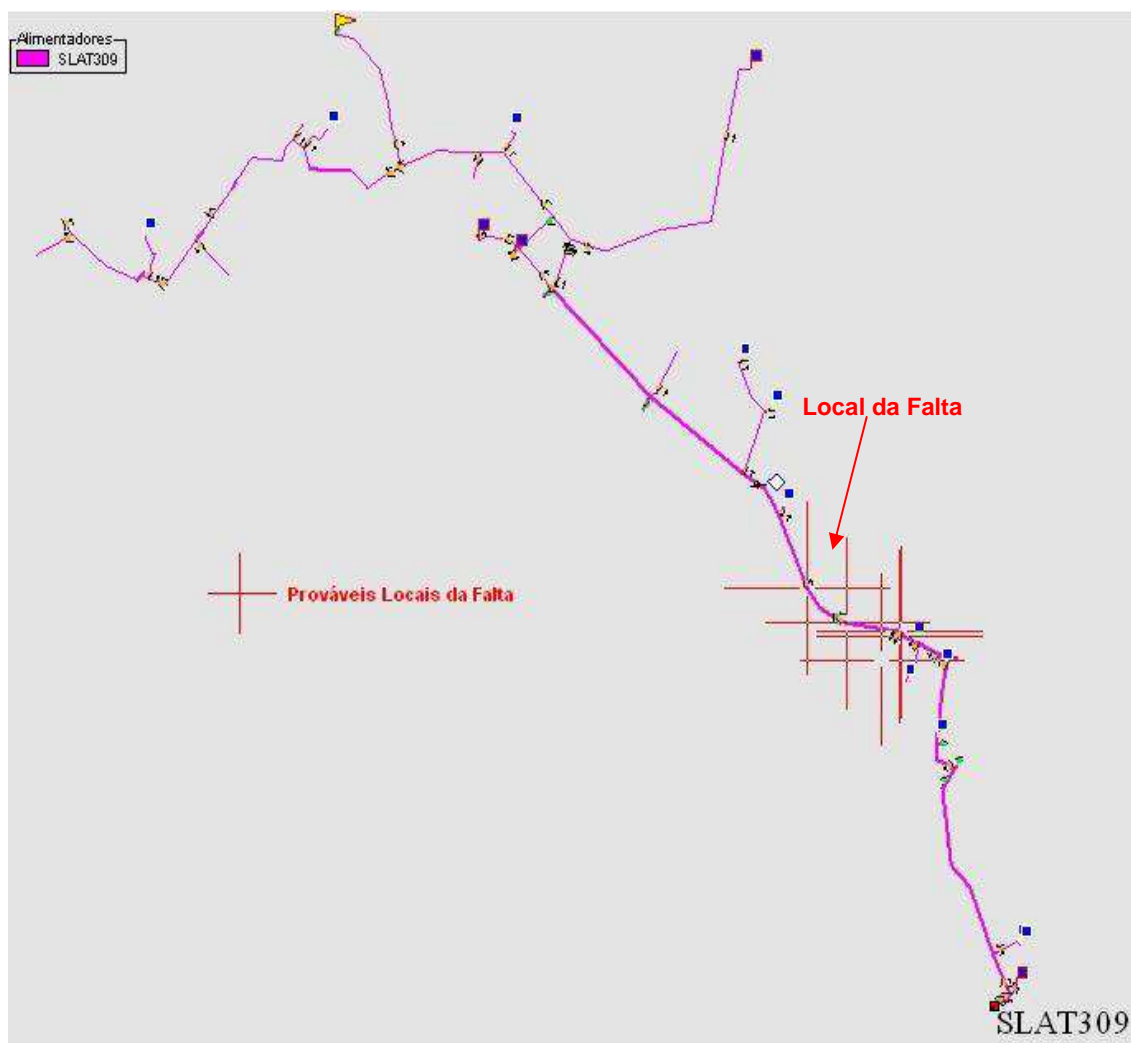


Figura 4.2.9(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto-circuito apresentados nas simulações dos tempos de proteção para o 1º e 2º religamento, foram muito bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 550 metros e no mínimo 150 metros.

Na tabela 4.2.9, verificamos que os valores de corrente de curto circuito estimados no LOCFALT pela proteção de fase estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Não foram analisados os valores de curto circuito para atuação do relé de neutro, pois em religadores as curvas de proteções de neutro são ajustadas com tempo definido.

Tabela 4.2.9 - Resultados da localização de falta na LD – SLAT-309

Alimentador	SLAT-309	Horário	4:09	Data	11/9/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	0,862	2.360	1.742	2.000	300
2º RA	0,742			2.400	300
3º RA	-			-	-
Média	0,802			2.000	300

4.2.10 – Análise 10

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “a” e “c” e “c” para a terra, causada pela queda de um galho de árvore sobre a média tensão, que provocou no primeiro instante o curto circuito entre fases e em seguida um curto entre fase e terra, pois houve o rompimento do condutor da fase “c” cabo 1/0 CA. Neste dia ventava forte, chovia bastante com várias descargas atmosféricas.

A figura 4.2.10(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Observa-se que antes do bloqueio do disjuntor ocorreram cinco religamentos automático, sendo um deles com seis e o outro com um minuto antes do início do ciclo completo para bloqueio. Os tempos dos cinco religamentos estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
BHAD19F4_ED				
Estação : ADELAIDE				
Alimentador : BHAD 19				
Data : 30/10/2005 Hora : 00:01				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	00:01:08.042			
	00:01:14.073		00:00:06.031	
<input type="checkbox"/>		00:01:47.935		00:00:33.862
	00:06:45.746		00:04:57.811	
<input type="checkbox"/>		00:07:01.128		00:00:15.382
	00:07:02.696		00:00:01.568	
<input checked="" type="checkbox"/>		00:07:41.051		00:00:38.355
	00:07:42.605		00:00:01.554	
<input checked="" type="checkbox"/>		00:08:45.660		00:01:03.055
	00:08:47.181		00:00:01.521	
<input checked="" type="checkbox"/>		01:18:33.838		01:09:46.657

Figura 4.2.10(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.10(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta. As simulações foram feitas para os relés de fase e de neutro. Também foi utilizado o tempo da média dos tempos de proteção. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300 A.

Estampa de Tempo do SOE	
BHAD19F4_ED	
Estação : ADELAIDE	
Alimentador : BHAD 19	
Data : 30/10/2005 Hora : 00:01	
Tempos verificados	
1º RA	00:00:01.568
2º RA	00:00:01.554
3º RA	00:00:01.521
Média	00:00:01.548
Executar cálculo por	
1º RA <input type="button" value="v"/>	Relé de Fase <input type="button" value="v"/>
Faixa de Corrente	
+ ou -	<input type="text" value="300"/> A

Figura 4.2.10(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.2.10(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais onde ocorreu a falta, utilizando-se o tempo do 1º RA com a curva de relé de fase.

Observou-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos quando utilizamos os tempos de proteção para o 2º e 3º RAs e da média dos tempos de proteção com a curva do relé de fase de neutro. Foram feitas todas os cálculos possíveis com os tempos de proteção para os RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.

Tempo SOE: 00:00:01.568 / Corrente de Curto verificada : 2190 A		
Ponto(s) de Possivel Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave SF6 Nº : [747]	RR DES PAULA MOTA 1302 OURO PRET	2386
Chave Fusvel Nº : [11466]	RR TRINTA E DOIS C/ DES. PAULA MOT	2350
Chave Fusvel Nº : [11402]	RR SEN FIRMINO 130 B OURO PRET	2060
Chave Fusvel Nº : [13015]	AAV FLEMING 61 OURO PRET	1950
Chave Fusvel Nº : [13014]	RRUA JOSE MOURA PECANHA 9	1936
Chave Fusvel Nº : [1975]	RR SENA MADUREIRA 345 JD ALVORAD	1923
Chave Fusvel Nº : [1975]	RR SENA MADUREIRA 345 JD ALVORAD	1913
Chave Fusvel Nº : [13014]	RRUA JOSE MOURA PECANHA 9	1929
Chave Fusvel Nº : [13015]	AAV FLEMING 61 OURO PRET	1944
Chave Fusvel Nº : [11300]	RRUA BELTERRA 90 OURO PRET	1929
CH Trip Seca Nº : [4320]	RR SENA MADUREIRA PROX 334 OURO PRE	1962
Chave Fusvel Nº : [1863]	RRUA APUCARANA 169 C/RUA 1	1914
Faca Unipolar Nº : [1392]	RR APUCARANA 171 OURO PRET	1929
Religador Nº : [11209]	RRUA APUCARANA 171 OURO PRET	1922
Chave Fusvel Nº : [11402]	RR SEN FIRMINO 130 B OURO PRET	1974
Chave Fusvel Nº : [11466]	RR TRINTA E DOIS C/ DES. PAULA MOT	2318

Tela Inicial

Figura 4.2.10(c) – Prováveis Locais da Falta - 1º RA-Curva do relé de fase

A figura 4.2.10(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT para o 1º, 2º, 3º RA e também com o tempo médio das proteções para os RAs com as curvas dos relés de fase e de neutro.

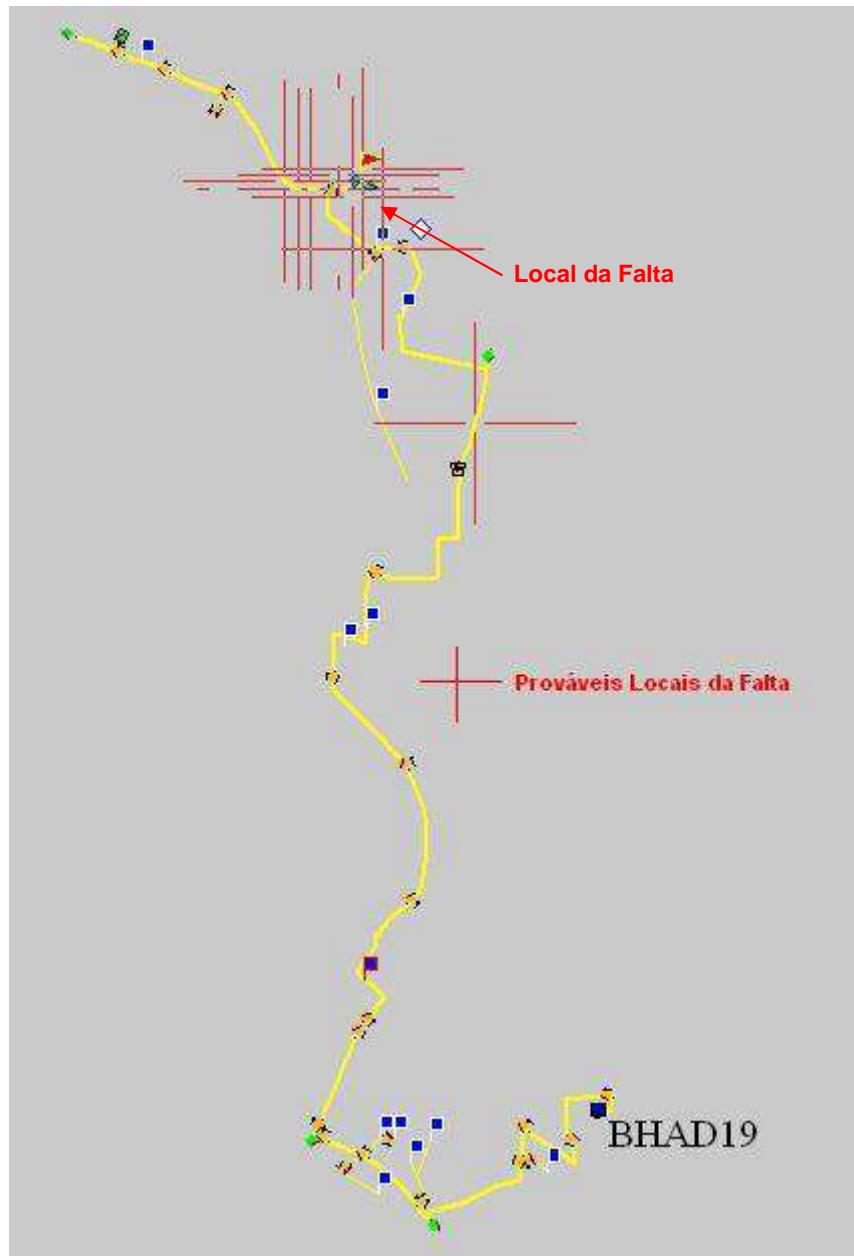


Figura 4.2.10(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta, utilizando os valores de correntes de curto circuito apresentados nas simulações dos tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos, foram muito bons, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 250 metros e no mínimo 80 metros.

Na tabela 4.2.10, verificamos que os valores de corrente de curto circuito estimados no LOCFALT pelos relés de fase e neutro estão próximos aos

valores calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto circuito das simulações dos tempos para o 1º, 2º e 3º religamento, verificou que a faixa de máxima de corrente utilizada de 300 A, contribui para uma melhor localização da falta.

Tabela 4.2.10 - Resultados da localização de falta na LD – BHAD-19

Alimentador	BHAD-19	Horário	0:08	Data	30/10/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	1,568	1.956	1.310	2.190	1.100
2º RA	1,554			2.200	1.100
3º RA	1,521			2.330	1.120
Média	1,548			2.210	1.110

4.3 – Resultados – Localizações Erradas

4.3.1 – Análise 11

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “a” e “c” e “a” para a terra, causada por ato de vandalismo onde um terceiro colocou fogo em uma mata que atingiu uma estrutura HT (poste de madeira). No primeiro instante provocou curto-circuito entre fases e em seguida um curto-circuito entre fase e terra, pois houve a queda da estrutura com rompimento dos condutores das fases “b” e “c” cabo 4/0 CAA.

A figura 4.3.11(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Os tempos dos religamentos estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
CETU10F4R_ED				
Estação : CAETE				
Alimentador : CETU 10				
Data : 23/08/2005 Hora : 09:00				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	09:24:35.488			
<input checked="" type="checkbox"/>		09:24:38.084		00:00:02.596
	09:24:39.199		00:00:01.115	
<input checked="" type="checkbox"/>		09:24:59.294		00:00:20.095
	09:25:00.498		00:00:01.204	
<input checked="" type="checkbox"/>		09:25:20.865		00:00:20.367
	09:25:22.069		00:00:01.204	
<input type="checkbox"/>		10:01:44.643		00:36:22.574

Figura 4.3.11(a) – Tempo de abertura e fechamento do religador

A figura 4.3.11(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamento estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta.

As simulações em religadores são feitas somente para as proteções de fase devido às proteções de neutro utilizam curvas de tempo definido que são muito lentas em relação à proteção de fase, apesar dos valores de pick-up serem baixos. Em religadores as proteções de neutro são mais eficientes para atuações por desequilíbrio. Foi utilizada uma faixa máxima de corrente de 300A.



Figura 4.3.11(b) – Tempo de abertura e fechamento do religador

A figura 4.3.11(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais de falta, utilizando o tempo de proteção para o 1º RA com a curva B da proteção de fase do religador.

Observa-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos quando utilizamos os tempos de proteção para o 2º e 3º RAs e da média dos tempos de proteção com a curva da proteção de fase do religador. Não foram feitas as simulações com os tempos dos RAs para as curvas de neutro do religador.

Tempo SOE: 00:00:01.115 / Corrente de Curto verificada : 2160 A

Ponto(s) de Possível Localização

Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Faca Unipolar Nº : [8771]	RR SENHOR DO BONFIM 343 STA FRUTUOS	2193
Chave Fusvel Nº : [2210]	RRUA RAUL FRANCO 70 CENTR	2139
Chave Fusvel Nº : [90454]	AAV DR JOAO PINHEIRO SN - CENTR	2111
Faca Unipolar Nº : [7231]	RR JOSE COSTA FONSECA FTE 220 CENTR	2456
Chave Fusvel Nº : [90319]	RR JOSE COSTA FONSECA 116 CENTR	2388
Faca Unipolar Nº : [90966]	RRUA SAO FRANCISCO 108 CENTR	2268
Faca Unipolar Nº : [90043]	AAV JOAO PINHEIRO 20 CENTR	2059
Chave Fusvel Nº : [8876]	AAV DR JOAO PINHEIRO P/114 CENTR	2045
Chave Fusvel Nº : [8854]	AAV DR JOAO PINHEIRO 141 CENTR	2035
Faca Unipolar Nº : [1613]	AAV DR.JOAO PINHEIRO 141 CENTR	2024
Faca Unipolar Nº : [9131]	AAV DR.JOAO PINHEIRO P/485 CENTR	1904
Chave Fusvel Nº : [8854]	AAV DR JOAO PINHEIRO 141 CENTR	2009
Chave Fusvel Nº : [8876]	AAV DR JOAO PINHEIRO P/114 CENTR	2039
Faca Unipolar Nº : [7258]	RRUA ISRAEL PINHEIRO 20 CENTR	2284
Faca Unipolar Nº : [7258]	RRUA ISRAEL PINHEIRO 20 CENTR	2285
Chave Fusvel Nº : [8887]	RRUA ISRAEL PINHEIRO 181 CENTR	2219
Chave Fusvel Nº : [8887]	RRUA ISRAEL PINHEIRO 181 CENTR	2188
Chave Fusvel Nº : [90319]	RR JOSE COSTA FONSECA 116 CENTR	2373

Tela Inicial

Figura 4.3.11(c) – Prováveis Locais da Falta - Curva da proteção de fase

A figura 4.3.11(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT com o 1º, 2º, 3º RA e também com o tempo médio das proteções para os RAs para as curvas dos relés de fase e de neutro.

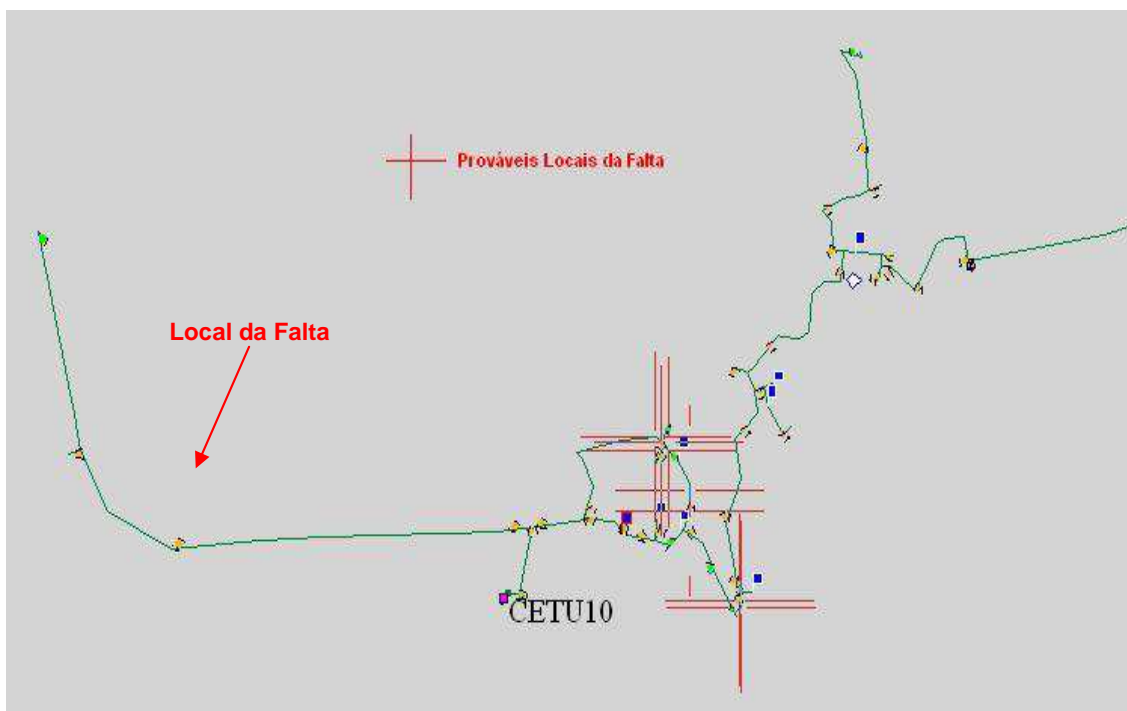


Figura 4.3.11(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto circuito apresentadas nas simulações dos tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos, foram ruins, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 2,1 km e no mínimo 1,7 km. Apesar dos tempos de atuação da proteção serem próximos, o que é um fator determinante nas localizações corretas, verifica-se que os pontos indicados pelo algoritmo não localizaram a falta e somente um único ponto indicou, o provável local da falta este foi desprezado em relação aos demais.

Outro fator que também contribui para o erro na localização da falta foi o fato de que a linha de distribuição bifurcar na saída da SE, conforme pode ser observado na figura 4.3.11(d) e na bifurcação onde estava a falta, o número de pontos notáveis (chaves e equipamentos) é pequeno.

Observa-se que neste caso mesmo com o erro na localização da falta, as informações sobre os pontos indicados pelo LOCFALT como prováveis locais da falta não foram desprezados pelos despachantes durante a ocorrência. Após, constatado pela equipe de manutenção que não existisse anormalidade nos pontos indicados pelo LOCFALT e esta linha de distribuição possui 30 km de média tensão com trechos urbanos e rurais de difícil acesso, optou-se em priorizar as inspeções próximas a SE.

Ressalta-se que o plano de restabelecimento desta linha de distribuição determina que as inspeções sejam iniciadas de forma simultânea por uma equipe na saída da SE e outra equipe no ponto mais distante da SE. A indicação de vários pontos próximos a SE pelo LOCFALT contribuiu para a decisão do despachante de não deslocar a equipe para o final da LD, e esta auxiliou na localização da falha que estava próxima a subestação.

Na tabela 4.3.11, verificamos que os valores de corrente de curto-circuito estimados no LOCFALT pela proteção de fase do religador estão próximos aos valores calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto-circuito das

simulações dos tempos de proteção para o 2º, 3º religamento e a média desses tempos, apesar da indicação errada, concluímos que se houvessem mais pontos notáveis no lado da bifurcação onde havia a falha, duas prováveis regiões teriam sido identificadas com os prováveis locais da falha.

Tabela 4.3.11 - Resultados da localização de falta na LD – CETU-10

Alimentador	CETU-10	Horário	9:25	Data	23/8/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	1,115	1.812	1.400	2.160	198
2º RA	1,204			1.890	196
3º RA	1,204			1.890	196
Média	1,174			1.890	196

4.3.2 – Análise 12

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre as fases “b” e “c”, causada pela queda de uma folha coqueiro sobre a média tensão, que provocou curto circuito entre fases cabo 336,4 MCM, sem rompimento de condutor. Neste dia, chovia bastante com algumas descargas atmosféricas e ventos fracos.

A figura 4.3.12(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Os tempos dos religamentos estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
NOG11F4_ED				
Estação : NOVA GRANJA				
Alimentador : NOG 11				
Data : 01/07/2005 Hora : 18:40				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	19:05:52.713			
<input checked="" type="checkbox"/>		19:06:00.679		00:00:07.966
	19:06:04.498		00:00:03.819	
<input checked="" type="checkbox"/>		19:06:45.937		00:00:41.439
	19:06:49.399		00:00:03.462	
<input checked="" type="checkbox"/>		19:07:50.790		00:01:01.391
	19:07:57.517		00:00:06.727	
<input type="checkbox"/>		19:50:27.795		00:42:30.278

Figura 4.3.12(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.3.12(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º e 2º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta. O tempo de proteção para o 3º religamento não foi considerado, pois observamos que houve um tempo elevado para atuação da proteção após uma abertura em tempos próximos no 1º e 2º RA, caracterizando que o curto-circuito neste instante tornou-se um curto de alta impedância.

Os cálculos foram feitos para os relés de fase e de neutro. Também foi utilizado o tempo da média dos tempos de atuação de proteção e uma faixa máxima de corrente de 100 A.



Figura 4.3.12(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.3.12(c) apresenta os resultados da pesquisa dos prováveis locais da falta, utilizando-se o tempo de proteção para o 1º RA com a curva de relé de fase. Observa-se que os pontos notáveis (chaves e equipamentos) identificados na linha de distribuição, como os prováveis locais da falta são praticamente os mesmos quando utilizamos os tempos de proteção para o 2º RA com a curva do relé de fase de neutro.

Foram feitas todas as simulações possíveis com os tempos de proteção para todos os RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.

Tempo SOE: 00:00:03.819 / Corrente de Curto verificada : 610 A		
Ponto(s) de Possível Localização		
Equipamento Anterior	Endereço	Corrente
Chave Fusível Nº : [5730]	RR PRINCIPAL SN FINAL ONIBUS AREIA	590
Chave Fusível Nº : [5730]	RR PRINCIPAL SN FINAL ONIBUS AREIA	583
Chave Fusível Nº : [20129]	RRDR PARA FAZENDA MOINH	589
Chave Fusível Nº : [20221]	RRDR APOS QUINTAS PALMEIRAS-35 16 2	551
Chave Fusível Nº : [20129]	RRDR PARA FAZENDA MOINH	634
Chave Fusível Nº : [22041]	NN -- PARA IGREJA BATISTA GETSEMAN	585
Chave Fusível Nº : [22041]	NN -- PARA IGREJA BATISTA GETSEMAN	588
Chave Fusível Nº : [20357]	PP/ GERALDO CAMARGOS E OUTRO35 16 2	600
Chave Fusível Nº : [20356]	PPARA CERAMICA MARRONI - 35-16-2	599
Chave Fusível Nº : [20214]	PPARA GRANITOS DO BRASIL E OUTRO	567
Chave Fusível Nº : [20214]	PPARA GRANITOS DO BRASIL E OUTRO	565
Chave Fusível Nº : [20233]	PPARA GRANITOS DO BRASIL - 35-16-2	544
Chave Fusível Nº : [20357]	PP/ GERALDO CAMARGOS E OUTRO35 16 2	586
Chave Fusível Nº : [21037]	PP/ MAURICIO FREITAS E OUTRO35 16 2	572
Chave Fusível Nº : [20832]	RRAMAL PARA MARAVILHAS --- 35 16 2	563
Chave Fusível Nº : [21037]	PP/ MAURICIO FREITAS E OUTRO35 16 2	581
Chave Fusível Nº : [22131]	PPARA CERAMICA COSTA FONSEC	534

Tela Inicial

Figura 4.3.12(c) – Prováveis Locais da Falta - 1º RA-curva do relé de fase

A figura 4.3.12(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis onde ocorreu a falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT com o 1º e 2º RA e também com o tempo médio dos RAs para as curvas dos relés de fase e de neutro.

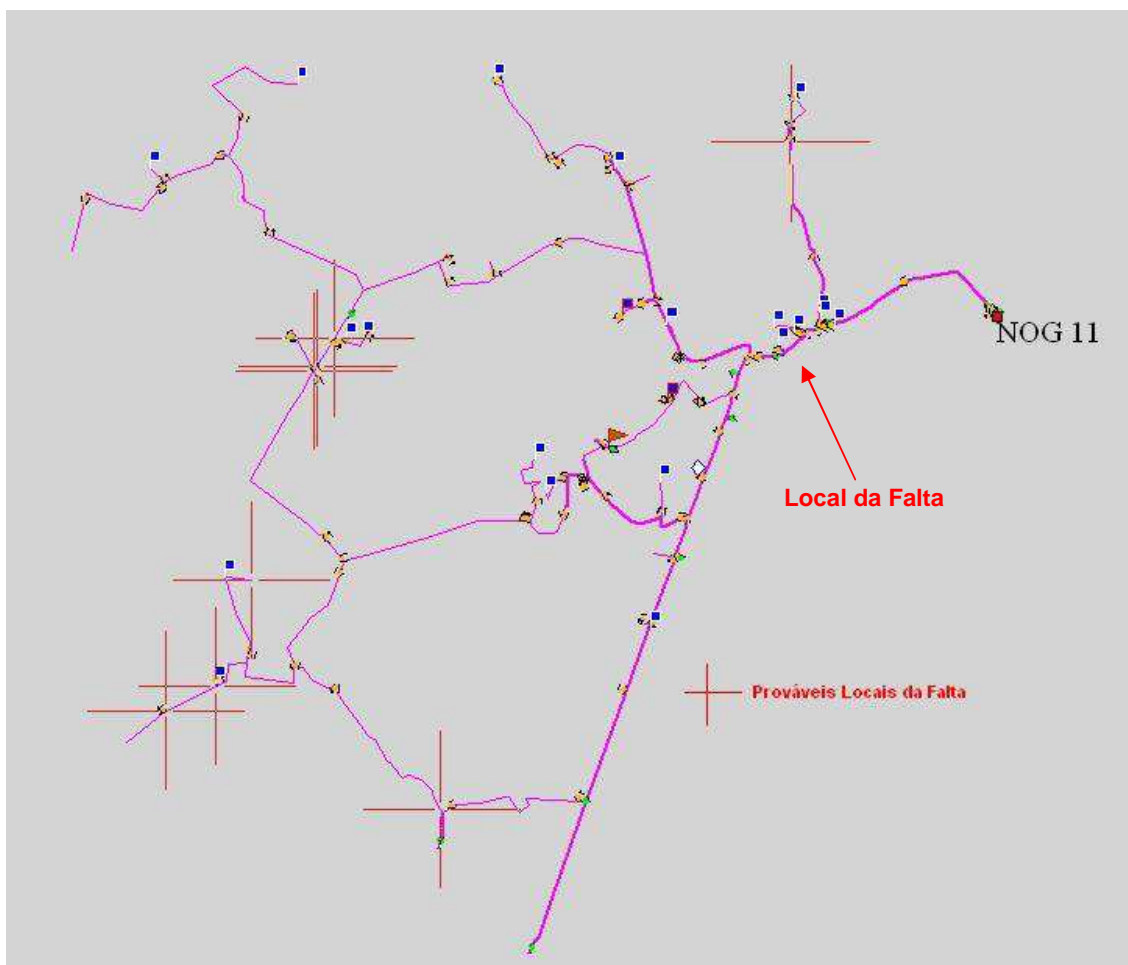


Figura 4.3.12(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto circuito apresentados nas simulações dos tempos de proteção para o 1º e 2º religamentos, foram ruins, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 12 km e no mínimo 3,6km. Apesar dos tempos de atuação da proteção estarem próximos, o que é um fator determinante nas localizações corretas, verificou-se que vários pontos indicados pelo algoritmo não localizaram a falta. Outro fator que contribuiu para o erro na localização da falta foi o fato de que a linha de distribuição terem grandes ramificações como pode ser observado na figura 4.3.12(d).

Observa-se que, neste caso, após apurada a causa pela equipe de manutenção que esteve no local, foi relatada por terceiros que a folha de

coqueiro provocou faiscamento na rede de média tensão por mais ou menos 5 minutos antes do bloqueio do disjuntor. Analisando esta informação e calculando o curto-circuito mínimo no ponto, concluímos que se trata de um curto de alta impedância, fato que levou ao algoritmo do LOCFALT a indicar pontos onde os valores de curto-circuito máximo para fase e terra estão próximos deste valor.

Ressalta-se que o plano de restabelecimento desta linha de distribuição determina que as inspeções sejam iniciadas de forma simultânea por uma equipe na saída da SE e por outra equipe no ponto mais distante da SE. Neste caso os pontos indicados pelo algoritmo contribuíram com um pequeno atraso na localização da falta, devido o despachante ter deslocado as equipes para o final da linha de distribuição. Esta linha de distribuição tem 45 km de média tensão com trechos urbanos e rurais de difícil acesso. A localização da falha foi mais rápida, porque houve uma dica de terceiros através da central de atendimento que havia um forte faiscamento na rede de média tensão na região.

Na tabela 4.3.12, verificamos que os valores de corrente de curto circuito estimados no LOCFALT pelos relés de fase e neutro não estão próximos aos valores calculados pelo Gemini. Analisando os valores de curto circuito das simulações dos tempos de atuação de proteção para o 1º, 2º e 3º religamento, verificou que se trata de curto de alta impedância de difícil localização. A faixa de máxima de corrente utilizada de 100A, não contribui para uma melhor localização da falta.

Tabela 4.3.12 - Resultados da localização de falta na LD – NOG-11

Alimentador	NOG-11	Horário	19:08	Data	27/7/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	3,819	3.039	2.357	610	350
2º RA	3,462			610	325
3º RA	6,727			600	300
Média	4,665			600	300

4.4 – Resultados – Unidade Instantânea

4.3.1 – Análise 13

Descrição

Nesta interrupção, ocorreu um curto-circuito entre a fase “a” para a terra, causada por falha na conexão que partiu cabo 336,4 MCM provocando um curto circuito entre fase e a ferragem da cruzeta (mão francesa). Neste dia, havia céu limpo sem ventos.

A figura 4.4.13(a) apresenta os tempos de abertura e fechamento do disjuntor, o tempo de atuação da proteção - Tempo (A) e o tempo do relé de religamento – Tempo (F), também conhecido como “tempo morto”, conforme apresentado na seção 3.2.2. Os tempos dos religamentos estão ajustados conforme programado.

Estampa de Tempo do SOE				
BHBN10F4_ED				
Estação : BONSUCESSO				
Alimentador : BHBN 10				
Data : 04/10/2005 Hora : 11:35				
Relação tempo extraído do SOE (Diário)				
RA	Abertura	Fechamento	Tempo (A)	Tempo (F)
	11:51:01.456			
<input checked="" type="checkbox"/>		11:51:16.357		00:00:14.901
	11:51:16.498		00:00:00.141	
<input checked="" type="checkbox"/>		11:51:56.106		00:00:39.608
	11:51:56.243		00:00:00.137	
<input checked="" type="checkbox"/>		11:52:55.644		00:00:59.401
	11:52:55.784		00:00:00.140	
<input type="checkbox"/>		16:41:53.324		04:48:57.540

Figura 4.4.13(a) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.4.13(b) apresenta a diferença entre os tempos de atuação da proteção devido à sucessão de desligamentos e religamentos do disjuntor na

tentativa de eliminar a falta. Após análise verificou-se que os tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos estão próximos, o que nos orientou utilizá-los na localização da falta. Observamos que houve um tempo muito rápido para atuação das proteções em todos os religamento o que caracteriza atuação da unidade instantâneas dos relés. As simulações foram feitas para os relés de fase e de neutro. Também foi utilizado o tempo da média dos tempos de atuação de proteção e uma faixa máxima de corrente de 500 A.



Figura 4.4.13(b) – Tempo de Abertura e Fechamento do Disjuntor

A figura 4.4.13(c) apresenta o resultado da pesquisa dos prováveis locais onde ocorreu a falta, utilizando-se o tempo de proteção para o 1º RA com a curva de relé de fase. Observa-se que somente um ponto notável (chave e equipamento) foi identificado na linha de distribuição, como o provável local da falta que é o mesmo quando utilizamos os tempos de proteção para o 2º e 3º RA com a curva do relé de fase de neutro.

Foram feitas todas as simulações possíveis com os tempos de proteção para todos os RAs e as respectivas curvas de fase e neutro dos relés.



Figura 4.4.13(c) – Provável Local da Falta -1ºRA - curva do relé de fase

A figura 4.4.13(d) apresenta a indicação no Gemini do local da falta e de todos os pontos prováveis de falta, que foram estimados nas simulações do LOCFALT com os tempos de proteção para o 1º e 2º RA e também com o tempo médio de proteção para os RAs com as curvas dos relés de fase e de neutro.

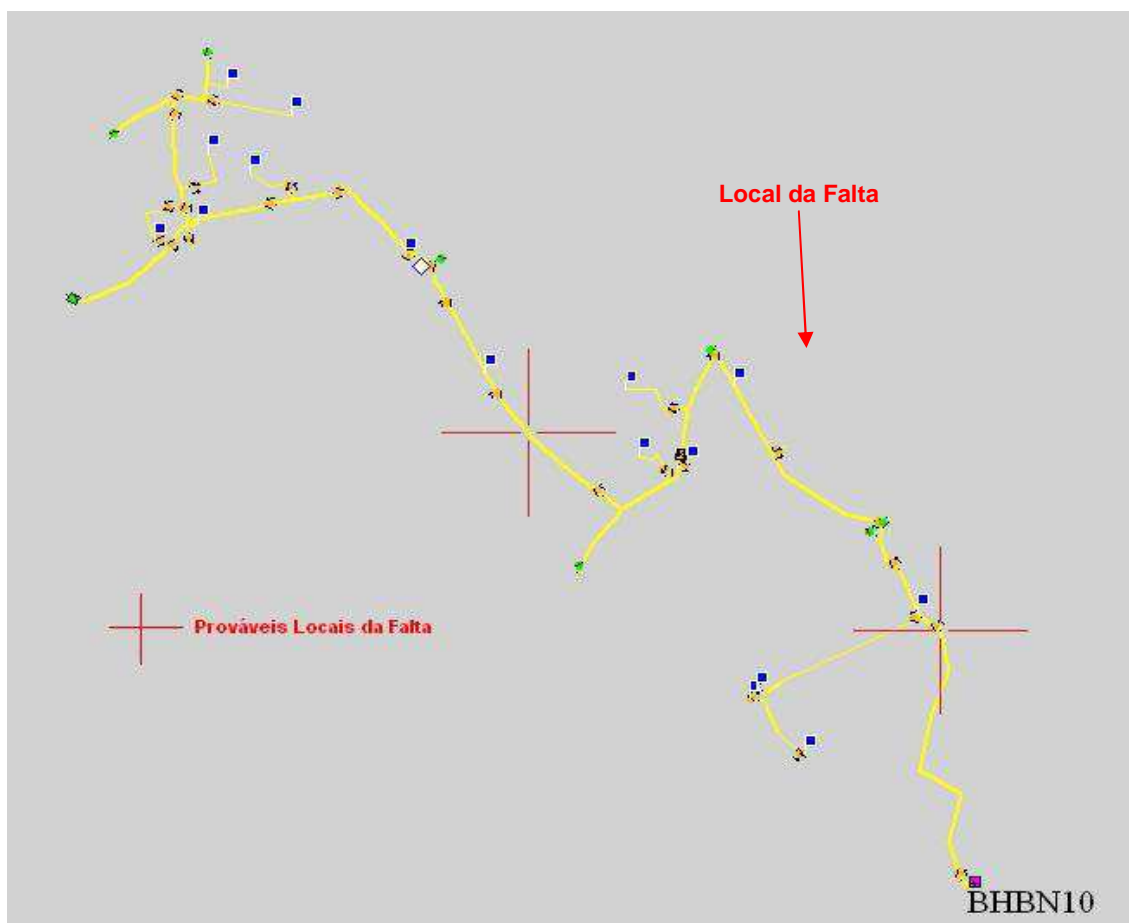


Figura 4.4.13(d) – Prováveis Locais da Falta e o Local da Falta

Resultado

Os resultados estimados pelo LOCFALT dos possíveis locais da falta utilizando os valores de correntes de curto circuito apresentadas nas simulações dos tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamentos, não foram conclusivos, onde os erros apresentados em relação ao ponto da falta foram de no máximo 1,9 km e no mínimo 900 metros.

Apesar dos tempos de atuação das proteções estarem próximos, o que é um fator determinante nas localizações corretas, verifica-se que quando houver abertura de disjuntor por unidade instantânea o algoritmo deverá ser alterado para que a busca dos pontos prováveis seja feita para um valor fixo de corrente e não utilizando a curva tempo versus corrente como atualmente está sendo feito. Para uma atuação da unidade instantânea os pontos prováveis a serem informados serão todos os pontos que possuem a corrente de curto circuito com valor igual ou maior que os ajustados nessas unidades instantâneas. Neste caso o relé está ajustado para uma abertura do disjuntor para corrente de curto-circuito acima de 3000 A para fase e 2500 A para terra.

Esta alteração se torna necessária, porque todos os relés instalados nas linhas de distribuição da Cemig que são desligadas por disjuntores, estão com suas unidades instantâneas em serviço, ajustadas com um valor de pick-up definido e com área de atuação até o ponto onde houve equipamentos de proteção que são os religadores e seccionalizadores.

Ressalta-se que o plano de restabelecimento desta linha de distribuição determina que as inspeções sejam iniciadas de forma simultânea por uma equipe na saída da SE e por outra equipe no ponto mais distante da SE. Neste caso o LOCFALT pode contribuir com a localização reduzindo a área de inspeção das equipes de manutenção, principalmente para linhas de distribuição longas que possuem trechos urbanos e rurais de difícil acesso.

Na tabela 4.13, verificamos que os valores de corrente de curto-circuito estimados no LOCFALT pelos relés de fase e neutro não representam os

pontos calculados pelo GEMINI. Analisando os valores de curto-circuito das simulações dos tempos de proteção para o 1º, 2º e 3º religamento, verificou que se trata de curto próximo a SE com atuação da proteção instantânea do disjuntor. A faixa de máxima de corrente utilizada de 500 A, não contribui para uma melhor localização da falta.

Tabela 4.13 - Resultados da localização de falta na LD – BHBN-10

Alimentador	BHBN-10	Horário	11:51	Data	4/10/2005
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto			
		Gemini		Locfalt	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT
1º RA	0,141	3.150	2.540	U.I	U.I
2º RA	0,137			U.I	U.I
3º RA	0,141			U.I	U.I
Média	0,139			U.I	U.I

U.I = Unidade Instantânea

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE CONTINUIDADE

5.1 – Conclusões

Os resultados alcançados pelo LOCFALT na localização de falta permanente em redes de distribuição nos fazem acreditar que possa ser uma ferramenta muito útil para os CODs, otimizando sobremaneira o trabalho de envio de equipes de manutenção, reduzindo os custos, melhorando a qualidade do serviço prestado, propiciando que a empresa atenda aos requisitos de qualidade cada vez mais rigorosos estabelecidos pela legislação vigente.

O fato deste método não considerar os valores de tensão na localização da falta e utilizar apenas a magnitude da corrente de falta, que está limitada pela impedância da linha de distribuição, pela resistência de terra e pela resistência do arco, explica que algumas faltas à terra podem não ser localizadas pelo algoritmo.

Para as faltas onde ocorreu o curto-circuito é franco, ou seja, resistência de falta pequena, os erros máximos foram da ordem de 30%, nas mais variadas condições de falta e de característica da linha de distribuição. Nas faltas onde tivemos a atuação da proteção pela unidade instantânea o algoritmo apresentou erros maiores, mas os resultados ainda foram satisfatórios. Já para curtos-circuitos de alta impedância, os resultados apresentados não foram satisfatórios para a maior parte das condições

avaliadas. Os resultados obtidos nos 60 casos analisados foram satisfatórios, onde em 70% desses casos as localizações das faltas foram consideradas corretas, tendo sido confirmadas em campo pelas equipes de manutenção.

Entretanto, nem sempre é possível a localização de faltas de forma precisa devido às redes de distribuição típicas das empresas distribuidoras de energia elétrica apresentarem uma característica muito heterogênea, pois são constituídas por diversas ramificações, com diferentes bitolas de condutores e possuem cargas laterais situadas ao longo do alimentador principal e de suas derivações. Assim, alguns parâmetros foram estabelecidos na tentativa de equacionar estas características da rede ao programa visando tentar aprimorá-lo na localização dos prováveis pontos da falta.

Inicialmente, devido à grande extensão da rede de média tensão destas linhas de distribuição, estabeleceram-se como localizações corretas os pontos indicados pelo algoritmo do provável local da falta que estiverem situados a um raio máximo de 1% da extensão total da rede de média tensão em relação ao ponto real da falta e uma faixa de variação de corrente de curto-circuito é de 50 A. Os resultados obtidos na localização de faltas com estes parâmetros não foram satisfatórios, não somente pelo fato do número reduzido de pontos notáveis na linha de distribuição quando comparado com sua extensão, mas principalmente quando verificamos que a diferença média dos valores de curto circuito entres estes pontos é de 300 A. O erro chegou a 90% dos casos analisados utilizando estes parâmetros.

Os resultados obtidos na localização de faltas, considerando-se um raio máximo de 5% da extensão total da rede de média tensão em relação ao ponto da falta, uma faixa de variação da corrente de curto-circuito de 300 A para redes urbanas e 500 A para redes rurais, mostraram que a metodologia utilizada na estimação do local de falta, baseada no algoritmo do LOCFALT foi eficiente, frente às mais adversas condições de faltas, avaliadas nos 60 casos reais.

Foram analisados todos os resultados onde o LOCFALT não localizou o ponto da falta ou indicou erroneamente o provável local. Após a identificação do local pela equipe de manutenção, observou-se que 70% dos casos onde o algoritmo não identificou o provável local da falta trataram-se de curtos-circuitos de alta impedância ou estavam dentro da área da atuação da proteção instantânea dos disjuntores. Para os casos de atuação da proteção pela unidade instantânea, foi acrescentada uma melhoria no algoritmo para que a localização dos pontos prováveis do local da falta seja feita utilizando um valor fixo de corrente acima do valor de ajuste da unidade instantânea e não a curva tempo versus corrente. Para a atuação da unidade instantânea os pontos prováveis a serem informados serão todos os pontos que possuem o valor de corrente de curto-circuito com valor igual ou maior que os ajustados nas unidades instantâneas e não sejam protegidos por equipamentos de proteção seletiva (religadores e seccionalizadores).

Outro fator importante nos casos onde os resultados foram satisfatórios na localização de falta, foi a possibilidade de utilização de todos os tempos de atuação de proteção para todas as seqüências de operação do disjuntor, podendo simular a localização para cada tentativa de eliminar a falta, bem como criar um tempo médio de atuação de proteção dos religamentos que em alguns casos auxiliou na determinação do local da falta.

Na prática, vários fenômenos acontecem simultaneamente durante a dinâmica de um curto-circuito real que são difíceis de serem modelados em programas computacionais. Para o bom desempenho do LOCFALT, torna-se necessária boa qualidade dos parâmetros físicos e elétricos das linhas de distribuição e dos dados dos ajustes dos religadores e proteções e que os relés de proteções estejam em perfeito funcionamento.

As simulações mostraram que devido à ramificação das linhas de distribuição, o algoritmo fornece mais de um ponto do sistema que possui o mesmo valor de corrente de curto-circuito em relação à barra de saída da linha de distribuição. Podem existir ainda outros fatores complicadores, por isto

optou-se para a validação do sistema localizador proposto a partir de dados reais de faltas.

Os resultados obtidos na localização de falta utilizando-se a metodologia proposta neste trabalho demonstram que é de fundamental importância a correta identificação do local da falta, pois na prática as equipes de manutenção localizam as faltas nas linhas de distribuição através da inspeção poste a poste ou através de dicas informadas pelos clientes a Central de Atendimento a Clientes que são repassadas ao COD. Nestas inspeções a linha de distribuição é dividida em trechos, onde após cada trecho inspecionado é aberta uma chave e feita uma tentativa de reenergizar o sistema pelo fechamento do disjuntor da subestação. Além do aumento no tempo de restabelecimento, isto submete os condutores, conexões e equipamentos a estresse adicional, caso o teste não seja satisfatório. Situação muito comum em redes rurais devido à dificuldade de acesso.

Assim, através da utilização de uma ferramenta computacional como esta, é possível otimizar o trabalho dos despachantes do COD, auxiliando na tarefa de envio das equipes de manutenção para o campo, uma vez que são definidos trechos do sistema que apresentam a maior probabilidade de conter o verdadeiro local do curto-circuito.

5.2 – Sugestões de Continuidade

Este trabalho abordou apenas a localização de faltas em linhas de distribuição utilizando as características de tempos de atuação das proteções e os dados físicos e elétricos destas. Entretanto, com o avanço tecnológico dos equipamentos eletrônicos principalmente os relés de proteção que, outrora se pensava ser inconcebíveis para uso nas linhas de distribuição devido ao elevado custo e sofisticação, podem agora ser comumente encontrados em subestações. Além disto, a estes relés são agregadas novas funções que proporcionam o agrupamento de valiosas informações sobre o estado do sistema em tempo real como, por exemplo, os valores instantâneos de corrente

e tensão nas barras da subestação. Estas funções estimulam as pesquisas de novos algoritmos de proteção digital, destinados à localização de faltas permanentes em redes de distribuição.

Atualmente é prática comum executar a localização automática de faltas em linhas de transmissão através de algoritmos pré-programados em relés micro-processados; ou semi-automática através de programas computacionais dedicados que utilizam as oscilografias destes relés na localização. Seria interessante a integração destes métodos fazendo o cruzamento dos prováveis locais da falta apresentados pelos algoritmos que utilizam informações de relés micro-processados com metodologia proposta que utiliza relés eletromecânicos, podendo obter uma estimativa mais confiável.

A CEMIG dispõe ainda das informações de seu Sistema de Localização de Tempestades (SLT), que fornece, em tempo real, as coordenadas geográficas de todas as descargas atmosféricas que atingiram o solo. Como a causa descarga atmosférica representa em média cinqüenta por cento das ocorrências em linhas de distribuição nos dias chamados críticos, onde ocorrem vários bloqueios simultâneos de disjuntores de 13,8 kV, torna-se interessante cruzar estas informações com as soluções obtidas pelo LOCFALT, contribuindo para uma melhor definição do ponto provável de falta.

Outro ponto importante, que não foi explorado neste trabalho e carece de mais estudos, é a influência causada pelo efeito da impedância mútua de redes isoladas e protegidas nos valores de curto-circuito calculados pelo Gemini, quando mescladas com rede convencional que pode implicar em algumas alterações nos valores de curto-circuito nos pontos notáveis utilizados nesta metodologia.

Referências Bibliográficas

- [1] STRINGFIELD, T.; MARIHART, D.; STEVENS, R. Fault location methods for overhead lines. *Trans. of the AIEE, Part III, Power Apparatus and Systems*, v. 76, p. 518–530, August 1957.
- [2] BEWLEY, L.V., WILEY, J., “*Traveling Waves on Transmission Systems Representation*”, New York, 1951.
- [3] GIRGIS, A. A, FALLON, C.M., LUBKEMAM, D.L., “*A Fault Location Technique for Rural Distribution Feeders*”, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 4, no. 3, july 1989, pp. 1676-1682.
- [4] HIZAM, H., CROSSLEY, P.A., GALE, P.F., BRYSON, G., “*Fault Section Identification and Location on A Distribution Feeder Using Traveling Waves*”, *IEEE Transactions on Power Apparatus and System*, vol. pas 102, no. 9, pp. 2971-2983, September 1983.
- [5] E.C. SENGER, “*Localizador de Faltas para Redes de Distribuição*”, *Publicação Interna da EPUSP*, pp 720-724
- [6] TAKAGI, T., YAMAKOSHI, Y., BABA, J., UEMURA, K., SAKAGUSHI, T., “*Development of a New Type Fault Locator Using the One-Terminal Voltage and Current Data*”, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-101, no. 8, pp. 2892-2898, 1982.
- [7] SAHA, M.M, DAS, R., VERHO, P, NOVOSEL, D., “*Review of Fault Location Techniques for Distribution Systems*”, *IEEE Power Systems and Comumnucations Infrastructures for the future*, Beijing, September 2002.
- [8] AGGARWAL, R. K.; ASLAN, Y.; JOHNS, A. T. New concept in the fault location for overhead distribution systems using superimposed components. *Proc. IEE*, v. 144, n. 3, p. 309–316, May 1997.

- [9] ZHU, J.; LUBKEMAN, D. L.; GIRGIS, A. A. Automated fault location and diagnosis on electric power distribution feeders. *IEEE Transactions on Power Delivery*, v. 12, n. 2, p. 801–809, April 1997
- [10] IEEE., “*IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Over current Relays*”, New York - USA, September 1996. IEEE Std C37.112-1996.
- [11] GARCIA, P.A.N., PEREIRA, J.P.R., COSTA, V.M., CARNEIRO, S., MARTINS, N., “*Three-Phase Power Flow Calculations Using the Current Injection Method*”, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 15, no. 2, may 2000.
- [12] HSU, Y.Y.et al. AN expert system for locating distribution system faults. In: Proc IEEE/PES Summer Meeting. [S.l.:s.n], 1990.p.366-372
- [13] CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais, “*Estudo de Distribuição – GEMINI- Perolas*”, ED-1.33, pp. 3-8, Belo Horizonte, março 2000.
- [14] CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais, “*Estudo de Distribuição - Metodologia de Cálculo de Curto Circuito*”, ED-1.32, pp 9-1, 9-24, Belo Horizonte, junho 1989.
- [15] AUDIOLAB, “*xOMNI – Sistema de Supervisão e Controle*”, DCO PR 960/96, Belo Horizonte, fevereiro 2001.
- [16] CAMINHA, A., “*Introdução à Proteção dos Sistemas Elétricos*”, Editora Edgard Blucher, São Paulo, agosto 1987.
- [17] VALADÃO, R. L., “*Desenvolvimento de Sistema Computacional Destinado à Localização de Faltas em Rede e Linhas de Distribuição de Energia Elétrica*”, Universidade Federal de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2005 (Dissertação, Mestrado em Engenharia Elétrica).

- [18] PEREIRA, C., VALADÃO, R.L., VELOSO, H.M.; LIMA, J.C.M., “SISLOC - Sistema Localizador de Falhas para Redes de Distribuição”. In: XVII SNPTEE (Ed.). Uberlândia, Minas Gerais: [s.n.], 2003.
- [19] EL-HAMI, M., LAI, L.L., DARUVALA, D.J., JOHNS, A.T., “A New Traveling-Wave Based Scheme for Fault Detection on Overhead Power Distribution Feeders. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 7, no. 4, pp.1825-1833, October 1992.
- [20] PEREIRA, C. et al. “Um Sistema Computacional Baseado em Técnicas de Otimização para Localização Automática de Falhas em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica: Concepção e Validação Prática.” In: IEEE/PES T&D - Latin America (Ed.). São
- [21] PEREIRA, C. S., “Proteção Digital de Linhas de Transmissão”, Apostila do Curso de Extensão em Sistema de Energia Elétrica, 1998.
- [22] JOHNS, A. T., SALMAN, S. K., “Digital Protection for Power Systems”, IEE Power Series 15, Peter Peregrinus Ltd., pp. 01-201, 1995.

APÊNDICE A

METODOLOGIAS DE LOCALIZAÇÃO DE FALTAS

A.1 - Ondas Viajantes

As técnicas de ondas viajantes para localização de falta foram desenvolvidas durante muitos anos [2, 3, 5]. Em vez de sinais de tensão e corrente à frequência industrial, as altas frequências dos transitórios são usados para localizar a falta. O princípio operacional está baseado na transmissão e reflexão das ondas geradas no instante da falta na rede.

A maioria dos estudos existentes de localização utilizando ondas viajantes trabalhou no método de dois terminais que é adequada para linhas de transmissão. O método de dois terminais é considerado mais seguro, pois não requer reflexões múltiplas dos sinais, mas mede o tempo de chegada das primeiras ondas originadas nos dois terminais da linha utilizando cronômetros sincronizados. Para os métodos de um único terminal, os sinais de corrente ou de tensão são medidos no final da linha e o local da falta é determinado através dos sinais das reflexões que acontecem entre o ponto medido e a falta.

A localização de falta com um único terminal é o método mais desejável, pois só requer uma unidade por linha e uma ligação de comunicação entre os finais da linha não é obviamente necessário. Particularmente para sistemas de distribuição, localização de falta com um único terminal deveria ser acessível e conseqüentemente o mais utilizado.

As equações a.1 e a.2 abaixo representam a relação das perdas não uniforme nas linhas de associadas aos valores de tensão e correntes:

$$\frac{\partial v(x,t)}{\partial x} = -L \frac{\partial i(x,t)}{\partial t} \quad (\text{a.1})$$

$$\frac{\partial i(x,t)}{\partial x} = -C \frac{\partial v(x,t)}{\partial t} \quad (\text{a.2})$$

Onde, C e L são a capacitância e indutância da linha por metro e $v(x, t)$ e $i(x, t)$ são respectivamente a tensão e corrente no local x no tempo t devido à onda viajante. As soluções gerais para estas equações são a.3 e a.4:

$$v(x,t) = f_1(t - x/v) + f_2(t + x/v) \quad (\text{a.3})$$

$$i(x,t) = \frac{1}{Z_0} f_1(t - x/v) - \frac{1}{Z_0} f_2(t + x/v) \quad (\text{a.4})$$

Onde v é velocidade da propagação de onda e $Z_0 (Z_0 = \sqrt{L/C})$ é a impedância característica das linhas. As funções f_1 e f_2 representam as duas ondas que viajam em direções opostas f_1 é uma onda que viaja na direção positiva x (forward waves) enquanto f_2 é uma onda que viaja na direção de x negativa (Backward waves) conforme figura a.1.

As ondas viajantes de tensão e corrente podem ser completamente ou parcialmente refletidas quando as ondas alcançarem um ponto de descontinuidade. Isto pode ser devido a um circuito aberto, curto-circuito, um gerador, um transformador entre uma linha e cabo, um ponto de conexão de linha ou uma conexão de carga. Devido a essa descontinuidade, uma parte da onda viajante será refletida ao longo da linha e uma parte será transmitida pelo ponto de transição. As magnitudes dos componentes refletidos ou que transmitiram dependem da mudança de impedância da linha ou da descontinuidade. A onda continuará sendo refletida ou transmitida até que seja completamente atenuada.

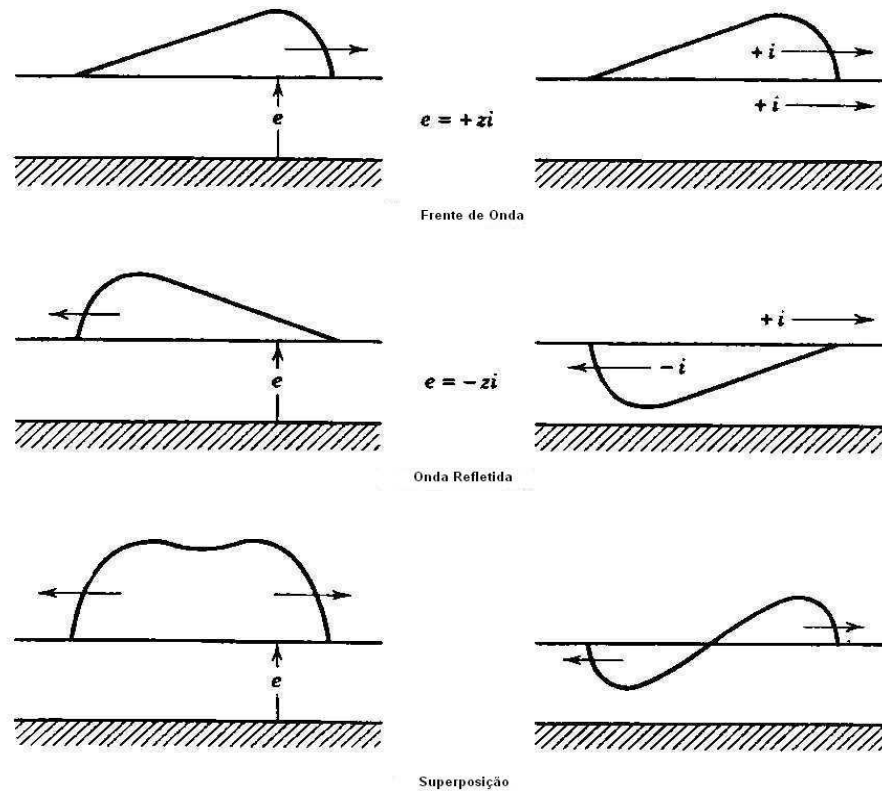


Figura a.1 – Convenção de sinais e superposição de ondas

O princípio básico da localização de faltas através de ondas viajantes de um único terminal é calcular o local da falta usando o intervalo de tempo entre a chegada de uma onda viajante incidente gerada por uma falta e a onda correspondente que refletiu do ponto de falta. Porém, desde que as ondas também possam ser refletidas através de outras discontinuidades, a identificação do sinal desejado é de importância fundamental para a operação do localizador da falta [1]. O método amplamente usado para descobrir o sinal desejado está baseado na correlação em cruz.

Um diagrama de Bewley Lattice normalmente é usado para descrever a reflexão e transmissão de uma onda viajante instigadas por uma falta em um sistema de potencia, conforme figura a.2:

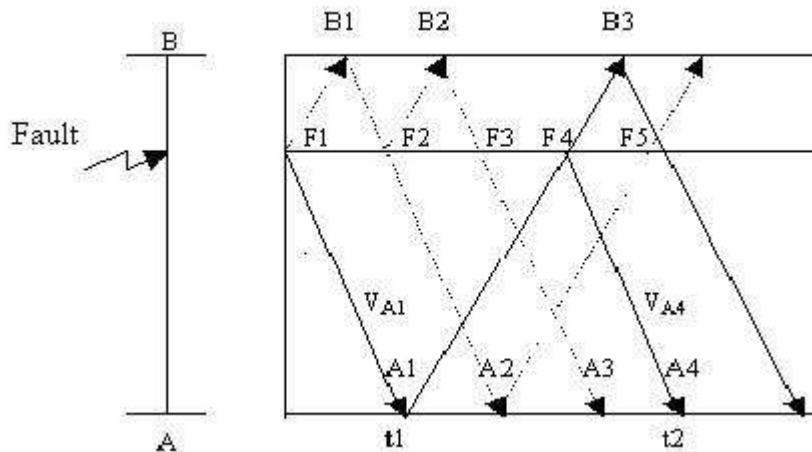


Figura a.2 – Diagrama de Bewley Lattice

Quando uma falta acontecer na linha, serão geradas duas ondas que propagam da falta para os dois finais da linha. Quando estas ondas alcançam o ponto de descontinuidade (A e B), elas são refletidas para o ponto de falta. Quando elas chegam novamente à falta, uma parte da onda será refletida para a fonte e uma parte será transmitida para o outro fim. Esta reflexão e processo de transmissão continuarão até que os sinais desapareçam devido à atenuação.

Se o intervalo de tempo entre a chegada da primeira onda incidente a A1 e a onda refletida correspondendo a A4 é obtido, a distância para a falta de A pode ser calculada como a.5:

$$d = vt / 2 \quad (a.5)$$

Onde v é a velocidade da onda e t é o intervalo de tempo entre a onda refletida incidente e a onda refletida ($t = t2 - t1$).

Um diagrama Bewley Lattice é usado para descrever as várias reflexões e transmissões das ondas geradas por uma falta em uma rede de potência. Porém o diagrama pode ser difícil de seguir até mesmo para um único modelo de linha simples [2]. É mais difícil analisar se o valor da resistência de falta for alta e as reflexões do ponto final remoto chegam ao ponto monitorando. Se a

rede consiste em uma mistura de linhas e cabos subterrâneos ou consiste em pontos múltiplos conectados ao disjuntor principal, o diagrama não fica prático.

Para auxiliar nesta análise são utilizados computadores, pois armazenam informações através de sistemas como o PSCAD/EMTDC ou EMTP que utilizam essas informações para modelar as redes de um sistema de potência sob condições de falta. Estes softwares produzem as formas de onda de tensão real e a verificada, porém os usuários podem ter dificuldade de identificar vários pulsos ou sinais caso existam formas de ondas devido à variedade de pontos notáveis. Há outra técnica baseado em “Árvores de Tempo” que tem o conceito que utiliza a predição das formas de ondas. “Árvores de tempo” apresentam uma descrição visual muito boa, mostrando como são geradas as várias formas de ondas no final de uma rede. A ideia básica deste conceito é seguir o traçado do caminho a partir da falta até que aponte para a descontinuidade ao longo da rede.

A.2 - Injeção de Correntes

Esta metodologia apresenta-se como uma poderosa ferramenta para análise e diagnóstico de faltas, sendo baseada no fluxo de potência trifásico por injeção de corrente – MICT [10] que permite a análise de sistemas trifásicos desbalanceados onde são considerados modelos completos da rede, incluindo ramais monofásicos e bifásicos, rede secundária, transformadores, etc.

Adicionalmente, as cargas podem ser representadas por qualquer tipo de modelo. A metodologia foi aplicada com sucesso em sistemas reais de distribuição, onde se constatou grande eficácia e robustez numérica. Foram estudados diversos tipos de faltas, simples e simultâneas, evidenciando-se o poder da ferramenta na análise de faltas em sistemas de distribuição.

Para sistemas de distribuição, devido aos desequilíbrios característicos destes sistemas torna-se necessário fazermos uma modelagem trifásica das linhas, cargas, capacitores em derivação, co-geração e transformadores.

Para análise em regime permanente as linhas trifásicas são representadas pelo tradicional modelo “pi - equivalente” que são representadas pelas matrizes abaixo, a.6:

$$\begin{bmatrix} Z_j^{aa} & Z_j^{ab} & Z_j^{ac} \\ Z_j^{ba} & Z_j^{bb} & Z_j^{bc} \\ Z_j^{ca} & Z_j^{cb} & Z_j^{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_j^{abc} \end{bmatrix} = j \begin{bmatrix} b_{shj}^{aa} & b_{shj}^{ab} & b_{shj}^{ac} \\ b_{shj}^{ba} & b_{shj}^{bb} & b_{shj}^{bc} \\ b_{shj}^{ca} & b_{shj}^{cb} & b_{shj}^{cc} \end{bmatrix} \quad (a.6)$$

Para análise trifásica de sistemas de potência, devem-se considerar dois tipos básicos de conexão para as cargas: conexão estrela aterrada e conexão delta. As cargas monofásicas são conectadas entre uma fase e o retorno e as bifásicas e trifásicas através da ligação estrela.

Além disso, é desejável representar o efeito da tensão. No fluxo de carga adotou-se o modelo polinomial onde são combinados os modelos potência constante, corrente constante e impedância constante. No cálculo de faltas, as cargas são consideradas impedância constante durante todo o processo iterativo. Uma vez atingida a convergência, atualizam-se as cargas de acordo com o modelo a ser adotado, ou seja, potência constante, corrente constante, impedância constante ou qualquer combinação entre estes. Capacitores em derivação normalmente são trifásicos e ligados em estrela com neutro aterrado. Permite-se a representação de capacitores monofásicos e bifásicos sendo estes representados por suas respectivas admitâncias ligadas em estrela. As unidades co-geradoras podem conter geradores síncronos ou de indução. Como na maioria das metodologias de análise de faltas, os geradores também são representados por uma fonte de tensão constante atrás de sua reatância transitória. Contudo, os fabricantes de geradores fornecem somente os dados de seqüência positiva, negativa e zero. Para obtenção dos parâmetros necessários, deve ser feita uma transformação para valores de fase.

Visto que esta metodologia para cálculo de faltas é baseada no Método de Injeção de Corrente Trifásico - MICT, é necessário o conhecimento deste método. Dessa forma, apresenta-se de forma sucinta, o MICT e suas principais

características. Para tal, considere uma barra K do tipo PQ onde os resíduos de corrente nas fases a, b, c são determinados por a.7,

$$\Delta I_k^2 = \frac{(P_k^{sp})^s - j(Q_k^{sp})^s}{(E_k^s)^*} - \sum_{i \in \Omega_k} \sum_{t \in \alpha_p} Y_{ki}^{st} E_i^t \quad (\text{a.7})$$

onde :

$$s, t \in \alpha_p$$

$$\alpha_p = \{a, b, c\}$$

$$Y_{ki}^{st} = G_{ki}^{st} + jB_{ki}^{st} \quad \square \square \text{ e o elemento da matriz admitância nodal.}$$

$$E_k^s = V_{\gamma k}^s + jV_{\eta k}^s$$

$(P_k^{sp})^s, (Q_k^{sp})^s$: é a potência ativa e reativa especificadas para a fase S da barra K ;

P_{gk}^s, Q_{gk}^s : é a potência ativa e reativa geradas na fase S da barra K ;

P_{lk}^s, Q_{lk}^s : é a potência ativa e reativa da carga na fase S da barra K ;

O modelo de carga adotado é do tipo polinomial. Desta forma o efeito da variação de tensão sobre as cargas é representado por a.8 e a.9:

$$P_{lk}^s = P_{Ok}^s + P_{lk}^s V_k^s + P_{2k}^s (V_k^s)^2 \quad (\text{a.8})$$

$$Q_{lk}^s = Q_{Ok}^s + Q_{lk}^s V_k^s + Q_{2k}^s (V_k^s)^2 \quad (\text{a.9})$$

Para representação de barras PV , no método de injeção de corrente (MICT), é necessária a inclusão de novas equações para representar o controle das tensões através da geração de potência reativa. Conseqüentemente a potência reativa trifásica é introduzida como uma nova variável de estado. As equações adicionais de controle são dadas por a.10:

$$(V_k^s)^2 = (V_{rk}^s)^2 + (V_{mk}^s)^2 \quad (\text{a.10})$$

Onde:

$(V_k^s)^2$: é o módulo da tensão na fase S da barra k

$(V_{rk}^s)^2$: é a parte real do fasor de tensão na fase s da barra k

$(V_{mk}^s)^2$: é a parte imaginária do fasor de tensão na fase s da barra k
 $S = \{a, b, c\}$

Os diversos tipos de falta são incluídos no MICT através de suas respectivas matrizes admitância de barras e impedância de barras que são obtidas a partir de dois modelos genéricos. Esses modelos genéricos são formulados considerando faltas.

Todos os tipos de faltas shunt podem ser obtidos se as impedâncias Z_a , Z_b , Z_c e Z_g . Conforme figura a.3 abaixo:

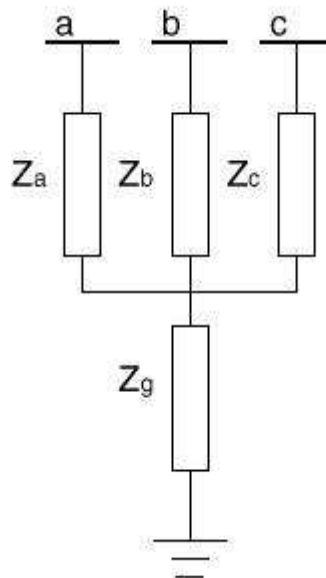


Figura a.3 – Representação de uma falta Shunt

A matriz admitância de barras relativa à figura c.3 é expressa por:

$$Y_{bus3\phi} = X \begin{bmatrix} Y_a(Y_b + Y_c + Y_g) & -Y_a Y_b & -Y_a Y_c \\ -Y_a Y_b & Y_b(Y_a + Y_c + Y_g) & -Y_b Y_c \\ -Y_a Y_c & -Y_b Y_c & Y_c(Y_a + Y_b + Y_g) \end{bmatrix} \quad (a.11)$$

A partir da equação a.11 pode-se estabelecer a matriz admitância de barras para qualquer tipo de falta shunt. Isto é realizado abrindo ou curto-circuitando os elementos Z_a , Z_b , Z_c e Z_g , ou seja, fazendo as impedâncias tenderem a infinito ou a zero respectivamente. Para representação de faltas do tipo série, adota-se o circuito trifásico da figura a.4:

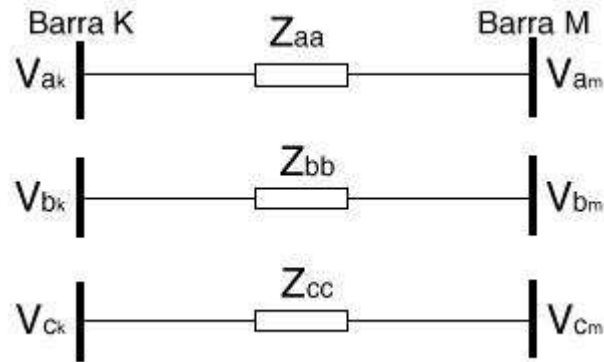


Figura a.4 – Representação de uma falta Tipo Série

Onde Z_{aa} , Z_{bb} e Z_{cc} são as impedâncias série da falta e tendem a zero quando representam estado normal de operação e a infinito quando representam abertura de linha. Uma abertura de linha pode ser representada em qualquer ponto de um ramo. Para representação da falta série é necessária a inclusão de duas novas barras no sistema, como é mostrada:

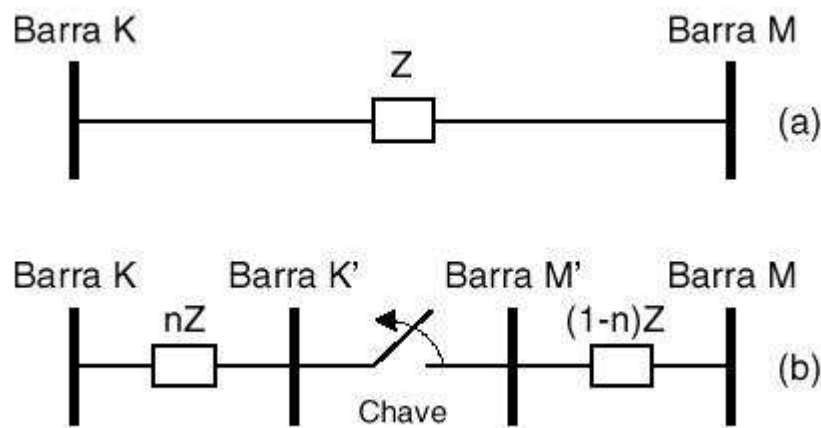


Figura a.5 – (a) Configuração Original, (b) Abertura da Chave

Como pode ser observado na figura a.5, são criadas duas novas barras K' e M' entre as barras da linha original KM . Com isso surgem duas novas linhas cujos valores das impedâncias são proporcionais à linha original km e dependem do local onde ocorrerá a falta. Assim, a matriz de impedâncias série e da nova linha KK' é n ($0 < n < 1$) vezes os correspondentes valores da linha original. Conseqüentemente, os valores das impedâncias série e da nova linha MM' será $(1-n)$ vezes os valores da linha original KM .

Entre K' e M' temos a representação da chave (aberta ou fechada) utilizando-se o circuito da figura a.5. A abertura de linha pode ser monopolar ou trifásica. A matriz impedância de barras neste caso é uma matriz diagonal onde os elementos representam as impedâncias série de cada fase.

Para representar faltas séries e shunt simultaneamente basta considerar as matrizes admitâncias de barras dos tipos de faltas envolvidas. Como pode ser visto na figura a.6, para simular o rompimento de uma fase com contato com o solo, utilizam-se os modelos shunt e série mostrada:

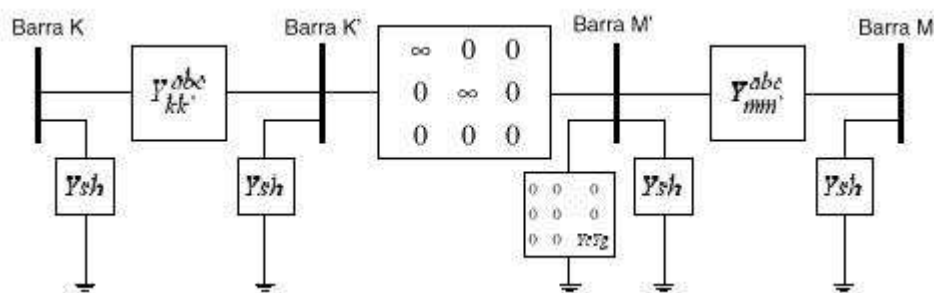


Figura a.6 – Representação de faltas shunt e série simultâneas

Para evitar problemas numéricos as impedâncias de falta assumem os valores 10^{10} e 10^{-10} quando representam circuito aberto e curto-circuito respectivamente. Além disso, é necessário definir as variáveis com precisão dupla na implementação computacional. Quando um fluxo de carga é utilizado na análise de um sistema, principalmente para fluxo de potência baseado no método de Newton-Raphson, deve-se observar o condicionamento numérico do problema. Para casos onde as condições iniciais encontram-se longe do ponto de operação o problema de fluxo de potência pode divergir ou até mesmo caminhar para uma solução espúria.

Visto que nas barras eletricamente próximas ao defeito as condições pós-falta são, de forma geral, totalmente diferentes das condições pré-falta, a representação de faltas no problema de fluxo de potência é extremamente complexa e na maioria das vezes levam a divergência ou a resultados que não correspondem ao ponto de operação. Dessa forma, é necessário adotar artifícios numéricos visando um condicionamento numérico adequado ao problema. Adotou-se o método de continuação ao problema do fluxo de

potência pelo método de injeção de correntes trifásico – MICT resultando em fluxo de potência continuado.

Assim, para faltas do tipo shunt, parte-se de um valor elevado para a impedância de falta e a partir de reduções sucessivas no valor da impedância de falta, solucionam-se diversos fluxos de potência até que o valor real da impedância de falta seja atingido.

A figura a.5 ilustra o processo de redução da impedância de falta. Como pode ser visto, a partir de um valor elevado para a impedância de falta ($Z_f = 10^{10}$) soluciona-se um fluxo de potência. Este primeiro cálculo do fluxo de carga é praticamente o mesmo fluxo de carga utilizado para o cálculo das condições pré-falta, logo, a convergência está garantida. Atingindo-se a convergência em n iterações a impedância de falta é atualizada de acordo com as equações a.12 e a.13 levando-a ao ponto da curva através da trajetória indicada pela linha cheia. As curvas tracejadas indicam trajetórias possíveis para atualização da impedância de falta. Estas trajetórias dependem de alfa e do número de fluxos convergidos.

$$Z^{(h)} = Z^{(h-1)} F \quad (\text{a.12})$$

$$F = e^{(-h/\alpha)} \quad (\text{a.13})$$

onde:

h é o número de iterações do fluxo continuado

α é o passo do fluxo continuado

A partir do ponto soluciona-se um novo fluxo de carga e obtendo-se a convergência repete-se o processo até que o valor real de Z_f seja atingido. Este processo de atualização da impedância de falta é realizado conforme a seqüência **ABCDE**. No entanto, como indicado na figura a.7, quando se adotou a trajetória **BC** a impedância de falta $Z_f^{(3)}$ foi inadequada e levou à divergência do fluxo de potência. Assim foi necessário retornar ao ponto **B** utilizando-se um novo valor para alfa na equação c.13 que resultou em um $Z_f^{(3)}$ correspondente ao ponto **C**.

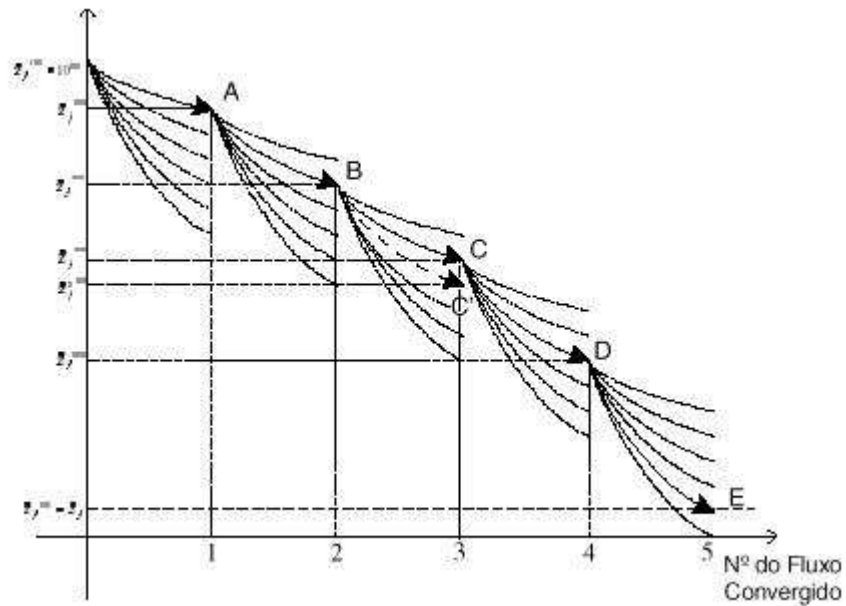


Figura a.7 – Gráficos Z_f x Números de Fluxos Convergid

Assim, através desse processo de fluxo de potência continuado determina-se as condições pós-falta sem os problemas de condicionamento numérico. Procedimento similar é usado para faltas do tipo série.

Foram realizados diversos teste com esta metodologia onde verificou uma grande eficiência da metodologia proposta, mesmo em se tratando de faltas complexas. Comparou-se também a nova formulação para análise de faltas com a metodologia convencional em componentes simétricas onde se concluiu que, além de mais simples, a metodologia proposta é mais adequada para uma análise sistêmica, podendo inclusive ser empregada no estudo de problemas relativos à qualidade de energia como afundamentos de tensão.

APÊNDICE B

METODOLOGIAS DE CALCULOS DE LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO

B.1 - Perfil de Carga - Demanda

O objetivo deste procedimento é determinar a demanda diversificada, corrente e perdas elétricas de todos os pontos cadastrados ao longo da linha de distribuição, para as condições de carga máxima e mínima. No cálculo do perfil de carga podem ser detectados quatro grandes blocos de funções:

- Determinação da demanda própria de cada ponto;
- Determinação da demanda acumulada não diversificada e fatores de coincidência;
- Determinação da demanda total diversificada;
- Determinação da corrente e das perdas elétricas.

O Gemini trabalha com todos os valores por fase. Os dados para realização dos cálculos são obtidos através da pesquisa aos bancos de dados do Gemini, e de faturamento de consumidores (kWh).

Os dados provenientes do Gemini são: corrente, tensão e fator de potência correspondente aos horários de demanda máxima e mínima da linha de distribuição na saída, comprimento e bitola dos condutores, e a demanda dos consumidores primários. Do banco de dados de consumidores utiliza-se a demanda máxima medida dos consumidores primários e secundários.

Determinação da demanda própria de cada ponto

Nesta etapa são determinadas as demandas próprias do ponto, que são classificadas como demanda de carga distribuídas, concentrada ou rural conforme sua característica e também é feito levantamento da carga instalada e do número de consumidores.

a – Transformadores de Rede Secundária

Com as coordenadas de cada ponto de rede primária, o Gemini verifica se há transformador instalado no ponto. Para cada transformador existente, são obtidos a demanda em kVA e o número de fases.

$$kW_1 = \frac{kVA}{N} \times \cos \phi_1 \quad (b.1)$$

$$kVAr_1 = \frac{kVA}{N} \times \text{sen} (\arccos \phi_1) \quad (b.2)$$

$$kW_2 = \frac{kVA}{N} \times \cos \phi_2 \quad (b.3)$$

$$kVAr_2 = \frac{kVA}{N} \times \text{sen} (\arccos \phi_2) \quad (b.4)$$

onde:

Os índices (1) e (2) indicam, respectivamente, as condições de carga mínima e máxima do alimentador;

$kW, kVAr$ é a demanda coincidente ativa e reativa dos transformadores

kVA é a demanda do transformador, em kVA ;

N é o número de fase do transformado;

$\cos \phi$ é o fator de potência do alimentador.

b – Transformadores de Consumidores Primários

Os consumidores primários são identificados no Gemini que mensalmente é atualizado pelo banco de dados de consumidores (faturamento), onde obtém a demanda máxima (kW) e o fator de potência destes consumidores. Para os consumidores primários com demandas significativas para a linha de distribuição, o sistema utiliza os dados de medições para calcular os fatores de contribuição do consumidor.

$$F_{C1} = \frac{D1}{DM} \quad (b.5)$$

$$F_{C2} = \frac{D2}{DM} \quad (b.6)$$

onde:

F_C é o fator de contribuição do consumidor para a demanda mínima (F_{C1}) e demanda máxima do alimentador (F_{C2});

$D1$ é a demanda medida do consumidor, coincidente com mínima do alimentador, em kVA ;

$D2$ é a demanda medida do consumidor, coincidente com máxima do alimentador, em kVA ;

DM é a demanda máxima do consumidor primário correspondente ao mês da medição, lida no banco de consumidores em kVA ;

Os fatores de contribuição são calculados no mês da medição das demandas coincidentes. Eles serão utilizados para determinar as demandas dos consumidores primários coincidentes com a máxima e a mínima do alimentador, para os demais meses, a partir da demanda mensal lida no banco de dados de consumidores.

$$kW_1 = \frac{D}{N} \times F_{C1} \quad (b.7)$$

$$kVA_{r1} = \frac{D}{N} \times F_{C1} \times \tan(\arccos \phi) \quad (b.8)$$

$$kW_2 = \frac{D}{N} \times F_{C2} \quad (b.9)$$

$$kVA_{r2} = \frac{D}{N} \times F_{C2} \times \tan(\arccos \phi) \quad (b.10)$$

onde:

Os índices (1) e (2) referem-se às condições de carga mínima e máxima do alimentador, respectivamente:

FC é o fator de contribuição determinados;

D é a demanda mensal lida do banco de consumidores em kW ;

kW é a demanda ativa coincidente do consumidor primário em kVA ;

kVA_r é a demanda reativa coincidente do consumidor primário em kVA ;

N é o número de fase do transformado;

$\cos \phi$ é o fator de potência do consumidor primário;

Para os consumidores primários com demandas não significativas às demandas coincidentes são calculados F_{C1} e F_{C2} normalmente e o consumidor é tratado como carga concentrada. Se não houver medições cadastradas, sua demanda é determinada da seguinte forma:

$$kW1 = kW2 = \frac{kW}{N} \quad (\text{informação do banco de consumidores})$$

$$kVAR_1 = kVAR_2 = \frac{kW}{N} \times \tan \cdot (\arccos \phi)$$

$\cos \phi$ é o fator de potência do consumidor

A partir deste ponto recebem o mesmo tratamento de transformadores da rede secundária, isto é, carga distribuída.

B.2 - Perfil de Tensão

O sistema determina o nível de tensão por fase em cada ponto da linha de distribuição, a partir do primeiro ponto, junto ao barramento da subestação, nas condições de carga máxima e mínima da linha de distribuição. Para se determinar o perfil de tensão são necessários os seguintes dados:

- Tabela com características elétricas dos condutores;
- Tensão do alimentador na saída do barramento da subestação, em condições da carga máxima e mínima;
- Corrente por fase na saída do barramento da subestação, e em cada trecho da linha de distribuição em condições de carga máxima (horário de ponta) e carga mínima da linha de distribuição;
- Comprimento, material, bitola, fases e seqüência elétrica dos trechos da linha de distribuição;
- Localização e características dos reguladores de tensão, autotransformadores e bancos de capacitores;

O sistema mantém uma tabela de condutores com as características elétricas para utilização no cálculo da queda de tensão, carregamento nos trechos e verificação da adequação da ampacidade do condutor às condições

de carga no trecho, em condições normais e de emergência. Para o cálculo do nível de tensão em um ponto do alimentador é feito conforme seqüência abaixo.

Determinação dos componentes de seqüência das correntes no trecho:

$$\begin{bmatrix} Ia_0 \\ Ia_1 \\ Ia_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a_2 \\ 1 & a_2 & a \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Ia \\ Ib \\ Ic \end{bmatrix} \quad (\text{b.21})$$

onde:

$$Ia = |Ia| \angle -\varphi$$

$$Ib = |Ib| \angle 240^\circ - \varphi$$

$$Ic = |Ic| \angle 120^\circ - \varphi$$

$$Ia_0 = |Ia_0| \angle \varphi_0$$

$$Ia_1 = |Ia_1| \angle \varphi_1$$

$$Ia_2 = |Ia_2| \angle \varphi_2$$

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

$$a_2 = 1 \angle 240^\circ$$

onde:

Ia, Ib, Ic são as correntes no trecho nas fases A, B e C , em A;

φ é o ângulo do fator de potência da linha de distribuição na saída do barramento da subestação, em graus;

Ia_0, Ia_1, Ia_2 são as componentes de seqüências zero, positiva e negativa da corrente no trecho, na fase A , em ampéres;

$\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ são os ângulos das componentes de seqüência da corrente na fase A , em graus;

Componentes de seqüência da tensão no ponto inicial do trecho

$$\begin{bmatrix} Va_0 \\ Va_1 \\ Va_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a_2 \\ 1 & a_2 & a \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Va \\ Vb \\ Vc \end{bmatrix} \quad (\text{b.22})$$

onde:

$$Va = |Va| \angle \varphi_A$$

$$Vb = |Vb| \angle \varphi_B$$

$$Vc = |Vc| \angle \varphi_C$$

$$Va_0 = |Va_0| \angle \varphi_0$$

$$Va_1 = |Va_1| \angle \varphi_1$$

$$Va_2 = |Va_2| \angle \varphi_2$$

onde:

Va, Vb, Vc são as tensões no início do trecho nas fases A, B e C , em volts;

$\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ são os ângulos das tensões das fases A, B e C , em graus.

Para o 1º trecho os valores iniciais são:

$$\varphi_A = 0, \varphi_B = 240^\circ \text{ e } \varphi_C = 120^\circ;$$

Va_0, Va_1, Va_2 são as componentes de seqüência zero, positiva e negativa da tensão no ponto inicial do trecho, em volts;

$\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ são os ângulos das componentes de seqüência da fase;

Componentes de seqüência da tensão no ponto inicial do trecho

$$\begin{bmatrix} V0_f \\ V1_f \\ V2_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Va_0 - Ia_0 \times Z_0 \\ Va_1 - Ia_1 \times Z_1 \\ Va_2 - Ia_2 \times Z_2 \end{bmatrix} \quad (\text{b.23})$$

$$\begin{bmatrix} Va_f \\ Va_f \\ Va_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a_2 \\ 1 & a_2 & a \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V0_f \\ V1_f \\ V2_f \end{bmatrix} \quad (\text{b.24})$$

onde:

$V0_f, V1_f, V2_f$ são os componentes de seqüência zero, positiva e negativa da tensão no ponto inicial do trecho, em volts;

Va_0, Va_1, Va_2 são os componentes de seqüência zero, positiva e negativa da tensão na fase A no ponto inicio do trecho, em volts;

Va_f, Va_f, Va_f são as tensões de fase neutro no ponto final do trecho, nas fases A, B, C , em volts;

$Ia_0 \times Z_0$ são as componentes de seqüência da queda de tensão, fase A ;

$$Ia_1 \times Z_1$$

$$Ia_2 \times Z_2$$

Ia_0, Ia_1, Ia_2 são as componentes de seqüência da corrente no trecho, fase A , em amperes;

Z_0, Z_1, Z_2 são as componentes de seqüência zero, positiva e negativa da impedância do trecho, em *ohms* ;

Determinação da impedância do trecho seqüência positiva e negativa:

$$Z_1 = (d \times R_F) + j(d \times x) \quad (\text{b.25})$$

$$Z_2 = Z_1 \quad (\text{b.26})$$

onde :

Z_1 é a impedância de seqüência positiva do trecho, em *ohms* ;

Z_2 é a impedância de seqüência negativa do trecho, em *ohms* ;

d é o comprimento da linha, em *Km* ;

R_F é a resistência do condutor, em *ohms / Km* ;

x é a reatância total do condutor em *ohms / Km* ;

Determinação da impedância do trecho seqüência zero:

$$Z_0 = 3 \times Z_1 \quad (\text{b.27})$$

onde:

Z_0 é a impedância de seqüência zero no trecho, em *ohms* ;

Z_1 é a impedância de seqüência positiva no trecho, em *ohms* ;

Determinação dos níveis e queda de tensão percentual:

$$NA = \frac{VA_f}{V / \sqrt{3}} \times 100 \quad (\%) \quad (\text{b.28})$$

$$\Delta VA = \frac{VA_f - VA_i}{V / \sqrt{3}} \times 100 \quad (\%) \quad (\text{b.27})$$

onde:

NA é o nível de tensão percentual na fase A , no final do trecho;

VA_f é a tensão fase-neutra da fase A , no final do trecho, em volts;

VA_i é a tensão fase-neutra da fase A , no início do trecho, em volts;

V é a tensão nominal fase-fase, no barramento da SE, em volts;

ΔVA é a queda de tensão percentual na fase A .

ANEXO A

RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS CASOS REAIS

Neste anexo são apresentados os resultados da localização de falta das simulações obtidos do programa LOCFALT:

Análise	1	Alimentador	BHGT-13	Horário	4:02	Data	10/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT				Fase	1° RA
1° RA	1,369	8.618	6.857	2.480	1.330	X			2° RA	
2° RA	0,303			0 -LI	0				3° RA	
3° RA	2,817			630	400				Média	
Média	1,496			2.350	1.240					
Observações	Houve atuação do relé de sobrecorrente instantâneo que esta ajustada para 4400A Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Análise	2	Alimentador	BHHR-03	Horário	15:54	Data	12/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT				Fase	1° RA
1° RA	1,048	4.708	3.868	2.690	1.740	X		x	2° RA	
2° RA	0,361			0	0				3° RA	
3° RA	0,469			10.250	0				Média	
Média	0,626			5.160	4.590				x	x
Observações	Houve também atuação do relé de sobrecorrente instantâneo que esta ajustada para 4800A Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Análise	3	Alimentador	SLUU-12	Horário	17:43	Data	14/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT				Fase	1° RA
1° RA	14,612	3.326	3	650	330	X			2° RA	
2° RA	38,073			600	310				3° RA	
3° RA	57,13			600	300				Média	
Média	36,605			610	320					
Observações	Houve também atuação do relé de sobrecorrente instantâneo que esta ajustada para 3000A. Causa Árvore sobre a média tensão- partiu cabo 1/0 e neutro. Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Análise	4	Alimentador	CEMT-01	Horário	16:41	Data	14/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT				Fase	1° RA
1° RA	1,153	2.578	1.722	2.550	1.530	X		x	2° RA	x
2° RA	1,106			2.620	1.580				3° RA	x
3° RA	1,444			2.560	1.540				Média	
Média	1,134			2.580	1.550				x	x
Observações	A localização foi feita tanto pela proteção de fase como de neutro. Descarga atmosférica danificou chave SF6 - Nº 2221. Utilizada Faixa de corrente de 50A -Locfalt									

Análise	5	Alimentador	CICM-03	Horário	11:46	Data	16/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
		1º RA	0,667	3.181	2.567	3.890	2.960	X		Fase
2º RA	0,67	3.620	2.860			x	2º RA			x
3º RA	0,701	3.170	2.680				3º RA			x
Média	0,682	3.590	2.830			x	Média			
Observações	A localização foi feita tanto pela proteção de fase como de neutro. Vandalismo - Balão de Alumínio, fase B Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Análise	6	Alimentador	PLOT-08	Horário	17:45	Data	20/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
		1º RA	19	2.184	1.453	630	330	X		Fase
2º RA	1,277	2.380	960			x	2º RA			x
3º RA							3º RA			
Média							Média			
Observações	A localização foi feita somente pela proteção de fase.Causa Pombo fechou curto entre fase B e cruzeta - MT partida cabo 2CA.Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Análise	7	Alimentador	CETU-09	Horário	14:06	Data	31/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
		1º RA	1,273	1.591	1.180	1.890	0	X		Fase
2º RA	1,384	1.620	0			x	2º RA			x
3º RA	1,409	1.620	0				3º RA			x
Média	1,335	1.890	0				Média			x
Observações	A localização foi feita somente pela proteção de fase.Causa Chuvas fortes com ventos - MT embarçada fases B e C cabo 1/0CA.Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Análise	8	Alimentador	SBAU-02	Horário	14:23	Data	31/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
		1º RA	8,369	574	356	480	0	X		Fase
2º RA	8,265	480	0			x	2º RA			x
3º RA	10,187	450	0				3º RA			
Média	8,994	480	0				Média			x
Observações	A localização foi feita somente pela proteção de fase.Causa Descarga Atmosféricas - Para raio detonado no regulador de tensão N° 108254. Utilizada Faixa de corrente de 50A -Locfalt									
Análise	9	Alimentador	BETU-13	Horário	13:59	Data	20/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
		1º RA	15,333	1.411	929	787	0		X	Fase
2º RA	15,127	763	0				2º RA			
3º RA	15,506	763	0				3º RA			
Média	15,322	763	0				Média			
Observações	Não foi localizada a falta.Causa Arvore sobre MT , partiu cabo 4CAA no circuito da seção N° 64400 - bypassada.Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Análise	10	Alimentador	SBAU-03	Horário	15:18	Data	21/12/2004			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
		1º RA	0,467	3.189	2.530	4.000	0	X		Fase
2º RA	0,482	3600	0				2º RA			x
3º RA	17,861	1000	0				3º RA			
Média	6,272	560	0				Média			
Observações	A localização foi feita somente pela proteção de fase.Causa Descarga Atmosféricas - MT partida cabo 1/0 fase C. Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									

Análise	11	Alimentador	RBSD-218	Horário	10:55	Data	29/12/2004					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não					
		1º RA	0,462	2.845	2.188	5.070	8.640	X		Fase	1º RA	
		2º RA	0,827			2.890	2.040			x	2º RA	x
3º RA	0,836	2.870	2.010				3º RA			x		
Média	0,0708	3.206	2.630			x	Média			x		
Observações	Não houve atuação do relé de sobrecorrente instantâneo que esta ajustada para 3000A. Na Ld tem 03 religadores e alguns pontos estavam no circuito os mesmos. Causa Cruzeta podre.Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt											
Análise	12	Alimentador	CICM-02	Horário	18:54	Data	29/12/2004					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não					
		1º RA	0,644	3.447	2.616	2.540	3.118	X		Fase	1º RA	x
		2º RA	0,647			2.520	3.160				2º RA	x
3º RA	0,646	2.520	3.160				3º RA			x		
Média	0,646	2.510	3.130			x	Média			x		
Observações	A localização pelo relé de neutro foi a mais próxima apesar dos tempos de religamento estarem Ok fase e neutro. Causa árvore sobre MT.Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt											
Análise	13	Alimentador	BHJT-02	Horário	18:49	Data	29/12/2004					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não					
		1º RA	1,378	2.337	1.698	2.270	1.240	X		Fase	1º RA	x
		2º RA	1,449			2.200	1.200				2º RA	x
3º RA							3º RA			x		
Média	1,414	2.240	1.220			x	Média			x		
Observações	A localização pelo relé de fase foi mais próxima apesar dos tempos de religamento Ok fase e neutro - causa Descarga Atmosférica. 3º RA foi manual (falha do relé).Utilizada Faixa de corrente de 200A para fase e 400 A para neutro											
Análise	14	Alimentador	BETU-05	Horário	17:02	Data	30/12/2004					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não					
		1º RA	0,248	2.204	1.772	2.799	0	X		Fase	1º RA	
		2º RA	1,035			1.056	0				2º RA	
3º RA	0,216	3.204	0				3º RA					
Média	0,5						Média					
Observações	Tempos variados de atuação, não consegue-se localizar por proteção de neutro em religadores W - Causa árvore na rede.Utilizada Faixa de corrente de 50A para fase											
Análise	15	Alimentador	BETT-312	Horário	17:16	Data	30/12/2004					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não					
		1º RA	1,173	1.775	1.141	1.890	0	X		Fase	1º RA	
		2º RA	12,50			1.350	0				2º RA	x
3º RA	26,133	972	0				3º RA					
Média	13,269	1.350	0				Média			x		
Observações	Tempos variados de atuação, não consegue-se localizar por proteção de neutro em religadores ESV- Causa árvore na rede.Utilizada Faixa de corrente de 50A para fase											
Análise	16	Alimentador	BHPM-07	Horário	23:05	Data	11/1/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não					
		1º RA	17,87	2.025	1.313	630	320	X		Fase	1º RA	
		2º RA	17,477			630	320				2º RA	
3º RA	18,575	630	320				3º RA					
Média	17,974	630	320				Média					
Observações	Tempos próximos fácil localização, porém curto de alta impedância, não consegue-se localizar - Causa árvore na rede partiu MT cabo 2 CA.Utilizada Faixa de corrente de 200A para fase											
Análise	17	Alimentador	LGT-15	Horário	2:48	Data	17/1/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não					
		1º RA	14,796	502	315	950	70	X		Fase	1º RA	x
		2º RA	15,121			950	70				2º RA	x
3º RA	14,905	950	70				3º RA			x		
Média	14,941	950	70				Média			x		
Observações	Tempos próximos fácil localização, porém a rede de MT é extensa e nível de curto circuito muito baixo - Causa Descarga Atmosférica partiu MT cabo 4/0 CA.Utilizada faixa de corrente de 500A para fase											

Análise	18	Alimentador	BHJT-16	Horário	8:47	Data	19/1/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		1º RA	2º RA
1º RA	3,118	3.310	2.650	630	560	X		Fase	1º RA	
2º RA	2,023			640	568			2º RA		
3º RA	1,496			1.270	1.610			3º RA		
Média	2,212			640	568			Média		
Observações	Tempos variados de difícil curto de alta impedância - Causa Galho de Árvore apoiou sobre MT.Utilizada Faixa de corrente de 200A para fase									
Análise	19	Alimentador	CINC-03	Horário	11:49	Data	22/1/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		1º RA	2º RA
1º RA	0,701	3.857	2.580	4.270	2.680	X		Fase	1º RA	x
2º RA	0,703			4.260	2.670			x	2º RA	x
3º RA	0,698			4.300	2.700			Neutro	3º RA	x
Média	0,701			4.270	2.680			x	Média	x
Observações	Tempos próximos fácil localização, porém a rede muito ramificada - Causa Árvore sobre MT - podaço feita por terceiros.Utilizada Faixa de corrente de 200A para fase									
Alimentador	20	Alimentador	BHAD-16	Horário	17:18	Data	22/1/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		1º RA	2º RA
1º RA	0,24	5.307	4.657	4.560	4.560	X		Fase	1º RA	
2º RA	0,253			4560	4560			x	2º RA	
3º RA	0,29			4560	4560			Neutro	3º RA	
Média	0,261			4.560	4.560			x	Média	x
Observações	Tempos próximos e rápidos de fácil identificação que trata-se de operação de unidade instantanea - Causa Bambu sobre MT.Utilizada Faixa de corrente de 200A para fase									
Análise	21	Alimentador	BHBP-09	Horário	16:38	Data	18/3/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		1º RA	2º RA
1º RA	0,552	3.626	2.421	6.660	2.878	X		Fase	1º RA	x
2º RA	5,774			600	298			2º RA		
3º RA	17,017			760	308			3º RA		
Média	7,781			600	295			x	Média	
Observações	Tempos variados de difícil localização, porém curto franco no primeiro RA e de alta impedância na 2º e 3º RAs, - Causa árvore na rede techou MT - 336,4 CA. Utilizada Faixa de corrente de 300 a 500A para neutro									
Análise	22	Alimentador	CETU-10	Horário	18:53	Data	9/3/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		1º RA	2º RA
1º RA	2,098	2.781	2.624	1.350	60	X		Fase	1º RA	
2º RA	1,663			1620	60			2º RA		
3º RA	1,671			1.350	60			3º RA		
Média	1,811			1.355	60			Média		
Observações	Tempos próximos fácil localização porém na saída da Se esta LD bifurca o que dificulta a localização. Porém pelo locfalt o trecho a ser percorrido foi reduzido - Galho de Árvore partiu MT em área Rural.Faixa utilizada de 300A									
Análise	23	Alimentador	SBAU-03	Horário	14:32	Data	10/3/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		1º RA	2º RA
1º RA	0,653	2.626	1.944	2.400	60	X		Fase	1º RA	x
2º RA	0,488			3.600	60			x	2º RA	
3º RA	0,561			2.800	60			Neutro	3º RA	
Média	0,567			2.800	60			x	Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização porém na saída da SE esta LD bifurca o que dificulta a localização. No locfalt ficou caracterizado dois trechos e através de dicas no COD a identificação do trecho a ser percorrido foi rápida - Ventania - MT cabo									
Análise	24	Alimentador	BHHR-21	Horário	2:53	Data	27/3/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		1º RA	2º RA
1º RA	0,283	3.071	2.443	0	0	X		Fase	1º RA	
2º RA	0,784			3.060	2.210			x	2º RA	x
3º RA	0,754			3.200	2.360			Neutro	3º RA	x
Média	0,607			4.210	3.650			x	Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita tanto pela proteção de fase como de neutro. Vandalismo (saco lixo lançado na MT) partiu cabo 1/0.Utilizada Faixa de corrente de 300A -Locfalt									

Analise	25	Alimentador	CETU-10	Horário	8:28	Data	3/4/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não			
1° RA	1,417	1.728	1.311	1.630	0	X		Fase	1° RA	x
2° RA	47,834			756	0			x	2° RA	
3° RA	8,519			648	0				3° RA	
Média	19,257			1.350	0			x	Média	
Observações	Tempos diferentes de difícil localização, na saída da SE esta LD bifurca o que dificulta a localização. Porém pelo locfalt o trecho no primeiro RA ficou bastante caracterizado e o trecho a ser percorrido foi reduzido - Bambu sobre MT fase A e B cabo 1/0									
Analise	26	Alimentador	BETT-315	Horário	17:02	Data	8/4/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não			
1° RA	1,188	2.297	1.493	1.890	0	X		Fase	1° RA	x
2° RA	1,04			2.160	0			x	2° RA	x
3° RA	0,958			2160	0				3° RA	
Média	1,071			2.160	0				Média	x
Observações	Tempos próximos de fácil localização, - Causa árvore na rede partiu - 2 CA Utilizada Faixa de corrente de 300 para fase									
Analise	27	Alimentador	MAL-12	Horário	10:53	Data	23/4/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não			
1° RA	13,607	1.100	706	50	0	X		Fase	1° RA	x
2° RA	17,916			950	0			x	2° RA	x
3° RA	13,656			950	0				3° RA	x
Média	15,06			950	0				Média	x
Observações	Tempos próximos de fácil localização, a possui várias ramificações o que dificulta a localização. No locfalt o trecho identificado nos RAs ficou bastante caracterizado e o trecho a ser percorrido foi reduzido - Falha em Equipamento - Regulador de Tensão									
Analise	28	Alimentador	BETT-10	Horário	18:52	Data	25/4/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não			
1° RA	2,764	3.836	2.719	690	380		X	Fase	1° RA	
2° RA	0,299			0	0				2° RA	
3° RA	0,295			0	0				3° RA	
Média	1,119			2.260	1.430				Média	
Observações	Houve atuação do relé de sobrecorrente instantâneo que esta ajustada para 3840A. O Locfalt localizou em um circuito próximo porém esta em circuito de religados. Causa Abalroamento.Utilizada Faixa de corrente de 200A -Locfalt									
Analise	29	Alimentador	SBAU-05	Horário	15:18	Data	25/4/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não			
1° RA	1,163	1.595	1.069	1.600	0	X		Fase	1° RA	x
2° RA	1,16			1.600	0			x	2° RA	x
3° RA	1,105			1.600	0				3° RA	x
Média	1,43			1.600	0				Média	
Observações	Tempos próximos de fácil localização, na saída da SE esta LD bifurca o que dificulta a localização. Porém pelo locfalt caracterizou dois os o que ajudou a identificar os trechos a serem percorridos reduzido o TMR - Galho de árvore caído sobre MT.Utilizada Faixa de corrente de 300A para fase									
Analise	30	Alimentador	BHSN-02	Horário	2:27	Data	27/4/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não			
1° RA	0,427	6.624	5.375	7.870	6.520	X		Fase	1° RA	x
2° RA	0,174			UI	UI			x	2° RA	
3° RA	0,297			UI	UI				3° RA	
Média	0,298			UI	UI				Média	
Observações	Tempos diferentes e característico de unidade instantânea de difícil. A localização foi feita somente no 1° RA pela proteção de fase. Causa Galho de árvore fechando MT - 336,4CA.Utilizada Faixa de corrente de 300A -Locfalt									

Análise	31	Alimentador	CINC-05	Horário	19:09	Data	17/5/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	0,577	7.637	5.881	6.395	4.698	X		Fase	1° RA	x
2° RA	1,862			2820	1820			x	2° RA	
3° RA	4,250			600	600				3° RA	
Média	2,35			650	650				Média	
Observações	Tempos variados de difícil localização, porém curto franco no primeiro RA e de alta impedância na 2° e 3° RAs, - Causa Falha em equipamento - chave faca 675 deretida por curto ajusante.Utilizada Faixa de corrente de 300A.									
Análise	32	Alimentador	BHJT-11	Horário	17:40	Data	9/5/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	0,658	2.360	1.717	4.020	2.330	X		Fase	1° RA	
2° RA	1,250			2420	1320			x	2° RA	x
3° RA	1,254			2.420	1320				3° RA	x
Média	1,054			2.710	1.320			x	Média	x
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita tanto pela proteção de fase como de neutro. O 1° RA foi pela unidade instantânea - Causa Abalroamento, poste chave faca 12425.Utilizada Faixa de corrente de 300A.									
Análise	33	Alimentador	BETU-14	Horário	6:33	Data	11/5/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	0,701	1.139	704	1.294	60	X		Fase	1° RA	x
2° RA	0,704			1.294	60			x	2° RA	x
3° RA	0,719			1.294	60				3° RA	x
Média	0,708			1.294	60				Média	x
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase - Causa Abalroamento, poste circuito duplo com UTIG-07.Utilizada Faixa de corrente de 300A.									
Análise	34	Alimentador	BHPM-10	Horário	13:17	Data	4/6/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	0,379	3.452	2.409	0	0	X		Fase	1° RA	
2° RA	2,037			0	0			x	2° RA	
3° RA	0,219			3.479	2.432				3° RA	x
Média	0,878			3.200	2.230			x	Média	x
Observações	Tempos variados de difícil localização, porém curto franco no primeiro RA (UI), de alta impedância na 2° e no 3° RA localizou, porém com mais precisão na média dos RAs - Causa Pipa na Rede.Faixa de corrente de 300A.									
Análise	35	Alimentador	MAL-15	Horário	12:13	Data	25/5/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	19,808	3.165	2.360	950	60		X	Fase	1° RA	
2° RA	3,064			775	60			x	2° RA	
3° RA	0,631			1.746	60				3° RA	
Média	7,834			560	60			x	Média	
Observações	Tempos variados de difícil localização porém próximo a saída da SE esta LD bifurca o que dificulta a localização. Porém pelo locfalt ficou caracterizado três trechos e auxilia o COD a identificação dos trechos a serem reduzindo o TMA -Causa: Ventania									
Análise	36	Alimentador	BHJT-16	Horário	16:10	Data	25/5/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	1,182	2.325	1.686	1.540	1.840	X		Fase	1° RA	x
2° RA	1,007			1.810	1.810				2° RA	x
3° RA	1,039			1.750	2.027				3° RA	x
Média	1,076			1.690	1.972			x	Média	x
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de neutro - Causa Descarga Atmosférica - Quebrou isolador de pino com UTIG-07.Utilizada Faixa de corrente de 300A -Locfalt									
Análise	37	Alimentador	SLAD-207	Horário	17:24	Data	25/5/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	0,059	1.859	1.242	0	0	X		Fase	1° RA	x
2° RA	0,063			0	0				2° RA	x
3° RA	3,317			0	0				3° RA	x
Média	1,143			1.262	0			x	Média	x
Observações	Tempos variados de difícil localização, porém curto franco no 1° e 2° RA (religadores), de alta impedância na 3° RA. Porém a localização com mais precisão foi com a média dos Ras -reduzir em 90% o trecho a ser percorrido - Causa àrvore sobre MT									

Analise	38	Alimentador	BHHR-09	Horário	19:56	Data	25/5/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		Fase	1º RA		
		1º RA	1,219	3.385	2.511	2.390	1.820	X		x	2º RA	
		2º RA	1,318			2.250	1.370					
3º RA	1,101	2.580	1.650							Neutro	3º RA	x
Média	1,21	2.390	1.490								Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase com mais proximidade no 3º RA, apesar dos tempos estarem próximos- Causa Árvore na Rede.Utilizada Faixa de corrente de 500A -Locfalt											
Analise	39	Alimentador	BHBN-03	Horário	22:13	Data	18/6/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		Fase	1º RA	x	
		1º RA	0,941	2.466	1.801	1.810	1.390	X			2º RA	
		2º RA	1,011			1.680	1.260					
3º RA	4,514	620	30							Neutro	3º RA	
Média	2,189	620	300							x	Média	
Observações	Tempos variados de difícil localização, porém curto franco no 1º e 2º RA e de alta impedância na 3º RA. Porém a localização com mais precisão no 1º RA pela proteção de terra - Descarga Atmosférica partiu MT e queimou trafo.											
Analise	40	Alimentador	RBSD-217	Horário	22:21	Data	20/6/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		Fase	1º RA	x	
		1º RA	1,069	2.842	2.183	2.420	1.500	X			2º RA	
		2º RA	0,864			2.800	1.920					
3º RA	0									Neutro	3º RA	
Média	0,966	2.420	1.670							x	Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase e neutro. Causa Falha de conexão devido a curto circuito no circuito do seccionalizador nº 6327.Utilizada Faixa de corrente de 300A -Locfalt											
Analise	41	Alimentador	SLUD-229	Horário	4:37	Data	1/7/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático			
		lcc 3F	lcc FT	lcc 3F	lcc FT	Sim	Não		Fase	1º RA		
		1º RA	0,143	3.557	2.441	2.784	1.685	X			2º RA	
		2º RA	0,143			2.784	1.685					
3º RA	0,143	2.784	1.685							Neutro	3º RA	
Média	0,143	2.784	1.685								Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização não foi feita pelas proteções de fase, apesar dos tempos estarem próximos - Causa Albaroamento. Utilizada Faixa de corrente de 500A											

Análise	42	Alimentador	SLAD-206	Horário	18:13	Data	18/7/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
1° RA	0,196	3.318	2.482	4.444	0	X		Fase	1° RA	x
2° RA	0,040			0	0			x	2° RA	
3° RA	0,201			4.325	0				3° RA	x
Média	0,146			6.581	0				Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi considera e foi feita pelas proteções de fase e reduziu a área a ser inspecionada em 10%. Causa Abalroamento. Utilizada Faixa de corrente de 500A -Locfalt									

Análise	43	Alimentador	BETD-12	Horário	18:00	Data	27/7/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
1° RA	0,695	2.397	2.586	2.848	1.924		X	Fase	1° RA	
2° RA	0,127			3.247	2235				2° RA	
3° RA									3° RA	
Média									Média	
Observações	Tempos variados de difícil localização, porém curto franco no 2° RA. Os pontos identificados pelo LOCFAL não foram conclusivos para uma localização correta. Causa: Árvore na Rede partiu MT cabo 336,4									

Análise	44	Alimentador	NOG-11	Horário	19:08	Data	27/7/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
1° RA	3,819	3.039	2.357	610	350		X	Fase	1° RA	
2° RA	3,462			610	325				2° RA	
3° RA	6,727			600	300				3° RA	
Média	4,665			600	300				Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização porém esta LD tem várias bifurcações o que dificulta a localização. O locfalt não caracterizou um trecho que pudesse reduzir a área a ser percorrido - Folha de coqueiro fechou MT cabo 336,4. Faixa de corrente de 300A									

Análise	45	Horário	15:32	Alimentador	BHSE-13	Data	21/8/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
1° RA	56,534	5.072	3.766	600	300		X	Fase	1° RA	
2° RA	25,255			640	350				2° RA	
3° RA	26,088			640	350				3° RA	
Média	35,958			600	320				Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização porém tempos altos para os valores de ICC da LD, trata-se de curto de alta impedância. O locfalt não caracterizou um trecho que pudesse reduzir a área a ser percorrido - MT Space rompida por linha de papagaio.									

Análise	46	Alimentador	CETU-10	Horário	9:25	Data	23/8/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
1° RA	1,115	1.812	1.400	2.160	198		X	Fase	1° RA	
2° RA	1,204			1.890	196				2° RA	
3° RA	1,204			1.890	196				3° RA	
Média	1,174			1.890	196				Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização porém a LD bifurca o que dificulta a localização. O locfalt caracterizou um trecho que reduziu a área a ser percorrida, mas indicou somente um ponto provável da falta (área rural com poucos pontos elétricos)									

Análise	47	Alimentador	SLAD-206	Horário	19:34	Data	25/8/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
1° RA	16,483	1.523	997	950	70		X	Fase	1° RA	
2° RA	16,182			1.050	70				2° RA	
3° RA	16,565			950	70				3° RA	
Média	16,543			960	70				Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização porém a LD bifurca o que dificulta a localização. O locfalt caracterizou um trecho que reduziu a área a ser percorrida, mas indicou uma região provável da falta - Vandalismo-roubo de cabo na MT 4/0.Faixa de 300A									

Análise	48	Alimentador	BETU-207	Horário	15:49	Data	27/8/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		localizou a		Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT	Sim	Não			
1° RA	25,684	2.314	1.548	0	0		X	Fase	1° RA	
2° RA	22,174			0	0				2° RA	
3° RA	36,341			0	0				3° RA	
Média	28,066			0	0				Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização porém tempos altos para os valores de ICC da LD, trata-se de curto de alta impedância. O locfalt não caracterizou um trecho que pudesse reduzir a área a ser percorrido - MT rompida por linha de papagaio - 2CA									

Análise	49	Alimentador	RBSD-217	Horário	18:28	Data	17/8/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		Sim Não		Relé	Religamento Automático			
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT			Fase	1º RA	x		
1º RA	0,633	3.321	2.689	3.590	3.310	X		x	2º RA	x		
2º RA	0,675			3.400	2.880					Neutro	3º RA	
3º RA										x	Média	x
Média	0,654			3.490	2.870							
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase e neutro. - Vandalismo, pedaço de madeira caiu na MT 2 CA. Utilizada Faixa de corrente de 300A											
Análise	50	Alimentador	BHSN-18	Horário	22:29	Data	2/9/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		Sim Não		Relé	Religamento Automático			
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT			Fase	1º RA	x		
1º RA	33,363	4.767	3.542	586	300	X		x	2º RA	x		
2º RA	6,861			586	300					Neutro	3º RA	
3º RA	5,972			586	300					x	Média	x
Média	15,4			586	300							
Observações	Tempos diferentes de difícil localização. Tempos altos para os valores de ICC da LD, trata-se de curto de alta impedância. O locfalt não caracterizou um trecho que pudesse reduzir a área a ser percorrido. - Galho de árvore seco fechando MT 336,4											
Análise	51	Alimentador	BHGT-19	Horário	8:41	Data	10/9/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		Sim Não		Relé	Religamento Automático			
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT			Fase	1º RA			
1º RA	0,540	3.494	2.574	7.010	7.600	X			2º RA			
2º RA	0,584			5.690	5.660					Neutro	3º RA	
3º RA	1,102			2.580	1.650					x	Média	x
Média	0,702			3.940	3.020							
Observações	Tempos variados de difícil localização, porém curto franco no primeiro e segundo RA (UI) e de alta impedância 3º RA. Localizou, porém com mais precisão na média dos RAs - Causa Arvore na Rede MT 336,4. Utilizada a faixa de corrente de 300A											
Análise	52	Alimentador	SLAT-309	Horário		Data	11/9/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		Sim Não		Relé	Religamento Automático			
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT			Fase	1º RA	x		
1º RA	0,862	2.360	1.742	2.000	300	X		x	2º RA	x		
2º RA	0,742			2.400	300					Neutro	3º RA	
3º RA											Média	x
Média	0,802			2.000	300							
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase - Abalroamento com quebra de poste MT 4/0CA. Utilizada Faixa de corrente de 300A.											
Análise	53	Alimentador	BHAD-17	Horário	19:14	Data	12/9/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		Sim Não		Relé	Religamento Automático			
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT			Fase	1º RA	x		
1º RA	1,022	3.020	2.195	3.140	1.570	X		x	2º RA	x		
2º RA	0,921			3.530	1.770					Neutro	3º RA	
3º RA	1,015			3.160	1.580						Média	x
Média	0,986			3.260	1.630							
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase - Causa abalroamento. Utilizada faixa de corrente de 300A											
Análise	54	Alimentador	BHAD-19	Horário	0:08	Data	30/10/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		Sim Não		Relé	Religamento Automático			
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT			Fase	1º RA	x		
1º RA	1,568	1.956	1.310	2.190	1.100	X		x	2º RA	x		
2º RA	1,554			2.200	1.100					Neutro	3º RA	x
3º RA	1,521			2.330	1.120					x	Média	x
Média	1,548			2.210	1.110							
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase - Galho de árvore sobre MT 1/0CA - chuva e vento. Utilizada faixa de corrente de 300A											
Análise	55	Alimentador	CIHC-09	Horário	18:20	Data	29/10/2005					
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta				
		Gemini		Locfalt		Sim Não		Relé	Religamento Automático			
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT			Fase	1º RA	x		
1º RA	0,836	3.126	2.054	3.380	2.010	X		x	2º RA	x		
2º RA	0,837			3.380	2.050					Neutro	3º RA	x
3º RA	0,746			3.890	2.390					x	Média	x
Média	0,807			3.200	2.090							
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase e neutro com mais precisão. Causa: Abalroamento com quebra de poste 11/300. Chuva. Utilizada faixa de corrente de 300A											

Análise	56	Alimentador	BHGT-07	Horário	1:50	Data	2/11/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	0,433	5.718	4.082	7.850	5.180	X		Fase	1° RA	
2° RA	0,751			4.020	2.950			x	2° RA	x
3° RA	0,644			4.780	4.240				3° RA	x
Média	0,609							x	Média	x
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase e neutro somente com mais precisão. O primeiro RA foi pela unidade instatânea. Causa - Galho de árvore sobre MT - Chuva forte									

Análise	57	Alimentador	BHHR-03	Horário	20:10	Data	3/11/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	5,315	6.287	5.942	600	300	X		Fase	1° RA	
2° RA	1,021			2.750	1800			x	2° RA	x
3° RA	1,315			2.250	1380				3° RA	x
Média	2,55			730	400			x	Média	x
Observações	Tempos diferentes de difícil localização. Tempos altos para os valores de ICC da LD ,trata-se de curto de alta impedância. O locafalt não caracterizou um trecho que pudesse reduzir a área a ser percorrido - Galho de árvore seco fechando MT 336,4									

Análise	58	Alimentador	NOG-04	Horário	18:38	Data	4/11/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	1,103	1.610	1.087	2.290	860		X	Fase	1° RA	
2° RA	1,338			2.010	680				2° RA	
3° RA	1,102			2.290	860				3° RA	
Média	1,181			2.180	790				Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização porém a LD bifurca o que dificulta a localização. O locafalt caracterizou um trecho que reduziu a área a ser percorrida, mas não indicou com precisão uma região provável da falta - Árvore - Partiu MT cabo 50 mm2.									

Análise	59	Alimentador	BHAT-16	Horário	18:38	Data	4/11/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	1,903	1.751	1.215	1.660	1.070	X		Fase	1° RA	x
2° RA	10,586			850	470			x	2° RA	
3° RA	11,326			830	480				3° RA	
Média	7,938			600	300			x	Média	
Observações	Tempos diferentes de difícil localização. Somente no 1° RA que localizou a falta e com precisão, pois no 2° RA o curto tornou-se de de alta impedância. O locafalt caracterizou o trecho que reduzir a área a ser percorrido - Galho de árvore seco fechando MT 2 CAA									

Análise	60	Alimentador	BHGT-23	Horário	23:53	Data	17/11/2005			
Religamentos	Tempo de Atuação do Relé	Corrente de Curto Circuito no Ponto				Locfalt localizou a		Quem localizou a Falta		
		Gemini		Locfalt		Sim	Não	Relé	Religamento Automático	
		Icc 3F	Icc FT	Icc 3F	Icc FT					
1° RA	1,309	2.853	2.014	2.350	1.380	X		Fase	1° RA	x
2° RA	1,144			2.560	1.580			x	2° RA	
3° RA	1,136			2.570	1.590				3° RA	
Média	1,196			2.490	1.510			x	Média	
Observações	Tempos próximos fácil localização. A localização foi feita pelas proteções de fase e neutro.O locafalt caracterizou o trecho que reduzir a área a ser percorrido. Causa - Galho de árvore sobre MT - Ventania									