



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO – V**

**GRUPO DE ESTUDO PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO  
EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC**

**FERRAMENTA DE PRÉ-ANÁLISE AUTOMÁTICA DE PERTURBAÇÕES**

**Bruno Giacomini Isolani (\*)  
CTEEP**

**Wilson Roberto David Junior  
CTEEP**

**RESUMO**

Baseado na expansão e no princípio fundamental de garantir o suprimento contínuo de energia elétrica aos consumidores torna-se cada vez mais importante a análise dos registros de perturbações em tempo hábil pela área de Pós-Operação da CTEEP. Essa demanda já é grande nas análises de perturbações corriqueiras e podem aumentar significativamente quando o assunto é um blackout de grandes proporções.

Diante do exposto acima, automatizar o processo de análise de perturbações desenvolvendo um sistema para interpretar os dados das oscilografias passa a ser fundamental para agilizar a tomada de decisão contribuindo para a melhoria da qualidade de serviço da CTEEP.

**PALAVRAS-CHAVE**

Oscilação de Potência, Localização de Falta, Alta Impedância, Oscilografia, Análise de Perturbações

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Após o blackout, ocorrido no dia 10 de Novembro de 2009, foram solicitadas, pelos órgãos regulamentadores do setor elétrico nacional, informações sobre o desempenho das proteções frente a perturbação ocorrida na LT Itaberá – Ivaiporã visando identificar pontos críticos que ocasionaram a interrupção total de 40% das cargas do Sistema Interligado Nacional.

Devido à demanda gerada aos engenheiros da área de pós-operação da CTEEP, surgiu a motivação em desenvolver uma ferramenta capaz agilizar o processo de análises de perturbações. O projeto tem como meta final a criação de uma ferramenta dividida em dois módulos: Vetor Z e Pré-análise automática.

Baseado na identificação da trajetória e cálculo da velocidade do vetor impedância o módulo Vetor Z foi desenvolvido com intuito de determinar as características das oscilações de potência, mostrando graficamente a trajetória da impedância dentro da característica do relé de proteção. Esta ferramenta irá possibilitar também a reavaliação das filosofias de aplicação e de ajustes das funções de oscilação de potência (função 68) e out-of-step (78), atualmente instaladas no sistema elétrico da CTEEP, e melhorar as condições de segurança contra a operação indevida de relés de proteção provocada por oscilações estáveis de potência.

Com a aplicação das técnicas de inteligência computacional o módulo de pré-análise automática de ocorrências foi desenvolvido com o objetivo de adquirir e manipular dados oriundos dos registros de oscilografias para disponibilizar informações imediatas ao analista quanto à classificação e à localização do defeito na linha de transmissão.

É importante ressaltar a importância de uma companhia de transmissão elétrica dispor de um sistema de pré-análise automática como sendo uma eficiente fonte de informação a ser disponibilizada em tempo real aos usuários.

(\*) Alameda Cesp, S/N – Fazenda Grande - CEP 13.212-437 Jundiá, SP, – Brasil  
Tel: (+55 11) 4589-6589 / 6580 – Fax: (+55 11) 4589-6601  
Email: [bisolani@ctEEP.com.br](mailto:bisolani@ctEEP.com.br) / [wdavid@ctEEP.com.br](mailto:wdavid@ctEEP.com.br)

O cuidado em identificar pontos críticos na análise dos oscilogramas é desafiador e exige alta carga conceitual. No entanto, a utilização de softwares computacionais aliados aos critérios adequados das filosofias de proteção contribuiu para o desenvolvimento da ferramenta.

## 2.0 - MODULO VETOR Z

O módulo vetor Z é capaz de realizar aquisições dos dados de entrada, tais como: os valores de tensões e correntes obtidos através da importação de forma automática da oscilografias, os parâmetros resistivos e indutivos característicos da linha de transmissão além do seu comprimento através da importação automática do arquivo \*.inf.

Este módulo permite também ao analista definir qual o tipo da característica de atuação a ser utilizada pelo relé para função de distância MHO ou Quadrilateral.

Através de um banco de dados que atualmente contemplam apenas alguns modelos de relés e fabricantes, é possível fornecer como dados de entrada os ajustes parametrizados no relé. Estes ajustes serão posteriormente processados pelos algoritmos da ferramenta e com auxílio de recursos computacionais gráficos é possível traçar as características das zonas de proteção bem como: power swing, phase selector, load encroachment, trajetória do vetor impedância além de alguns estados lógicos importantes do relé tais como: partida, trip e abertura de disjuntor.

Ao analisar a trajetória do vetor impedância e com os recursos dos cursores disponíveis pela ferramenta é possível verificar o valor calculado da impedância aparente em cada momento da oscilografia, além de identificar se trajetória do vetor impedância migrou para dentro da característica de atuação da proteção de distância.

Desta forma, a ferramenta poderá ser utilizada nas áreas de Estudos de Operação e Proteção e Análise de Perturbações e Pós Operação, fornecendo subsídios para identificação de faltas com ou sem oscilação de potência, quanto para análise das condições de bloqueio ou trip em situações exclusivas de oscilações de potência.

### 2.1 Oscilação de Potência

A oscilação de potência normalmente é detectada pelos relés de proteção mediante cálculo da velocidade do vetor impedância, realizado através da medição do tempo que este vetor demora a atravessar regiões delimitadas pelo ajuste da característica da função "Power Swing", conforme mostrado na figura 1.

Este critério está fundamentado no princípio de que no plano R-X a impedância aparente vista pelo relé se movimentam mais lentamente durante uma oscilação de potência oriunda de eventos dinâmicos como saltos de cargas, ações de manobras, tempo morto de religamento do que durante o fenômeno de curto-circuito. Desta forma é possível que os geradores necessitem realinharem-se por si mesmos de uma maneira oscilatória, com a nova carga de equilíbrio do sistema.

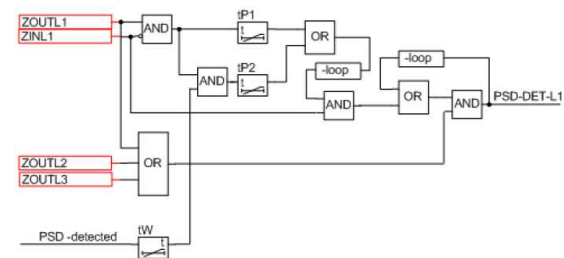
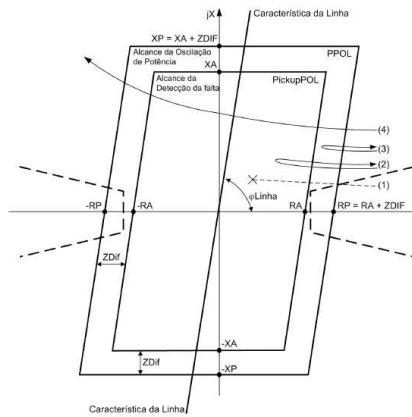
Dependendo da gravidade do distúrbio, que geralmente são curtos-circuitos, pode ocorrer a desconexão de geradores, linhas e grandes blocos de carga. Com a ação dos dispositivos de controle, o sistema pode alcançar um novo estado de operação aceitável, referido como uma oscilação estável.

Porém, quando a oscilação de potência não resultar em um novo ponto de operação aceitável a oscilação é do tipo instável. Neste caso, irá ocorrer à perda de sincronismo entre sistemas ou grupos de geradores e alguma ação corretiva é necessária.

A relação de mudança do vetor de impedância é muito importante para a diferenciação entre faltas e condições de oscilação de potência. Se o critério para detecção de oscilação de potência for satisfatório, a proteção de distância é inicialmente bloqueada, de acordo com o programa configurado para bloqueio por oscilação de potência, para evitar trip da proteção de distância.

A proteção de distância, tradicionalmente utilizada em linhas de transmissão, determina a zona em que a falta se encontra por meio do cálculo da impedância aparente. Em alguns casos, as oscilações de potência fazem com que a impedância vista pelo relé de distância migre para o interior de sua região operacional, causando atuações indevidas da mesma.

Como a faixa de operação do suplemento de oscilação de potência depende dos ajustes da proteção de distância, o trip da oscilação de potência só pode estar ativo quando a proteção de distância tiver sido ativada. Analisando a Figura 1 abaixo, concluímos que no caso de um curto-circuito (1), o vetor de impedância muda abruptamente da condição de carga para essa faixa de detecção de falta. Entretanto, no caso de uma oscilação de potência o vetor de impedância aparente inicialmente invade a faixa de oscilação de potência e só mais tarde entra na faixa de detecção de falta (2). Também é possível que um vetor de oscilação de potência invada a área da faixa da oscilação de potência e deixe-a novamente sem entrar em contato com a faixa de detecção de falta (3). Se o vetor invadir o polígono de oscilação de potência e passar através dele para o lado oposto, então as seções da rede, vistas da localização do relé tem perda de sincronismo (4): A transferência de potência é instável.

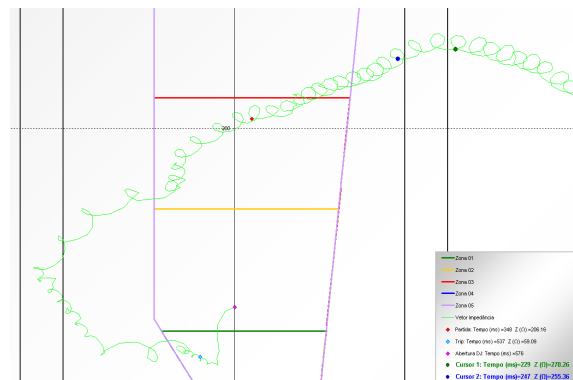
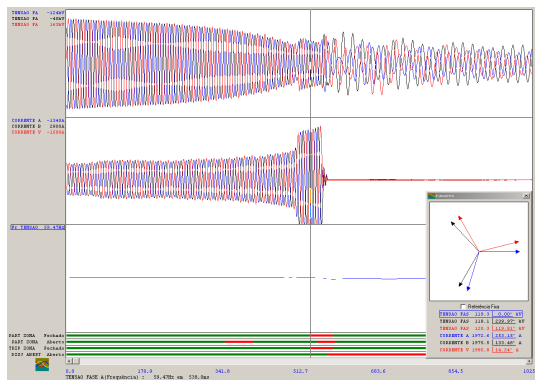


Na figura 2, é demonstrado o princípio de funcionamento da lógica de oscilação de potência utilizado pelos relés REL531 da ABB uma vez que estes relés protegem grande parte das linhas de transmissão CTEEP que integram a rede básica do sistema elétrico nacional.

Os sinais de ZOUTL1 e ZINL1 são utilizados como limites de entrada e saída respectivamente da característica de Power Swing. Estes sinais estão associados com a medição de impedância dos elementos de cada fase individualmente e também tratam de sinais internos calculados pelo PSD-function. O  $tP1$  é utilizado para detectar condições iniciais de oscilação de potência que geralmente são lentas. O  $tP2$  torna-se ativo quando da detecção de consecutivas oscilações de potência caso a impedância medida saia da área de operação e retorne dentro do tempo de espera ajustado em  $tW$ .

## 2.2 Ocorrência LT Água Vermelha - Araraquara

A Figura 3 registra a oscilografia da ocorrência na LT Água Vermelha – Araraquara 440KV que ocorreu no dia 10/11/2009 22h12min durante o blecaute ocorrido no sistema elétrico brasileiro.



Existem duas vertentes para analisar o efeito durante a oscilação de potência: desbloquear ou bloquear a função de distância baseado na trajetória do vetor impedância aparente, isso se deve ao fato da taxa de variação da impedância em uma oscilação ser bem menor do que se comparado a uma falta que varia brutalmente.

Ao analisar a oscilografia identifica-se que a frequência do sistema no momento da ocorrência esta em torno de 59,47Hz abaixo do valor nominal e pelas características fasoriais observa-se condições trifásicas que nos permite afirmar que realmente houve oscilação de potência.

Pelos resultados obtidos através da ferramenta desenvolvida é possível afirmar que o tempo que o vetor impedância atravessou a região delimitada pelo ajuste da característica da função “Power Swing”, foi aproximadamente 18ms. Desta forma o relé corretamente não bloqueou a função de distância tendo em vista que o ajuste parametrizado no relé estava em 45ms.

Através da trajetória do vetor impedância presente na Figura 4 podemos validar as informações disponíveis na oscilografia, ou seja, aos 348 ms houve partida da 3ª Zona da proteção de distância e após 65ms o vetor impedância saiu desta característica. No instante 538 ms houve partida seguido da atuação correta da proteção de distância com temporização de 1ª zona resultando na abertura do disjuntor aos 577ms.

### 2.3 Ocorrência LT Bom Jardim - Taubaté

A Figura 5 registra a oscilografia da ocorrência na LT Bom Jardim – Taubaté 440KV que ocorreu no dia 10/11/2009 22h13min durante o blecaute ocorrido no sistema elétrico brasileiro.

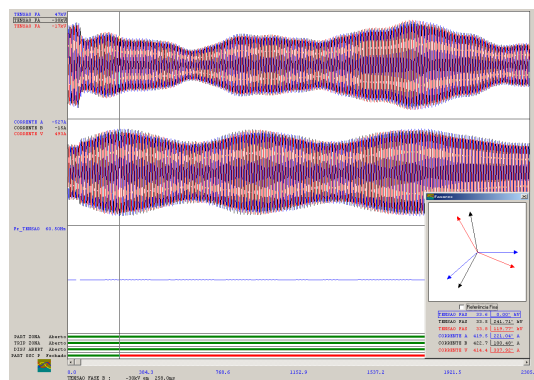


Figura 5 - Oscilografia LT BOJ – TAU 440KV

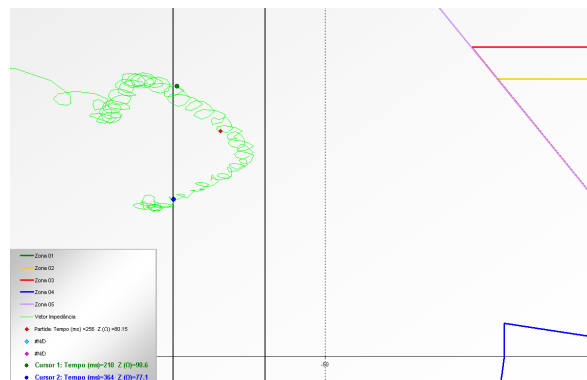


Figura 6 - Trajetória Vetor Impedância

Ao analisar a oscilografia identifica-se que a frequência do sistema no momento da ocorrência está em torno de 60,50Hz acima do valor nominal. Por meio das características fasoriais observam-se condições trifásicas que nos permite concluir que houve oscilação de potência. Utilizando os resultados obtidos por meio da ferramenta é possível afirmar que a trajetória do vetor não chega a atravessar a região delimitada pelo ajuste da característica da função “Power Swing”.

Diante da trajetória do vetor impedância presente na figura 6 podemos validar as informações disponíveis na oscilografia, ou seja, aos 210 ms identifica-se o primeiro momento em que o vetor entra na característica da função “Power Swing” saindo após 2ms. Devido ao tempo cujo vetor permaneceu fora da característica de Power Swing ser muito pequeno, a lógica de oscilação de potência (figura 2) não chegou a ativar o ajuste disponível no tp2. Este ajuste usualmente possui uma temporização inferior ao ajustado em tp1, uma vez que é responsável pela detecção de consecutivas oscilações de potência visando, desta forma, acelerar o processo de bloqueio das funções de proteção devido a estas oscilações.

No instante de 212 ms o vetor novamente entra dentro da característica de “Power Swing” e após 44ms dentro da característica houve atuação da função de “Power Swing”, ou seja, houve bloqueio das funções de distância.

Tabela 1 – Descrição das ocorrência durante o blackout do dia 10/11/2009

Ocorência	Tempo Blinder (ms)	Z. Visto Entrada Blinder (Ω)	Z. Visto Saída Blinder (Ω)	Função Atuada
LT Cabreúva bay Bauru C1	73	73	73	Osc Pot
LT Araraquara bay Santa Barbara	41	41	41	Zona 1
LT Araraquara bay Mogi Mirim III	32	32	32	Zona 1
LT Água Vermelha bay Araraquara	18	18	18	Zona 1
LT Bauru bay Assis	148	148	148	Osc Pot
LT Bauru bay Araraquara	46	46	46	Osc Pot
LT Bauru bay Jupia C2	74	74	74	Osc Pot
LT Bauru bay Ilha Solteira C2	46	46	46	Osc Pot

### 3.0 - MÓDULO DE PRÉ-ANÁLISE AUTOMICA

O sistema de pré-análise automático é extremamente oportuno, pois é capaz de identificar as características ocorridas nas perturbações, agilizando, desta forma, o processo de restabelecimento do sistema quando necessário. Estas características contemplam: origem, causa, natureza, localização da falta e a detecção de eventuais anomalias, além da análise do desempenho da proteção. Adicionalmente a ferramenta possui um perspicaz sistema de localização de faltas que permite uma rápida integração do sistema de transmissão ao sistema elétrico de potência. O aumento do lucro da empresa será garantido tanto pela diminuição dos custos decorrentes da parcela variável, bem como através da redução do tempo gasto com o deslocamento das equipes de manutenção que terão a estimativa da localização da falta.

Neste módulo são realizadas as aquisições dos dados de entrada, tais como: os valores de tensões e correntes obtidos através da importação de forma automática das oscilografias, usando dados de um (1) ou de dois (2) terminais, conforme disponibilidade de informações ao analista. Os parâmetros resistivos e indutivos característicos

da linha de transmissão além do seu comprimento podem ser digitados ou adquiridos através da importação automática do arquivo \*.inf.

Através dos dados das oscilografias, a ferramenta é capaz calcular e mostrar imediatamente os resultados ao analista através da interface de entrada. Outra funcionalidade importante é a análise das condições de pré-falta, baseado no ângulo entre tensão e corrente é capaz de classificar os intercâmbios de potência existentes entre as linhas bem como eventuais desequilíbrios (I2/I1).

Haverá, portanto, a possibilidade de construir um relatório completo que descreverá detalhes, tais como: tipos de faltas, duração da falta, classificação e localização da Falta, Valor da Resistência de Falta, Corrente Thévenin do Curto, condições de pré-falta e etc.

### 3.1 - Metodologia

**Oscilografia:** os arquivos de oscilografias registram as variações de grandezas analógicas e eventos lógicos ao longo do tempo com resolução de microssegundos. Estes arquivos são importados automaticamente ao módulo de pré-análise.

**Parâmetros Elétricos:** As informações dos parâmetros elétricos da linha de transmissão, tais como: impedâncias de seqüência positiva e zero extensão em KM, relação de TP's e Tc's são obtidas através de forma automática pela importação do arquivo \*.inf. e/ou encontram-se disponíveis nos diálogos para edição de parâmetros de linhas. Estes dados devem ser preenchidos de forma bastante meticulosa, pois deles depende grande parte da eficiência da localização de falta disponibilizada pela ferramenta de pré-análise automática.

**Processamento de Sinais:** é o conjunto de rotinas que operam sobre os sinais medidos pelos relés através de arquivos de oscilografias e os parâmetros elétricos da linha de transmissão para gerar informações concisas para cada ocorrência de falta.

**Pré-Análise Automática:** é o processamento computacional que objetiva refinar as informações concisas obtidas com o processamento de sinais. Procura inferir o provável tipo de fenômeno registrado em cada oscilograma, tais como: tipo de evento; classificação e duração da falta; proteções atuantes; etc. Além disso, serve também como um banco de dados para uso na obtenção de estatísticas de perturbações.

**Vetor Z:** É baseado na identificação da trajetória do vetor impedância dentro das características dos relés de proteções permitindo desta forma avaliar as atuações da proteção diante de condições adversas no sistema de potência.

O sistema permite uma rápida identificação do conteúdo do evento, fazendo com que os engenheiros responsáveis pela análise possam se concentrar nos eventos mais relevantes. Entretanto, é preciso ressaltar que o conhecimento e a experiência de profissionais para realização das atividades de análise da perturbação são imprescindíveis nas áreas de pós-operação da empresa.

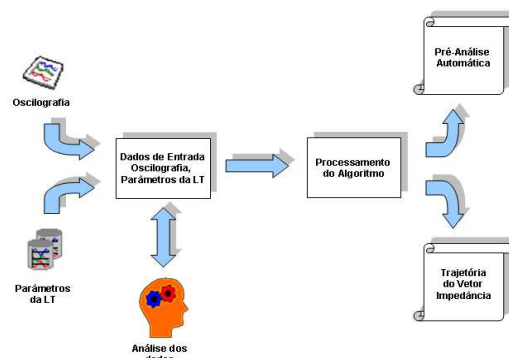


Figura 7 – Processo de pré-análise automático

### 3.2 - Ocorrência LT Ilha Solteira – Bauru 440 kV

No dia 19/03/2009 às 18h47min houve uma ocorrência na LT Ilha Solteira – Bauru 440KV. Ao analisar a oscilografia identificou-se que a perturbação consistiu no desligamento automático da LT 440 kV Ilha Solteira – Bauru C1 devido ao curto-circuito monofásico envolvendo a fase azul, provocado por descarga atmosférica, eliminado pelas atuações corretas das proteções de distância, em tempo de primeira zona (aproximadamente 47 ms) em ambos os terminais. Os dados de oscilografia foram carregados no módulo de pré-análise e os resultados são mostrados no rosto da ferramenta (figura 8).

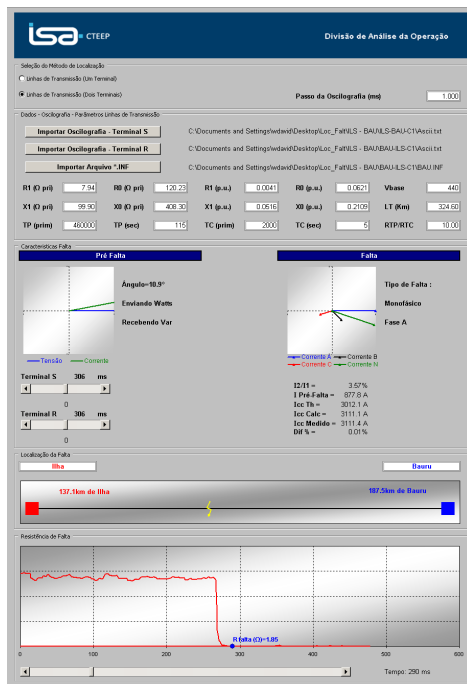


Figura 8 - Pré Análise LT ILS - BAU 440KV

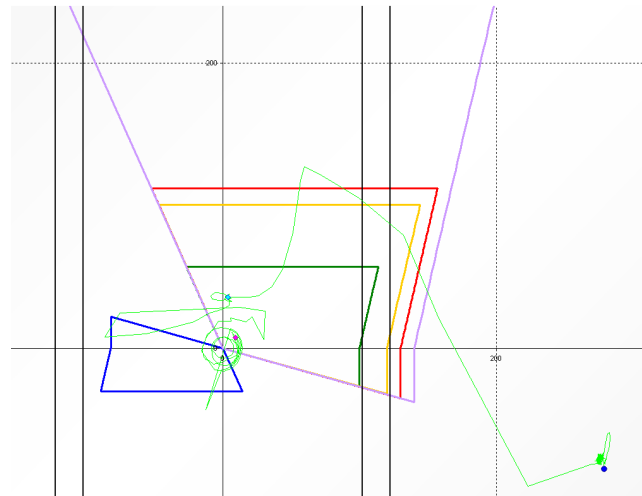


Figura 9 - Detalhe Trajetória Vetor Impedância

Com base nas informações obtidas pelo módulo de pré-análise automática conclui-se que:

- Havia um pequeno desequilíbrio de 3,57% durante a pré-falta considerado normal para essa linha de transmissão principalmente devido às disposições da geografia de torres.
- O ângulo encontrado na pré-falta é de 10,9° o que nos permite afirmar que a SE Ilha Solteira estava fornecendo potência ativa e recebendo potência reativa da SE Bauru.
- A falta foi classificada pela ferramenta como sendo curto-circuito monofásico envolvendo a fase azul a terra.
- A corrente de curto-circuito calculada foi de 3111,1 A com 1,85 ohms de resistência de falta e localizado a 137,1Km de Ilha Solteira.

O desempenho da ferramenta para esta ocorrência foi satisfatório. A tabela abaixo demonstra as comparações entre os valores das correntes de curtos circuitos e localização de falta desta ocorrência.

Tabela 2 – Comparativo de resultados da Ocorrência na LT Ilha Solteira – Bauru 440 kV

Loc. Real (KM)	Loc. Calc (KM)	Erro (%)
136,5	137,1	0,99
Icc Real (A)	Icc Calc (A)	Erro (%)
3111,4	3011,1	0,01

### 3.3 - Ocorrência LT Oeste – Embu Guaçu 440 kV

A perturbação consistiu no desligamento automático da LT 440 kV Oeste – Embu Guaçu C1 devido ao curto-circuito monofásico, envolvendo a fase Branca, provocado por vegetação (Bambú), eliminado pela atuação correta da proteção de sobre-corrente direcional de neutro, aproximadamente em 307,7 ms em Embu Guaçu e pela atuação correta da proteção diferencial de linha 56,1 ms em Oeste.

Com base nas informações obtidas pelo módulo de pré análise automática conclui-se que:

- Havia um desequilíbrio de 15,73% durante a pré-falta que evidencia o início do curto circuito de alta impedância.
- O ângulo encontrado na pré-falta é de 127° o que nos permite afirmar que a SE Embu Guaçu estava recebendo potência ativa e reativa da SE Oeste.
- A falta foi classificada pela ferramenta como sendo curto-circuito monofásico envolvendo a fase branca a terra.

- d. A corrente de curto-circuito calculada foi de 293,1 A com 321 ohms de resistência de falta e localizado a 46km de Oeste.

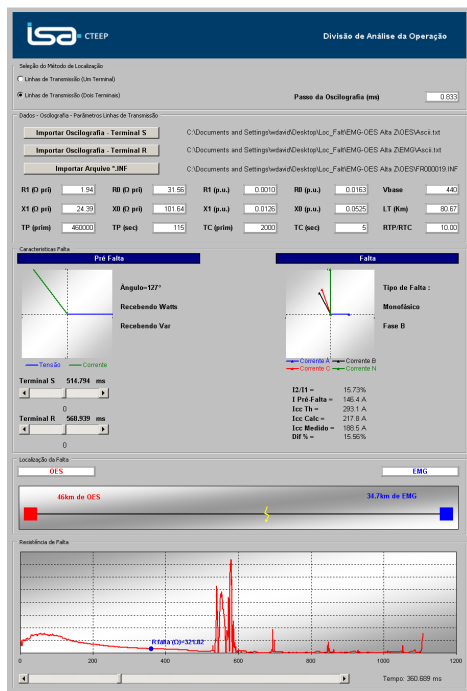


Figura 10 - Pré Análise LT OES - EMG 440KV

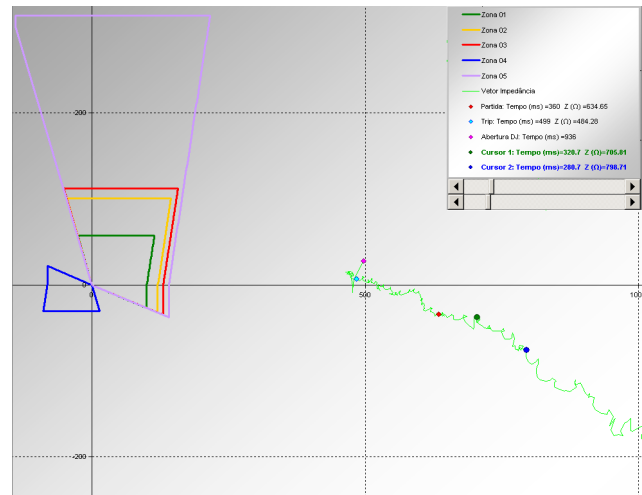


Figura 11 - Detalhe Trajetória Vetor Impedância

A trajetória do vetor impedância presente na figura 11, permite nos afirmar que as funções de distância realmente não atuaram e nem teriam condições para atuar, devido ao alto valor da resistência de falta encontrado nesta ocorrência. A característica que consolida o curto-circuito de alta impedância está presente no fato da tensão na fase afetada não ter afundado e a corrente de curto-circuito ter permanecido com valor muito pequeno. O curto circuito foi eliminado pela proteção diferencial de linha no instante 442 ms após o início da ocorrência.

É importante ressaltar o uso das funções de sobre-corrente de terra e diferencial de linha como funções de retaguarda para proteção de distância sempre que possível. Este fato se dá em virtude das proteções apresentarem alta sensibilidade para detectar faltas à terra com baixas corrente, decorrentes de faltas de alta impedância conforme exemplo citado neste trabalho além de faltas entre fases, sem terra. Estas proteções, de forma geral, podem ser consideradas rápidas, confiáveis e eficientes, desde que o meio de comunicação entre as duas extremidades da linha seja confiável.

O desempenho da ferramenta para esta ocorrência foi satisfatório. A tabela abaixo demonstra as comparações entre os valores das correntes de curtos circuitos e localização de falta desta ocorrência.

Tabela 3 – Comparativo de resultados da Ocorrência na LT Oeste – Embu Guaçu 440 kV

Loc. Real (Km)	Loc. Calc (Km)	Erro (%)
47,8	46	1,04
Icc Real (A)	Icc Calc (A)	Erro (%)
288,2	293,1	1,02

### 3.4 - Estatística

O gráfico da figura 12 apresenta uma análise do desempenho do módulo de pré-análise automática. Para obtenção destes dados foram utilizadas 20 (vinte) ocorrências reais no sistema CTEEP, todas envolvendo a rede básica considerando os mais diversos tipos de faltas.

Nos experimentos efetuados com várias ocorrências de faltas o bom desempenho do software desenvolvido foi comprovado, pois obteve erro absoluto de 5,6% para faltas de alta impedância e 1,56% de erro médio, enquanto que outros algoritmos apresentaram desempenho inferior, tendo, por exemplo, resultado insatisfatório para faltas de alta impedância.



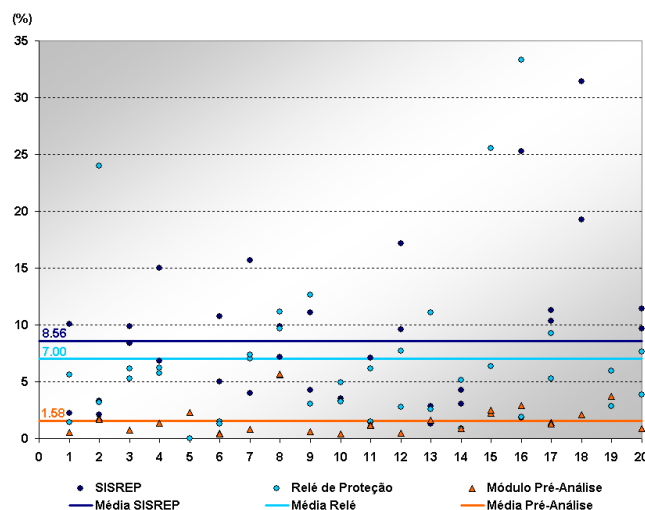


Figura 12 – Estatística de localização de falta do módulo de pré-análise automática

#### 4.0 - CONCLUSÕES

Os resultados preliminares do sistema automático de análise de oscilogramas desenvolvido mostraram seu grande potencial de aplicação prática, permitindo rápidas e precisas tomadas de decisão pelos usuários, constituindo-se numa boa base de apoio para o engenheiro analista de operação.

O módulo vetor z baseado na identificação da trajetória e cálculo da velocidade do vetor impedância apresentou desempenho satisfatório, pois permitiu ao analista a possibilidade de reavaliar os ajustes e o desempenho das funções de oscilação de potência (função 68) e out-of-step (78), atualmente instaladas no sistema elétrico da CTEEP.

O módulo de pré-análise apresenta uma interface gráfica simplificada e de fácil manuseio pelo usuário. Desta forma é possível identificar o tipo de defeito ocorrido, o valor estimado da resistência de falta, assim como o local em que mesmo ocorreu, servindo, desta forma, como um bom ponto de partida para uma análise técnica mais aprofundada.

O sistema computacional apresenta uma abrangência técnica com características aprofundadas, o que é significativo como resultado final de um projeto.

Finalmente, deve-se observar que este tipo de sistema não dispensa o trabalho posterior de análise por um analista humano, servindo apenas como ferramenta de apoio à decisão. Entretanto, a ferramenta colabora com a diminuição considerável dos esforços e os tempos necessários para tomadas urgentes de decisão após ocorrências de faltas envolvendo linhas de transmissão.

Destaca-se que o sistema deve ser realimentado cumulativamente pelo uso em oscilogramas resultantes de faltas envolvendo linhas de transmissão com o objetivo de aferir e aperfeiçoar os parâmetros e critérios utilizados para a interpretação dos oscilogramas até o momento da finalização do projeto.

#### 5.0 - REFERENCIAS

- (1) SCHWEITZER III, E. O.; BEHRENDT, K.; LEE, T. – SEL 6083 – “Digital Communications for Power System Protection: Security, Availability and Speed”, 1998, 2004 – Appendix A: “Quadrilateral Reactive Reach versus Resistive Reach Setting Guideline”.
- (2) ALMAN, E.; MAGRIN, F.; BRITO, K.; MAEZONO, P. “Curto-circuito de Altíssima Resistência de Falta em Linhas de Transmissão de 525KV – Um Relato de Caso”, Brasil, 2008.
- (3) TZIOUVARAS, D.; BENMOUYAL, A.; SCHWEITZER, G.; “New Multi-Ended Fault Location Design For Two – Or Three Terminal Lines”, Engineering Laboratories, 2004.
- (4) ABB, “Technical reference manual Line distance protection IED REL 670”, Suécia, 2007.
- (5) ONS, “Análise da Perturbação do Dia 10/11/2009 às 22h13min Envolvendo o Desligamento dos Três Circuitos da LT 765kV Itaberá – Ivaiporã”, Brasil, 2009.