



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

**SIMULAÇÃO DIGITAL DO COMPORTAMENTO DA PROTEÇÃO NUMÉRICA DE DISTÂNCIA  
DO FSC SÃO JOÃO DO PIAUÍ (CHESF)**

**André Luiz Pereira de Oliveira\*  
SIEMENS**

**RESUMO**

O principal objetivo deste artigo é apresentar o comportamento da proteção numérica de distância utilizada no empreendimento FSC São João do Piauí (Banco de Capacitores Série) da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), utilizando para isto a simulação digital em tempo real (RTDS™). Devido ao grande e rápido crescimento da demanda industrial de energia elétrica no país, foi necessária a criação de uma solução prática e econômica para o aumento da capacidade de transmissão de energia para os grandes centros consumidores, encontrando uma alternativa a construção de novas linhas de transmissão em alta e extra-alta tensão. A utilização de Compensação Série Fixa (Fixed Series Capacitor – FSC) foi então a solução mais apropriada para o sistema de transmissão em corrente alternada em 500 kV entre os estados do Maranhão e Bahia, pois apresentava não somente o crescimento desejado na capacidade de transmissão de energia elétrica, mas também auxiliava na estabilização da rede de transmissão através da redução da impedância das linhas de transmissão. A necessidade de manter este sistema de transmissão confiável, justificando o investimento da instalação dos bancos de capacitores série fez com que a CHESF exigisse a utilização de proteções numéricas de distância de última geração, com seu desempenho sendo garantido através da simulação digital do comportamento. Foi realizada então a simulação de vários tipos de faltas em diversas condições do sistema elétrico onde seriam instalados os relés de proteção, observando-se não somente os tempos de eliminação de falta, mas sim toda a funcionalidade dos relés numéricos de proteção de linhas de transmissão, incluindo a teleproteção e demais vantagens que estes dispositivos possibilitam quando utilizados no sistema elétrico.

**PALAVRAS-CHAVE**

Simulação Digital, Proteção Numérica de Distância, RTDS™, Banco de Capacitores Série.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A década de 70 propiciou grandes investimentos para o setor elétrico brasileiro, com a construção de usinas hidrelétricas e sistemas de transmissão interligando as gerações aos principais centros consumidores de energia elétrica. Posteriormente, a interrupção de investimentos no setor e a diminuição dos níveis dos reservatórios fizeram com que o país enfrentasse uma crise energética com o racionamento de energia nos principais centros de consumo, causando grandes perdas para economia brasileira com a diminuição da produção industrial e conseqüentemente na geração de empregos.

Pensando em evitar novas crises e em aumentar o fornecimento de energia aos grandes centros de consumo, estão sendo construídas novas unidades geradoras, linhas de transmissão, subestações e compensadores de potência. Entre os novos investimentos está o FSC São João do Piauí 484/437MVAr 500kV, empreendimento da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) com objetivo de aumentar a capacidade de transmissão de energia através da instalação de dois bancos de capacitores série no sistema de transmissão em corrente alternada em 500 kV entre os estados do Maranhão e Bahia.

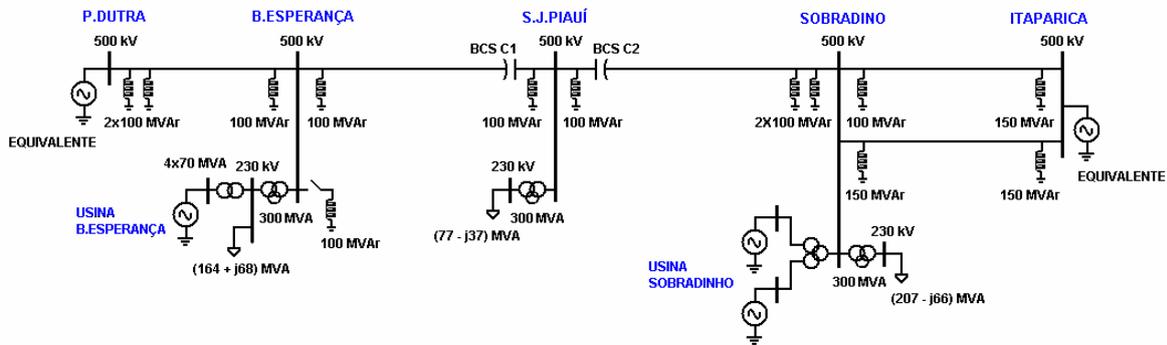


FIGURA 1 – Localização dos 02 (dois) bancos de capacitores série (FSC São João do Piauí) no Sistema de Transmissão da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF)

A necessidade de confiabilidade e qualidade na transmissão de energia elétrica resultou na escolha de relés de proteção de linhas de transmissão numéricos multifuncionais que assegurassem da melhor maneira possível a segurança dos equipamentos e linhas de transmissão, com a garantia da continuidade do serviço e estabilidade do sistema de transmissão de energia da CHESF. Foram solicitados ensaios e testes para analisar o desempenho dos relés numéricos de proteção que seriam utilizados para a proteção das linhas de transmissão onde os bancos de capacitores série (FSC São João do Piauí) seriam instalados.

## 2.0 - A SIMULAÇÃO DIGITAL EM TEMPO REAL

### 2.1 A Metodologia da Simulação Digital

As simulações foram realizadas durante os dias 15 à 26 de Março de 2004, nas instalações da SIEMENS AG em Erlangen (Alemanha). A Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) foi responsável pelo fornecimento de todos os parâmetros das linhas de transmissão para que estes fossem inseridos no simulador digital e possibilitasse a realização dos testes e ensaios com grande fidelidade ao sistema existente com a inserção da compensação série fixa (bancos de capacitores série). As linhas de transmissão em 500 kV analisadas então foram:

- Boa Esperança (PI) – São João do Piauí (PI): 233,8 km de comprimento
- São João do Piauí (PI) – Sobradinho (PE): 211 km de comprimento

A simulação consistiu de curtos-circuitos usando valores de resistores que mesmo para faltas francas (resistência zero), devido a razões numéricas, não podem ser anulados. Os tipos de faltas simuladas internas e externas a zona de proteção e sua nomenclatura foram:

- monofásica para terra (FT)
- bifásica (2F)
- bifásica para terra (2FT)
- trifásica (3F)
- trifásica para terra (3FT)

Foram ainda analisadas as condições de linhas de transmissão com e sem carga, faltas de alta impedância, fechamento do disjuntor sob falta e comportamento ante faltas evolutivas.

Para a realização dos ensaios e testes foi utilizado um simulador digital de tempo real (Real Time Digital Simulator - RTDS™) de "loop" fechado, com os comandos de *trip*, abertura e fechamento dos disjuntores sendo enviados ao simulador.

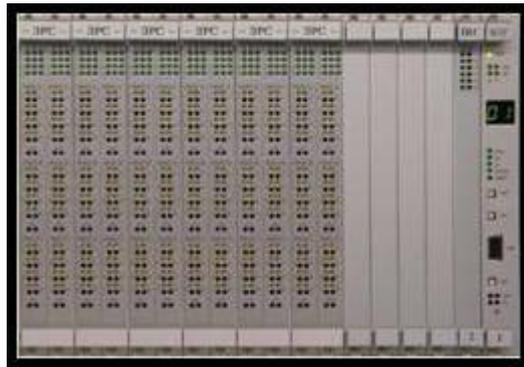


FIGURA 2 – O Simulador Digital em Tempo Real (RTDS™)

O Simulador Digital em Tempo Real (Real Time Digital Simulator - RTDS™) é um simulador digital para utilização em Sistemas Elétricos de Potência com capacidade de operação contínua em tempo real. O seu funcionamento é como um TNA digital, flexível, preciso e com grande capacidade de representação de um Sistema Elétrico e seus inúmeros equipamentos que o compõem.

A conexão dos relés de proteção numérica ao sistema do simulador digital em tempo real (RTDS™) é realizada com o uso de amplificadores de corrente e tensão. A realização dos comandos de *trip* foi de fase segregada, possibilitando comandos de *trip* monopolar para simulação de situações de religamento automático.

Number	Indication	Value	Date and time	Cause	State
04000	DCS - TRIP	ON	812 ms		
04001	CARRIER SEND	signal			
04002	DISTANCE TRIP	ON	814 ms		
04003	Command Phase	IL23			
04004	Relay Detentive	ON	815 ms		
04005	TRIP	Primary fault	0,11 kA		
04006	Current IL2	5,99 kA	814 ms		
04007	Primary fault	0,05 kA	814 ms		
04008	Current IL3		814 ms		
04009	+DCS Teles	ON	840 ms		
04010	CARRIER RECEPTION	Channel 1			
04011	+R/F CARRIER	RECEPTION	Channel 1		
04012	DISTANCE PICKED	OFF	899 ms		
04013	SE				
04014	DISTANCE LOOP LINE	selected forward	899 ms		
04015	Relay CHANNEL	OFF	914 ms		
04016	TRIP command				

FIGURA 3 – Exemplo de Seqüência de Eventos de uma Falta Simulada no RTDS™

Foram gerados arquivos contendo todos os registros das faltas e alarmes, além dos comandos e reações dos relés de proteção através do envio e recebimento de sinais. Além disso, os sinais analógicos de corrente e tensão foram registrados juntamente com as entradas e saídas binárias dos relés de proteção, fornecendo os tempos de detecção de falta e comando de *trip*.

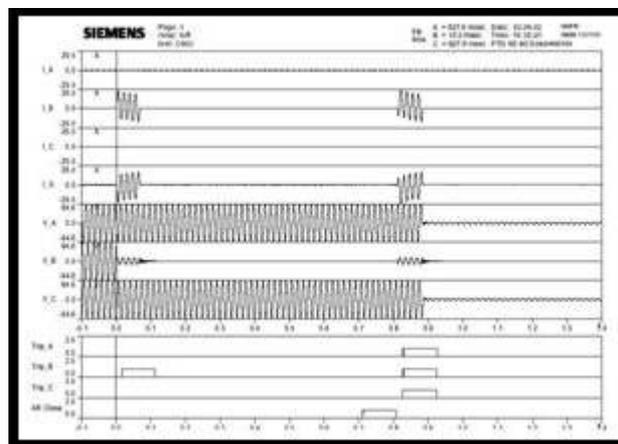


FIGURA 4 – Exemplo de Oscilografia de uma Falta Simulada no RTDS™

## 2.2 A Proteção Digital de Distância 7SA612

Objetivando atender as especificações técnicas de sistemas de proteção da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) e aos Procedimentos de Rede do ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico (Submódulo 2.5), a SIEMENS Ltda. apresentou o relé numérico de proteção de distância 7SA612 (Software Version: V4.34.03). Este relé de proteção faz parte do grupo de relés multifuncionais digitais de última geração, garantindo a continuidade do serviço e estabilidade do sistema de transmissão de energia.



FIGURA 5 – O Relé Digital de Proteção de Distância 7SA612

Este relé numérico de proteção de distância é de tecnologia digital microprocessada, possuindo multifunções, rotinas de oscilografia, sincronização do tempo interno via sinal de satélite GPS (IRIG-B), parametrização e alteração dos ajustes remota, autodiagnóstico, autoteste, e possui saídas seriais/ópticas para comunicação com microcomputadores.

Além de possuir a função de distância para as três fases e para o neutro (21/21N), função de sobrecorrente direcional também para as três fases e para o neutro (67/67N), funções complementares de proteção (backup por sobrecorrente, falha de disjuntor, *trip* e bloqueio por oscilação de potência no sistema, sobretensão e subtensão, cheque de sincronismo), seleção de abertura e religamento tripolar e monopolar, o relé 7SA612 possui lógicas permitindo a aplicação de vários esquemas de proteção, como por exemplo:

- Esquemas Permissivos por Subalcance (PUTT)
- Esquemas Permissivos por Sobrealcance (POTT)
- Circuito de devolução de sinal permissivo (Echo)
- Bloqueio / Desbloqueio para faltas diversas
- Transferência de Disparo Direto
- Lógica de proteção por fonte fraca (Weak Infeed)
- Lógica de proteção para fechamento sob falta (SOFT)
- Supervisão contra operação indevida por perda de potencial

Os esquemas de proteção selecionados e também os ajustes do relé de proteção 7SA612 foram definidos em conjunto pela SIEMENS e CHESF.

## 3.0 - A ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA PROTEÇÃO NUMÉRICA DE DISTÂNCIA

A análise do comportamento da proteção numérica de distância tem como principal objetivo validar o relé que estará sendo utilizado no empreendimento FSC São João do Piauí para a proteção das linhas de transmissão, além de comprovar a eficácia dos esquemas e ajustes de proteção. As situações escolhidas para os ensaios foram simuladas nas duas linhas de transmissão onde os bancos de capacitores foram instalados.

Foram realizadas 234 simulações no total, todas constantes em um relatório específico. Serão apresentados os resultados mais relevantes, validando todo o restante do trabalho realizado. Todas as ocorrências de falta foram realizadas para as duas linhas de transmissão (Boa Esperança – São João do Piauí e São João do Piauí – Sobradinho), porém com o objetivo de estarmos apresentando uma maior variedade de situações dentro do limite possível do artigo as situações realizadas para uma das linhas de transmissão não serão novamente apresentadas para a outra. Os resultados serão apresentados da seguinte maneira:

- Ocorrência da falta (descrita no título da simulação) e situação do teste (descrita no título da tabela que apresenta os resultados das simulações)
- Tipo de falta simulada (e as fases envolvidas)

- A posição da falta na linha de transmissão em valores percentuais (em relação sempre ao lado direito, isto é, São João do Piauí para o item 3.1 e Sobradinho para o item 3.2) ou na linha adjacente
- O valor da resistência de falta (que por razões numéricas não podem ser zero mesmo para faltas francas, onde será utilizado o valor de  $0,04 \Omega$ ) e o ângulo da mesma (em graus)
- O tempo total de *trip* (detecção / identificação, processamento, envio de sinal para a abertura do disjuntor de alta tensão para a eliminação do defeito) para cada um dos relés de proteção envolvidos (Boa Esperança → BOA, São João do Piauí → SJP e Sobradinho → SOB)

### 3.1 Simulações da Linha de Transmissão Boa Esperança – São João do Piauí (233,8 km)

#### 3.1.1 Falta Franca Interna com religamento mal sucedido

TABELA 1 – Resultados do Teste com carga de 1150 A para São João do Piauí

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			BOA	SJP
FT (A-Terra)	100 %	$0,04 \Omega / 0^\circ$	55,3 ms	53,5 ms
2F (A-B)	25 %	$0,04 \Omega / 0^\circ$	56,7 ms	33,1 ms
2FT (B-C-Terra)	75 %	$0,04 \Omega / 0^\circ$	48,5 ms	22,6 ms
3FT (A-B-C-Terra)	0 %	$0,04 \Omega / 0^\circ$	39,4 ms	19,8 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que para a alta corrente de carga em direção a SJP na posição de 100% da LT os tempos totais de *trip* foram praticamente idênticos, e que conforme a posição da falta entrou mais na zona de proteção de SJP este apresentou um tempo total de *trip* menor, conforme esperado
- Demais Testes realizados: diferentes tipos de faltas nas mesmas posições da linha de transmissão e com o mesmo valor de resistência de falta e ângulo

#### 3.1.2 Falta Franca Interna com religamento bem sucedido

TABELA 2 – Resultados do Teste com carga de 600 A para São João do Piauí

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			BOA	SJP
FT (B-Terra)	100 %	$0,04 \Omega / 90^\circ$	52,6 ms	53,6 ms
2F (B-C)	25 %	$0,04 \Omega / 90^\circ$	56,2 ms	57,1 ms
2FT (B-C-Terra)	75 %	$0,04 \Omega / 0^\circ$	40,8 ms	28,1 ms
3FT (A-B-C-Terra)	0 %	$0,04 \Omega / 0^\circ$	39,4 ms	14,2 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que também para uma menor corrente de carga os tempos totais de *trip* praticamente se mantiveram próximos aos do teste anterior
- Demais Testes realizados: diferentes tipos de faltas nas mesmas posições da linha de transmissão e com o mesmo valor de resistência de falta, porém houve variação no ângulo da falta

#### 3.1.3 Falta Resistiva Interna com religamento mau sucedido

TABELA 3 – Resultados do Teste com carga de 600 A para São João do Piauí

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			BOA	SJP
FT (A-Terra)	100 %	$10 \Omega / 0^\circ$	52,4 ms	53,9 ms
2FT (A-B-Terra)	25 %	$10 \Omega / 0^\circ$	61,4 ms	40,0 ms
2FT (B-C-Terra)	75 %	$10 \Omega / 0^\circ$	47,1 ms	21,6 ms
2FT (B-C-Terra)	0 %	$10 \Omega / 0^\circ$	40,9 ms	20,7 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que mesmo para faltas resistivas os tempos totais de *trip* mantiveram a mesma relação que os testes anteriores, sendo que o relé SJP consegue um tempo menor (em relação ao relé BOA) dentro de sua zona de proteção
- Demais Testes realizados: diferentes tipos de faltas nas mesmas posições da linha de transmissão e com o mesmo ângulo, porém houve variação no valor de resistência de falta (entre  $2 \Omega$  e  $10 \Omega$ )

#### 3.1.4 Alcance Resistivo (Falta Interna com variação da resistência) com religamento bem sucedido

TABELA 4 – Resultados do Teste com carga de 600 A para São João do Piauí e tempo de duração da falta de 300 ms

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			BOA	SJP
FT (A-Terra)	25 %	50 $\Omega$ / 0°	53,9 ms	54,3 ms
FT (A-Terra)	25 %	100 $\Omega$ / 0°	53,8 ms	57,4 ms
FT (A-Terra)	75 %	50 $\Omega$ / 0°	53,1 ms	55,4 ms
FT (A-Terra)	75 %	100 $\Omega$ / 0°	61,2 ms	56,4 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que apesar da variação da posição da falta e do valor da resistência de falta os tempos totais de *trip* dos dois relés de proteção (SJP e BOA) se mantiveram praticamente constantes e semelhantes

- Demais Testes realizados: o mesmo tipo de falta (FT) nas mesmas posições da linha de transmissão e com o mesmo ângulo, porém houve variação no valor de resistência de falta (entre 10  $\Omega$  à 200  $\Omega$ )

### 3.2 Simulações da Linha de Transmissão São João do Piauí – Sobradinho (211 km)

#### 3.2.1 Falta Franca Permanente na Linha de Transmissão adjacente

TABELA 5 – Resultados do Teste com carga de 490 A para Sobradinho, tempo de duração da falta de 2 segundos e falha de disjuntor em Sobradinho

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			SJP	SOB
FT (C-Terra)	Linha Adjacente	0,04 $\Omega$ / 0°	445,7 ms	1550,6 ms
2F (A-C)	Linha Adjacente	0,04 $\Omega$ / 0°	443,5 ms	1551,1 ms
2FT (A-C-Terra)	Linha Adjacente	0,04 $\Omega$ / 0°	485,3 ms	1585,8 ms
3FT (A-B-C-Terra)	Linha Adjacente	0,04 $\Omega$ / 0°	478,0 ms	1586,1 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que independente do tipo de defeito os tempos totais de *trip* dos dois relés de proteção (SJP e SOB) se mantiveram praticamente constantes e dentro dos valores esperados

- Apresentados todos os testes realizados para este caso

#### 3.2.2 Falta Resistiva Interna Evolutiva

TABELA 6 – Resultados do Teste com carga de 950 A para Sobradinho, falta evolutiva após 30 ms e religamento mau sucedido

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			SJP	SOB
FT (C-Terra) + 30ms evolui p/ 2F (A-C)	100 %	R1 = 10 $\Omega$ / 0° e R2 = 0,04 $\Omega$ / 0°	69,3 ms	82,6 ms
FT (B-Terra) + 30ms evolui p/ 3F (A-B-C)	35 %	R1 = 10 $\Omega$ / 0° e R2 = 0,04 $\Omega$ / 0°	69,8 ms	74,1 ms
FT (A-Terra) + 30ms evolui p/ 3F (A-B-C)	0 %	R1 = 10 $\Omega$ / 0° e R2 = 0,04 $\Omega$ / 0°	47,6 ms	22,4 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que independente do tipo inicial de falta e da evolução da mesma após 30 ms de *delay* os tempos totais de *trip* dos dois relés de proteção (SJP e SOB) para a segunda falta foram eficazes para a eliminação do defeito

- Demais Testes realizados: as faltas evoluindo de FT resistiva (10  $\Omega$ ) para 2F ou 3F francas (0,04  $\Omega$ ) após os 30 ms de *delay* mantendo praticamente os mesmos tempos totais de *trip*

#### 3.2.3 Faltas seqüenciais

TABELA 7 – Resultados do Teste com carga de 950 A para Sobradinho, faltas seqüenciais após 5 e 50 ms e religamento mau sucedido

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			SJP	SOB
FT (A-Terra) + 5 ms + 2F (A-B)	P1 = 50 % P2 = 50 %	0,04 $\Omega$ / 0°	49,2 ms	39,8 ms
FT (A-Terra) + 50 ms + 2F (A-B)	P1 = 50 % P2 = 50 %	0,04 $\Omega$ / 0°	45,1 ms	32,2 ms
FT (A-Terra) + 5 ms + 2F (A-B)	P1 = 50 % P2 = 100 %	0,04 $\Omega$ / 0°	49,3 ms	49,0 ms
FT (A-Terra) + 50 ms + 2F (A-B)	P1 = 50 % P2 = 100 %	0,04 $\Omega$ / 0°	49,0 ms	31,7 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que independente do tempo de *delay* (5 ou 50 ms) e da posição da segunda falta (mesmo local ou diferente) os tempos totais de *trip* dos dois relés de proteção (SJP e SOB) foram eficazes para a eliminação do segundo defeito (o primeiro não foi apresentado)

- Apresentados todos os testes realizados para este caso

### 3.2.4 Fechamento do disjuntor de alta tensão em linha de transmissão sob falta

TABELA 8 – Resultados do Teste sem carga na linha de transmissão, os dois lados abertos e o fechamento do disjuntor de Sobradinho sob falta

Tipo de Falta (e fases)	Posição na LT a partir de S.J. Piauí (em %)	Resistência de Falta (em $\Omega$ ) e Ângulo (graus)	Tempo Total de <i>trip</i> (ms)	
			SJP	SOB
FT (A-Terra)	100 %	0,04 $\Omega$ / 90°	----	28,6 ms
3FT (A-B-C-Terra)	100 %	0,04 $\Omega$ / 90°	----	28,5 ms
3F (A-B-C)	0 %	0,04 $\Omega$ / 90°	----	15,0 ms
3FT (A-B-C-Terra)	0 %	0,04 $\Omega$ / 90°	----	14,1 ms

- Resultados: todos satisfatórios. Observa-se que para 100 % da linha de transmissão os tempos totais de *trip* do relé de proteção SOB foram praticamente idênticos para os dois tipos de defeito apresentados, e para 0 % da linha de transmissão os tempos totais de *trip* além de praticamente idêntico foram quase instantâneos

- Apresentados todos os testes realizados para este caso

## 4.0 - CONCLUSÃO

A realização de simulação digital em tempo real (com o uso do RTDS™) para analisar o comportamento da proteção numérica de distância mostrou-se uma ferramenta muito poderosa, pois é possível simular uma infinidade de situações que podem ocorrer no sistema elétrico em que o relé de proteção vai ser instalado. Com ela é possível prever eventuais erros de ajustes e obter o melhor desempenho do relé numérico de proteção que está sendo analisado para a futura instalação no sistema elétrico.

As simulações apresentadas neste Informe Técnico (apenas uma amostra do total de 234 realizadas e analisadas durante os testes) e seus resultados deram uma garantia necessária a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) da expectativa do comportamento do relé de proteção que seria utilizado na proteção das linhas de transmissão em que o empreendimento FSC São João do Piauí (dois bancos de capacitores série de 484 MVAR e 437 MVAR em 500kV) foi incorporado. A escolha das faltas a serem simuladas foi por amostragem, objetivando cobrir os casos mais comuns ocorridos nas linhas de transmissão em alta tensão existentes no sistema elétrico brasileiro.

O critério utilizado como satisfatório para o desempenho do relé 7SA612 foi o de que para a eliminação dos defeitos (faltas no sistema elétrico), o tempo total gasto não deveria ser superior a 100 ms, sendo que neste limite já estão considerados os tempos de transmissão do sinal de teleproteção e o tempo de abertura do disjuntor de alta tensão (500 kV). Não foram observadas diferenças significativas no comportamento do relé de proteção 7SA612 nas simulações realizadas nas duas linhas de transmissão (Boa Esperança – São João do Piauí e São João do Piauí – Sobradinho) com as mesmas situações, mostrando a grande versatilidade do relé de proteção 7SA612 e fazendo com que não fosse necessário apresentar neste trabalho as mesmas situações para as duas linhas de transmissão, possibilitando uma maior variedade de análises apresentadas neste Informe Técnico (IT).

Fica recomendada a realização da simulação digital em tempo real do comportamento da proteção numérica a ser utilizada em empreendimentos da rede básica de transmissão de energia para proporcionar maiores confiabilidade

e segurança, obtendo o máximo desempenho e funcionalidade que estes modernos relés digitais de proteção podem propiciar ao Sistema Elétrico Brasileiro.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SIEMENS AG. SIPROTEC – Distance Protection 7SA6 v4.34.03 – Manual; Germany, 2002.
- (2) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Submódulo 2.5 – Requisitos Mínimos dos Sistemas de Proteção, Supervisão/Controle e de Telecomunicações – rev1; Brasil, 2002.
- (3) HENN, V. SYSTEM PLANNING FSC São João do Piauí 7SA612 TNA Test – Relay Test with digital Real Time Simulation; SIEMENS PTD SE NC5, Erlangen, Germany, 04/2004.
- (4) OLIVEIRA, A. L. P.; GABINO, M. L. C.; SILVA, A. M.; COSTA, A. L. M.; Análise do Desempenho da Proteção Numérica de Linhas de Transmissão através de Simulação Digital em Tempo Real; VII STPC - Seminário Técnico de Proteção e Controle, Rio de Janeiro - RJ, 06/2003.
- (5) KIRSHNER, L., LIMA, M., MUENCHMEIER, R.; FSC São João do Piauí – Final Basic Design Report; SIEMENS PTD H161, Germany, 01/2004

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



André Luiz Pereira de Oliveira nasceu em São José do Rio Preto/SP em outubro de 1978. É graduado em Engenharia Elétrica pela *EFEl - Escola Federal de Engenharia de Itajubá* (Itajubá - MG) desde julho de 2001. Obteve o título de Especialista em Proteção de Sistemas Elétricos pela *UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá* (Itajubá - MG) em novembro de 2003. Certificado pelo *Project Management Institute® - PMI®* dos Estados Unidos da América (USA) como *Project Management Professional (PMP®)* desde Outubro de 2004. Trabalha desde 2001 na **SIEMENS Ltda.** na área PTD H (Power Transmission and Distribution – High Voltage) como Project Manager (PM). É responsável pelo fornecimento “*turn-key*” de Subestações de Alta Tensão e Sistemas de Compensação de Reativos gerenciando contratos com empresas industriais e concessionárias do setor elétrico.