



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

CB/GOP/26

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - IX**

**GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP**

**INTEGRAÇÃO DA UHE TELES PIRES AO SIN – DESAFIOS OPERATIVOS VIVENCIADOS PELO ONS**

**Gustavo de Souza Francisco (\*)  
Edinoel Padovani  
Guilherme Cardoso Junior  
Lucia Mariana S. de Abreu**

**Antônio Felipe C. de Aquino  
Edson Ferreira de Oliveira  
José Augusto Gomes**

**Antonio Ricardo M. Tenório  
Gerson Frederico C. Rocha  
Karina Stockler Herszterg  
Neyl Hamilton Martelotta Soares**

**OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS**

**RESUMO**

A usina hidrelétrica (UHE) Teles Pires (1.820 MW), localizada no rio Teles Pires, na divisa dos Estados de Mato Grosso e Pará, nos municípios de Paranaíta e Jacareacanga, faz parte do conjunto de usinas dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia dos rios Teles Pires e Apicás, o qual é constituído pelas futuras UHE Colider (300 MW), Sinop (400 MW), São Manoel (700 MW) e Foz do Apicás (230 MW).

A integração da UHE Teles Pires ao Sistema Interligado Nacional (SIN) é feita através de quase 1.000 km de linhas de transmissão em circuito duplo, seccionadas pelas subestações de Paranaíta, Cláudia e Paranatinga, conectando-se ao SIN na subestação (SE) Ribeirãozinho.

Em razão do atraso das obras, do descasamento dos cronogramas das obras de geração e transmissão e da falta de proponente ao Leilão do terceiro circuito entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho, foi necessário realizar uma série de estudos pelo ONS para atender configurações alternativas não planejadas que foram propostas a partir da sinalização do primeiro sincronismo de máquina em Teles Pires, em um momento em que o país enfrentava uma grave estiagem. Tais fatos constituíram um grande desafio para o ONS face a complexidade e o volume de estudos necessários para viabilizar a integração da usina. Dessa forma, o presente trabalho apresenta os principais resultados dos estudos e as soluções adotadas para o equacionamento dos problemas identificados tendo como foco o desempenho dinâmico do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE**

Estudos pré-operacionais; Sistemas Especiais de Proteção – SEP; Estabilidade Eletromecânica; Integração de geradores.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O sistema de transmissão associado a integração da UHE Teles Pires foi dividido em dois lotes do Leilão 002/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), envolvendo a construção de extensos trechos de linhas de transmissão em 500 kV, a instalação de bancos de capacitores série fixos (BCS), a instalação de dois compensadores estáticos de reativos (CER), a construção da SE Marimbondo II e o seccionamento da LT 500 kV Marimbondo / Araraquara.

O Lote A é composto pelo tronco de 500 kV desde a SE Paranaíta até a SE Ribeirãozinho e o Lote B, composto do terceiro circuito em 500 kV interligando as SE Ribeirãozinho e Rio Verde Norte e o circuito duplo conectando as SE Rio Verde Norte a nova SE Marimbondo II (vide Figura 1).

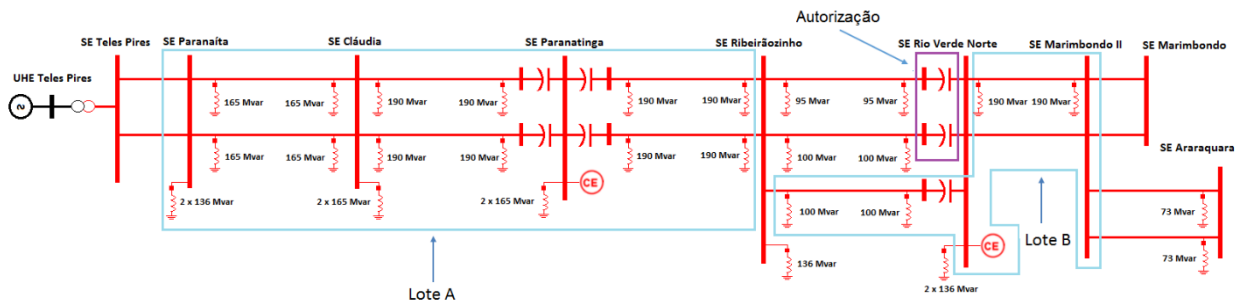


FIGURA 1 – Diagrama Simplificado do Sistema de Transmissão

## 2.0 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO EMPREENDIMENTO

São apresentados nas tabelas a seguir, um sumário dos dados dos geradores da UHE Teles Pires, das linhas de transmissão, dos reatores, das compensações série e dos compensadores estáticos de reativos que compõem a Configuração Planejada (Lotes A e B).

Tabela 1 – Potência dos Geradores da UHE Teles Pires

Nº de unidades	Potência (MVA)		Potência (MW)	
	Unidade	Total	Unidade	Total
5	404,45	2.022,25	364,0	1.820,0

Tabela 2 – Parâmetros das Linhas de Transmissão

LT 500 kV	Comprimento (km)	R <sub>1</sub> (%)	X <sub>1</sub> (%)	B <sub>1</sub> (Mvar)	R <sub>0</sub> (%)	X <sub>0</sub> (%)	B <sub>0</sub> (Mvar)	Capacidade (MVA)
UHE Teles Pires/Paranaíta C1 e C2	9,2	0,008	0,124	11,2	0,083	0,367	6,6	2036 / 2546
Paranaíta/Cláudia C1 e C2	296,9	0,190	3,213	445,3	2,173	10,809	230,1	2716 / 3395
Cláudia/Paranatinga C1 e C2	355,9	0,223	3,811	536,7	2,505	12,728	278,6	2716 / 3395
Paranatinga/Ribeirãozinho C1 e C2	356,7	0,223	3,852	531,6	2,505	12,769	277,2	2716 / 3395
Ribeirãozinho/Rio Verde Norte C3	239,5	0,158	2,550	364,1	1,887	7,681	194,6	2460 / 3204
Rio Verde Norte/Marimbondo II C1 e C2	344,4	0,217	3,729	512,8	2,440	12,381	267,1	2716 / 3395
Marimbondo/Marimbondo-Sec C1 e C2	0,7	0,000	0,009	0,8	0,005	0,043	0,5	1855 / 2337
Marimbondo II/Marimbondo-Sec C1 e C2	5,6	0,005	0,077	6,6	0,047	0,194	4,1	1855 / 2337
Marimbondo II/Araraquara-Sec C1 e C2	5,8	0,005	0,080	6,8	0,049	0,201	4,2	1855 / 2337
Araraquara/Araraquara-Sec C1 e C2	193,0	0,170	2,689	228,8	1,436	11,520	153,6	1855 / 2337

Obs.: Capacidade em condição normal e em emergência

Tabela 3 – Compensação Reativa Instalada –Lotes A e B

SE	Reatores fixos de linha	Reatores manobráveis de barra	BCS (%)	CER (Mvar)
Paranaíta	2 x 165 Mvar	2 x 136 Mvar	-	-
Cláudia	2 x 165 + 2 x 190 Mvar	2 x 165 Mvar	-	-
Paranatinga	4 x 190 Mvar	2 x 165 Mvar	42 e 52	-200 / +200
Ribeirãozinho	2 x 190 + 1 x 100 Mvar	1 x 136 Mvar	-	-
Rio Verde Norte	1 x 100 + 2 x 190 Mvar	2 x 136 Mvar	50, 50 <sup>(*)</sup> e 53 <sup>(**)</sup>	-200 / +300
Marimbondo II	2 x 190 Mvar	-	-	-

Obs.: (\*) Inclui a compensação série para a LT 500 kV Ribeirãozinho / Rio Verde Norte C2; (\*\*) Idem para a LT 500 kV Ribeirãozinho / Rio Verde Norte C1.

## 3.0 - CONFIGURAÇÕES ANALISADAS

### 3.1 Configuração Planejada

A Configuração Planejada é aquela apresentada na Figura 1 conforme consta do Leilão 002/2012 - Lotes A e B, sendo esta configuração a inicial para a elaboração dos estudos pré-operacionais. Estes estudos consistiram de análises de regime permanente, de transitórios eletromecânicos e eletromagnéticos e, a partir dos primeiros resultados obtidos, serviram para a tomada de ações, principalmente aquelas necessárias a implantação de Sistemas Especiais de Proteção – SEP.

### 3.2 Configuração Provisória

Perante o atraso das obras do sistema de transmissão e a expectativa de conclusão da UHE Teles Pires, em dezembro de 2014 a ANEEL solicitou ao MME (Ministério de Minas e Energia) a elaboração de análise econômica de uma conexão provisória através da LT 500 kV Paranaíta / Cláudia / Paranatinga, em circuito simples, com uma derivação no trecho entre Cláudia e Paranatinga, para a SE Sinop. Esta configuração viabilizaria a exploração da geração produzida pelas primeiras unidades disponíveis nesta usina. Em fins de janeiro de 2015 a ANEEL autorizou a implantação dos reforços necessários a esta configuração.

Em novembro de 2015, a primeira unidade geradora da UHE Teles Pires entrou em operação através da LT 500 kV Paranaíta / Cláudia / Paranatinga, em circuito simples, com uma derivação no trecho entre Cláudia e Paranatinga, para a SE Sinop, onde foi instalado um banco de autotransformadores (ATR) 500/230 kV de 400 MVA, emprestado pela ITE (Itumbiara Transmissora de Energia S.A.), também de forma provisória e que é parte da autorização de reforços para a SE Ribeirãozinho.

A Figura 2 apresenta o diagrama simplificado da solução provisória que se inicia no trecho em construção, desde a SE Paranaíta até a torre 79/1 da LT 500 kV Cláudia / Paranatinga, ao sul da SE Cláudia, em circuito simples. Da torre 79/1, um trecho de linha também em circuito simples, com cerca de 25 km, foi construído em caráter provisório até a SE Sinop onde foi instalado o ATR.

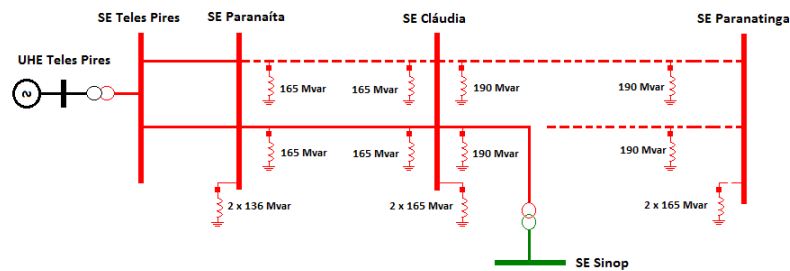


FIGURA 2 – Diagrama Simplificado da Conexão Provisória da UHE Teles Pires

Cabe ressaltar que a adoção da Configuração Provisória, a despeito da grande dificuldade relacionada aos estudos, foi de grande importância para a operação do SIN, pois permitiu a transmissão da energia gerada pelas primeiras unidades da UHE Teles Pires, limitada a 400 MW, em um período energético desfavorável além de viabilizar os testes de comissionamento dos geradores. Acrescente-se também o fato de que, durante o período de operação dessa configuração, ocorreu a indisponibilidade do CER da SE Sinop em outubro de 2015, o que agravou ainda mais as condições analisadas.

### 3.3 Configuração Intermediária

Posteriormente, considerando o fato de que não houve proponente no Leilão para o terceiro circuito entre as SE Teles Pires e Ribeirãozinho, conforme previsto na solução estrutural de planejamento, a ANEEL solicitou análise ao ONS e à EPE sobre a proposta de tornar definitivo o atendimento à SE Sinop. Tal sinalização foi determinante para que a conexão à SE Sinop permanecesse em operação e, com a conclusão dos demais trechos de 500 kV até a SE Ribeirãozinho, uma nova configuração também foi motivo de análise (vide Figura 3).

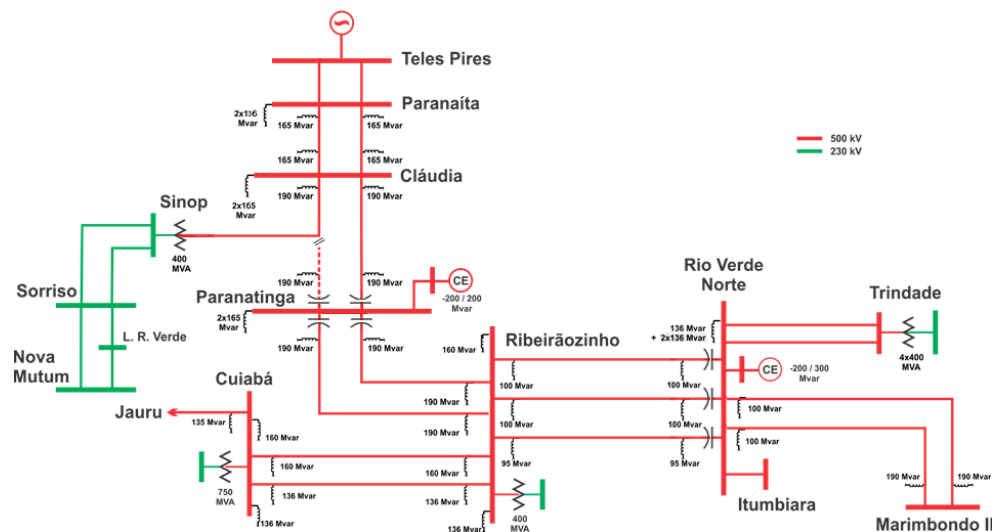


FIGURA 3 – Diagrama Simplificado da Conexão Intermediária da UHE Teles Pires

Dessa forma, frente às alternativas que se configuraram, os atrasos na implantação do empreendimento, a necessidade de se preservar e adequar as propostas e soluções apontadas para a Configuração Planejada, para a

qual foi aprovado um Projeto Básico, e o curto espaço de tempo necessário para a execução dos estudos, caracterizaram um grande desafio para os processos de planejamento e programação da operação do ONS na busca de soluções que não comprometessem sobremaneira o inicialmente proposto para a Configuração Planejada.

As seções a seguir apresentam uma síntese dos principais estudos desenvolvidos para as configurações apresentadas, procurando destacar as dificuldades, as ações e os desafios superados pelo ONS.

#### 4.0 - ESTUDOS PARA A CONFIGURAÇÃO PLANEJADA

##### 4.1 Estudo de Desempenho Dinâmico

Para a avaliação do desempenho dinâmico do sistema foram utilizadas as diretrizes e os critérios definidos no Submódulo 23.3 dos Procedimentos de Rede do ONS e os dados e informações fornecidos pelos agentes para a modelagem dos CER das SE Paranatinga e Rio Verde Norte, assim como os dados dos geradores da UHE Teles Pires e seus respectivos controladores (reguladores de tensão, velocidade e estabilizadores).

Para as simulações foi definida uma lista de contingências, simples e duplas, de linhas de 500 kV do tronco de Teles Pires, da Área Mato Grosso e de linhas de 500 kV derivadas das SE Itumbiara e Marimbondo II. As contingências mais severas e que demandaram ações para mitigar seus efeitos foram as perdas duplas das linhas de 500 kV entre a UHE Teles Pires e a SE Ribeirãozinho e a perda simples de um dos circuitos de 500 kV entre as SE Paranaíta e Paranatinga, em cenários com geração máxima em Teles Pires.

##### 4.1.1 Contingências entre as SE Paranaíta e a SE Ribeirãozinho

A hipótese de contingências duplas dos circuitos de 500 kV entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho resultam à operação isolada da usina e em sobretensões dinâmicas devido ao fato de permanecerem energizadas as linhas de 500 kV dos trechos não desligados. Dessa forma, para controlar as sobretensões observadas, foi definida uma configuração mínima de reatores de barra a serem mantidos em operação no tronco de Teles Pires (vide Tabela 4), ação de desligamento sequencial de circuitos por meio de envio de sinal de TDD (transferência de disparo direto) e coordenação das proteções sistêmicas.

Tabela 4 – Configuração Mínima de Reatores em Operação no Tronco de Teles Pires

UHE Tele Pires Nº de UGs despachadas	Configuração Mínima de Reatores	
	Total de reatores	Observações
1	5 reatores, preferencialmente 2 reatores em Paranatinga e 1 reator em Paranaíta	Na indisponibilidade de 1 dos reatores em Paranatinga, operar com 2 reatores em Cláudia
2, 3, 4 ou 5	3 reatores: 1 reator em Cláudia, 1 reator em Paranatinga e 1 reator em Paranaíta	-

Com relação às perdas simples de linhas, as contingências entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho, nos cenários com elevadas geração em Teles Pires, demandaram ações de corte de geração face à ocorrência de perda de sincronismo da UHE Teles Pires. A Tabela 5 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 5 – Perda de Sincronismo da UHE Teles Pires

Contingência LT 500 kV	Configuração de Rede Analisada		
	Completa - Lote A e B	Atraso Lote B	Atraso Lote B e CER indisponível
LT Paranaíta / Cláudia C1 ou C2	SIM	SIM	SIM
LT Cláudia / Paranatinga C1 ou C2	NÃO	NÃO	SIM
LT Paranatinga/Ribeirãozinho C1 ou C2	NÃO	NÃO	SIM

##### 4.1.2 Implantação de Sinal de TDD

No caso de abertura de linhas de 500 kV, por ocasião de comando de abertura manual e para evitar sobretensões, foi recomendada a utilização de sinal de TDD nas linhas entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho. Assim, ocorrendo comando para abertura manual dos disjuntores associados a estas linhas, em qualquer dos seus terminais, seria necessário enviar sinal de TDD para abertura do terminal oposto, garantindo a abertura total da linha.

#### 4.2 Sistemas Especiais de Proteção e Ajustes das Proteções Sistêmicas

##### 4.2.1 SEP de Corte de Geração na UHE Teles Pires

Conforme visto anteriormente, contingências simples de linhas entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho, para valores elevados de geração na UHE Teles Pires, podem levar a perda de sincronismo dos geradores da usina. Para

contornar esse problema, foi necessário implementar um esquema de corte de geração nesta usina, conforme pode ser visto na Tabela 6. Deve-se destacar a necessidade da flexibilidade das características de expansão e adequação do SEP proposto de modo a cobrir alterações de topologia e de adicionar futuras usinas ao corte, se necessário.

Tabela 6 – SEP de Corte de Geração na UHE Teles Pires

Configuração	Medição de Fluxo	Atuação de SEP	Tempo máximo de atuação
Lote A e Lote B	$F_{PA-CL} \geq 1675$ MW	Corte de 1 gerador	150 ms
Atraso do Lote B	$F_{PA-CL} \geq 1575$ MW		
Indisponibilidade dos CER			

Dessa forma, a proposta de arquitetura do SEP de corte de geração considerou a monitoração de fluxo nas LT 500 kV Paranaíta / Cláudia ( $F_{PA-CL}$ ) e estado de disjuntores e seccionadoras de todo o tronco de 500 kV entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho; e a utilização de um centralizador (Master) de informações que processa as lógicas necessárias, determinando quantas unidades geradoras deverão ser cortadas para cada contingência.

#### 4.2.2 SEP para Abertura Sequencial de Circuitos

De modo a controlar os efeitos das sobretensões dinâmicas identificadas nas contingências duplas de linhas de 500 kV do tronco de Teles Pires e riscos para os geradores da usina, foi indicada a instalação de SEP para abertura sequencial de circuitos, conforme descrito a seguir:

- Quando da abertura dupla da LT 500 kV Paranatinga / Ribeirãozinho, por comando manual, ou atuação automática de proteção, ou recepção de TDD em Paranatinga, recomendou-se a adoção de comando para abertura sequencial das LT 500 kV Cláudia / Paranatinga;
- Quando da abertura dupla da LT 500 kV Cláudia / Paranatinga, por comando manual, ou atuação automática de proteção, ou recepção de TDD em Cláudia, recomendou-se a adoção de comando para abertura sequencial da LT 500 kV Paranaíta / Cláudia.

#### 4.2.3 Ajustes das proteções de Sobretensão Instantânea e Temporizada

Considerando os resultados dos estudos de energização de linhas, das análises de contingências, bem como os ajustes das proteções de sobretensão atualmente implantados nas linhas em operação, foram propostos ajustes para as proteções de sobretensão das novas linhas de 500 kV.

### 5.0 - ESTUDOS PARA A CONFIGURAÇÃO PROVISÓRIA

Com praticamente todos os estudos concluídos para a Configuração Planejada, em meados de 2015, ocorreu a sinalização do comissionamento do primeiro gerador da UHE Teles Pires. No entanto, devido a diversos imprevistos, as obras de transmissão encontravam-se atrasadas. A Matrinchã, agente responsável pelas obras de transmissão, apresentou uma proposta que poderia viabilizar o comissionamento em carga dos primeiros geradores da UHE Teles Pires, definindo a Configuração Provisória (vide Figura 2). Devido à longa estiagem que o país atravessava, a disponibilização da geração de uma nova usina, foi um dos fatores que contribuíram para viabilizar a Configuração Provisória.

Aprovada e autorizada a configuração, o ONS teve que tomar diversas ações em um curto espaço de tempo, indicando a necessidade de estudos que comprovassem que a operação do sistema nesta configuração não causaria riscos para os equipamentos e identificando possíveis problemas que poderiam afetar a rede de 230 kV.

A Configuração Provisória se caracteriza pela conexão radial da UHE Teles Pires ao sistema de 230 kV do Mato Grosso através do ATR 500 / 230 kV – 400 MVA da SE Sinop. Assim, considerando a faixa operativa de potência ativa dos geradores da usina (185 a 364 MW) e a capacidade do ATR, só foi permitido o despacho de até dois geradores em Teles Pires.

#### 5.1 Estudos de Desempenho Dinâmico

##### 5.1.1 Contingências de linhas de 500 kV entre a UHE Teles Pires e a SE Sinop

As contingências de linhas de 500 kV entre a UHE Teles Pires e a SE Sinop implicam o isolamento da usina, o que determinou a implantação de ações automáticas para evitar a ocorrência de sobretensões dinâmicas no tronco de 500 kV e sobrefrequência dos geradores de Teles Pires. A contingência mais crítica foi a perda da LT 500 kV Cláudia / Sinop. Estes resultados determinaram a operação da LT 500 kV Paranaíta / Cláudia em circuito simples. Outra ação recomendada diz respeito aos ajustes da proteção de sobrefrequência dos geradores da UHE Teles Pires que foram ajustados em 61 Hz, sem temporização intencional, caracterizando um zelo adicional para a operação nesta configuração.

Destaca-se que as contingências dos circuitos de 500 kV derivados da UHE Teles Pires corresponderam à pior contingência de perda de geração para a Área Mato Grosso, quando a usina estiver com despacho máximo. Embora

esta perda não apresentasse problema dinâmico para o sistema, ela acarretava problemas de tensão para o sistema Mato Grosso que foram equacionados através da utilização coordenada dos recursos disponíveis para o controle de tensão.

#### 5.1.2 Contingências na Rede de 230 kV do Norte do Mato Grosso

As contingências dos circuitos de 230 kV entre as SE Nova Mutum e Sinop acarretaram carregamentos elevados nos circuitos paralelos remanescentes, notadamente na condição de carga leve e com despacho máximo na UHE Teles Pires e nas PCH (Pequena Central Hidrelétrica) em operação nesta região.

Nesta condição, a pior contingência foi a perda da LT 230 kV Sinop / Sorriso C2, que implicou carregamento da ordem de 42 % superior ao valor de emergência da LT 230 kV Coxipó / Sinop C1 (600 A / 239 MVA). Dessa forma, foi recomendada a implantação de um esquema de alívio de carregamento da LT 230 kV Sinop / Sorriso C1.

Outra contingência que demandou ações foi a perda da LT 230 kV Sorriso / Nova Mutum que apresentou uma pequena sobrecarga na LT 230 kV Sorriso / Lucas do Rio Verde. Assim, para evitar violações de carregamento, foi recomendada a monitoração da grandeza elétrica, identificada por **Fluxo Sorriso** e limitá-lo em 320 MW durante o período em que a UHE Teles Pires estivesse operando através da Configuração Provisória.

O **Fluxo Sorriso** é definido como o somatório das parcelas F1 e F2 de fluxo de potência ativa, onde: F1 é o fluxo na LT 230 kV Sorriso / Lucas do Rio Verde, considerado positivo no sentido de Sorriso para Lucas do Rio Verde, medido na SE Sorriso e F2 é o fluxo na LT 230 kV Sorriso / Nova Mutum, considerado positivo no sentido de Sorriso para Nova Mutum, medido na SE Sorriso.

#### 5.1.3 Implantação de Sinal de TDD nas linhas de 500 kV entre as SE Paranaíta e Sinop

Conforme indicado para a Configuração Planejada, foi mantida a filosofia de utilização de envio de sinal de TDD quando do comando de abertura manual dos disjuntores dessas linhas.

### 5.2 Sistemas Especiais de Proteção

#### 5.2.1 Esquema de Alívio de Carregamento da LT 230 kV Sinop / Sorriso C1

Conforme visto anteriormente, a perda da LT 230 kV Sinop / Sorriso C2 pode implicar a violação do limite de carregamento em emergência da LT 230 kV Sinop / Sorriso C1. Assim, para o controle desta sobrecarga foi recomendada a implantação de um SEP com a seguinte filosofia de operação: caracterizada a sobrecarga na LT 230 kV Sinop / Sorriso C1, valor ajustado em 600 A, através da atuação de relé direcional de sobrecorrente, no terminal de Sinop, deve ser realizada a abertura do disjuntor do lado de alta do ATR 500/230 kV da SE Sinop em 10 segundos, o que levará ao isolamento de Teles Pires.

#### 5.2.2 SEP para Abertura Sequencial de Circuitos

Outra ação para controle das sobretensões dinâmicas observadas nas simulações foi a de abertura sequencial de circuitos quando da abertura da LT 500 kV Cláudia / Sinop, por comando manual ou atuação automática de proteção ou recepção de transferência de disparo em Cláudia, com comando para abertura sequencial do disjuntor da LT 500 kV Cláudia / Paranaíta, em Cláudia e envio de sinal de TDD para o terminal de Paranaíta.

#### 5.3 Implantação de Lógica para Abertura do Disjuntor comum aos ATR da SE Sinop e à LT 500 kV Cláudia / Sinop

Para evitar que o ATR da SE Sinop permanecesse conectado em vazio pelo lado de 500 kV, quando da abertura do disjuntor do lado de 230 kV do ATR, por atuação de proteção ou comando manual, foi implantada lógica para comandar a abertura do disjuntor comum do lado de 500 kV da linha Cláudia / Sinop e do ATR da SE Sinop.

### 6.0 - ESTUDOS PARA A CONFIGURAÇÃO INTERMEDIÁRIA

Configurado o atraso das obras do sistema de transmissão, em novembro de 2015, a primeira unidade geradora da UHE Teles Pires entrou em operação através da Configuração Provisória proporcionando benefícios à operação do sistema de 230 kV do norte do Mato Grosso face à indisponibilidade do CE da SE Sinop.

Considerando o fato de que não houve proponente no Leilão para o terceiro circuito entre as SE Teles Pires e Ribeirãozinho, a proposta de tornar definitivo o atendimento à SE Sinop através do seccionamento de um dos circuitos da LT 500 kV Cláudia / Paranaíta e a previsão de conclusão das obras de transmissão até a SE Ribeirãozinho determinaram a Conexão Intermediária (vide Figura 3).



A possibilidade de explorar o máximo da geração disponível na UHE Teles Pires, a cada dia, configurava-se em realidade e as análises de regime puderam identificar algumas constatações com relação a operação da rede de 230 kV em diferentes cenários de carga e de geração (períodos úmido e seco da região).

A Tabela 7 mostra as distribuições de fluxos obtidas nas análises e que fluem pelo sistema de 500 kV, a partir da SE Cláudia, em direção às SE Ribeirãozinho e Sinop, considerando os BCS da SE Paranatinga em operação e a indisponibilidade dos mesmos. Pelos resultados apresentados observa-se que haverá um acréscimo significativo do fluxo de potência ativa na rede de 230 kV nas situações de indisponibilidade dos BCS da SE Paranatinga. Esta condição determinou a implantação e/ou manutenção de ações necessárias à operação do sistema de 230 kV, tanto em condição normal como em emergências.

Tabela 7 – Distribuição de Fluxos - Configuração Intermediária – com BCS

Carga / Cenário	Fluxo LT Cláudia / Sinop		Fluxo LT Cláudia / Paranatinga		Geração UHE Teles Pires
	Com BCS	Sem BCS	Com BCS	Sem BCS	
Média / Úmido	252 MW	432 MW	1548 MW	1368 MW	1800 MW
Leve / Úmido	109 MW	342 MW	1691 MW	1458 MW	
Média / Seco	368 MW	379 MW	178 MW	147 MW	526 MW
Leve / Seco	179 MW	205 MW	347 MW	321 MW	

## 6.1 Estudos de Desempenho Dinâmico

### 6.1.1 Contingências de linhas de 500 kV entre a UHE Teles Pires e a SE Ribeirãozinho

Para os cenários considerados, as simulações de contingências simples e duplas de linhas de 500 kV no trecho compreendido entre as SE Teles Pires e Ribeirãozinho foram severas, identificando-se perda de sincronismo da UHE Teles Pires e sobrecarga no ATR 500/230 kV da SE Sinop, a depender da geração da UHE Teles Pires. Tais situações são mais críticas ao se considerar a indisponibilidades dos BCS da SE Paranatinga (vide Tabela 8).

Tabela 8 – Contingências no Tronco de 500 kV de Teles Pires com Geração Máxima na UHE Teles Pires

Contingência LT 500 kV	Consequências	Ações Necessárias
LT Paranaíta/Cláudia C1 ou C2	Perda de Sincronismo Teles Pires	Corte de geração na UHE Teles Pires
LT Cláudia/Paranatinga C1	Perda de Sincronismo Teles Pires; Sobrecarga ATR 500/230 KV da SE Sinop	Abertura Sequencial das LT 500 kV Cláudia / Paranaíta e Cláudia / Sinop
LT Paranatinga/Ribeirãozinho C1 e C2		Abertura Sequencial das LT 500 kV Cláudia / Paranatinga, Cláudia / Paranaíta e Cláudia / Sinop

### 6.1.2 Contingência da LT 500 kV Cláudia / Sinop ou do ATR 500 / 230 kV da SE Sinop

No período úmido, foi identificada a perda de sincronismo da UHE Teles Pires quando dessas contingências estando indisponíveis os BCS da SE Paranatinga. Assim, através da adoção de procedimentos operativos, foi recomendada a monitoração do **Fluxo Sinop** e limitá-lo em 1600 MW. O **Fluxo Sinop** é definido pela soma das parcelas F1 e F2 de potência ativa, onde F1 é o total da geração despachada na UHE Teles Pires e F2 é o fluxo de potência ativa no ATR 500/230 kV da SE Sinop. Além do problema de estabilidade, estas contingências também podem acarretar severos problemas de tensão, principalmente quando da indisponibilidade do CER da SE Sinop.

### 6.1.3 Contingências de linhas de 230 kV do Norte do Mato Grosso

Considerando a distribuição de fluxos de potência ativa mostrada na Tabela 7, as contingências dos circuitos de 230 kV entre as SE Nova Mutum e Sinop podem acarretar carregamentos elevados nos circuitos paralelos, quando da perda da LT 230 kV Sinop / Sorriso C2 e da LT 230 kV Sorriso / Lucas do Rio Verde. Dessa forma, foi recomendada a manutenção do SEP de alívio de carregamento da LT 230 kV Sinop / Sorriso C1 e a monitoração do **Fluxo Sorriso**, limitado em 320 MW.

### 6.1.4 Implantação de Sinal de TDD

Conforme indicado para a Configuração Planejada, foi mantida a filosofia de utilização de envio de sinal de TDD quando do comando de abertura manual dos disjuntores de todas as linhas de 500 kV entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho e para a LT Cláudia / Sinop.

## 6.2 Sistemas Especiais de Proteção e Ajustes das Proteções Sistêmicas

### 6.2.1 SEP de Corte de Geração na UHE Teles Pires

A Tabela 9 apresenta a adequação necessária para a atuação deste SEP, quando da perda simples da LT 500 kV Paranaíta / Cláudia.

Tabela 9 – SEP de Corte de Geração na UHE Teles Pires – Configuração Intermediária

Configuração	Medição de Fluxo	Atuação de SEP	Tempo máximo de atuação
Intermediária Completa	$F_{PA-CL} \geq 1600$ MW	Corte de 2 geradores	150 ms
	$1400 \leq F_{PA-CL} < 1600$ MW	Corte de 1 gerador	
Indisponibilidade dos CER	$F_{PA-CL} \geq 1080$ MW		

### 6.2.2 Esquema de Alívio de Carregamento da LT 230 kV Sinop / Sorriso C1

Este esquema foi mantido em operação.

### 6.2.3 SEP para Abertura Sequencial de Circuitos

Foi mantida a filosofia de abertura sequencial, para o controle das sobretensões observadas nas simulações, quando da abertura dupla da LT 500 kV Paranatinga / Ribeirãozinho com comando para abertura sequencial da LT 500 kV Cláudia / Paranatinga, conforme fora definido para a Configuração Planejada.

Além dessa medida foi também indicada a adoção de comando para abertura sequencial das LT 500 kV Paranaíta / Cláudia e Cláudia / Sinop quando da abertura simples da LT 500 kV Cláudia / Paranatinga e a desabilitação do SEP para abertura sequencial da LT 500 kV Cláudia / Paranaíta que havia sido definido para a Configuração Provisória.

A lógica para abertura do disjuntor comum aos ATR da SE Sinop e a LT 500 kV Cláudia / Sinop foi mantida.

## 7.0 - CONCLUSÃO

Os estudos pré-operacionais desenvolvidos pelo ONS, para a integração da UHE Teles Pires e sistema de transmissão associado, mostraram-se complexos e desafiadores frente às diferentes configurações que foram estabelecidas.

Para garantir a segurança do sistema, a filosofia adotada na concepção dos SEP previstos para a Configuração Planejada considerou a possibilidade de adequações frente às mudanças de topologia, o que garantiu a sua implementação frente aos atrasos das obras e permitiu as adequações necessárias para garantir a efetividade dos mesmos nas Configurações Provisória e Intermediária, com rápida implantação.

As ações automáticas concebidas pelo ONS e implantadas pelos Agentes minimizaram as restrições de geração da UHE Teles Pires, liberando o despacho máximo da usina (1.820 MW), com efeitos benéficos à operação do SIN.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Procedimentos de Rede do ONS – Submódulo 23.3 – Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos.
- (2) Relatório ONS RE 3/189/2015 - Estudos Pré-operacionais para Integração da UHE Teles Pires ao SIN em Configuração Definitiva.
- (3) Relatório ONS RE 3/039/2015 - Estudos Pré-operacionais para Integração da UHE Teles Pires em Conexão Provisória ao SIN.
- (4) Relatório ONS RE 3/061/2016 - Estudos Pré-operacionais para Conexão da UHE Teles Pires ao SIN em Configuração Intermediária

## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Gustavo de Souza Francisco** é engenheiro eletricitista formado em 1981 pela Universidade Federal do Rio de Janeiro com Especialização em Sistemas de Energia Elétrica pela UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá em 1998. Possui o título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica - Área de Sistemas Elétricos de Potência, pela UNIFEI (2005) e MBA em Gestão de Energia Elétrica pela PUC/RJ (2012). Em 1982 ingressou na IESA - Internacional de Engenharia S.A., onde trabalhou na Área de Estudos Elétricos. Em 1985 ingressou na Eletrobrás onde participou das atividades do GCOI. Desde 2000 faz parte do ONS onde atua na Gerência de Estudos Especiais, Proteção e Controle.



**Antonio Felipe da Cunha de Aquino**, engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ em 1999, com mestrado e doutorado em engenharia elétrica pela COPPE/UFRJ em 2000 e 2012. Em 2003, concluiu o curso de pós-graduação *latu sensu* em Proteção de Sistemas Elétricos pela UFRJ e, em 2009, o Curso de Capacitação Institucional do Setor Elétrico – CAISE pela PUC-RJ. De 1999 a 2000 trabalhou como pesquisador no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL. Desde 2000 trabalha no ONS com análise de sistemas de potência, ocupando o cargo de gerente na Gerência de Estudos Especiais.

**Antonio Ricardo de Mattos Tenório**, graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco na turma de julho de 1982. Em 1985, fez o curso de pós-graduação no CESE (Curso de Especialização em Sistemas Elétricos) na Escola de Engenharia de Itajubá (EFEI). Em 1995, concluiu seu mestrado pela University of Manchester - Institute of Science and Technology, na Inglaterra, na área de sistemas elétricos e eletrônica de potência. Em 2011 concluiu o MBA de Capacitação em Aspectos Institucionais do Setor Elétrico na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Trabalhou na Chesf durante 18 anos e na ABB Power Technologies / FACTS (Suécia) durante 5 anos. Desde 2004 trabalha no ONS, na área de estudos especiais, como engenheiro especialista.

**Edinoel Padovani** graduou-se em engenharia elétrica em 1984 na Faculdade de Engenharia Elétrica de Barretos. Pós-graduação em 2004 na Universidade Federal de Itajubá. Ingressou no ONS no ano 2000 onde atua na área de Normatização.

**Edson Ferreira de Oliveira**, graduou-se em engenharia elétrica em 2008 na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Em 1997 ingressou na LIGHT como técnico. Em 2008 assumiu o cargo de Engenheiro, permanecendo até 2012. Ingressou no ONS no ano 2012 onde atua na área de Proteção e Controle.

**Gerson Frederico Cabral da Rocha**, graduou-se em engenharia elétrica em 1999 pela Universidade Federal Fluminense. Completou o Mestrado em Sistemas Elétricos de Potência pela COPPE/UFRJ em 2004. Ingressou no ONS em 2001 como engenheiro na área de Planejamento e Programação da Operação Elétrica, na qual permanece até o presente momento.

**Guilherme Cardoso Junior**, graduou-se em engenharia elétrica em 1974 na Universidade Federal de Itajubá, onde também completou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Elétricos (CESE) em 1983. Iniciou a carreira profissional em 1974, na ELEKTRA - Consultoria e Projetos SA. Trabalhou em Furnas Centrais Elétricas SA de 1975 até 1998, na área de Proteção. Trabalhou ainda, de 1998 a 1999 na ABB - Network Management – Houston/TX/USA. Em 2000 ingressou no ONS na área de proteção e controle. Em 2006 concluiu o MBA de Capacitação em Aspectos Institucionais do Setor Elétrico na PUC-RJ.

**José Augusto Gomes**, graduou-se em engenharia elétrica em 1984 na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Completou curso de pós-graduação em Sistemas Elétricos de Potência na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1992. Em 1987 ingressou na ELETROBRAS na área de Estudos de Planejamento da Operação permanecendo até 1999. Ingressou no ONS no ano 2000 e atualmente é gerente da área de programação elétrica.

**Karina Stockler Herszterg** é engenheira eletricitista formada pelo CEFET/RJ em 1999. Obteve o título de Mestre em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ em 2004. Atua como engenheira no ONS na área de Estudos Especiais.

**Lucia Mariana de Souza de Abreu** graduou-se em engenharia elétrica em 2005 na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Ingressou no ONS no ano 2005 onde atua na área de Estudos Especiais.

**Neyl Hamilton Martelotta Soares** graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1987). Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (2002). Em 1987, ingressou na ELETROBRAS como engenheiro na área de Estudos de Planejamento da Operação, permanecendo até o ano de 1999. Ingressou no ONS no ano 2000. Atualmente trabalha na área de Estudos Especiais.