



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

BR/GTL/20
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO -XV

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL

TELECOMUNICAÇÃO DAS ESTAÇÕES CONVERSoras DE PORTO VELHO E ARARAQUARA II, PRIMEIRO BIPOLO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DAS USINAS DO RIO MADEIRA

Norberto Moreira Soares (*)
Eletrobras Eletronorte

João Neves de Teixeira Filho
Estação Transmissora de Energia – ETE

Luciano de Macedo Raulino
Themag Eng. e Gerenciamento

RESUMO

O presente trabalho apresenta os sistemas ópticos na forma de como foram concebidos e projetados, para o suporte às Estações Conversoras dos bipolos do sistema de transmissão do Rio Madeira. São apresentados, também, os requisitos do sistema de telecomunicações para a operação dos bipolos das Estações Conversoras como a confiabilidade, tempos de retardo e banda dos canais de dados; e ainda os requisitos técnicos básicos estabelecidos pelo edital de licitação do sistema de transmissão do Rio Madeira (Anexo 6C-CC) e pelo Procedimento de Rede do ONS – Módulo 13.

Para atingir às exigências de operação do sistema, foi feito um esforço muito grande por parte dos lotes envolvidos neste empreendimento, prevalecendo o espírito de cooperação para atendimento aos vários interesses envolvidos.

PALAVRAS-CHAVE

Edital ANEEL 007/2008; MASTER CONTROL; Confiabilidade e tempos de retardo; Anel óptico.

1.0 - INTRODUÇÃO

O edital ANEEL 007/2008, que licitou todo o sistema de transmissão do Rio Madeira, estabelece que o sistema de telecomunicação para interligar as Estações Conversoras de Porto Velho e de Araraquara, lote “C” e lote “F”, é de responsabilidade dos lotes das linhas de transmissão, lote “D” e lote “G”. O mesmo edital estabelece que as Estações Conversoras são responsáveis pelo estabelecimento de meios alternativos de comunicação entre suas Conversoras para o estabelecimento de comunicação classe A.

A ETE, Estação Transmissora de Energia, ganhou a licitação do primeiro bipolo (lote “C”) e com ela a responsabilidade de também operar um sistema de controle de todo o sistema do Rio Madeira (geração e transmissão). A este sistema denominaremos de MASTER CONTROL DE PORTO VELHO, instalado na Estação Conversora de Porto Velho, e MASTER CONTROL DE ARARAQUARA, instalado na Estação Conversora de Araraquara II. Canais de comunicação interligam ambos os Controles (Master Control de Porto Velho e Master controle de Araraquara II). Para a operação dos Master Control é imperativo que os canais de comunicação tenham uma alta confiabilidade e tempos de retardo muito curtos, máximo de 10 ms.

As mesmas exigências são necessárias para o canal de comunicação que fará a Proteção e Controle de ambos os

Polos Conversores.

O presente documento consiste em apresentar o trabalho desenvolvido no sistema de telecomunicações para se alcançar as características fundamentais requeridas pelo sistema Master Control e pelo sistema de Proteção e Controle dos Polos, ou seja, confiabilidade e tempos curtos.

Também será apresentado o sistema de telecomunicações desenvolvido para atendimento a todas as empresas envolvidas no empreendimento do sistema Rio Madeira.

Para um melhor entendimento, apresentamos na figura 1 um diagrama do sistema elétrico simplificado do sistema Madeira e os lotes que compõem o edital ANEEL 007/2008. Na figura 2 é apresentado um diagrama em blocos simplificado do mesmo sistema.

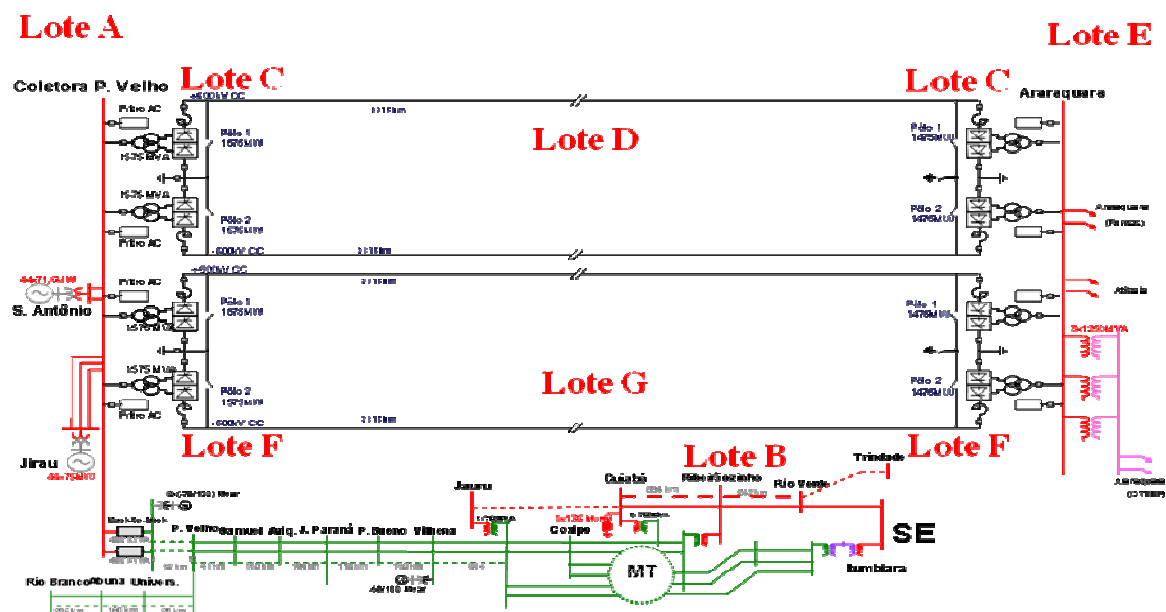


FIGURA 1

Diagrama do Sistema Elétrico

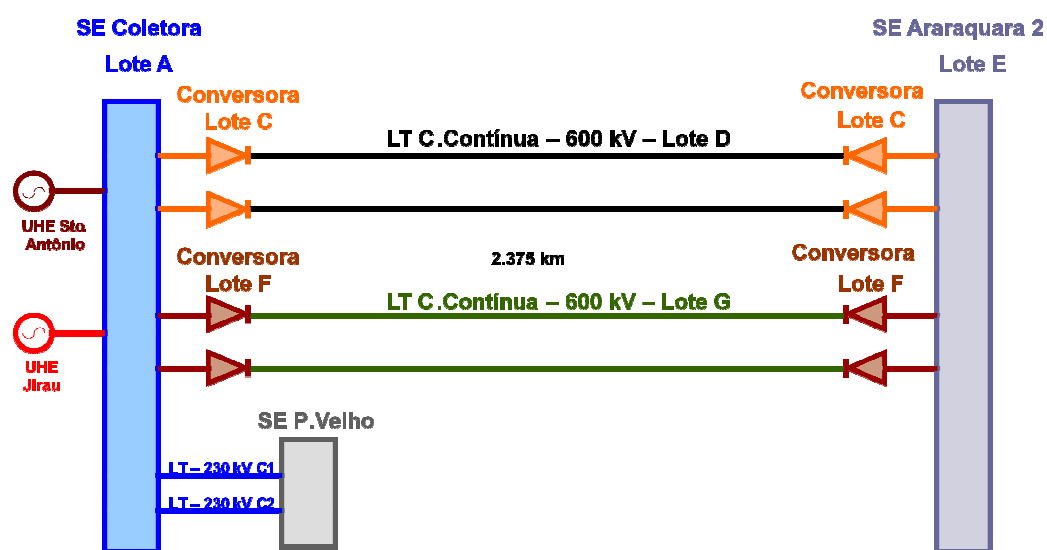


FIGURA 2

2.0 - PLANEJAMENTO REALIZADO

Todo o planejamento dos sistemas ópticos de comunicação levou em consideração principalmente os requisitos para operação do sistema Master Control e do sistema de Proteção e Controle dos Polos, ou seja: a confiabilidade exigida, os tempos máximos de comunicação entre eles e a banda do canal de dados necessária.

2.1 Confiabilidade, Tempos e Banda de Transmissão

O sistema Master Control tem como objetivo receber e tratar informações advindas dos agentes envolvidos e realizar ações automáticas necessárias entre os bipolos, polos, linhas e geradores, especialmente durante anormalidades sistêmicas, tais como:

- Redistribuir a potência ativa entre os bipolos em decorrência da perda ou de limitações da capacidade de transmissão dos polos, minimizando a variação total do fluxo de potência transmitido.
- Redistribuir a potência ativa entre os bipolos em decorrência da perda ou de limitações da capacidade de transmissão do back-to-back.
- Equilibrar a potência ativa transmitida devido à perda de geradores nas usinas ou de linhas de interligação entre as usinas e a subestação Coletora Porto Velho.
- Equilibrar a potência ativa transmitida devido à perda de linhas para escoamento na SE Araraquara II.
- Evitar autoexcitação dos geradores nas usinas, limitando o quantitativo de filtros conectados.
- Evitar a possibilidade de ocorrência de sobretensões no sistema CA, limitando o quantitativo de filtros conectados.
- Controlar a potência reativa trocada entre os bipolos, filtros e sistema de transmissão.
- Coordenar o controle de frequência “parte integral” na SE Coletora Porto Velho.
- Identificar se as quatro barras de 500 kV das SE’s Coletora Porto Velho e Araraquara II estão separadas ou conectadas entre si.
- Validar entre os diversos modos de operação dos bipolos a operação em paralelo de polos e de linhas de bipolos diferentes, exigindo o compartilhamento de equipamentos.

Estudos foram realizados para atendimento destes requisitos e como resultado foi estabelecido a descrição funcional das principais funções de controle a serem executadas, a coordenação com as demais funções de controle de polo e de bipolo, a arquitetura do sistema, tempos de resposta requeridos e os testes funcionais.

Foram realizados estudos objetivando estabelecer e projetar o sistema de telecomunicação com confiabilidade e segurança necessárias para a operação e manutenção das conversoras, atendendo aos requisitos técnicos básicos estabelecidos pelo edital.

A confiabilidade requerida para a operação do Master Control exige circuitos classe A, ou seja, meios diferentes de transmissão entre as Estações Conversoras de Porto Velho e de Araraquara II.

O tempo máximo admitido de transmissão dos dados entre o Master Control de Porto Velho e o Master Control de Araraquara II é de 10 milissegundos.

A banda de transmissão de dados entre os Master Control é de 10 Mb/s ethernet, utilizando-se 2 (dois) canais, um principal e um secundário, que deverão trafegar por equipamentos e meios diferentes.

Da mesma forma que os canais entre os Master Control, são necessários 2 (dois) canais, um principal e um secundário, com a mesma banda de transmissão, que farão a Proteção e Controle de cada um dos Polos. Temos portanto, um total de 4 (quatro) canais: 2 (dois) para o Polo I e 2 (dois) para o Polos II.

A linha de transmissão entre as duas Estações Conversoras (Porto Velho e Araraquara II) tem cerca de 2.400 km de extensão. O retardo refletido no sistema óptico para esta distância é de cerca de 8 milissegundos (somente tempo de transmissão do feixe óptico). O número de repetidoras ópticas (sete no total) somado com os equipamentos terminais (dois equipamentos) tem um tempo total de processamento aproximado de 1,2 milissegundos (125 microsegundos por equipamento). Teremos, portanto, um tempo total de retardo (distância + processamento) de 9,2 milissegundos aproximadamente. Desta forma, o tempo máximo de retardo exigido pelo sistema Master Control é atendido (10 milissegundos).

O sistema óptico da linha de transmissão (lote “D” – IEMadeira) que interliga as Estações Conversoras da ETE (Porto Velho e Araraquara II) atendia ao requisito tempo, mas não atendia ao requisito meio (equipamentos e cabo OPGW diferentes). As operadoras de telecomunicações foram consultadas para fornecimento do meio redundante (via secundária), mas nenhuma conseguia oferecer um tempo máximo de retardo de 10 milissegundos. A solução para o problema estava dentro do próprio sistema de transmissão do Rio Madeira. A Norte Brasil Transmissora de Energia – NBTE, foi o consórcio responsável pela linha de transmissão para interligar o segundo bipolo (leilão Aneel 007/2008) e responsável pelo fornecimento do sistema de telecomunicações deste bipolo (lote “D”). A ETE, tendo a Eletrobras-Eletronorte como seu suporte técnico, iniciou conversações com os lotes “C”, “D”, “F” e “G” – Estações Conversoras e Linhas de Transmissão – para estabelecimento de cooperação técnica, de

modo a atender a interesses comuns. O espírito de colaboração entre as empresas foi um marco importante no desenvolvimento das negociações, se estabelecendo um sistema “ganha-ganha” para todas as empresas. Dentro deste espírito ficou estabelecido que uma canalização STM-1 seria trocada entre os sistemas ópticos das linhas de transmissão, de forma que a ETE (lote “C”) e a IE-Madeira (lote “F”) tivessem redundância de telecomunicações para suas Estações Conversoras e assim atendendo ao quesito confiabilidade de ambos os bipolos. Os lotes “D” e “G”, responsáveis pelas linhas de transmissão e dos sistemas de telecomunicações para cada um dos bipolos, concordaram em implantar um sistema óptico com capacidade mínima STM-4 NG de forma a atender a todos os requisitos de segurança, confiabilidade e tempos de ambos os bipolos.

Na figura 3 apresentamos um diagrama em blocos da configuração dos sistemas ópticos das linhas de transmissão e a redundância estabelecida.

Sistema de Telecomunicações – Edital Aneel

Lotes C e D – Lotes F e G

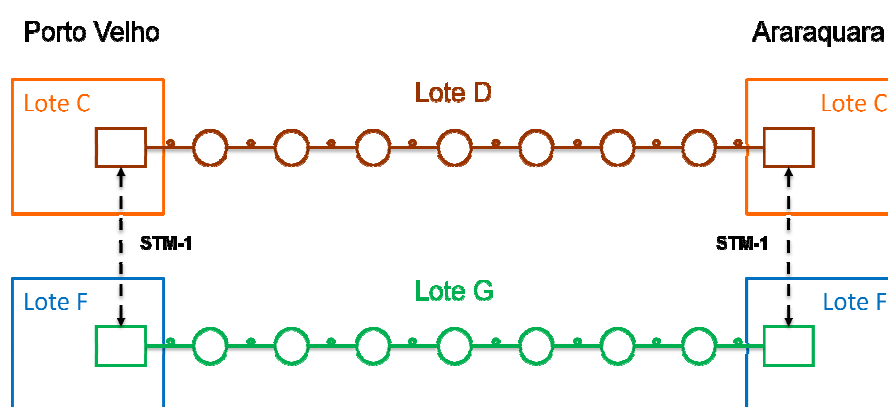


FIGURA 3

2.2 Atendimento aos Demais Lotes em Porto Velho

Os demais lotes do sistema Rio Madeira tinham a responsabilidade de entregar informações ao Master Control e este de enviar comandos aos lotes para que o sistema elétrico permaneça estável. A ETE não concordava com a entrega e recebimento destas informações através de cabos metálicos por uma questão de segurança física de suas instalações e também pela enorme quantidade de cabos necessários para envio das informações. Para atendimento a todos os interesses, os lotes envolvidos acertaram a aquisição de equipamentos ópticos para todos os agentes formando um anel. Por questões de segurança ficou decidido que seriam dois anéis com as seguintes características:

- Anel principal – anel STM-4 a 4 fibras. As fibras ópticas interligando os sites com trajetos diferentes.
- Anel secundário – anel STM-4 SNCP.

Na figura 4 apresentamos o diagrama em blocos dos anéis.

Anel Óptico de Porto Velho

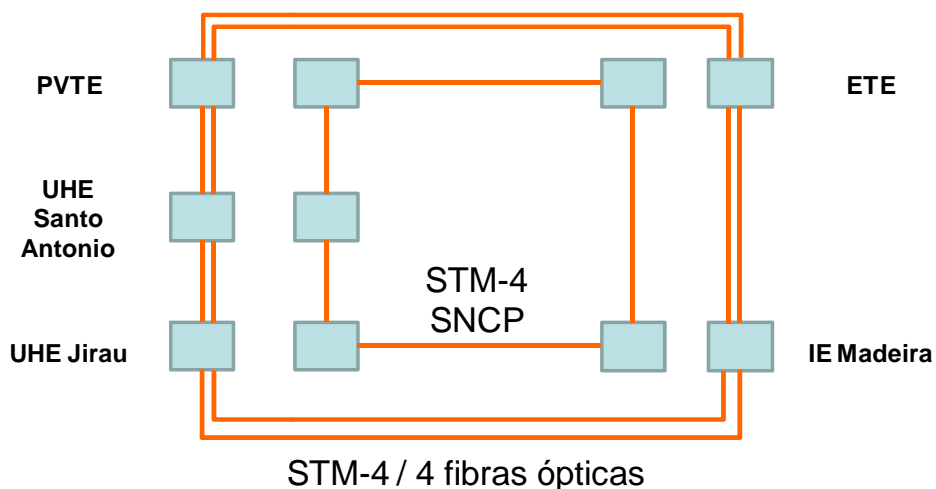


FIGURA 4

2.3 Atendimento aos Lotes em Araraquara II

Da mesma forma que em Porto Velho, na subestação de Araraquara II os lotes estavam obrigados a encaminhar informações para o Master Control local e este enviar comandos aos lotes para a estabilidade do sistema elétrico. A mesma filosofia aplicada em Porto Velho foi aplicada na SE Araraquara II com a concordância dos demais lotes.

Como as negociações se deram em tempos diferentes e com agentes diferentes em sua maioria, os anéis previstos ficaram com uma configuração ligeiramente modificada em relação aos de Porto Velho, e foram formados por dois conjuntos de anéis com a configuração SNCP com equipamentos ópticos STM-16. A figura 5 a seguir mostra a configuração adotada.

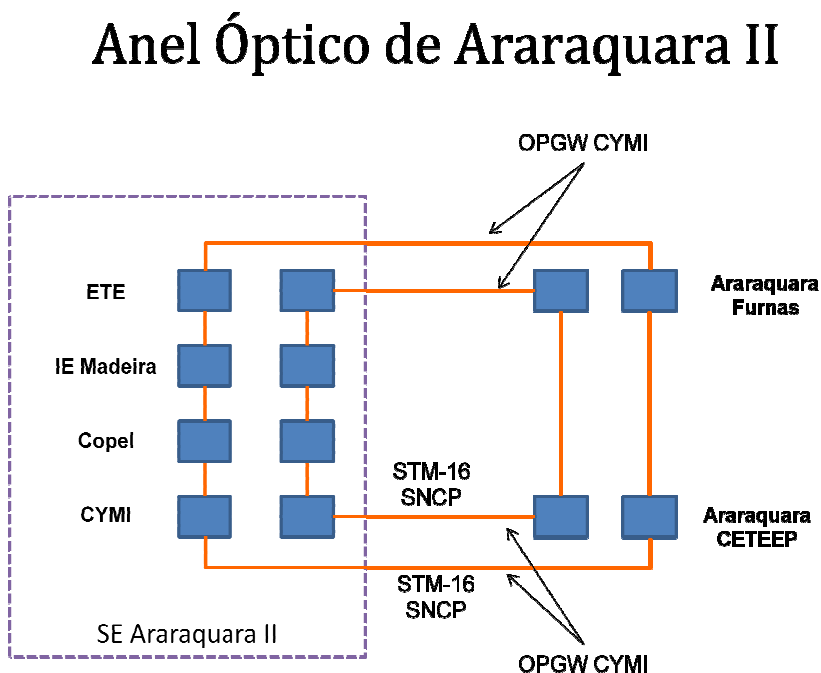


FIGURA 5

2.4 Integração de Todos os Sistemas

Os anéis ópticos de Porto Velho e de Araraquara II são sistemas bastante robustos, tendo como característica principal a confiabilidade, atendendo a finalidade para o qual foram projetados. A confiabilidade das informações requisitadas e informadas pelo sistema Master Control em ambas as localidades, fornecem a estabilidade exigida pelo sistema elétrico. Da mesma forma, a comunicação entre as Estações Conversoras de Porto Velho e de Araraquara II de ambos os bipolos, através da redundância de comunicação pelos sistemas ópticos de ambas as linhas de transmissão, também formam um sistema bastante robusto e confiável.

Os sistemas, entretanto, configuravam ilhas sem comunicação entre si. Mais uma vez o espírito de cooperação das empresas, permitiu a integração de todos os sistemas ópticos envolvidos, de forma que a comunicação pudessem transitar por todo o sistema elétrico do Rio Madeira, atendendo as exigências estabelecidas no edital Aneel 007/2008.

A Figura 6 a seguir apresentamos a configuração final dos sistemas ópticos integrados.

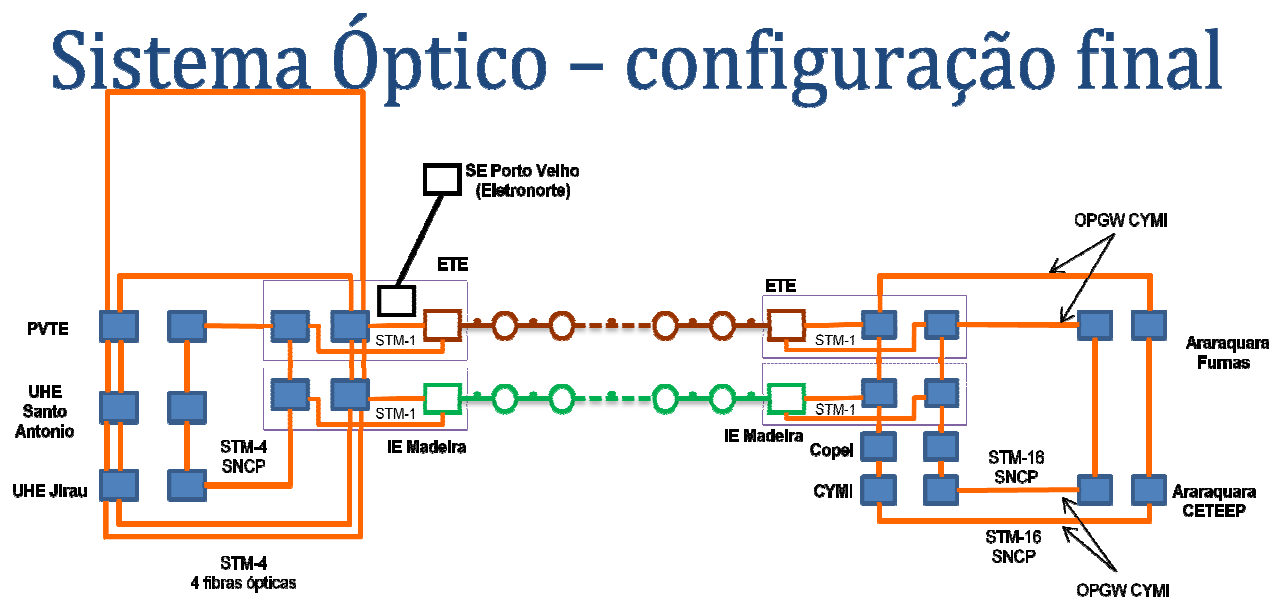


FIGURA 6

3.0 - CONCLUSÃO

Considerando as empresas direta e indiretamente envolvidas no empreendimento, um total de 11 (onze) empresas foram beneficiadas com os sistemas de telecomunicações implantados. O espírito de cooperação entre as empresas foi fundamental para que os sistemas concebidos fossem implantados.

Os requisitos exigidos pelo sistema Master Control e pelo sistema de Proteção e Controle dos Polos: confiabilidade, tempos de transmissão e banda de canal foram plenamente alcançados.

O sistema estará totalmente implantado quando o segundo circuito da linha de transmissão e o segundo bipolo forem concluídos; previstos para abril de 2014.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) EDITAL ANEEL, LEILÃO 007/2008.

(2) PROCEDIMENTO DE REDE DO ONS – MÓDULO 13.

(3) ANTONIO PAGIORO (Autor responsável). Sistemas de controle e proteção das estações conversoras de Porto Velho e Araraquara 2 Primeiro bipolo do sistema de transmissão das usinas do Rio Madeira. Grupo 5 (GPC). XXII SNPTEE. Brasília. 2013

(4) ROGÉRIO ANTÔNIO DA SILVA (Autor responsável). Controle Mestre do sistema de transmissão HVDC do Rio Madeira. Grupo 5 (GPS). XXII SNTPEE. Brasília . 2013

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



- Norberto Moreira Soares;
 - Nascido em Sete Lagoas, MG em 1947;
 - Graduado em Engenharia Química em 1972 pela Universidade Federal de Minas Geral – UFMG;
 - Trabalha na Eletrobras Eletronorte desde 1989, sendo atualmente gerente da área de Planejamento de Telecomunicações da Eletrobras Eletronorte.
-
- João Neves de Teixeira Filho;
 - Nascido em Floriano, PI em 1959;
 - Graduado em Engenharia Eletrônica em 1984 pelo Minas Instituto de Tecnologia, Governador Valadares, MG;
 - Trabalha na Eletrobras Eletronorte desde 1986. Atualmente é Diretor Técnico da ETE.
-
- Luciano de Macedo Raulino;
 - Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 1954;
 - Graduado em Engenharia Elétrica em 1977 pela Universidade de Brasília - UNB;
 - Trabalhou na Eletrobras Furnas por 23 anos. Trabalha desde 2001 como consultor técnico da Eletrobras Eletronorte na área de telecomunicações.