



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

CB/GTL/11

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - XV

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

**PLANEJAMENTO E PROJETO DE BACKBONE ÓPTICO ROADM PARA USO MÚTUO CHESF E RNP:
BENEFÍCIOS, OPORTUNIDADES, SOLUÇÕES E DESAFIOS.**

**Vernon Walmsley (*)
CHESF**

**Alexandre Catanho
CHESF**

**Rodrigo Siqueira
CHESF**

**Oswaldo Alves
RNP**

RESUMO

No dia 19 de setembro de 2016, a Chesf e a RNP assinaram um acordo para a construção de uma rede de transporte de dados de uso mútuo baseada em multiplexadores *add/drop ópticos* reconfiguráveis (ROADM).

Este artigo tem como objetivo descrever os benefícios que este projeto trará para a Chesf, RNP e sociedade, bem como apresentar os obstáculos à elaboração de um projeto de telecomunicações que visa atender entidades com diferentes necessidades sobre uma malha de cabos ópticos existente e as soluções para contorná-los.

PALAVRAS-CHAVE

Telecomunicações, ROADM, OTN

1.0 - INTRODUÇÃO

A tendência do setor elétrico pela evolução do Smart Grid e pelos projetos de teleassistência das unidades operacionais, aliada à crescente demanda pela implementação de novos serviços sobre redes IP que devem atender a cada vez mais rigorosos requisitos de desempenho impostos pelos agentes reguladores do setor, pressionam a camada de transporte por disponibilidade, flexibilidade e taxas de transmissão cada vez maiores. Desta maneira, a Chesf precisou repensar completamente a arquitetura que dá suporte a toda comunicação da empresa, visando atender as novas expectativas dos clientes, tanto operacionais quanto administrativos, sem prejuízo aos serviços em operação.

Por outro lado, as demandas de capacidade, disponibilidade e integração da rede que a RNP provê aumentam continuamente. Nesse contexto, a RNP tem buscado aumentar sua infraestrutura de atendimento à rede nacional com parcerias e participação em projetos de novos cabos submarinos que estão chegando ao Nordeste do Brasil, conectando diretamente a região a Internet acadêmica e comercial mundial. A RNP tem a missão de atender a oferta de infraestrutura óptica avançada para educação e pesquisa, que beneficia o acesso à Internet de alto desempenho para a comunidade acadêmica, incluindo centros de pesquisa, faculdades, institutos superiores, hospitais de ensino e centros de educação tecnológica.

2.0 - CENÁRIO ATUAL

2.1 Infraestrutura de transporte da Chesf

A Chesf construiu uma rede própria de telecomunicações que abrange toda a sua área de concessão, englobando atualmente 108 instalações operacionais distribuídas em 14 usinas e 94 subestações e com a previsão para os próximos dois anos de incorporar pelo menos mais 22 instalações.

O atual sistema de telecomunicações da Chesf é constituído de um backbone que utiliza, preponderantemente,

conectividade com qualidade às redes de P&E, bem como a troca de tráfego com a internet comercial mundial;

- d) Os Pontos de Troca de Tráfego (PTTs) com a internet comercial brasileira, em especial aqueles pertencentes ao Programa PTT-Metro do NIC.br, bem como a internalização de serviços de cache de conteúdo dentro da própria rede Ipê, como exemplo, conteúdo da Akamai, Google e Facebook.

Esses quatro componentes precisam estar dimensionados e crescer de forma harmônica, para que um ou outro não se transforme em gargalo para o desempenho e qualidade dos serviços disponibilizados. Mal dimensionamento ou deficiências na operação de um de seus componentes acabam por inibir o uso da rede como um todo, impedindo a plena exploração das capacidades disponíveis nos demais componentes e dos serviços disponibilizados pela rede.

O núcleo atual da rede Ipê é formado por diversos circuitos resultantes de acordos ou contratações de operadoras, conforme ilustrado na Figura 2.

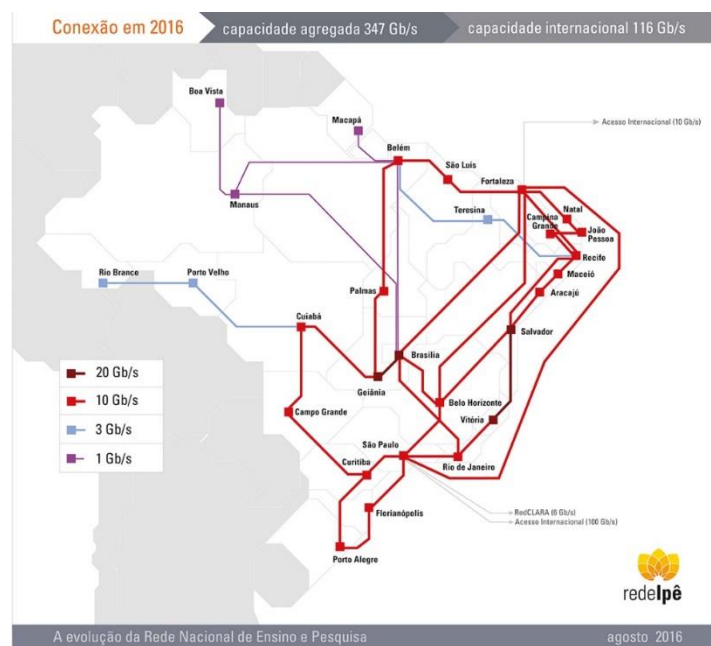


FIGURA 2– Topologia da rede Ipê em agosto de 2016

Onde:

- De 3 e 10 Gb/s, aprovionados pela Oi, decorrentes das obrigações de P&D do ato de anuência prévia da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel);
- De 10 Gb/s, aprovionados pela Telebrás (Brasília – Goiânia, Brasília – Fortaleza, Fortaleza – Recife, Fortaleza - Salvador e Salvador – Vitória), e 1 Gb/s (Brasília – Belém), usado como contingência, decorrentes do acordo RNP-Telebrás;
- De 100 Gb/s, aprovionados pela LANutilus (Fortaleza –São Paulo), dentro do Projeto AmLight, decorrentes do acordo RNP-ANSP-FIU (Florida International University)/Fundação Lauren;
- De 1 Gb/s aprovionados pela Embratel (Brasília – Manaus), pela Junto Telecom (Belém – Manaus), pela Compuservice (Belém – Macapá) e pela Vivo (Manaus – Boa Vista), através de contratos com estas empresas.

3.0 - NOVAS DEMANDAS

3.1 Evolução de aplicações IP e convergência

Para que serviços como CFTV, videomonitoramento operacional, comunicação de voz, telesupervisão, teleassistência e Unidade de Medição Fasorial (PMU) atendam os cada vez mais rigorosos requisitos de disponibilidade, velocidade e resiliência operacional, foram concebidas soluções em conformidade com as mais recentes recomendações do MEF (Metro Ethernet Forum).

O aumento de banda disponibilizada por uma rede de maior capacidade aliada a soluções de proteção mais versáteis na camada de transporte possibilita não apenas o incremento das taxas de transmissão de dados para esta rede IP, mas também maior confiabilidade e menor tempo de reposição para os sistemas de telecomunicações, garantindo um maior potencial de longevidade para o projeto IP originalmente desenvolvido e por consequência para as aplicações IP mencionadas.

3.2 Backbone Escalável 100G

A RNP traçou uma estratégia para implantação até 2020 do Backbone Escalável de 100 Gb/s a fim de atender aos seus compromissos e a crescente demanda por capacidade da rede Ipê. Como parte da estratégia, propõe-se a execução de três importantes ações no período de três anos: a implantação do backbone 100G no Nordeste, o Anel Óptico Central (Belo Horizonte – São Paulo – Rio de Janeiro – Belo Horizonte), acrescido de Brasília; e complemento da rota óptica Fortaleza – Porto Alegre, formando o anel Sul.

Para 2017, é esperada a construção dos trechos do Projeto 100G fase I e o complemento Salvador – Belo Horizonte, além da construção do Anel Central, com o estabelecimento dos trechos Belo Horizonte – São Paulo e Belo Horizonte – Rio de Janeiro – São Paulo. Os demais deverão ser realizados ao longo de 2018 e 2019. O backbone a ser perseguido para o primeiro semestre de 2018, com as ações completas no período de três anos, é mostrado na Figura 3.

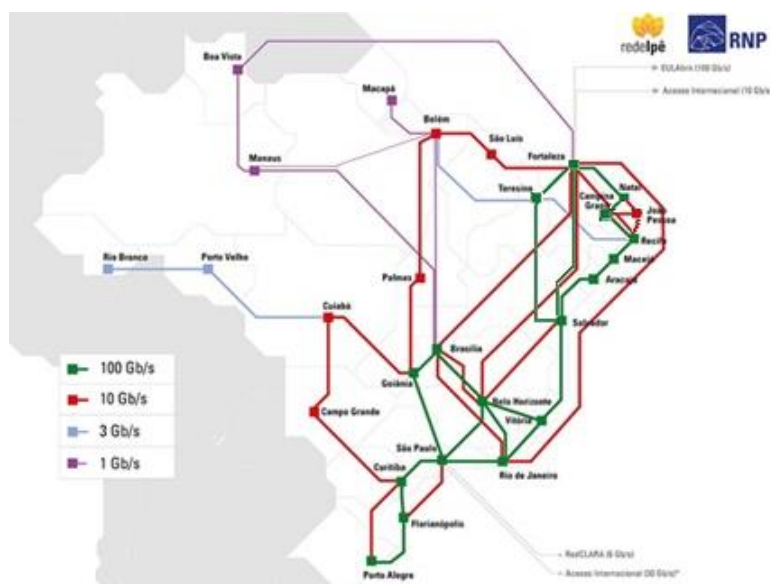


FIGURA 3– Backbone da rede Ipê em 2018

A RNP tem buscado parcerias com empresas que possuam malha própria de cabos ópticos, especialmente na área de *utilities*. A figura 4 mostra o cenário almejado para 2020 do backbone escalável 100G através destas parcerias.

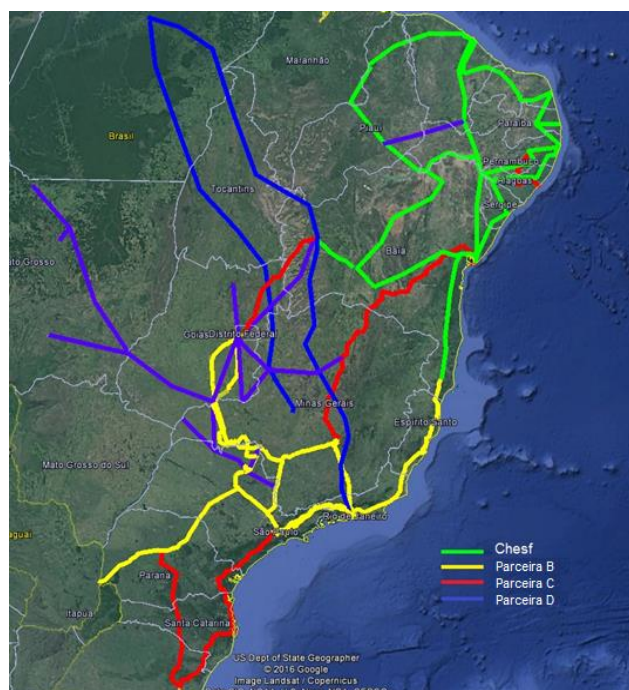


Figura 4 – Redes compartilhadas

4.0 - O PROJETO

4.1 Parceria Chesf/RNP

Uma vez que a Chesf e a RNP precisam realizar investimentos em infraestrutura de transporte, tanto para suportar seus projetos futuros quanto para melhorar o atendimento aos seus atuais clientes dentro dos seus próprios padrões de velocidade, qualidade e disponibilidade, estas organizações decidiram unir-se para criar uma rede de uso mútuo que atendesse as necessidades de ambas. Contando com tecnologia ROADM, esta será a primeira rede da América Latina a usar este padrão tanto para tráfego de dados operacionais do sistema elétrico quanto para conexão entre instituições de ensino em um país. À RNP, coube o investimento em equipamentos de tecnologia ROADM para iluminar pares de fibras em cabos ópticos da Chesf, bem como providenciar as adequações que se façam necessárias na rede SDH legada da Chesf e infraestrutura de alimentação para que seus sistemas permaneçam com a confiabilidade atual. Em contrapartida, a Chesf proverá para a parceria tanto as fibras necessárias ao empreendimento quanto o O&M para o backbone a ser construído, além de disponibilizar taxas de tráfego Ethernet entre algumas estações Chesf para viabilizar a conexão de instituições de ensino em cidades não atendidas pelo backbone em questão.

4.2 Premissas

O projeto em questão foi baseado nas seguintes premissas:

- Taxa de transmissão mínima de 100Gb/s entre pontos de presença que terão add/drop (PoP);
- Sistema de amplificação de cada enlace óptico dimensionado para um mínimo de 40 canais de 50GHz carregando 100Gb/s;
- Proteção em anel com tempo máximo de comutação em caso de falhas de 1 min;
- Disponibilidade mínima de 99,98% para dados operacionais;
- Compatibilidade com o sistema legado.

4.3 Topologia

O backbone ROADM projetado atenderá 22 estações distribuídas em 8 Estados do Nordeste Brasileiro, conectadas por meio de mais de 6.500 km de cabos ópticos e suportadas por 35 estações amplificadoras (além de 16 estações com bypass óptico). Na primeira etapa serão construídos 2 anéis envolvendo 12 PoPs no backbone. Na etapa seguinte, o PoP de Teresina será conectado à Fortaleza. Na terceira etapa, será construído o último trecho do backbone a partir do PoP de Teresina até Teixeira de Freitas, acrescentando 9 PoPs e fechando o terceiro anel. Ver figura 5



FIGURA 5 – Topologia da rede ROADM da parceria

5.0 - OBSTÁCULOS E SOLUÇÕES

5.1 Limitações de fibras ópticas

A maior parte dos trechos ópticos que compõem o backbone em questão são cabos para-raios com fibras ópticas em seu núcleo (OPGW - Optical Ground Wire) compartilhados com outras empresas. Como em alguns desses cabos OPGW (exemplo: trecho entre as estações Bom Nome e Banabuiú) a Chesf dispõe de apenas quatro fibras ópticas e a parceria prevê o uso de um par para o backbone de uso mútuo, a Chesf passaria a dispor de apenas duas fibras ópticas nesses trechos para sua rede de acesso. Considerando os requisitos de disponibilidade exigidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), abrir mão de um sistema de telecomunicações protegido não é uma opção. Assim, fez-se necessário buscar uma alternativa para reduzir à metade a quantidade de fibras ópticas do sistema SDH e ainda assim manter o patamar de confiabilidade atual nesses trechos.

Uma vez que a proteção MSP 1+1, configuração atual dos sistemas SDH da Chesf, depende de 4 fibras por direção, este cenário precisou ser revisto na busca de uma alternativa viável para os trechos onde a Chesf dispõe de apenas 4 fibras ópticas no cabo. Desta maneira, levantamos as seguintes possibilidades para garantir a continuidade dos serviços mesmo na ocorrência de uma falha única nos trechos mais críticos (apenas um par de fibras para a rede de acesso):

- Proteção SNCP: Esta filosofia prevê que, para cada serviço a ser protegido, deve-se configurar encaminhamentos redundantes, o que implica em investir o dobro da capacidade que o serviço demanda e aumentar significativamente o tempo para o provisionamento de serviços, especialmente numa rede cuja malha não disponibiliza muitas alternativas de encaminhamento;
- Proteção em camada superior: No lugar de garantir a entrega da informação na camada de transporte, poderíamos deixar esta proteção à cargo dos serviços clientes (roteadores, PABX, multiplexadores PDH, equipamentos de teleproteção, etc...). Embora esta solução seja relativamente simples para alguns clientes - notadamente os clientes IP - para outros essa adaptação seria mais complexa e demandaria uma configuração manual no sistema de gerência SDH que traria desvantagens semelhantes ao SNCP;
- Proteção MS SPRing a 2 fibras: Embora este sistema guarde semelhanças com a proteção SNCP por demandar a configuração de um circuito alternativo, não compartilha das mesmas desvantagens pois a proteção não age sobre cada tributário, mas diretamente em cada VC4 que se pretende proteger, exigindo uma configuração mais rápida e apenas na ativação do SDH, e não na entrada de cada serviço por ele trafegado. Além disso, outra importante diferença é que alguns equipamentos permitem que o recurso alocado para proteção seja ocupado com tráfego não prioritário, que será derrubado no momento que houver uma ocorrência na rede para que o serviço prioritário não fique indisponível, otimizando o recurso destinado à proteção.

Desta maneira, a solução de proteção escolhida para a rede de acesso SDH foi a MS SPRing a 4 fibras nos trechos onde há disponibilidade de 2 ou mais pares de fibras ópticas para a rede de acesso e MS SPRing a 2 fibras para os trechos com apenas um par de fibras para esta aplicação. No entanto, a diversidade de equipamentos SDH atualmente em operação na Chesf impede o aproveitamento de todos eles nesta solução. Assim, decidiu-se por padronizar os elementos SDH da rede Chesf, escolhendo o modelo predominante que atende os novos requisitos e substituindo os equipamentos que não são compatíveis com este modelo nas funcionalidades necessárias. Além disso, esta tecnologia é limitada a 16 elementos, o que impossibilita sua aplicação direta em 2 dos 3 anéis físicos do backbone. Para superar esta dificuldade, a proteção MS SPRing, que utiliza uma topologia lógica em anel, será implementada sobre uma topologia física linear, onde todos os elementos estão conectados diretamente e dois deles, o primeiro e o último, estão conectados por meio da rede ROADM, fechando assim o anel. Ver Figura 6.

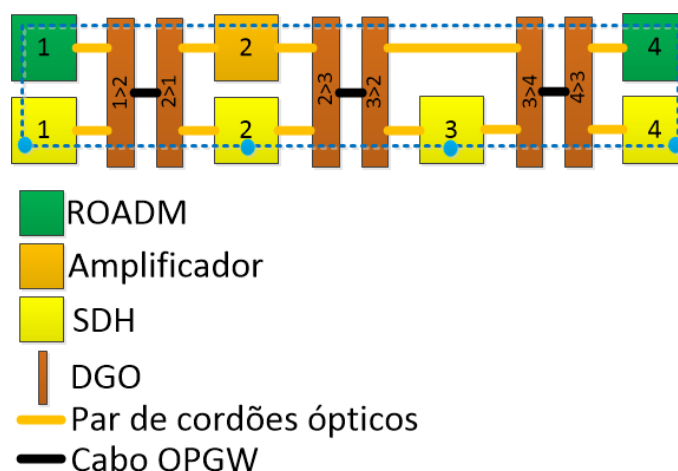


FIGURA 6 – Anel SDH fazendo uso da rede ROADM

5.2 Sistema legado

Os sistemas ROADM admitem clientes com taxas de transmissão iguais ou superiores a 10Gb/s. Como a maior parte dos atuais sistema da Chesf conta com interfaces inferiores à 1Gb/s, evidenciou-se a necessidade de incluir uma camada intermediária para servir como elo entre esses sistemas e a nova rede projetada.

A tecnologia escolhida para viabilizar o transporte de subtaxas através do backbone a ser implantado foi a OTN. Equipando todos os PoPs da Chesf com matrizes OTN e interfaces de tributários flexíveis que permitem conectar serviços que vão desde 100Mb/s até 10Gb/s, o backbone projetado permitirá o add/drop tanto dos serviços legados quanto dos já planejados para futuras implementações.

5.3 Disponibilidade exigida pelo órgão regulador

Como a solução para proteção dos sistemas SDH escolhida foi a MS SPRing sobre uma topologia física em linha, depender exclusivamente desta configuração implicaria em perda de serviços sempre que houvesse seccionamento de cabos OPGW, uma vez que o seccionamento de todas as fibras do cabo acarretaria no rompimento do anel lógico em duas partes. Assim, fez-se necessário também implementar proteção para a comunicação entre os PoPs, de maneira que a perda do link direto entre eles fosse contornada com a comutação dos serviços para um encaminhamento alternativo. Para esta proteção, está previsto o uso de ASON na camada OTN, que garante uma comutação inferior a 50ms e, a depender da malha da rede e configuração do sistema, é robusta o suficiente para suportar contingências múltiplas. O exemplo da Figura 7 ilustra a filosofia adotada para o sistema projetado, apresentando as interfaces entre o backbone ROADM e as redes de acesso SDH e OTN, bem como seus respectivos sistemas de proteção.

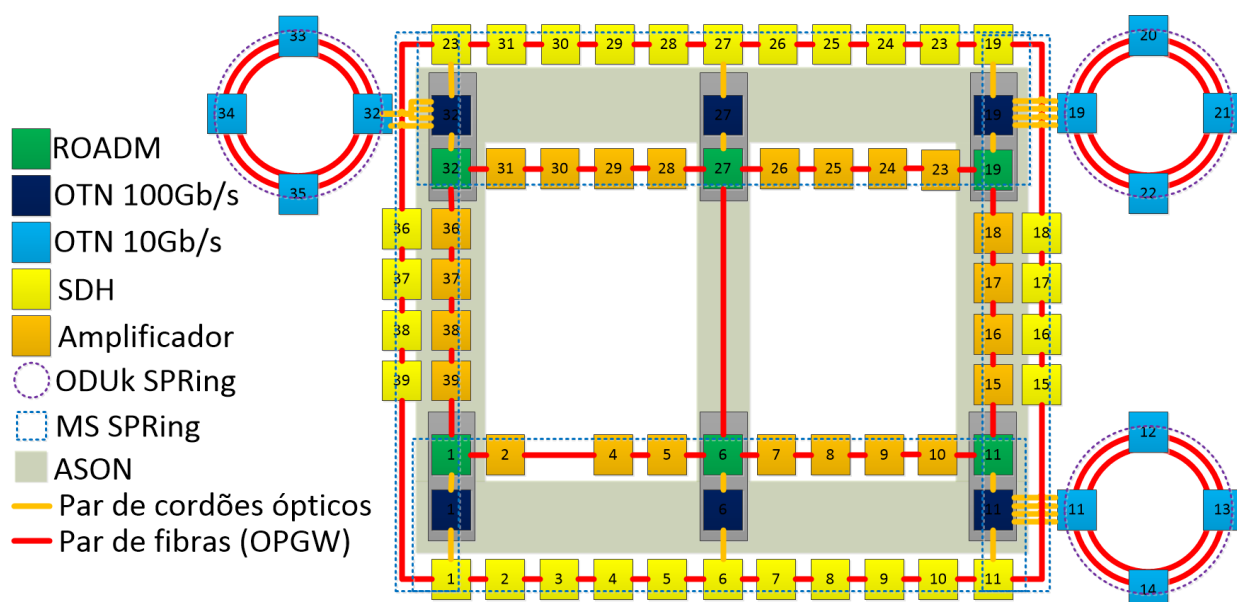


FIGURA 7 – Redes de acesso, backbone e seus sistemas de proteção

5.4 Longos spans

Alguns trechos de OPGW da rede da Chesf tem comprimentos superiores a 200km, com o mais longo deles alcançando 257km. Longos spans como essas são um desafio para enlaces ROADM, especialmente com as premissas adotadas para o projeto da rede. Para vencer essas distâncias, a Figura 8 apresenta a combinação de amplificadores necessária para garantir o correto funcionamento dos 40 canais 50GHz/100Gb/s:

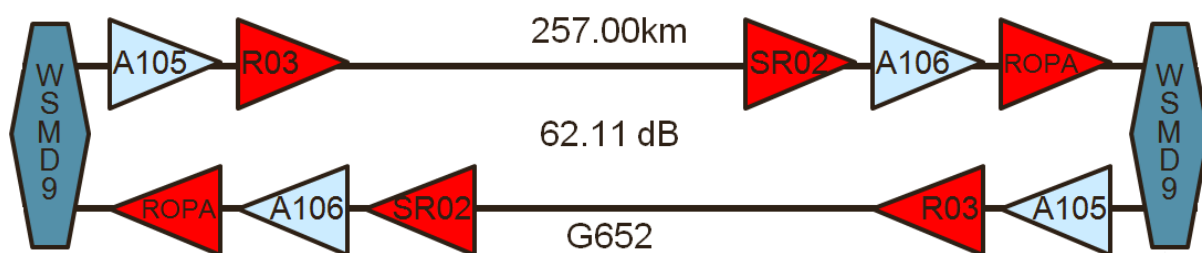


FIGURA 8 – Solução de amplificação para longos spans

Onde:

A105: Booster;

A106: Pré-Amplificador;

R03: RAMAN na transmissão;

SR02: Super RAMAN na recepção;

ROPA: Bombeio remoto.

5.5 Sistemas de alimentação

A implantação dos novos equipamentos que vão compor tanto o backbone quanto a rede de acesso implicará no aumento da carga instalada nas subestações da Chesf. Em muitas destas estações, os atuais retificadores e bancos de bateria de -48VDC não tem capacidade pra absorver esta carga adicional. Desta maneira, será necessário adequar os sistemas de alimentação de serviços auxiliares destes sites, ampliando ou substituindo retificadores e bancos de bateria onde for preciso, tomando-se como base os valores de consumo típico dos bastidores e módulos utilizados no projeto.

6.0 - CONCLUSÃO

A implementação pioneira de um backbone de transporte ROADM de uso mútuo entre uma empresa de utilities e uma organização social depende da superação de uma série de obstáculos. Considerando que este será construído sobre uma malha óptica já existente, com serviços de missão crítica para o setor elétrico em operação e com quantidade limitada de fibras disponíveis, o nível de complexidade do planejamento, do projeto e da realização da rede torna-se ainda maior.

Porém, quando a infraestrutura em questão for concluída e esta nova rede de transporte estiver operacional, tanto o sistema de telecomunicações que dá suporte à operação elétrica da Chesf quanto a rede que conecta as instituições de ensino e pesquisa do Brasil – entre elas e às redes acadêmicas mundiais – terão alcançado um novo patamar tecnológico. Tão grande quanto os desafios de concretizar a construção desta nova infraestrutura de telecomunicações, idealizada pela cooperação entre a Chesf e a RNP, são os benefícios e as oportunidades que esta parceria trará para ambas as partes e, principalmente, para seu maior cliente em comum: a sociedade.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Plano Diretor de Telecomunicações Chesf 2011-2018. Chesf. Recife/PE. 2011.
- (2) ITU-T G.709 Interfaces for the Optical Transport Network (OTN).
- (3) ITU-T G.798 Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks.
- (4) ITU-T G.672 Characteristics of multi-degree reconfigurable optical add/drop multiplexers
- (5) www.iec.org
- (6) www.teleco.com.br
- (7) <http://www.ciena.com.br/technology/optical-transport-network/>
- (8) Plano Operacional 2017. RNP. Rio de Janeiro/RJ. 2017.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Vernon Menezes Walmsley nasceu em Recife em 1979, graduado em Engenharia Elétrica modalidade Eletrônica pela UPE em 2002. Especialista em redes de computadores em 2005 pela Faculdade Santo Agostinho. Desde 2002 é engenheiro de manutenção de telecomunicações, tendo trabalhado tanto na área executiva quanto normativa.

Rodrigo Leal de Siqueira nasceu em Recife em 1977, graduado em Engenharia Eletrônica pela UFPE em 2000. Mestre em Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações, em 2004 pela UFPE com parceria UNICAMP. Concluiu o MBA (Master Business of Administration) em Gerência de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas, 2009. Desde 2006 é Engenheiro da Divisão de Engenharia e Expansão do Sistema de Telecomunicações da CHESF. Publicou artigo técnico no IEEE Vehicular Technology Conference 2006 em Melbourne na Austrália e outros eventos Nacionais e Internacionais (Bienal Cigré, Colloquium Buenos Aires, Colloquium India, Futurecom) de Telecomunicações.

Alexandre Jansen de Souza Catanho nasceu em Recife em 1978, graduado em Engenharia Eletrônica pela UFPE em 2002. Especialista em Engenharia de Software, com ênfase em Testes de Software, em 2003 pela UFPE. Concluiu o MBA (Master Business of Administration) em Liderança e Gestão de Pessoas pelo CEDEPE Business School, 2017. Desde 2004 é Engenheiro do Centro de Operação de Telecomunicações da CHESF

Oswaldo de Freitas Alves, nasceu em São Paulo - SP em 1985, graduado em engenharia de telecomunicações na Universidade Jorge Amado - BA em 2009. Concluiu MBA (Master Business of Administration) em Gerenciamento de projetos pela UFF-Universidade Federal Fluminense – RJ, 2015. Desde 2010 é engenheiro de redes na RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa e desde 2015 é o responsável pela gestão do programa Backbone Escalável 100G da RNP.