



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

BR/GTL/02
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - XV

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

**USO COMPARTILHADO DE FIBRAS ÓPTICAS DO CABO OPGW PARA
TELECOMUNICAÇÕES E REDES DE SENSORES**

Ricardo Zandonay(*) Fundação CPqD	Maurissone Ferreira Guimarães Cemig Distribuição	Carlos Alexandre M. Nascimento Cemig Distribuição
Claudio Antonio Hortencio Fundação CPqD	João Batista de M. Ayres Neto Fundação CPqD	Rodrigo Peres Fundação CPqD

RESUMO

A utilização de sensores ópticos para monitorar grandezas relacionadas à linha de transmissão de energia elétrica torna-se viável quando a linha utiliza cabos ópticos OPGW (*Optical Ground Wire*) como linha de para-raios [1]. Uma vez presente, as fibras ópticas do OPGW podem ser utilizadas como meio para transmissão de sinais ópticos compartilhados para telecomunicações e sensores ópticos discretos espalhados ao longo de uma linha de alta tensão e vice-versa.

PALAVRAS-CHAVE

Compartilhamento de Fibras Ópticas, Rede de Telecomunicação, Rede de Sensoriamento, OPGW, Linha de Transmissão

1.0 - INTRODUÇÃO

As fibras ópticas do cabo OPGW, seja este composto com 12, 24, 36 ou 48 fibras, são utilizadas como meio de transmissão da rede de telecomunicações para serviço interno entre subestações da concessionária de energia [2], que não aloca todas as fibras para as empresas de Telecom e geralmente utilizam um ou dois pares de fibras e os pares reserva em taxas baixas de transmissão, STM-1 ou STM-4 com apenas uma portadora, 1310 ou 1550 nm. Sendo a maior parte das demais fibras do cabo OPGW utilizada por empresas de telecomunicações (por empréstimo ou locação), que utilizam taxas mais elevadas STM-64, 10 Gb/s. Uma vez locadas torna-se difícil a utilização desta rede para configurar uma linha de sensores [3].

Em função da alta demanda por locação das fibras ópticas não utilizadas das linhas de cabos OPGW, sendo esta condição uma oportunidade de altos ganhos financeiros para as concessionárias, é muito difícil dispor de fibras ópticas dos cabos OPGW para o uso exclusivo em sistemas de monitoramento. Com objetivo de viabilizar alternativas para a implantação de sistemas de monitoramento, neste trabalho são apresentados alguns cenários de estudo do uso compartilhado de fibras ópticas para sistemas de telecomunicações e sistemas de sensoriamento [3].

O uso compartilhado das mesmas fibras para telecomunicações e rede de sensores torna-se viável desde que as fibras alocadas para telecomunicações não estejam todas ocupadas trafegando todas as portadoras da banda C ($1530 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1565 \text{ nm}$). Ou mesmo utilizando metade da banda C, ou menos, mas preenchendo com 16, 8 ou apenas 4 canais distribuídos por toda banda C e de forma igualmente espaçada. A distribuição mais viável para o uso compartilhado é que a banda de telecomunicações fique toda na metade, superior com maior comprimento de onda, ou na inferior disponibilizando metade da banda C para sensores, que utiliza a faixa disponível de modo

(*) R. Dr. Ricardo Benetton Martins, s/n – Polo de Alta Tecnologia II – CEP 13086-902 – Campinas – SP – Brasil
Tel: (+55 19) 3705-4890 – Fax: (+55) 3705-6558 – Email: ricardoz@cpqd.com.br

contínuo em comprimento de onda (λ), uma vez que o nível do parâmetro medido é convertido em comprimento de onda, proporcional ao valor medido sem alocação de canais fixos.

O estudo de casos descrito neste trabalho leva em conta três configurações de Tx - Rx (transmissão e recepção) por fibra, considerando os seguintes casos: (1) compartilhamento da fibra com uma portadora e sensores; (2) compartilhamento da fibra com uma portadora e sensores na linha de telecomunicações desacoplada em cada ponto de sensoriamento, obtido a partir do uso de DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), com a banda C parcialmente preenchida; e (3) compartilhamento da fibra com a rede de sensores FBG (Fiber Bragg Grating) operando em um trecho de uma rede óptica DWDM compartilhando a banda C meio a meio, entre sensores e Telecom. Além disso, outras duas configurações alternativas foram desenvolvidas a partir da configuração (3), tal que a primeira (4) tem a fibra compartilhada entre as redes de telecomunicações e sensores operando em bandas distintas, C e L; na segunda configuração a rede de sensores FBG opera em um trecho de uma rede óptica DWDM compartilhando a banda C meio a meio sem perder continuidade na linha de tráfego dos sensores com ruptura de um dos sensores nos pontos de sensoriamento.

2.0 - CONFIGURAÇÕES ANALISADAS

A seguir estão descritas algumas possibilidades de configurar uma fibra óptica para redes de telecomunicação e de sensoriamento de temperatura e ou deformação simultaneamente utilizando as fibras de uma linha de OPGW.

2.1 Compartilhamento da fibra com uma portadora e sensores

Uma vez que o par de fibras para telecomunicações usa apenas uma portadora para serviço da concessionária de energia, sendo a taxa STM-1 @ 1310 nm, toda a banda fica disponível para uso da rede de sensores. Para inserção dos sensores em uma linha com tráfego de telecomunicações em 1310 nm é necessário interromper o tráfego ou utilizar rota alternativa durante a inserção de sensores e demais componentes na linha para uso compartilhado de telecomunicações e transmissão de sinal de sensoriamento. A Figura 1 apresenta as alterações necessárias para tráfego de telecomunicações e de sinais de sensoriamento em uma das fibras do par alocado para telecomunicações, a fibra não ocupada para sensoriamento está em tom sombreado. A fibra usada para tráfego de telecomunicações @ 1310 nm e de sensoriamento óptico na banda C é complementada com diversos componentes, todos transparentes ao tráfego de 1310 nm.

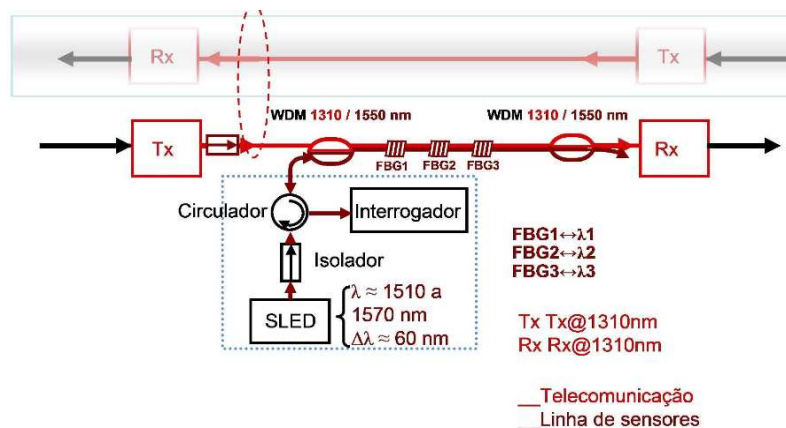


FIGURA 1 – Uso compartilhado de uma fibra de telecomunicações @ 1310 nm com linha de sensores ilhados ao longo da linha e operando na banda C, $1530 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1565 \text{ nm}$

A inserção das portadoras da banda C para o sensoriamento é feita através de um acoplador óptico WDM (1310 / 1550 nm) em linha. Por uma das portas do acoplador WDM entra a portadora de 1310 nm procedente do Tx e por outra porta entram/saem portadoras da banda C, procedentes da unidade de controle dos sensores FBG1, FBG2, etc. distribuídos pontualmente ao longo da linha.

No final da linha, antes da estação Rx, todo sinal óptico da banda C deve ser removido para que não gere nenhum tipo de ruído no receptor de telecomunicações @ 1310 nm. Pois os mesmos fotodiodos, Ge ou InGaAs, são usados tanto para a janela de 1310 nm quanto para a banda C (1530 a 1565 nm). Para a remoção da banda C utiliza-se outro acoplador WDM 1310/1550 nm em sentido inverso, sendo que pela porta comum entram 1310 nm e a banda C (1550 nm) que são separados e guiados para portas distintas em que apenas o conteúdo da porta de 1310 nm

chega ao Rx.

A unidade controladora de sensores, ilustrada como sendo o retângulo pontilhado em azul na Figura 1, é composta por uma fonte de banda espectral larga (~ 60 nm), potência total da ordem de 13 dBm ou mais com pico máximo em torno de 1540 nm, um circulador óptico e um interrogador, que mede os comprimentos de onda que retornam de cada sensor continuamente.

Na Figura 1, o segmento da linha utilizado para tráfego de 1310 nm e da banda C está ilustrado com traços de cores distintas, no entanto corresponde a mesma fibra.

Esta configuração simples tem como vantagens o baixo custo, a facilidade para ser executada, além de disponibilizar toda banda C para sensores. Com um $\Delta\lambda = 35$ nm, torna-se possível distribuir cerca de 20 sensores operando por todo intervalo de 35 nm. A desvantagem está relacionada ao tráfego de sinal de telecomunicação causado pela unidade de sensoriamento, que pode comprometer a linha de telecomunicação no caso de uma sequência de sensores de força expostos a uma tensão que varia durante o dia e noite e, caso um sensor seja rompido, acarreta o bloqueio da linha de telecomunicações, o que é contornado utilizando o próximo circuito.

2.2 Compartilhamento da Fibra com uma Portadora e Sensores na Linha de Telecom Desacoplada em cada Ponto de Sensoriamento

A configuração apresentada na Seção 2.1 é modificada apenas nos diversos pontos de sensoriamento distribuídos ao longo da linha (Figura 2). Em cada ponto de sensor montado ao longo da linha, a portadora de telecomunicações é separada das portadoras de sensoriamento, utilizando outro acoplador WDM 1310//1550 nm inserido no sentido de separar as portadoras para fibras distintas. A porta da banda C é conectada aos sensores e em seguida para a porta adequada de um segundo WDM 1310//1550 nm e a portadora de 1310 nm sobrepassa os sensores e é conectada à porta de entrada do segundo WDM 1310//1550 nm e as duas portadoras seguem juntas pela fibra do OPGW novamente, até o final do segmento antes do Rx.

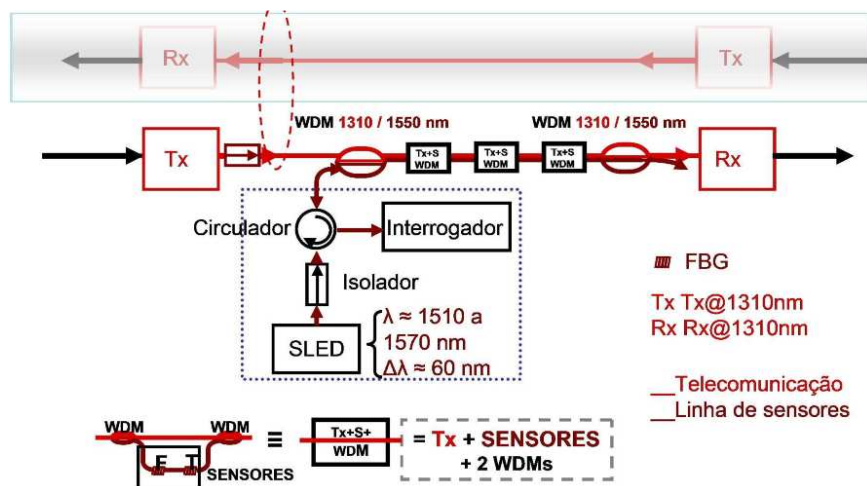


FIGURA 2 – Uso compartilhado da fibra de telecomunicações @ 1310 nm com a rede de sensores operando na banda C e com desacoplamento da portadora 1310 nm em cada unidade de sensoriamento.

A parte inferior da Figura 2 mostra detalhe do circuito óptico em cada sensor, onde a portadora 1310 nm sobrepassa os sensores e em seguida é acoplada à banda C procedente dos sensores. Neste caso a ruptura de uma unidade de sensoriamento não compromete a linha de telecomunicação e é a vantagem agregada ao exemplo anterior. As desvantagens desta arquitetura com maior número de componentes, além do aumento da perda de inserção devido ao aumento de componentes agregados e de emendas ou conectores, é o aumento significativo do custo.

2.3 A Rede de Sensores FBG Operando em um Trecho de uma Rede Óptica DWDM Compartilhando a Banda C Meio a Meio

O caso a seguir descreve o uso compartilhado de uma das fibras por onde a telecomunicação trafega por canais de DWDM, em número menor ou igual a 16 (16 canais correspondem à metade da banda C), considerando uma banda de 100 GHz por canal. E neste caso, para manter bom desempenho, é melhor que os canais de telecomunicações ocupem a metade da banda C com maiores comprimentos de onda, na região do espectro de ganho mais plana, que é a banda vermelha com $1547 \leq \lambda \leq 1561$ nm. Os casos de canais de 200, 400 ou 800 GHz não são levados em conta por comprometer toda banda C com menor número de canais. Até o final deste item serão considerados 16

canais espaçados em 100 GHz ocupando a banda C Red, embora esta possa estar operando com número menor de canais.

A banda utilizada para sensoriamento estará entre 1530,0 e 1543,2 nm, chamada de banda azul e a banda de telecomunicações ficará na chamada banda vermelha entre 1547,4 e 1561 nm.

O componente que separa a banda C em duas bandas distintas é um acoplador WDM especial fornecido por diversas empresas de componentes de comunicações por fibra óptica, AC Photonics, Photonics, Oplink, Ciena, MRV Communications, JDSU e outras.

Como todos os fornecedores procurados dispõem de um acoplador em que a banda vermelha é transmitida e a banda azul refletida tal que a isolamento da porta comum (C) para porta de transmissão (T) é de 20 dB e da porta comum (C) para porta de reflexão (R) é de apenas 12 dB. A seguir este componente será aqui identificado como o WDMRB ou WDM RedBlue.

A Figura 3 apresenta o diagrama entre duas subestações de uma linha DWDM, em apenas um dos sentidos. Das 32 portas de um MUX com toda banda C, ou de um MUX que dispõe apenas das 16 linhas da banda R (Red) - canais 21 (192100 GHz) a 37 (193700 GHz). A banda B (Blue) contém os canais 43 (1924300 GHz) a 59 (195900 GHz). E o DEMUX, embora desenhado com 32 portas de saída, poderia ser um DEMUX com 16 portas da banda vermelha por onde circularia apenas as portadoras de telecomunicações. A banda de sensoriamento, que trafega em ambos os sentidos da mesma fibra, deve ser inserida na fibra de telecomunicações logo após o amplificador óptico, que é unidirecional, devido ao isolador óptico da porta de saída deste, que não permite a chegada do sinal óptico refletido por uma FBG no interrogador.

O circuito óptico de transmissão, recepção e processamento dos sinais dos sensores é configurado como nos exemplos anteriores, sendo que neste diagrama não foi desenhado o isolador óptico logo após o SLED.

Toda banda, contínua em λ , gerada pelo SLED, com uma largura espectral $\Delta\lambda = 60$ nm, contendo as bandas B+R passa pelo circulador óptico e por dois WDMRB em série para aumentar a isolamento de 12 para 24 dB. Apenas a parte B do espectro do sinal proveniente do SLED é lançada na fibra com cerca de até 10 sensores FBG distribuídos ao longo da linha. No caso específico de um sensor de força FBG é necessário mais um sensor de temperatura para correção necessária devido à variação de temperatura ao longo do dia, o que reduz o número de pontos para um máximo de 5. Na Figura 3 estão mostrados 4 pontos de sensoriamento (S_i) indicados de forma compacta para melhor clareza, onde cada S_i ($i=1,2,3,4$) pode corresponder a uma FBG ou duas FBGs incorporadas a linha de transmissão de telecomunicações, montados conforme descrição feita na Seção 2.2, ilustrado na Figura 2, em que as portadoras de DWDM são separadas da banda de sensoriamento com um WDMBR, sobrepassando os sensores e são reacopladas ao sinal de sensoriamento, tal que a ruptura de um sensor não venha comprometer todos os canais de telecomunicações.

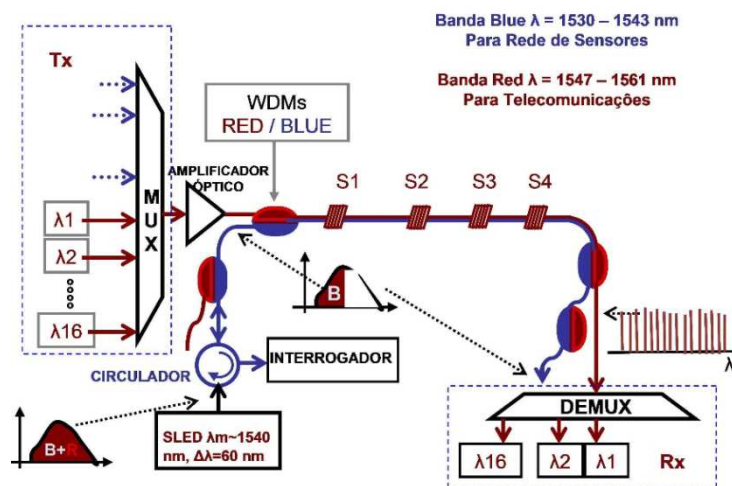


FIGURA 3 – Diagrama apresentando um segmento TX-RX de uma linha óptica DWDM com 32 canais sendo os canais de 17 a 32 ocupados para telecomunicações e os de 1 a 16 desocupados tal que toda a banda possa ser continuamente utilizada para o tráfego de sinais procedentes de sensores FBG.

No final do percurso, antes do DEMUX, mesmo que este seja de 16 canais a banda de sensoriamento é ‘desacoplada’ da linha através de um WDMBR montado para separar as partes B e R, tal que os 16 canais cheguem ao Rx sem componentes da banda B.

A Figura 4 apresenta a disposição das portadoras para sensores de temperatura, em vermelho e para sensores de força em preto. Mantendo uma separação de 1,2 nm entre as grades FBG para medir temperatura (T) e força (F), e em intervalos de 2,6 nm entre cada par consecutivo.

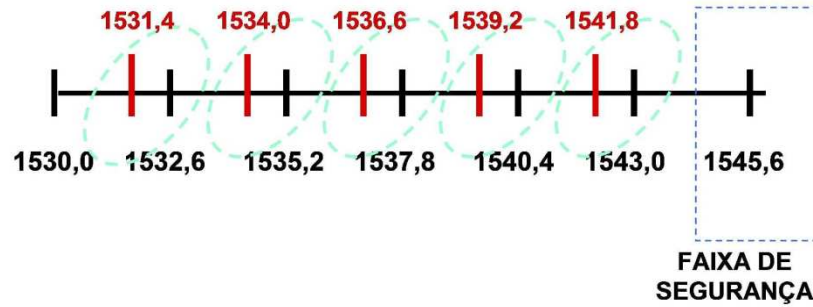


FIGURA 4 – Banda Azul ou B (blue) corresponde a faixa espectral entre 1530,0 e 1543,2 nm disponível para trafegar sinais ópticos procedentes de até 10 sensores com comprimentos de onda (λ) devidamente espaçados. A Figura 5 apresenta o mesmo diagrama da Figura 4 e as formas de distribuição espectral de cada sensor, sendo o de temperatura de menor amplitude, com refletividade de 70% nas FBGs de temperatura e com largura espectral de 0,5 nm, enquanto que as FBGs para o sensor de força teriam refletividade de 99% e mais estreitos, com largura espectral máxima de 0,2 nm, o que possibilita a medição de T e F mesmo no caso de sobreposição de sinais, utilizando-se um OSA para medição. Com um interrogador de sensores, a medição sobreposta dependerá do desempenho e qualidade do mesmo.

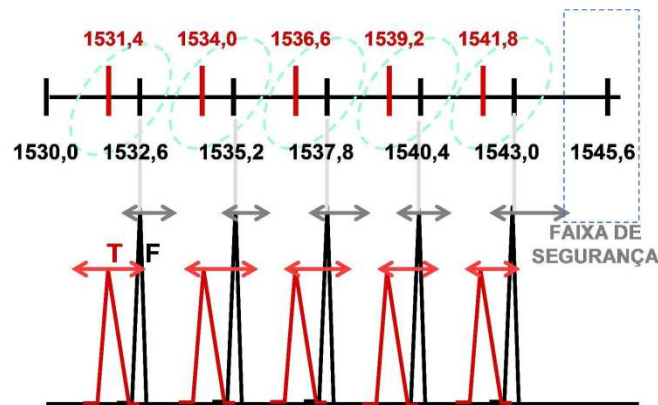


Figura 5 – Disposição dos 5 pares de sensores de temperatura (vermelho) e de força (preto), com separação entre T e F de 1,2 nm e separação entre pares de 2,6 nm.

As vantagens desta configuração de rede de telecomunicações operando com uma rede de sensores são: a flexibilidade da rede para telecomunicações e sensoriamento, e melhor aproveitamento das redes em operação. As desvantagens desta configuração são: o maior custo para reconfigurar a rede de telecomunicações, com um espectro da banda menor que a metade dos casos apresentados nas Seções 2.1 e 2.2, e a necessidade de uma rota alternativa para executar as modificações e testes necessários da rede física durante a alteração da rede.

2.4 As Redes de Telecomunicações e Sensoriamento Operando em Bandas Distintas C e L

Uma alternativa para separar as bandas de telecomunicações e sensoriamento é manter o sinal de telecomunicações na banda C e o de sensoriamento na banda L. Com toda banda C alocada em telecomunicações e toda banda L para sensoriamento, haverá a possibilidade de maior número de canais em telecomunicações e maior banda para sensoriamento na banda L.

A Figura 6 apresenta o diagrama de um trecho entre duas estações operando na banda C em telecomunicações DWDM e a inserção da banda L para sensoriamento.

Neste caso, os WDMRB são substituídos por WDMCL que acoplam ou separam as portadoras da banda C e da banda L nas unidades de sensoriamento distribuídas ao longo da linha, onde a portadora da banda C é separada por um WDMCL e sobrepõe os sensores e a seguir é reacoplada à linha óptica do OPGW. No final, antes do DEMUX, a banda L é removida da linha.

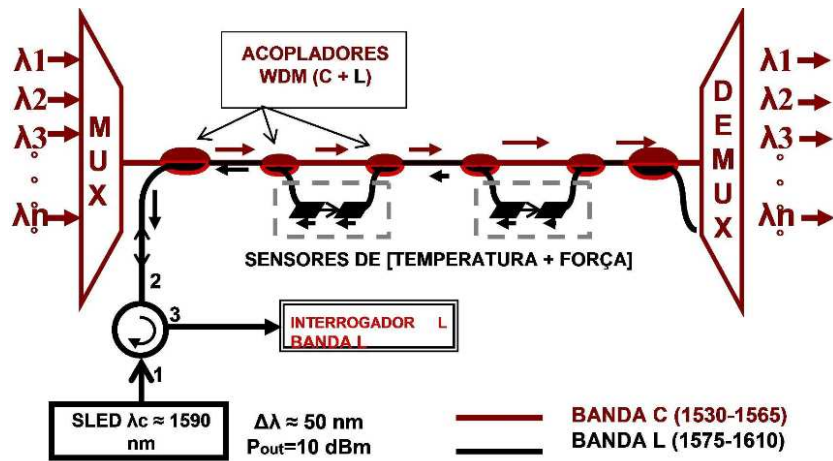


FIGURA 6 – Diagrama apresentando um segmento TX-RX de uma linha óptica DWDM com a banda C dedicada a telecomunicações e a banda L livre para ser utilizada como banda de sensores.

As vantagens desta configuração de rede de telecomunicações operando com uma rede de sensores na mesma rede são: o tráfego independente para telecomunicações e sensoriamento em bandas distintas, uma maior banda disponível, tanto para telecomunicações quanto para sensoriamento, e o melhor aproveitamento das redes já implantadas em operação.

As desvantagens desta configuração são: o maior custo para inserir nova banda (L), nova reconfiguração da rede de telecomunicações, e a necessidade de uma rota alternativa para executar as modificações e testes necessários da rede física durante a alteração da rede.

2.5 A Rede de Sensores FBG Operando em um Trecho de uma Rede Óptica DWDM Compartilhando a Banda C Meio a Meio Sem Perder Continuidade na Linha de Tráfego dos Sensores com Ruptura de um dos Sensores nos Pontos de Sensoriamento

Do primeiro ao quarto caso expostos, a linha de sensores perde continuidade com ruptura de um dos sensores. O caso descrito a seguir apresenta o mesmo exemplo da Seção 2.3, no entanto sem a perda da continuidade na linha de tráfego dos sensores com ruptura de um dos sensores nos pontos de sensoriamento. Para evitar a perda de dados procedentes dos sensores localizados após o sensor rompido uma das alternativas é ilustrada no diagrama abaixo.

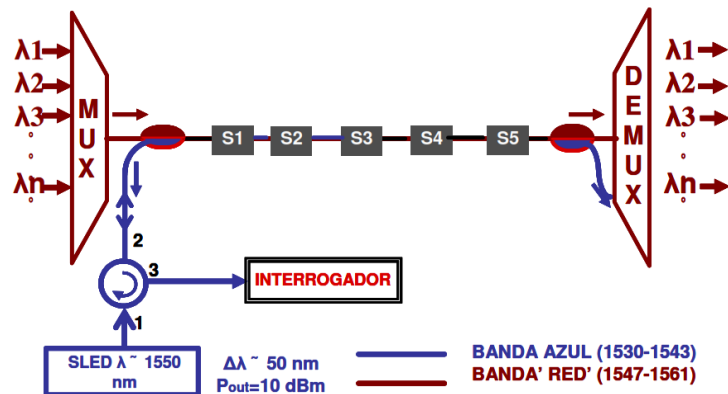


FIGURA 7 – Circuito apresentado no caso 3-3 tal que a ruptura de algum sensor entre S1 e S4 não bloqueie a coleta de dados procedentes dos demais sensores.

O circuito óptico apresentado em cada retângulo cinza identificado como S1 a S5 está detalhado na . Do primeiro ao quarto sensor a banda de azul é separada da banda vermelha, passa por um acoplador que divide a banda azul de forma assimétrica (10/90 em S1) e a menor fração é conectada aos sensores e a maior segue para o próximo WDM RB para juntar as duas bandas para a fibra do OPGW. Em caso de ruptura de alguns dos dois sensores FBG não compromete a transmissão da banda azul para S2. Em S2 com o mesmo circuito usa um acoplador passivo 20/80, em S3 um de 40/60 e em S4 um de 50/50. Em S5 não é necessário uso de um acoplador para dividir potência pois é o último da linha.

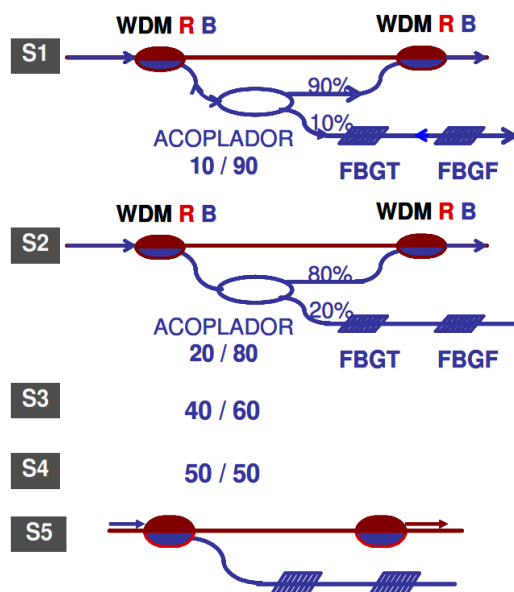


FIGURA 8 – Circuitos ópticos de S1 a S5 para evitar a perda de sinal enviado e retornado de sensores localizados após sensor rompido.

A principal vantagem desta configuração em relação ao caso apresentado na Figura 3 é evitar perda de dados procedentes dos demais sensores, posicionados além do sensor rompido.

As desvantagens deste circuito, se comparado ao mesmo caso apresentado na Figura 3 são: desbalanceamento de potência em cada uma das grades de S1 a S5 e maior perda de inserção devido aos acopladores passivos agregados em cada ponto de sensoriamento. Não compromete significativamente o custo de componentes, mas pode aumentar o tempo de instalação e aumentar o espaço necessário, em cada local com sensor, para acomodação do circuito óptico.

3.0 - CONCLUSÃO

Dos cinco casos descritos cada um apresenta vantagens e desvantagens da mesma ordem de grandeza. Os mais flexíveis são também os de maior custo para serem implementados. Por ora os mais viáveis são os casos em que rede de Sensores FBG opera em um trecho compartilhando a banda C meio a meio em redes ópticas DWDM (itens 2.3 e 2.5) e no caso onde há o compartilhamento da fibra com uma portadora e sensores na linha de Telecom desacoplada em cada ponto de sensoriamento, ou seja, utilizando apenas uma portadora em 1310 nm (item 2.2).

O último caso proposto possibilita montagem de 2 ou mais unidades de sensoriamento óptico em cada ponto ao longo da linha, por exemplo, em determinada torre de ancoragem pode haver 2 ou 3 unidades sensoriamento, sendo uma por fase, e qualquer dano em algum dos 3 sensores, comprometerá apenas o ponto danificado.

O compartilhamento de fibras ópticas em cabos OPGW tanto para redes de Telecom como para redes de sensoriamento mostra-se extremamente viável técnica e financeiramente, pois representa o uso de infraestrutura existente e permite que o monitoramento ao longo de linhas de transmissão torne-se uma realidade realizável no curto prazo.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NBR 13981 Cabos pára-raios com fibras ópticas para linhas aéreas de transmissão (OPGW) -Curto-circuito - Método de ensaio, 1997.
- [2] Lewis, W.W., "The Protection of Transmission Systems against Lightning", Editora da General Electric Company, 1950.

[3] Begovic, M. M., “Smart Grid R&D Perspectives from the US”, apresentado no 2012 3rd IEEE PES ISGT Europe, Berlin, Germany, 14 -17 de outubro de 2012.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Ricardo Zandonay. Possui graduação em Física Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005), mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007) e MBA em Gestão Empreendedora de Negócios pela ESAMC (2012). Atualmente é gerente de projetos da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Ótica e Física dos Materiais, atuando principalmente nos seguintes temas: ótica, fibra ótica, materiais dielétricos e sensores a fibra ótica. Tem atuado como coordenador de projetos de P&D para o Setor Elétrico em projetos de soluções de monitoramento e supervisão de sistemas elétricos de potência, linhas de transmissão e distribuição e equipamentos de subestações e usinas hidrelétricas.

Maurissone Ferreira Guimarães. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2001). Mestre em Engenharia Elétrica pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) - UFMG (2003). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência (Equipamentos, transitórios eletromagnéticos, qualidade da energia (Power Quality), compatibilidade eletromagnética). Desde 2002, trabalha como engenheiro na Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG D), onde já atuou em atividades na área de projetos e estudos de viabilidade para linhas de transmissão e subestações de alta e extra-alta tensão. Desde 2008, tem-se dedicado a gestão de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica voltados para o setor elétrico.

Carlos Alexandre Meireles do Nascimento. Possui graduação em Engenharia Plena pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (1993), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009). Atualmente é engenheiro de tecnologia e normalização da Companhia Energética de Minas Gerais S/A. Tem experiência na área de Engenharia de Distribuição e Transmissão de Energia, com ênfase em Engenharia Térmica, atuando principalmente nos seguintes temas: monitoramento de linhas de transmissão, linhas de transmissão, projetos de linhas de transmissão, ampacidade e cabos termorresistentes.

Claudio Antonio Hortencio. Possui graduação em Tecnologia em Eletrônica Industrial pela Universidade Salesiana (2001) e curso técnico profissionalizante em Técnico em Eletrônica pelo Instituto Educacional São João da Escócia (1979) . Atualmente é Pesquisador de Telecomunicações do Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica , com ênfase em Telecomunicações.

João Batista de Mello Ayres Neto. Possui graduação em Graduação Em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1976), mestrado em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1978), curso-tecnico-profissionalizante pela Escola Técnica Industrial Conselheiro Antonio Prado (1972). Atualmente é Pesquisador em Telecomunicações do Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. Tem experiência na área de Física , com ênfase em Física Atômica e Molecular. Atuando principalmente nos seguintes temas: Fibra Óptica, Dispersão Modal, Dispersão Cromática, Banda Passante de uma Fibra, Atenuação Espectral.

Rodrigo Peres. Possui graduação em Engenharia Física pela Universidade Federal de São Carlos (2011) e ensino-medio-segundo-grau pelo Fundação Instituto Tecnológico de Osasco (2002) . Atualmente é Pesquisador do Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. Tem experiência na área de Física , com ênfase em Física Geral.