

1 Introdução

O surgimento das fibras ópticas revolucionou as telecomunicações. Grande parte do sucesso das fibras ópticas reside nas suas propriedades de baixo peso, flexibilidade, baixa reatividade do material, longa distância de transmissão, isolamento elétrico e imunidade eletromagnética. A combinação destas propriedades tornou as comunicações ópticas em longas distâncias uma realidade.

Com o desenvolvimento das tecnologias para tornarem possíveis as telecomunicações utilizando fibras ópticas, vários componentes foram desenvolvidos como lasers, fotodetectores, acopladores e amplificadores ópticos, os quais estão presentes atualmente no mercado. Paralelamente, outras aplicações foram descobertas para a utilização de fibras ópticas. Uma aplicação que vem atraindo a atenção de diversos grupos de pesquisa está na área de medição utilizando sensores a fibra óptica.

Sensores a fibra óptica permitem a medida direta de pressão, deformação e temperatura, com grande precisão e estabilidade, além de permitir a utilização de um grande número de sensores na mesma fibra, através de técnicas de multiplexação. Com apenas uma fonte de luz, e um sistema de leitura, é possível medir-se uma variedade de sinais multiplexados relacionados à deformação, vibração, temperatura e pressão ao longo de uma única fibra óptica. O principal motivo para o sucesso das fibras ópticas na área de medição está no crescente uso de Redes de Bragg como elementos sensores.

Os sensores a rede de Bragg são dispositivos simples que em sua forma mais básica consiste em uma modulação periódica do índice de refração ao longo do núcleo da fibra [1,2]. As redes de Bragg podem ser escritas com radiação ultravioleta e são relativamente de fácil fabricação e de extremo baixo custo.

O principal desafio na utilização das redes de Bragg como elementos sensores é determinar os menores deslocamentos possíveis no comprimento de onda de Bragg.

Desde sua primeira fase de desenvolvimento foram fabricados excelentes elementos sensores, apropriados para medir campos estáticos e dinâmicos, tais como, temperatura, deformação e pressão [3-9]. A principal vantagem é que a informação medida de status do sensor está codificada no comprimento de onda, tornando-o independente das flutuações nos níveis de luz acoplados pelas fontes, e tornando o sistema imune a perdas em acopladores e conectores.

Existem também outras vantagens na utilização de sensores a redes de Bragg sobre sensores elétricos. A reflexão no comprimento de onda de banda estreita possibilita a multiplexação de várias redes de Bragg ao longo da mesma fibra óptica. A resposta do sensor é linear sobre várias ordens de grandeza. Além disso, existem várias outras vantagens que são características intrínsecas às fibras ópticas. Como exemplo pode-se citar: imunidade eletromagnética; baixo peso; flexibilidade; estabilidade; tolerância a altas temperaturas; etc. O pequeno diâmetro das fibras ópticas também as faz compatíveis com aplicações onde as pontas de prova requeridas são de tamanho reduzido.

Além disso, sensores utilizando Redes de Bragg têm como vantagem a segurança das medidas devido à codificação espectral. No entanto, embora diferentes maneiras de analisar a resposta espectral de uma Rede de Bragg tenham sido propostas e demonstradas, a maioria apresenta custo elevado, o que restringe o uso destes sensores.

Diversos sistemas utilizando sensores a redes de Bragg já provaram ser uma solução vantajosa para a medição de deformações e temperatura sob condições de ambiente adversas. São também componentes extremamente importantes para o desenvolvimento de estruturas inteligentes [10-14], na monitoração de estruturas civis [1,2] e monitoração em tempo real. Existem também aplicações para sensores a redes de Bragg na indústria aeroespacial [15,16], considerada uma das oportunidades de mercado emergente.

Diversas aplicações requerem que o monitoramento de sensores seja realizado em diversos pontos simultaneamente. Como exemplo podemos citar o monitoramento de estruturas, dutos, e de diversas outras onde existe a necessidade de se obter informações de deformação, temperatura e pressão em mais de um ponto. As redes de Bragg em fibras ópticas são ideais para estes casos por possibilitarem a utilização de diversos elementos sensores ao longo da mesma fibra. Para tornar isto possível, é necessário utilizar-se técnicas de multiplexação

de sensores. Com a utilização destas técnicas, o número de pontos interrogados pode chegar a algumas dezenas de sensores. As técnicas de multiplexação no tempo, no comprimento de onda, dentre outras, foram reportadas e aplicadas para sensores a fibra óptica. A capacidade de multiplexação destas técnicas está, no entanto, limitada a um número de poucas dezenas de sensores devido a vários fatores, incluindo velocidade, *crosstalk*, razão sinal ruído, e largura de banda de comprimento de onda.

Com o intuito de aumentar o número de sensores a serem interrogados em uma mesma fibra da ordem de dezenas para a ordem centenas, será objeto de análise nesta dissertação de mestrado a combinação das técnicas de multiplexação no tempo e multiplexação do comprimento de onda. Isso tudo sem que ocorra um aumento significativo do custo do sistema.

Esta dissertação de mestrado está dividida em 7 capítulos que seguem a ordem descrita abaixo:

Neste primeiro capítulo é feita uma introdução citando o surgimento das fibras ópticas, o desenvolvimento em paralelo de algumas técnicas de medição, o elemento sensor objeto de estudo neste trabalho e algumas grandezas que podem ser medidas.

No segundo capítulo são apresentados os principais conceitos envolvendo rede de Bragg, que serão necessários e fundamentais para a melhor compreensão do trabalho desenvolvido.

No terceiro capítulo são apresentadas técnicas de demodulação e detecção, utilizadas para a interrogação dos sensores a rede de Bragg, incluindo a técnica com dois filtros fixos que será a técnica utilizada mais adiante na realização de experimentos. São apresentadas e analisadas as técnicas de multiplexação no tempo e multiplexação no comprimento de onda.

No capítulo quatro, é apresentada e analisada a combinação das técnicas de multiplexação no tempo e multiplexação no comprimento de onda, a qual é necessária para o aumento do número de sensores interrogados.

No capítulo cinco, é feita uma descrição do sistema implantado para emular a interrogação de um grande número de sensores de baixa refletividade, utilizando a combinação das técnicas de multiplexação no tempo e no comprimento de onda.

No capítulo seis são apresentados e analisados os resultados do experimento realizado.

No sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões baseadas nos resultados obtidos nesta dissertação de mestrado.