

1 Introdução

Pesquisas durante a segunda metade do século 20 visando o aumento da capacidade de transmissão de dados levaram à idealização do uso de ondas ópticas como portadoras. No entanto, nem uma fonte coerente e nem um meio de transmissão conveniente eram disponíveis na década de 1950. Com a invenção de lasers e a utilização da fibra óptica como meio de transmissão da luz, foi possível o desenvolvimento dos primeiros sistemas de telecomunicações utilizando fibras ópticas no final da década de 1970 [1]. Desde então grandes progressos foram obtidos e este mercado vem se estendendo continuamente. Sistemas ópticos são instalados hoje com capacidade de transmissão acima de 10 gigabits por segundo e com isso houve o surgimento de diversos dispositivos como, por exemplo, transmissores, amplificadores, filtros passa-banda ópticos, que permitem novas formas de gerar, processar e detectar luz. Alguns dispositivos vêm sendo pesquisados para ampliar e otimizar estes sistemas como o caso de conversores ópticos de frequência, compensadores de polarização, entre outros.

Simultaneamente ao desenvolvimento dos sistemas de transmissão ópticos, pesquisas voltadas às técnicas de sensoriamento utilizando fibras ópticas para a medição de grandezas físicas, químicas e biológicas, foram conduzidas [1-3]. Muitos dos componentes associados à indústria de telecomunicações são aplicados em sensores a fibra óptica. Há pouco tempo, a maioria destes sensores comercialmente bem sucedida foi diretamente apontada em mercados onde a tecnologia existente de sensoriamento era escassa ou em muitos casos inexistente. Com a queda dos preços de componentes ópticos e um avanço da qualidade, vem crescendo a capacidade dos sensores a fibra óptica de assumir o lugar dos sensores tradicionais para medidas de rotação, aceleração, temperatura, pressão, acústica, vibração, posição linear e angular, deformação, umidade, viscosidade, medições químicas, entre outras aplicações. O interesse de utilizar esse tipo de técnica está relacionado às características intrínsecas da fibra óptica, tais como: baixo peso, flexibilidade, longa distância de transmissão, baixa reatividade do material,

isolamento elétrico e imunidade a interferências eletromagnéticas. A possibilidade de multiplexação dos sinais de sensoriamento de várias e diferentes grandezas através de uma ou mais fibras vem se mostrando um grande atrativo para a aplicação desta técnica.

Quanto ao princípio de operação, sensores a fibra óptica são dispositivos onde a luz é modulada de acordo com uma específica variação ambiente. Pode-se dividi-los quanto ao tipo de efeito óptico a ser medido, podendo ser uma alteração na intensidade, na polarização, no espectro ou na fase da onda luminosa. Os sensores também podem ser classificados como extrínsecos e intrínsecos [4]. Na primeira categoria estão aqueles em que a fibra serve simplesmente para guiar a luz e o efeito óptico ocorre em uma região fora da fibra. No segundo caso, a fibra, além de canalizar a luz, é o próprio meio atuante, o que torna os sensores intrínsecos mais interessantes do ponto de vista mecânico.

Dentre as várias classes de sensores a fibra óptica intrínsecos, aqueles baseados em redes de Bragg se destacam como uma excelente opção entre as demais tecnologias disponíveis. Sensores a rede de Bragg [5-8] vêm sendo principalmente utilizados para medidas de deformação em situação onde outros sensores convencionais encontram dificuldades. Em particular, devido à possibilidade de inserção da fibra em matérias estruturais, como por exemplo: plásticos; compósitos com matrizes poliméricas; concreto e ainda alguns metais com baixo ponto de fusão, um de seus maiores nichos de aplicação tem sido a monitoração da integridade estrutural [9]. O princípio de funcionamento das redes de Bragg será reapresentado com mais detalhes posteriormente.

O aumento deste mercado de sensores incentivou a criação em 2001 do Laboratório de Sensores a Fibra Óptica do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio (LSFO). O LSFO vem desenvolvendo aplicações de sensores a fibra com ênfase no emprego de redes de Bragg assim como sistemas de interrogação para esses sensores. São alguns exemplos deste trabalho, os transdutores de pressão e temperatura para fundo de poços de petróleo, desenvolvidos em parceria com CENPES/PETROPRAS, além de um sensor de vazão em fase final de desenvolvimento [10]. Outra aplicação desenvolvida no Laboratório com colaboração da EXPANSION é um acelerômetro óptico para monitorar vibrações mecânicas, cuja aplicação inicialmente proposta é em linhas de transmissão [11]. Encontra-se também em fase de pré-comercialização sensores para detecção de

vazamentos em tanques de derivados de petróleo em postos de gasolina, que além de indicar a ocorrência do vazamento discriminam o tipo de líquido vazado [12]. Outra linha de pesquisa visa desenvolver sistemas de monitoração permanente de deformações em estruturas civis, como, por exemplo, dutos, barragens e pontes, entre outras.

Com o objetivo de reduzir custos e obter respostas dinâmicas, este trabalho apresenta um sistema para análise da resposta espectral de conjuntos de sensores a rede de Bragg que converte a informação espectral em informação de intensidade e tempo, fazendo uma discriminação do espectro óptico no tempo utilizando pulsos e atrasos temporais. Para tal desenvolvimento, é tomado como base a técnica de filtros fixos e multiplexação do comprimento de onda e do tempo (WDM/TDM). A técnica de filtros fixos é baseada na interseção dos espectros do sensor e do filtro, e relaciona a posição do comprimento de onda com a potência obtida num determinado fotodetector. A utilização de diferentes comprimentos de onda em conjunto com a temporalização da informação permite a leitura de vários sensores na mesma fibra utilizando apenas um circuito de fotodeteção.

Este trabalho está dividido em 6 capítulos que seguem a ordem descrita abaixo:

No primeiro capítulo é feita uma breve introdução sobre a evolução da fibra óptica, em conjunto com o desenvolvimento de algumas técnicas de medição, citando alguns tipos de efeitos ópticos que podem ser medidos usando as fibras como sensor, em diversas aplicações. No segundo capítulo são apresentadas as propriedades da rede de Bragg, em conjunto com técnicas de demodulação usadas para aferir grandezas físicas com sensores a rede de Bragg, que serão de grande importância para a melhor compreensão do trabalho desenvolvido.

O capítulo 3 descreve a teoria do funcionamento do sistema proposto apresentando sua principal configuração e resultados esperados. Este capítulo apresenta um diagrama de blocos que representa todo o sistema em módulos, os quais são caracterizados separadamente no quarto capítulo a fim de obter uma organização da montagem experimental do sistema para seis sensores.

Uma primeira análise é feita baseada em simulações com os espectros das redes de Bragg apresentadas no capítulo 4 para posterior comparação com os resultados experimentais. As avaliações das simulações junto com as comparações entre resultados experimentais encontram-se no capítulo 5. Este capítulo ainda

apresenta estimativas qualitativas da incerteza dos canais, as fontes de incerteza do sistema e algumas formas de reduzi-la.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas conclusões baseadas nos resultados dos trabalhos desenvolvidos nesta dissertação de mestrado e perspectivas de desdobramentos possíveis.