

1 Introdução

O desenvolvimento de técnicas de medição óptica e de fibras ópticas com baixas perdas e alta qualidade para uso em de telecomunicação a partir dos anos 70 permitiu o avanço significativo das técnicas de sensoriamento baseadas em fibras ópticas, pois viabilizaram a monitoração de grandezas a longas distâncias e com baixos custos.

Sensores a fibra óptica têm certas vantagens em relação aos sistemas convencionais, pois, entre outras características interessantes, são imunes à interferência eletromagnética, possuindo ainda peso reduzido e alta sensibilidade. Pesquisas iniciais estavam direcionadas para o uso de sensores ópticos para monitorar parâmetros físicos, por exemplo, força, temperatura, e pressão, mas, a partir da década de 1980, percebeu-se que esses sensores também poderiam ser aplicados em grandezas químicas e na medicina. Atualmente, sensores a fibra óptica podem ser utilizados no sensoriamento de várias grandezas físicas e químicas, como por exemplo, temperatura, pressão, umidade, deformação, rotação, aceleração, concentração química etc. [1]

Dependendo do papel desempenhado pela fibra óptica, os sensores podem ser classificados como intrínsecos ou extrínsecos. Nos sensores intrínsecos a fibra óptica é usada tanto no sensoriamento quanto na transmissão da informação. Nos sensores extrínsecos, a fibra óptica não atua como sensor propriamente, apenas no guiamento da luz entre a fonte e o meio a ser monitorado ou entre este e o sistema de detecção.

Alguns tipos de sensores a fibra têm sido comercializados com sucesso. Podemos citar, por exemplo: os giroscópios, os sensores de corrente, de pressão, e de temperatura, entre outros. [2] O reconhecimento das vantagens de utilização de sensores a fibra óptica vem aumentando com o desenvolvimento de novas tecnologias de processamento de sinais ópticos que reduzem os custos de medição.

Hoje em dia, além das aplicações na indústria de telecomunicações, sensores a fibra óptica também são utilizados em outras indústrias. Alguns exemplos de indústrias nas quais estes sensores encontram aplicações são: petróleo e gás [3,4], construção civil [5], controle ambiental e de processos [6], biotecnologia [7] medicina [8], automóveis etc.

Para se ter uma idéia do estado atual do desenvolvimento de sensores à fibra óptica, mostraremos na figura 2.1 a distribuição dos trabalhos apresentados na Conferência de Sensores Baseados em Fibras Ópticas realizada em 2005, classificando-os de acordo com (a) a grandeza medida e (b) a tecnologia aplicada para a medição.

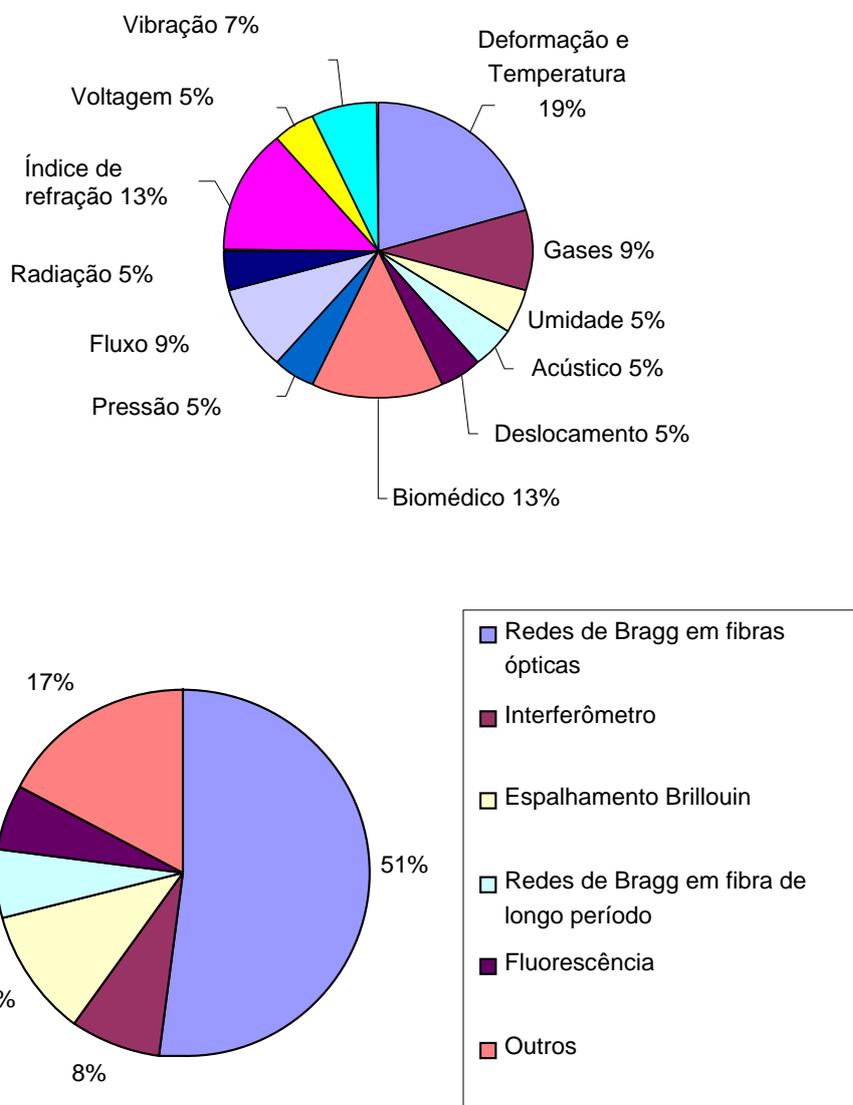


Figura 2.1 - Distribuição dos trabalhos apresentados OFS 2005 de acordo com: a) grandeza medida; b) com a tecnologia aplicada [9].

O gráfico da Figura 2.1 mostra que, dentre as diversas configurações de sensores baseados em fibras ópticas, aquelas que utilizam redes de Bragg gravadas em fibras possuem uma grande importância.

A crescente demanda de diferentes indústrias por sensores a fibra óptica motivou o surgimento de novas empresas de base tecnológica capazes de responder às necessidades destes mercados. Neste sentido, em 2001, foi fundado o Laboratório de Sensores a Fibra Óptica (LFSO) na PUC-Rio. Seu foco principal é o desenvolvimento de sensores a fibra óptica baseados em redes de Bragg.

Procurando aproveitar as características e vantagens das redes Bragg, apresentadas anteriormente, o laboratório vem trabalhando em pesquisa e desenvolvimento de transdutores e sistemas de medição.

Acreditando no potencial do laboratório e na viabilização dos projetos, foram consolidadas parcerias com diferentes instituições, por exemplo, Expansion, CENPES/Petrobras, além de outras universidades dentro e fora do país. Estas parcerias têm resultado no desenvolvimento de diversos protótipos: diferentes sensores de pressão e temperatura para poços de petróleo, acelerômetro, termômetro, refratômetro, entre outros.

Este crescimento proporcionou a criação da empresa incubada no Instituto Gênesis da PUC-Rio, a Gavea Sensors – Sistemas de Medição Ltda, em 2003. A Gavea Sensors graduou-se recentemente, ou seja, deixou de ser uma empresa incubada, mas continua a manter uma forte interação com o LSFO.

Neste contexto, nesta dissertação foram desenvolvidas duas diferentes aplicações de sensores a redes de Bragg em fibra óptica: a primeira parte trata do estudo referente à resposta dos hidrogéis sensíveis ao pH, e alguns mecanismos transdutores projetados, construídos e testados usando os hidrogéis. A segunda parte trata do emprego de redes de Bragg em fibra óptica no monitoramento de deformações de um substrato sobre o qual é depositado um filme fino.

No capítulo referente ao pH, o trabalho desenvolvido tem como objetivo a demonstração de uma técnica para sensoriamento do pH de águas de formação (água presente em poços de petróleo) e de injeção para emprego no monitoramento permanente do fundo de poços de injeção ou poços depletados. Os dados de pH coletados serão utilizados como método indireto na determinação da

taxa de corrosão em poços, em conjunto com outros dados operacionais como temperatura, pressão e vazão de fundo de poço. [10-12]

O interesse no desenvolvimento de uma técnica de sensoriamento de pH empregando a mesma tecnologia dos demais transdutores para fundo de poço vem, em primeiro lugar, da possibilidade de se inferir a taxa de corrosão dos poços através da monitoração dos seus parâmetros operacionais — pressão, temperatura, vazão, e pH. [13] Em segundo lugar, vem da possibilidade oferecida pela tecnologia de sensores a fibra óptica baseados em redes de Bragg de monitoração contínua e permanente de diferentes grandezas físicas e químicas, através da multiplexação de diferentes sensores em um único cabo de fibra óptica, permitindo compartilhar fontes ópticas e sistemas de leitura. De interesse igualmente importante, vem o fato desta técnica não acarretar risco de explosão, uma vez que equipamentos eletrônicos ficam armazenados longe do local de medição. Por fim, a medição de pH empregando esta técnica não é afetada, como no caso de sensores convencionais, pelas altas temperaturas em que se encontram os poços. Assim sendo, optou-se pelo desenvolvimento de uma técnica de sensoriamento do pH de soluções aquosas, para emprego em poços de injeção e depletados, utilizando sensores a fibra óptica baseados em redes de Bragg.

No capítulo referente ao sensor de deformação, propõe-se o emprego de redes de Bragg em fibra óptica no monitoramento de deformações de um substrato sobre o qual é depositado um filme fino. Filmes finos desempenham uma função essencial nos dispositivos e circuitos integrados. São utilizados nas conexões das regiões ativas de um dispositivo, na comunicação entre dispositivos, no acesso externo aos circuitos, para isolar camadas condutoras, como elementos estruturais dos dispositivos, para proteger as superfícies do ambiente externo, como fonte de dopante e como barreira para a dopagem. Nesta segunda parte da dissertação apresenta-se a técnica utilizada, discute-se a teoria, a montagem experimental e os resultados obtidos para um sensor deformação a fibra óptica baseado em redes de Bragg, para medição *in situ* e em tempo real de tensões residuais durante a deposição do filme fino pelo método de pulverização catódica com radio frequência assistida por campo magnético (“*RF Magnetron Sputtering*”). Os resultados obtidos são comparados com um outro método de medição de deformação, fundamentado na equação de Stoney.