

5 Conclusões

Na presente dissertação, exploramos duas diferentes aplicações de sensores a redes de Bragg em fibra óptica, sendo uma que visa a medição do pH de soluções aquosas e outra cujo objetivo é o monitoramento *in situ* e em tempo real de tensões residuais induzidas em um filme fino durante sua deposição em câmara de “sputtering” assistido por rádio-frequência e campo magnético.

A técnica de sensoriamento do pH desenvolvida emprega um hidrogel cujas dimensões se alteram a partir de mudanças do pH do meio, sendo utilizados na deformação de uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg, através da ação de um transdutor. Neste trabalho, procurou-se caracterizar a resposta do hidrogel em diferentes condições, assim como propor e testar diferentes mecanismos transdutores capazes de transformar a variação de volume do gel em uma variação mensurável do comprimento de onda da rede de Bragg.

Foram caracterizados 14 filmes do hidrogel composto pela mistura de poli(ácido acrílico) e poli (álcool vinílico) — PAA/PVA . Primeiramente, determinou-se que o método de produção dos filmes que resulta em melhor resistência ao manuseio dos mesmos é o que emprega formaldeído em sua composição e permite a obtenção de filmes com espessura de cerca de 0,25 mm. A adição do formaldeído propicia um aumento do número de ligações cruzadas entre PAA e PVA, mantendo um bom compromisso entre resistência ao manuseio e fator de inchamento. Em seguida, estudou-se a dependência do fator de inchamento dos filmes com o valor do pH, na faixa entre 3 e 6, de soluções tampão e soluções contendo íons em concentrações similares às encontradas em águas de formação. Observou-se que: a) a resposta não é linear nesta faixa de valores de pH; b) em solução tampão, a variação do fator de inchamento é mais pronunciada na faixa de valores de pH entre 4 e 6, enquanto que em solução do tipo água de formação isto ocorre para pH entre 3 e 4; c) o valor máximo do fator

de inchamento em água de formação é cerca de quatro vezes inferior ao obtido em solução tampão, devido à blindagem da repulsão eletrostática pelos íons em solução. Verificou-se, em testes de curta duração, que nem a presença de óleo nem a pressurização prévia dos filmes é capaz de alterar de forma significativa o fator de inchamento do gel.

Foram testados três mecanismos transdutores. Um dos mecanismos é baseado em uma viga, engastada em uma das extremidades, à qual é colada uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg e que se desloca devido à variação das dimensões do hidrogel. Este mecanismo, proposto e testado anteriormente [22], foi aprimorado de modo a fornecer uma variação de até 3 nm no comprimento de onda da rede quando o hidrogel é inserido em solução tampão, e uma variação de até 500 pm quando em água de formação. Em um segundo mecanismo, proposto e testado pela primeira vez, uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg é fixada em dois pontos e deslocada lateralmente por um identador acoplado ao hidrogel, quando da variação do volume deste último. O terceiro mecanismo, também proposto e testado pela primeira vez, baseia-se na deformação de um “*clip gage*”, ao qual é colada a fibra contendo a rede de Bragg, obtida a partir da variação de volume do hidrogel. Os resultados observados com os novos mecanismos propostos foram similares aos obtidos empregando a viga como elemento transdutor, sendo que nos novos modelos foi possível reduzir significativamente as fontes de atrito, o que garante uma melhoria na reprodutibilidade da operação do sistema. Atualmente, uma variação do modelo que emprega um “*clip gage*”, construído de forma a aumentar a quantidade de hidrogel empregada, e a permitir que a fibra transpasse o corpo do transdutor está sendo montada e entrará em fase de testes em breve.

Como trabalho futuro, sugerimos que, devido à dificuldade em se isolar o hidrogel dos íons presentes na água de formação, os quais tanto diminuem a variação de volume do sistema polimérico quanto alteram seu ponto de equilíbrio, se procure acoplar ao corpo do transdutor diversos hidrogéis, cada qual com um ponto de equilíbrio diferente, de modo a se obter uma boa sensibilidade do sensor em toda faixa de valores de pH de interesse.

Na atividade relacionada ao preparo de novos polímeros, foi adquirido o poli(ácido estireno sulfônico co-ácido anidrido maleico) na forma de pó.

Atualmente, estão sendo realizados testes para a determinação das melhores condições de obtenção do filme polimérico contendo uma mistura deste novo polímero e do PVA.

Na técnica desenvolvida para o monitoramento *in situ* das tensões residuais induzidas em filmes finos durante sua deposição em câmara de “sputtering” assistido por rádio-frequência e campo magnético emprega-se como elemento transdutor uma viga em aço, engastada em uma de suas extremidades. A partir da deposição de um filme fino sobre esta viga, deformações são induzidas por tensões geradas no filme durante a deposição. O monitoramento de tais tensões é realizado por uma fibra óptica contendo duas redes de Bragg, uma colada junto ao engaste da viga para medições exclusivamente de variações da temperatura, e outra colada mais distante do engaste, para sensoriamento de deformações e variação de temperatura. O sistema foi testado realizando-se deposições de filmes de sílica, de óxido de titânio-índio, e de Carbetto de silício. Sendo possível obter valores de tensões desde 7 MPa até 0,6 GPa. Foi também possível monitorar as variações de temperatura às quais os substratos estão normalmente sujeitos durante as deposições que empregam este tipo de técnica. Variações de até 50°C podem ocorrer em intervalos de tempo da ordem de minuto no início e final da deposição, devido ao bombardeio do substrato pelos íons do material a ser depositado. Tais variações podem ter forte influência nas propriedades finais dos filmes depositados, e sua monitoração pode ser de grande importância para o desempenho de dispositivos baseados na tecnologia de filmes finos.

Projeções futuras: realizar calibração, montar sistema de leitura baseado em filtro fixo, fazer programa de aquisição dados que forneça a tensão diretamente.