

Desenvolvimento de um sensor de detecção de umidade com fibra óptica revestida com sílica-gel

Batisti, R. N.¹; Valli, F. V.¹; Rodrigues, J. P.¹; Del Caro, R. L. C.¹; Prado, A. R.¹

¹ Instituto Federal do Espírito Santo, Serra, ES, Brasil.

Resumo

Este trabalho visa desenvolver um sensor de umidade baseado em processo de fluorescência da sílica gel, material normalmente usados em sistema de dessecação. O dispositivo aqui desenvolvido consiste em um sensor de baixo custo e baixo tempo de resposta, fatores que propiciam a esse dispositivo uma grande aceitação em uma futura comercialização. Foi utilizado uma fibra óptica de sílica como um guia de onda para a detecção do sinal da sílica gel, sendo a sílica aderida à superfície da fibra com o auxílio de um polímero denominado álcool polivinílico (PVA). O resultado de fluorescência foi detectado com o auxílio de um espectrômetro com saída em fibra e a fonte óptica de estimulação foi uma lâmpada de tungstênio. Devido os resultados obtidos, o dispositivo se mostrou bastante promissor, e é viável, considerando o baixo custo e fácil implementação.

Palavras chaves: Umidade. Fibra óptica. Adsorção.

Abstract

This work aims to develop a moisture sensor based on fluorescence process of silica gel, material typically used in desiccation system. The developed device consists of a low-cost sensor and low response time, factors that makes this device with great acceptance in a future marketing. Was using a silica optical fiber as a wave guide for the detection of the signal from the silica gel, silica being adhered to the surface of the fiber with a polymer called polyvinyl alcohol (PVA). The result of fluorescence was detected with the aid of a spectrometer with fiber output and optical stimulation source was a tungsten lamp. Because the results obtained, the device was very promising, and it is feasible, taking into account the low cost and easy implementation.

Keywords: Humidity. Optical fiber. Adsorption.

1. Introdução

O ar é composto na sua maioria por nitrogênio, oxigênio e argônio, e uma pequena parcela de outros componentes como dióxido de carbono, hélio, hidrogênio, entre outros [3], na Tabela 1 podemos observar todos os compostos presentes no ar. O ar atmosférico sempre contém uma quantidade de vapor d'água que varia entre 0,1% a 4% [1]. Este vapor d'água é resultante da evaporação das águas de rios, lagos, mar, assim misturando com o ar atmosférico, então fazendo parte de sua composição. A variação presente na umidade tem diversos fatores que influenciam como temperatura, região e estação. A forma mais usual para se quantificar a umidade do ar é

a de umidade relativa (UR) que é a quantidade de água existente no ar em forma de vapor, onde é expressa em porcentagem, que é a razão entre a umidade real do ar e a maior quantidade de umidade do ar em que a temperatura pode conter.

Componentes	% em volume (ar seco)
Oxigênio	20,93
Nitrogênio	78,10
Argônio	0,9325
Dióxido de carbono	0,04
Hidrogênio	0,01
Neônio	0,0018
Hélio	0,0005
Criptônio	0,0001
Xenônio	0,000009

Tabela 1: Porcentagem da composição do ar atmosférico segundo a NBR 12543.

Atualmente no mercado existem vários medidores de umidade, para diversas aplicações. Esses sensores informam regularmente as medidas de umidade relativa do ar. Esses dispositivos são usados geralmente em indústrias, mas também podem ser usados em adegas ou residências. Nas indústrias os sensores têm grande importância no processo, pois, a umidade interfere diretamente na qualidade dos processos de produção. Exemplos disso são as empresas farmacêuticas e de fabricação de semicondutores que o grau de confiança é dos mais altos [5]. Sensor de umidade convencional tem diversas limitações, tais como baixa sensibilidade, relativamente volumoso em tamanho e com alto tempo de resposta. Fatores que dificultam o acoplamento desses elementos a um sistema automático. Recentemente, os sensores de umidade relatados são na sua maioria projetada com base em métodos eletroquímicos (medidas capacitivas e resistivas) [5].

Esse trabalho tem como objetivo promover a aderência da sílica gel a uma fibra óptica multimodo, construir um mecanismo de suporte para fibra óptica, para assim desenvolver um sensor de umidade usando fibra óptica revestida com sílica gel. Dessa forma, utilizaremos os fundamentos teóricos da fluorescência e adsorção para provar a viabilidade do sistema.

2. Materiais e Métodos

Para realizar o projeto foi estudado o fenômeno de adsorção que tem como princípio o fenômeno no qual moléculas presentes em um fluido concentram sobre uma superfície. Que vem de uma propriedade fundamental da matéria, relacionada a forças atrativas entre moléculas [4]. Esse fenômeno é muito usado na engenharia química aplicada em processos de purificação e separação em indústrias, em desumidificação de gases, remoção de umidade dos líquidos como gasolina, entre outros.

No projeto é utilizada a sílica-gel como material adsorvente, onde é Polímero inorgânico que tem sua composição grupos de Si-O-Si no seu interior, e também grupos de Si-OH, cobrindo sua superfície. Na secagem as partículas se aglomeram formando uma estrutura micro porosa, e o tamanho do poro são determinados pelo tamanho das micropartículas originais. A sílica-gel tem como característica a capacidade de reter umidade de certos ambientes. Algumas sílicas encontradas no mercado mudam de cor dependendo da umidade retida nela, visto que em sua fórmula está presente um reagente que faz com que sua cor altere de azul e rosa dependendo da umidade presente na sílica.

A sílica gel tem uma capacidade de adsorção de água em torno de 30% do seu próprio peso. Essa adsorção em sua superfície porosa acontece de forma rápida e de fácil visualização. A sílica gel utilizado na construção do sensor foi previamente triturada para melhorar a aderência sobre a fibra óptica e para elevar sua área superficial.



Figura 1: Imagem da sílica gel antes e após ser triturada para utilização no projeto.

Em seguida, uma fina camada de PVA (30 % em água) foi aplicada sobre a fibra óptica por imersão. Após o processo anterior a ponta da fibra foi introduzida no recipiente contendo pó de sílica e o sistema foi deixado para secar a temperatura ambiente por um período de 30 minutos.



Figura 2: Imagem da fibra óptica revestida com PVA e sílica-gel.

Após foi construído um fixador para impedir a movimentação da fibra sensora, fator que influencia na intensidade do sinal observado no detector. Foi utilizado um cano PVC de 20 cm de comprimento e 1/2" com elemento de direcionamento de foco para o sensor. Neste esquema a fonte de luz branca emitida diretamente sobre a superfície do sensor, tal configuração foi utilizada já que não havia uma fibra óptica de sílica de grande dimensão para o guiamento do sinal da fonte até o detector.

O sistema de aquisição de dados usado foi o espectrofotômetro com saída em fibra da Ocen Optics, modelo USB2000+, tal sistema permite a detecção do sinal emitido pelo sensor. Entretanto, foi necessário utilizar uma fonte óptica incandescente externa de estimulação. A escolha dessa fonte se deu devido sua larga banda de emissão, fato que favorece a verificação do sinal fluorescência em toda região do espectro visível.

Para ter uma umidade diferente do ambiente nos testes, foi utilizada a estufa microprocessada digital. Foi estabelecida a temperatura interna de 60°C, a elevação

da temperatura possibilita a redução da umidade de dentro do sistema. Além de que o valor de 60 °C não é suficiente para promover alterações na integridade do sensor montado.

3. Resultados e Discussões

O primeiro experimento realizado foi verificar a influência da umidade na camada de PVA na fibra, por isso o mesmo procedimento de medida com o sensor foi realizado com a fibra apenas com o polímero. Na Figura 3 é possível verificar que no ambiente seco e úmido não apresentam nenhuma alteração significativa do sinal de fluorescência detectada. Segundo dados da literatura é possível desenvolver sistemas de medição de umidade utilizando apenas PVA como elemento sensor [2], fato não confirmado no presente trabalho.

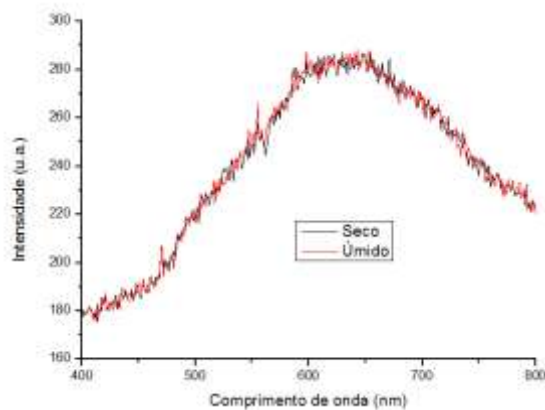


Figura 3: Espectro de fluorescência na região do visível apenas com PVA.

Deve ser destacado que a configuração do sistema montado possibilitou a verificação do sinal de fluorescência da sílica gel, material que apresenta a cor rosa quando hidratada e azul quando seca. Sinais distintos e de fácil detecção por instrumentação de fluorescência convencias.

No primeiro teste de avaliação de umidade os dados obtidos mostraram alteração no espectro de fluorescência na região entre 525 a 725nm, conforme pode se ver na Figura 4. A captura dos dados se deu após um período de aproximadamente 1 minutos, tempo suficiente para observar a invariabilidade do sinal do sensor. Deve ser destacado que o sensor apresenta tempo de resposta dependente no processo de adsorção de água na estrutura da sílica gel. Tal tempo pode ser reduzido com a redução do tamanho dos graus de sílica utilizando na construção do sensor, porém, o dimensionamento dessas estruturas usadas nesse trabalho não foi realizado, pois, o objetivo central

desse trabalho consistiu em mostra a viabilidade da utilização da sílica gel como elemento sensor. Enquanto com o ar seco a maior intensidade foi de 320 u.a., em ar úmido essa intensidade chegou a 340 u.a., assim apresentando uma diferença de intensidade de 20 u.a.

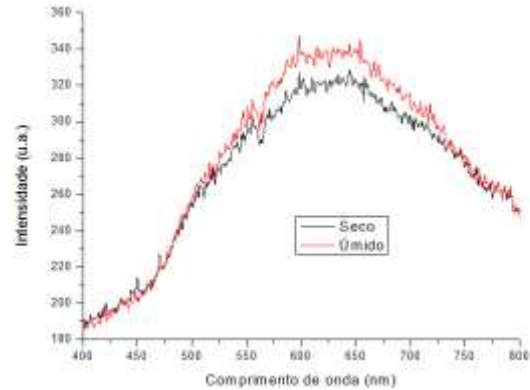


Figura 4: Primeira coleta do espectro de fluorescência na região do visível com PVA e sílica-gel com variação do ar seco e úmido.

Na segunda coleta de dados representados na Figura 5, foi observado uma alteração na leitura do sinal captado quando o sensor encontrava em ambiente úmido, como pode ser visto a intensidade não atingiu 340 u.a. e apenas 330 u.a. O processo de adsorção apresenta uma considerável complexidade devido à intercalação de água promover interações químicas efetivas junto a rede cristalina da sílica gel, processo que apresenta dinâmicas diferentes entre a etapa de entrada e saída de água. Deve ser destacado que não houve alteração na faixa do espectro que o sensor opera. Portanto, não houve nenhuma alteração significativa na estrutura da sílica inviabilizando a reutilização da sílica utilizada na construção do sensor.

O comportamento reversível observado possibilita que o dispositivo montado neste trabalho seja classificado como um sensor. Além disso, o uso de uma fibra óptica como favorece seu uso em ambientes com possibilidade de interferência eletromagnética, já que o sinal óptico em uma fibra é imune a tais perturbações.

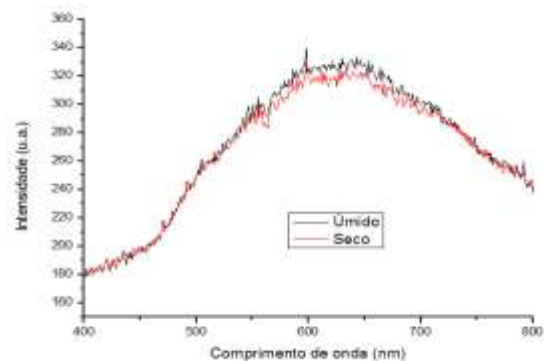


Figura 5: Segunda coleta do espectro de fluorescência na região do visível com PVA e sílica-gel com variação do ar seco e úmido.

Por fim foi feita a terceira coleta de sinal em que mostrou um comportamento idêntico a segunda coleta de dados com o sinal em ambiente úmido atingindo uma intensidade máxima de 330u.a. e com ar seco de 320u.a., conforme visto na Figura 6.

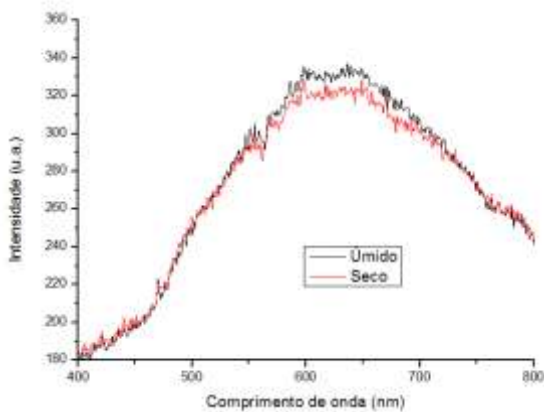


Figura 6: Terceira coleta do espectro de fluorescência na região do visível com PVA e sílica-gel com variação do ar seco e úmido.

Como foi dito anteriormente o resultado obtido na primeira coleta de dados teve uma diferença na intensidade do espectro em ar úmido. Isso se deve ao fato da sílica gel precisar de tempo para voltar a ter sua capacidade de adsorver a umidade ou até mesmo de não se ter a mesma capacidade de adsorver novamente. Em todos os três casos foi observado uma maior intensidade do sinal na faixa de 600 nm a 675 nm de comprimento de onda, nessa mesma faixa é aonde se encontram as variações mais significantes do sinal. Esta variação ocorre no comprimento de onda referente a cor vermelho. Vale ressaltar que a sílica gel quando em ambiente úmido apresenta uma cor avermelhada, e quando a sílica perde água vai ganhando cor azulada. Assim explicando a perda de intensidade do sinal quando em ambiente menos úmido.

4. Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sensor de umidade do ar utilizando fibra óptica e um material com característica de adsorção para ser observado uma mudança no espectro eletromagnético dependendo da umidade presente no ambiente em que o sensor se encontra. A utilização da sílica gel junto a fibra óptica foi essencial para a elaboração do projeto, pois este material com alta capacidade de adsorção, faz com que a luz incidente no receptor do sensor sofre uma alteração na sua intensidade mesmo que em pequenas quantidades.

5. Referências

- [1] AGÊNCIA EUROPEIA DO AMBIENTE. O ar que respiramos melhorar a qualidade do ar na Europa. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2013
- [2] AINHOA GASTÓN; FÁTIMA PÉREZ; JOAQUÍN SEVILLA. Optical fiber relative-humidity sensor with polyvinyl alcohol film. Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Universidade Pública de Navarra, Espanha, 2004.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12543: Equipamentos de proteção respiratória - Terminologia. Rio de Janeiro, 1999.
- [4] RUTHVEN, D. M. Principles of adsorption process. Wiley, N.Y., 1984.
- [5] ZHONGJUN ZHAO; YIXIANG DUN. A low cost fiber-optic humidity sensor based on sílica sol-gel film. Center of Analytical Instrumentation, College of Chemistry, Sichuan University, Chengdu 610064 PR China, 2011.