

# Projeto MPOD

## Desenvolvimento de um Sensor para Monitoramento de Dados Ambientais Baseado em Tecnologia de Fibra Óptica

*Geraldo Cernicchiaro, Clara Johanna Pacheco,  
Thiago H. Leandro, Pedro Russano*  
Laboratório de Instrumentação e Medidas - CBPF

*Rogério Neder Candella*  
Divisão de Dinâmica Estuarina e Costeira - IEAPM

### INTRODUÇÃO

O projeto MPOD - Multiperfilador Oceanográfico Descartável está sendo executado pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) em parceria com o Laboratório de Instrumentação e Medidas do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/MCTI), com financiamento da FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos -, tendo como finalidade desenvolver um sensor multiparâmetro para caracterização ambiental, com finalidades de pesquisa ou naval.

No momento, o CBPF desenvolve as tecnologias de monitoramento e aquisição de dados de temperatura, baseados em fibra óptica. Essa tecnologia apresenta grandes vantagens, como sensoria-mento remoto, imunidade a interferência eletromagnética, facilidade para multiplexação de vários sensores, baixa sensibilidade a perdas de potência em conexões, robustez e custos competitivos.

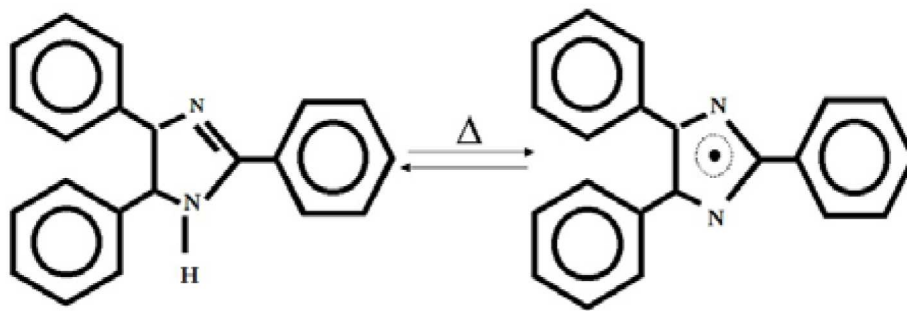
Os testes de campo vêm sendo realizados no IEAPM, com a instalação de um equipamento na estação maregráfica do porto do Forno, Arraial do Cabo, RJ.

### METODOLOGIA

Inicialmente, o projeto propõe o estudo, a caracterização e a produção de um sensor óptico para monitoramento de temperatura no ar e na água do mar. São estudadas as propriedades do 2,4,5-triphenylimidazol ( $C_{21}H_{16}N_2$ ), que é um material opticamente ativo que apresenta vantagens em relação a outros materiais quando se trata do seu uso em sensores para medidas de temperatura na água do mar. No estágio atual, o projeto segue no processo de aperfeiçoamento dos sensores.

O princípio de funcionamento básico do sensor baseado em tecnologia de fibra óptica consiste em mudanças nas propriedades do material depositado na ponta da fibra na medida em que a temperatura varia. O material opticamente ativo, como já foi falado anteriormente, se denomina 2,4,5-Triphenylimidazol, é um composto não tóxico, cujo ponto de fusão se encontra entre 275 a 277° C.

Para este trabalho com fibra óptica e medidas de temperatura em água, esse material apresenta propriedades interessantes, por ser um material hidrofóbico, pode ser utilizado em aplicações aquáticas sem perder material por dissolução, não é afetado pela humidade e seu comportamento com relação à temperatura é semelhante na água e no ar [2].



**Figura 1. Reação do material frente ao aquecimento.**

Na Figura 1 representamos o comportamento do material quando aquecido. Se pode observar que o material apresenta mudança reversível da estrutura molecular frente ao aquecimento, percebendo-se o processo de desidrogenação – reação de eliminação do hidrogênio (H) e, ainda, se tem como produto uma estrutura onde elétrons livres interagem de forma a manter o equilíbrio no grupo Imidazol ou Imidazole.

Para a caracterização óptica do material opticamente ativo procuramos observar como esse material responde a variação de temperatura, retirando espectros de absorbância de amostras do material termocrômico.

O princípio de funcionamento dos sensores se baseia na reflexão de Fresnel do material termocrômico no final da fibra. A reflexão ocorre quando a luz encontra uma descontinuidade do índice de refração, neste caso, entre a fibra e o sensor. Sendo assim, com as variações de temperatura, a luz refletida pode mudar quando o material na extremidade da fibra for aquecido ou resfriado. [1]

Há, basicamente, três métodos de construção do sensor. O primeiro consiste na mistura do material a 10% de resina, como descrito por Wook Jae Yoo et al [3], onde os autores mostram que quando o material é aquecido a sua absorbância óptica diminui, e, assim, a transmitância ou refletância da luz muda. Ou seja, quando há uma variação de temperatura e esta é sentida pelo material (misturado com resina) depositado na ponta da fibra, tem-se então, alteração da absorbância, conseqüentemente a refletância da luz que passa através desse material também muda. Portanto, a temperatura pode ser monitorada medindo a intensidade da luz refletida [3].

No segundo método, é aplicada a técnica de fusão, buscando, como resultado, uma melhor resposta do material

depositado na fibra óptica. De acordo com N. Díaz-Herrera et al [4], essa técnica é muito crítica, uma vez que o desempenho da mesma depende fortemente de uma boa deposição, para assegurar um acoplamento real entre a fibra e região de absorção. Os autores explicitam, ainda, a importância da repetição da técnica, uma vez que, observado o comportamento do material frente ao aquecimento, diferentes meios para a deposição podem surgir e devem ser testados.

O terceiro processo é, na verdade, uma otimização daquele utilizado por N Díaz-Herrera et al. Nesse caso, utilizamos pipetas pasteur de 230mm para aquecer o material, posicionando-a de forma horizontal, com a ponta inclinada para a placa aquecedora, de forma que a parede da pipeta, onde está o material que queremos aquecer, fique em contato com a placa. Esta otimização da primeira técnica da fusão, trouxe maior segurança no que diz respeito a uma melhor deposição do material opticamente ativo a fibra óptica.

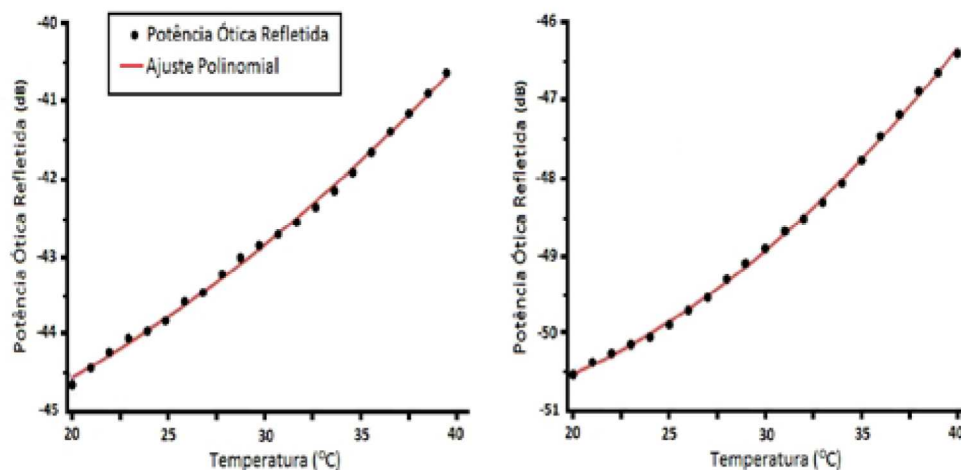
## RESULTADOS PARCIAIS

Foram fabricados dois tipos de sensores para medida de temperatura de água. Um utilizando o método de misturar com resina e outra utilizando a técnica da fusão. A partir destes, diversos testes foram realizados, tanto no ar, quanto na água, com a medição da luz refletida devido à variação da propriedade óptica do sensor, usando um sistema com fonte LED e Power Meter.

Para verificar a resposta do material no ar, o mesmo foi inserido numa Estufa (Quimis Q-31/P-23), com variações de temperatura entre 20 a 60 °C. As Figuras 2 e 3 mostram os resultados experimentais.



**Figura 2. Espectro de absorbância do material opticamente ativo submetido a variações térmicas.**



**Figura 3. Caracterização da resposta da variação de intensidade de luz refletida pelo sensor em função da temperatura de fibra óptica, utilizando-se uma Fonte LED e PowerMeter. Fontes de luz de (a) 850 nm e (b) 1310 nm.**

Conta, como parte essencial neste projeto, com a equipe de eletrônica do Laboratório de Instrumentação e Medidas (LIM), com a construção de um programa para obtenção de dados e apresentação destes em gráficos, facilitando assim, a interpretação das medições realizadas. Para tal, utilizou-se de programação em linguagem LabView.

## TESTE DE CAMPO

A Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ, é uma região com características peculiares na costa brasileira. Por sua localização, no ponto onde há uma forte alteração na direção da costa, há uma alternância do tipo de água em seu interior. Nas chamadas condições de bom tempo, onde prevalece a circulação induzida pelo Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul (ASAS), a Água Costeira, com temperaturas acima de 20°C (tipicamente, 23°C), é a principal massa d'água encontrada. No entanto, na parte sudoeste da enseada, está o principal ponto de ressurgência no litoral do Brasil, que, por sua vez, também está relacionada com o vento de NE. Assim, quando a circulação se inverte, normalmente na chegada de frentes frias, a água ressurgida (Água Central do Atlântico Sul - ACAS) invade a EA, com características extremamente distintas, sendo as temperaturas menores que 20°C, chegando, muitas vezes, próximo a 15°C.

O sensor está localizado na estação maregráfica operado pelo IEAPM no porto do Forno, no interior da EA, numa profundidade de 6 m, a cerca de 7 km da passagem sudoeste, também conhecida com Boqueirão Sul. As medições foram realizadas com frequência de amostragem de 3/min e os dados são transmitidos via modem rádio para o IEAPM, onde são depurados e armazenados.

No período de setembro de 2012 a janeiro de 2013, a temperatura variou entre o máximo de 26,8°C, em 22 de dezembro de 2012, 19:58p, e o mínimo de 14,9°C, em 27 de setembro de 2012, 01:59p, comprovando a ampla variação de temperatura e evidenciando, ainda, ciclos de diversos períodos.

Porém, a estreita relação entre a temperatura da água dentro da enseada e a componente meridional (norte-sul) do vento é o resultado mais significativo.

Para essa comparação, foram utilizados os dados de vento coletados pela estação A606 do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada nas dependências do IEAPM. Na figura 4, pode-se perceber a queda da temperatura quando o vento muda para sul, o que caracteriza a entrada de frentes frias. O retardo médio entre os pontos de inflexão inferiores das duas curvas é de cerca de 12 h.

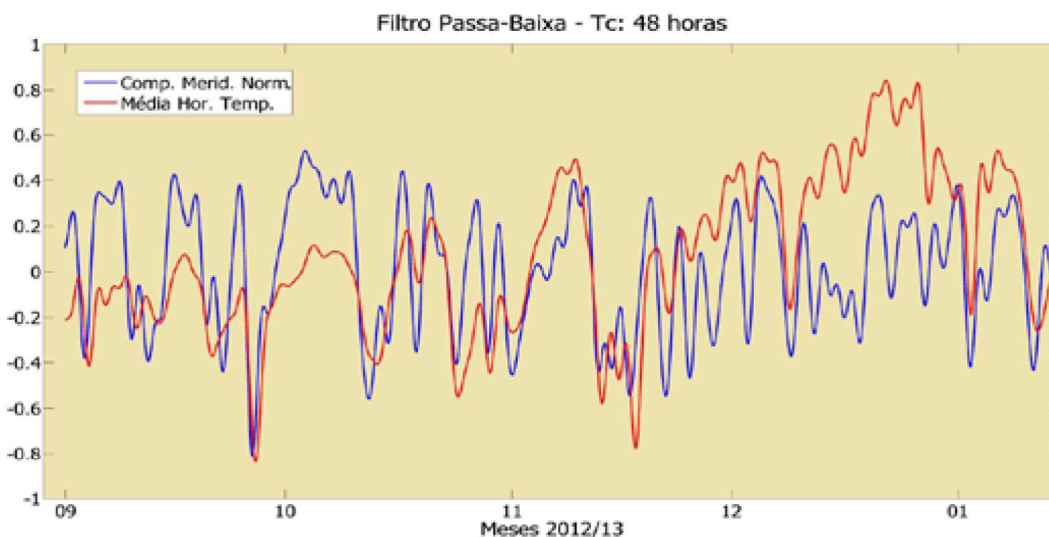


## CONCLUSÕES

O processo desenvolvido para fabricação e leitura de sensores temperatura baseados em fibras ópticas, para aplicações oceanográficas, no âmbito do Subprojeto MPOD, é inovador e demonstrou ótimo desempenho nos testes de laboratório.

O teste de campo, com protótipo semelhante, está em curso em Arraial do Cabo, com a coleta contínua de dados desde abril de 2012, atingindo excelentes resultados e com poucas falhas, sendo estas, em sua maioria, relacionadas a problemas com o computador de recepção e armazenamento de dados via radiomodem. A coleta sistemática desses dados permitiu aprofundar o conhecimento oceanográfico da Enseada dos Anjos, tanto por comprovar fatos até então teóricos, como a invasão da água ressurgida, quanto como revelar a existência de outros eventos com periodicidade variável, porém igualmente importantes.

Dentre os objetivos do projeto estão, ainda, a inclusão da capacidade amostragem de outros parâmetros, especialmente a pressão, e o desenvolvimento de um protótipo descartável, para ser utilizado da mesma forma que o XBT.



**Figura 4 - Comparação entre a média horária da temperatura na Enseada dos Anjos com a componente meridional (norte-sul) do vento, ambas normalizadas e submetidas a uma filtragem passa-baixa ( $T_c = 48$  h), destacando-se a estreita relação entre o comportamento das duas séries.**

## REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Fernández-Valdivielso, et al. *Experimental study of a thermochromic material based optical fiber sensor for monitoring the temperature of the water in several applications*. *Sensors and Actuators B* 91 (2003) 231–240.
- [2] C. Fernández-Valdivielso, et al. *Caracterización de un material termocrômico para su empleo en sensores de fibra óptica*. [http://ursi.usc.es/articulos\\_modernos/articulos\\_villaviciosaodon\\_2001/articulos/264.pdf](http://ursi.usc.es/articulos_modernos/articulos_villaviciosaodon_2001/articulos/264.pdf). Acesso em 17 de maio de 2013.
- [3] Wook Jae YOO, et al. *Fabrication and Comparison of Thermochromic Material-Based Fiber-Optic Sensors for Monitoring the Temperature of Water*. *OPTICAL REVIEW* Vol. 18, No. 1 (2011) 144–148.
- [4] N Díaz-Herrera, et al. *A fibre-optic temperature sensor based on the deposition of a thermochromic material on an adiabatic taper*. *Measurement Science and Technology* Volume 15 Number 2. doi:10.1088/0957-0233/15/2/006.