



**PRH10**  
Planejamento e Otimização  
de Processos de Petróleo e  
Gás Natural



## **SENSOR BASEADO EM LPG PARA DETECÇÃO DE HIDROCARBONETOS**

**Ricardo C. Kamikawachi**

**Marcia Müller, Hypolito J. Kalinowski, José L. Fabris**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná

Departamento de Física – Laboratório de Laser

Av. Sete de Setembro, 3165 80230-901 Curitiba – PR

Tel.: 41.310-4642 Fax: 41.310-4683 canute@cpgei.cefetpr.br

***Resumo.** Este artigo mostra resultados da utilização de redes de período longo (LPG) em fibras óticas como transdutores para detecção de hidrocarbonetos derivados de petróleo. As caracterizações das LPG foram realizadas para dois diferentes ambientes: hídrico e atmosférico. As redes foram produzidas no Laboratório de Laser do CEFET-PR, através da técnica de escrita ponto-a-ponto com o auxílio de uma máquina de emendas de fibras óticas. Os resultados mostram a potencialidade destes dispositivos como detectores de presença de hidrocarbonetos.*

***Palavras-chave:** Redes de período longo, Sensor de índice de refração, Hidrocarbonetos*

### **1. INTRODUÇÃO**

Áreas de preservação ambiental tem sofrido sérias agressões nos últimos anos devido a vazamentos de derivados de petróleo. Refinarias, portos e dutos, que são os principais causadores de vazamentos, encontram-se freqüentemente próximos a rios, barragens, mangues ou oceanos, o que agrava o acidente pois a circulação de água nesses locais amplia os impactos causados. Adicionalmente, aqueles locais freqüentemente são importantes fontes de abastecimento de água para cidades próximas, além de serem elementos essenciais para o ecossistema local. Derivados de petróleo, como a gasolina, possuem compostos altamente tóxicos, como os hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX). Dentre estes podemos citar o benzeno como o mais tóxico e solúvel, e que possui concentração máxima de 10 µg por litro de água, para o padrão de potabilidade (Fernandes, 1.997).

A recuperação ambiental, além do custo monetário extremamente elevado, requer períodos de tempo que podem chegar a muitas dezenas de anos até a completa restauração da flora e da fauna atingidas. No entanto, o impacto ambiental de um acidente envolvendo vazamento de derivados de petróleo pode ser minimizado se o problema for descoberto em pouco tempo, ou mesmo antes que os contaminantes atinjam os ambientes hidrográficos.

Neste trabalho propomos a utilização de redes de período longo (LPG – *Long Period Grating*) em fibras óticas como elementos transdutores para a detecção da presença de

hidrocarbonetos em ambientes da bacia hidrográfica. Estas redes foram também caracterizadas como elemento sensor para detecção de hidrocarbonetos no estado gasoso.

Em 1996, (Vengsarkar *et al*, 1.996) demonstraram um novo tipo de rede foto-induzida produzida em fibra ótica na qual o período da rede está na faixa entre 100 e 700  $\mu\text{m}$ . Estas redes mostraram sensibilidades a variações de parâmetros como temperatura, tensões transversais e longitudinais e índice de refração do meio externo. O fato de a rede ser sensível a variações do índice de refração do meio externo possibilita a utilização deste dispositivo como sensor de concentração química (Bathia & Vengsarkar, 1.996).

As redes de período longo são resultantes de uma modulação periódica do índice de refração do núcleo e/ou da casca de uma fibra ótica monomodo padrão de telecomunicações. Essa modulação acopla o modo propagante de núcleo da luz transmitida ao longo da fibra para modos de casca co-propagantes, resultando em vales no espectro de transmissão desta luz, cujos comprimentos de onda centrais,  $\lambda_m$ , são dados por:

$$\lambda_m = (n_{\text{eff\_co}} - n_{\text{eff\_cl}}^m) \cdot \Lambda \quad (1)$$

Nessa expressão,  $n_{\text{eff\_co}}$  e  $n_{\text{eff\_cl}}^m$  são os índices de refração efetivos do modo de núcleo e do  $m$ -ésimo modo de casca respectivamente, e  $\Lambda$  é o período da rede.

## 2. DESENVOLVIMENTO

As LPG utilizadas neste trabalho foram produzidas no Laboratório de Laser de CEFET-PR, através da técnica de escrita ponto-a-ponto utilizando uma máquina de emendas de fibra ótica (Falate *et al*, 2.002). Esta consiste em gerar a modulação periódica do índice de refração por meio da aplicação ponto a ponto do arco elétrico, produzido pela máquina de emendas. A aplicação do arco elétrico é feita em uma região desencapada da fibra gravando pontos espaçados de um período  $\Lambda$ . Os parâmetros de gravação foram período de 614  $\mu\text{m}$  e 55 pontos, para a rede utilizada na caracterização em ambiente hídrico e período de 598  $\mu\text{m}$  e 50 pontos para a rede utilizada na caracterização em ambiente atmosférico. Os parâmetros da máquina de emendas foram intensidade do arco de 13 mA, duração do arco 0,5 segundos.

Nas medidas de caracterização foi usada a luz de um LED, centrado em 1.544,3 nm e um analisador de espectro ótico (OSA) que coleta os dados e os envia a um computador. O analisador de espectros operou com uma resolução de 0,1 nm para a caracterização em ambientes hidrográficos e com uma resolução de 0,07 nm para a caracterização gasosa.

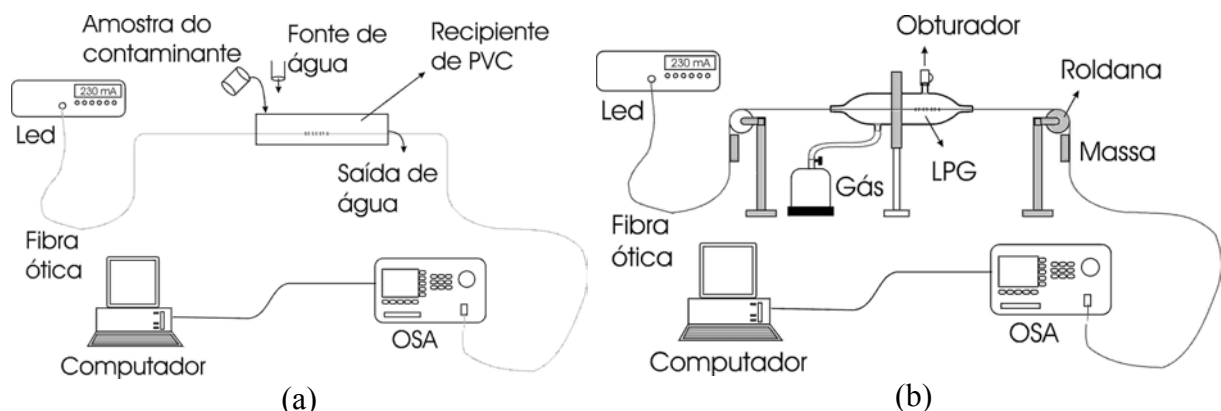


Figura 1 –sistemas utilizados na caracterização das redes como elemento sensor: (a) em ambientes hidrográficos, (b) em ambiente atmosférico.

A caracterização das redes como elemento sensor para a detecção de hidrocarbonetos em ambientes hidrográficos, foi realizada com o sistema mostrado na figura 1.(a). Neste sistema a rede é colocada em um recipiente, onde se insere um fluxo de água, que consiste de meia casca cilíndrica de PVC com uma das extremidades fechada e a outra com uma abertura para o escoamento da água. A rede é colocada no recipiente próxima a interface água-ar de forma que a mesma entre em contato com a amostra de contaminante. Uma amostra de 30 ml de gasolina comercial é inserida no recipiente na extremidade onde se encontra a fonte de água. Os espectros de transmissão da rede são medidos a intervalos de aproximadamente 3 segundos, após 2.180 segundos uma nova amostra de gasolina é inserida no recipiente. Os resultados são mostrados na figura 2.

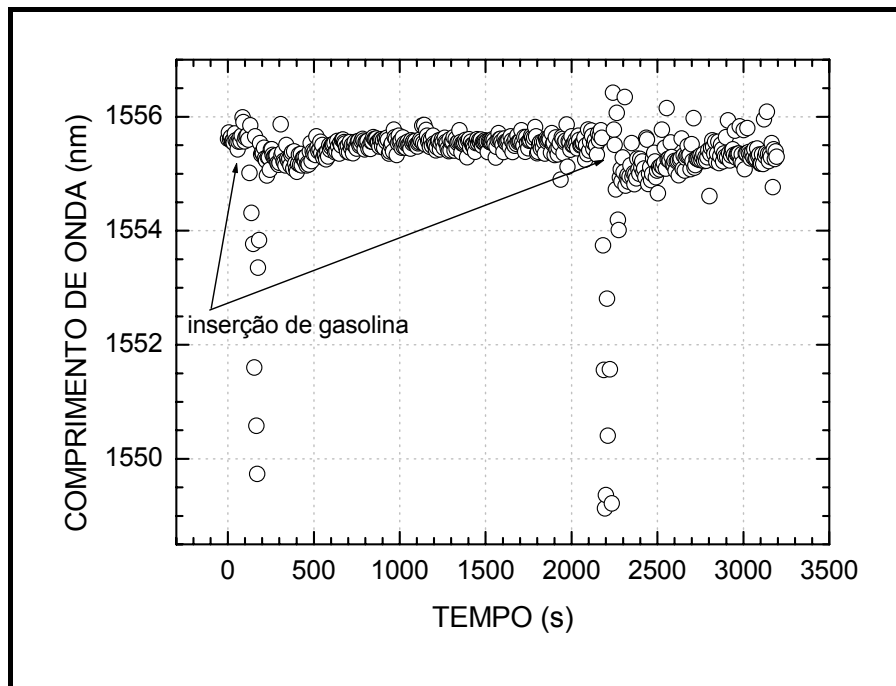


Figura 2 – Alteração na posição do comprimento de onda de ressonância da rede, causado pela presença de gasolina.

No gráfico da figura 2 o comprimento de onda central do vale de atenuação da rede não permanece no seu valor máximo de deslocamento porque, devido ao fluxo de água empregado, a rede fica imersa na gasolina sob um curto intervalo de tempo. No entanto, o deslocamento transitório deste comprimento de onda é suficiente para permitir a detecção da gasolina na água. Pode-se notar também que logo após o escoamento da gasolina para fora do recipiente, na primeira e na segunda inserção de gasolina, o comprimento de onda central do vale de atenuação da rede não retorna imediatamente ao seu valor inicial. Isto pode ser devido à adsorção da gasolina sobre a rede, uma vez que tanto a sílica, material que compõe a fibra, como os hidrocarbonetos que compõe a gasolina são moléculas apolares.

A figura 1.(b) mostra o sistema utilizado na caracterização da rede com amostras de hidrocarbonetos no estado gasoso. Neste sistema a rede é inserida dentro de um recipiente de vidro que apresenta dois orifícios, pelos quais é feita a entrada e a saída do gás. A entrada da mistura gasosa de propano e butano no recipiente é mantida durante dois minutos, sendo em seguida interrompida também por dois minutos. Em seguida o processo é repetido. Os espectros de transmissão da rede são medidos a intervalos de aproximadamente 3 segundos e os resultados são mostrados na figura 3.

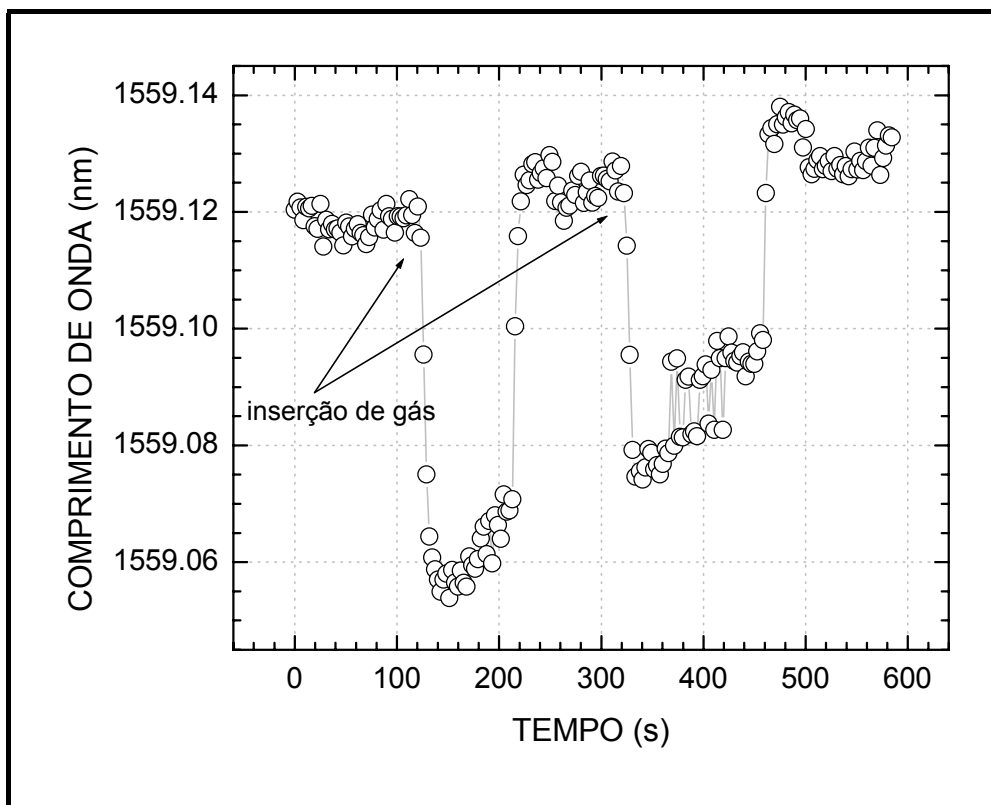


Figura 3 – Variação da posição do pico de ressonância da rede de maior comprimento de onda, devido a presença da mistura de gás.

Neste caso a rede foi exposta ao gás durante um tempo maior quando comparado com o tempo de contato da rede com a mistura de gasolina e água. Isto fez com que o comprimento de onda central do vale de atenuação da rede permanecesse por mais tempo no seu valor máximo de deslocamento, fato que favorece o processo de detecção. Da mesma forma que na detecção da gasolina, o não retorno do comprimento de onda ao seu valor inicial é também observado nos dois ciclos de inserção de gás.

Devido ao fato da alteração no índice de refração do ar causada pela inserção de gás ser menor que aquela causada pela inserção de gasolina em água, a magnitude do deslocamento do vale de atenuação na detecção de mistura gasosa também é menor.

### 3. CONCLUSÕES

O sensor baseado em LPG detectou a presença da gasolina em um fluxo de água quase que instantaneamente. A variação espectral gerada pela presença do poluente e medida em comprimento de onda chegou a 6 nm, valor de fácil detecção para o caso de medidas no domínio ótico. A adsorção de gasolina sobre a sílica não se mostrou um problema em medidas sucessivas, com intervalos temporais da ordem de meia hora. O fluxo de água não contaminada durante este tempo foi responsável pela limpeza da superfície da LPG, pois houve reprodução das condições iniciais, evidenciado pelo retorno do comprimento de onda de ressonância ao seu valor inicial alguns minutos após a saída do poluente.

A caracterização da rede com a mistura gasosa mostrou a possibilidade da detecção da presença do gás. Apesar do pequeno deslocamento do comprimento de onda central do vale de atenuação, 0,06 nm para a primeira inserção de gás, este é maior do que a acurácia do

analisador de espectros óticos que é de 0,05 nm. Neste experimento, o não retorno do comprimento de onda ao valor inicial quando é interrompida a inserção de gás no recipiente é mais evidente do que no caso da detecção de gasolina. Aqui, a ausência de um fluxo de fluido suficiente para limpar a superfície da fibra pode comprometer a realização de medidas sucessivas. Outra possibilidade é a de que a adsorção não tenha um papel fundamental neste comportamento, sendo o gás residual contido no próprio compartimento de medidas o responsável pela variação do índice de refração do meio. Experimentos estão em andamento para elucidar o comportamento observado.

### ***Agradecimentos.***

Apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo - ANP -, da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP - por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás - PRH-ANP/MCT (PRH10-CEFET-PR) e da CAPES.

### **REFERÊNCIAS**

- Bathia, V., Vengsarkar, A. M., “Optica Fiber Long-Period Grating Sensor” *Optica Letters*, vol. 21, p. 692-694, 1.996.
- Falate, R., Fugihara, M. C., Muller, M., Kalinowski, H. J., Fabris, J. L., “Produção e Caracterização de Redes de Longo Período Gravadas com Arco Elétrico”, in X Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica, SBMO 2002, Anais do X Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica, Sociedade Brasileira de Microondas e Optoeletrônica, 2002. v. único, p. 78-82, 2002.
- Fernandes, M., “Influência do Etanol na Solubilidade de Hidrocarbonetos Monoaromáticos em Aquíferos Contaminados com Gasolina”, Florianópolis, 1.997. Dissertação de mestrado em Engenharia Sanitária Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina.
- Vengsarkar, A. M., Lemaire, P. J., Judkins, J. B., Bhatia, V., Erdogan, T., and Sipe, J. E., “Long-Period Fiber Gratings as Band-Rejection Filters”, *J. Lightwave Technol.*, vol. 14, no. 1, 58 (1996).

### **A LPG BASED SENSOR FOR PETROLEUM HYDROCARBON DETECTION**

***Abstract.*** *This work shows results of the use of long period gratings (LPG) in optical fibers as transducers for petroleum hydrocarbon detection. The LPG characterization were made for two different environments: water and air. The gratings were produced at CEFET-PR Laser Laboratory, by means of point-to point writing process with the help of a optical fiber splicing machine. The results point to the prospect of using such devices as hydrocarbons presence detectors.*

**Key words:** *Long period gratings, Refractive index sensor, Hydrocarbons*

