

Sistema de aquisição de dados para a técnica de interferometria óptica

Data acquisition system for the optical interferometry technique

RESUMO

A técnica de interferometria óptica é utilizada para determinação do coeficiente térmico do índice de refração (dn/dT) em função da temperatura de amostras líquidas. Neste trabalho, um programa computacional desenvolvido em LabVIEW foi elaborado para realizar a aquisição de dados, configurar os parâmetros de controle de temperatura do forno, calcular o coeficiente térmico do índice de refração, apresentar e salvar os dados em arquivo. O sistema de aquisição de dados foi utilizado na realização de medidas experimentais, entre 20 e 70 °C, para amostras de água destilada, etanol e óleo vegetal comestível. O programa desenvolvido apresentou todas as características necessárias para a realização e análise do experimento.

PALAVRAS-CHAVE: Automação. Óptica física. Líquidos.

ABSTRACT

The optical interferometric technique was used to determine the temperature coefficients of the refractive index (dn/dT) as a function of the temperature for liquid samples. In this work, a program developed in LabVIEW was elaborated to perform the data acquisition, configure the furnace temperature, calculate the temperature coefficients of the refractive index, present and save the data in file. The data acquisition system was used to perform experimental measurements, from 20 to 70 °C, for distilled water, ethanol and edible vegetable oil samples. The developed program presented all the necessary characteristics for the accomplishment and analysis of the experiment.

KEYWORDS: Automation. Physical optics. Liquids.

Bruno Felipe Maihach
bfmaihach@outlook.com.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil.

Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz
gustavov@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Com a invenção do laser, por volta de 1960, e devido ao crescimento da eletrônica, as técnicas envolvendo interferometria ótica mostrou ser uma ferramenta útil em diversas áreas como: análise de deslocamento e vibração de superfícies e caracterização termo-óptica de materiais (STEIMACHER, 2004; WEILLER, 2004).

Neste trabalho desenvolvemos um sistema de aquisição de dados para a técnica de interferometria ótica de múltiplas reflexões para obtenção da variação do índice de refração com a temperatura de amostras líquidas. A técnica permite a determinação do coeficiente térmico do índice de refração (dn/dT), que está relacionado com coeficiente de expansão térmico (β), o coeficiente térmico da polarizabilidade (φ) e o índice de refração (n) da amostra pela equação (WEILLER, 2004, p. 38):

$$\frac{dn}{dT} = \frac{(n^2 - 1)(n^2 + 2)}{6n} (\varphi - \beta) \quad (1)$$

Dessa forma, a determinação do parâmetro dn/dT em função da temperatura pode auxiliar na obtenção de informações sobre a variação das propriedades termodinâmicas, a qual tem grande importância para o estudo de líquidos e misturas.

Para a automação do experimento foram necessários três passos principais: controlar a temperatura da amostra, realizar a aquisição de dados da intensidade luminosa no detector e processar as informações adquiridas para cálculo dos parâmetros. O sistema de aquisição de dados foi utilizado na realização de medidas experimentais da Interferometria Ótica para amostras de água destilada, etanol e óleo vegetal comestível.

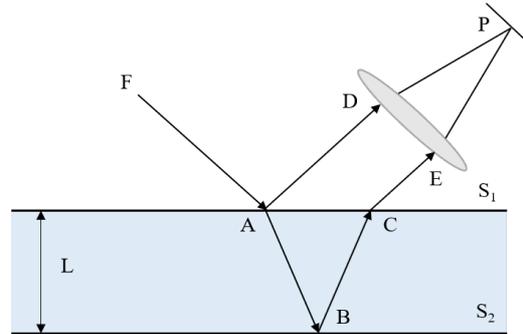
MATERIAL E MÉTODOS

O estudo do comportamento do índice de refração em materiais semitransparentes ou translúcidos pode revelar informações importantes em seu processo de caracterização. A escolha correta no método de medição dessa grandeza afeta diretamente a acurácia dos dados, que, dependendo de alguns fatores, pode levar o experimento a ter um resultado inconclusivo.

Interferência é um fenômeno físico que surge da superposição de duas ou mais ondas num mesmo ponto. A superposição pode resultar em uma interferência construtiva (quando as fases combinam) ou destrutiva (quando as fases não são as mesmas). O sinal analisado na técnica de interferômetro ótica de múltiplas reflexões é o resultado de um processo de interferência entre dois feixes luminosos emitidos por uma mesma fonte, nesse caso, o laser. Uma das formas de defasar os feixes é fazer um deles percorrer um caminho ótico maior que o outro. No caso de interferência de dois feixes, podemos considerar uma placa plana com espessura L . Partindo da mesma fonte de luz, no ponto F , o feixe laser incide sobre o ponto A na superfície S_1 e parte do feixe reflete para o ponto D . Outra parte refrata, passando pelos pontos B (superfície S_2) e C , até chegar em E . Após passar por uma lente, os feixes sobrem interferência no ponto P localizado

em um anteparo. Como apresentado na Figura 1, as superfícies S_1 e S_2 são representações das faces da cubeta, na qual a amostra estudada está inserida. Portanto, para diferentes amostras haverá diferentes índices de refração e distintos caminhos ópticos. Ao variar a temperatura da amostra, o caminho óptico é alterado e a variação na fase de um dos feixes causa o deslocamento das franjas no anteparo.

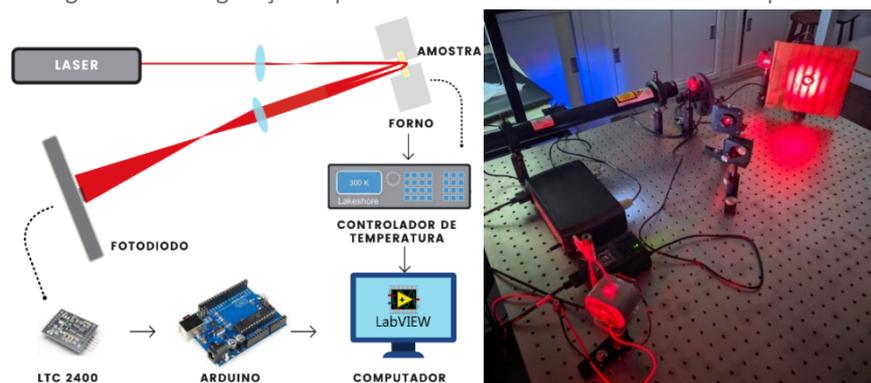
Figura 1 – Caminho óptico percorrido pelo feixe laser ao passar pela cubeta.



Fonte: Autoria própria.

A configuração experimental utilizada neste estudo pode ser observada na Figuras 2. Um laser de HeNe, não polarizado, emitindo em 632,8 nm, com potência nominal de 10 mW atravessa um filtro óptico de densidade neutra, é expandido por uma lente convergente e incide sobre a amostra líquida contida em uma cubeta dentro de um forno resistivo. O feixe laser incide quase que perpendicular à amostra, de modo que a reflexão da primeira superfície venha interferir com a reflexão da segunda superfície, devido ao paralelismo da cubeta. As reflexões são expandidas ao atravessarem uma lente convergente de forma que as franjas de interferências sejam bem definidas por um fotodetector de 2 mm de diâmetro.

Figura 2 – Configuração experimental da técnica interferometria óptica.



Fonte: Autoria própria.

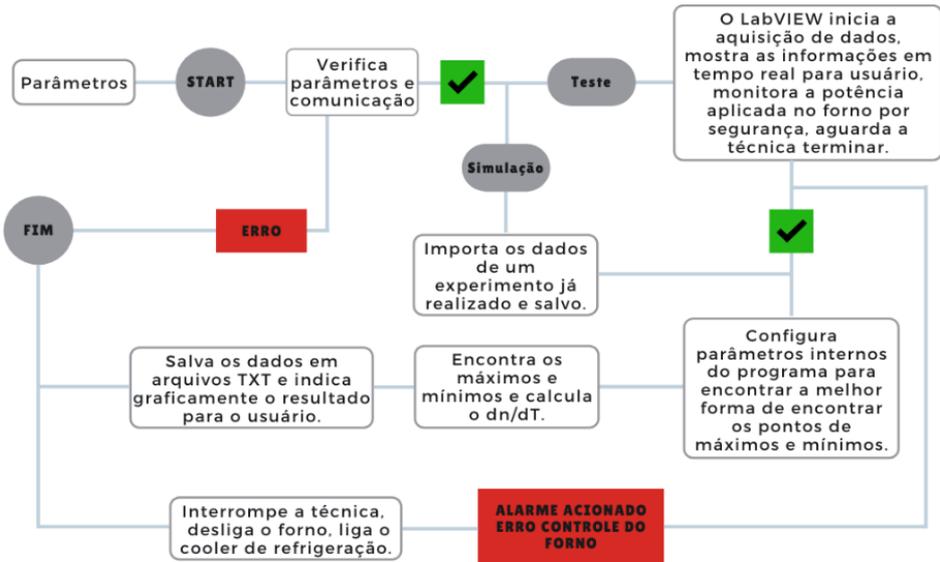
A temperatura do forno resistivo e da amostra é controlada por um controlador de temperatura utilizando um sensor PT-100. Para teste do sistema de aquisição de dados foram realizadas medidas em água, etanol e óleo vegetal de 20 até 70 °C, com uma taxa de aquecimento de 0,5 °C/min.

Os pontos de máximos e mínimos são resultado do aquecimento da amostra, que, como consequência da variação de temperatura, provoca uma mudança de densidade, alterando assim o índice de refração. Essa mudança acarreta o

deslocamento do padrão de franjas. Quando uma franja clara passa pelo sensor, a intensidade de luz é convertida proporcionalmente em tensão sendo lida pelo módulo LTC2400, acoplado ao Arduino. Esses dados são enviados para o computador através de comunicação serial.

Para automatizar a técnica foi utilizada a plataforma LabVIEW. Na Figura 3 é apresentado um fluxograma do funcionamento do programa e suas etapas.

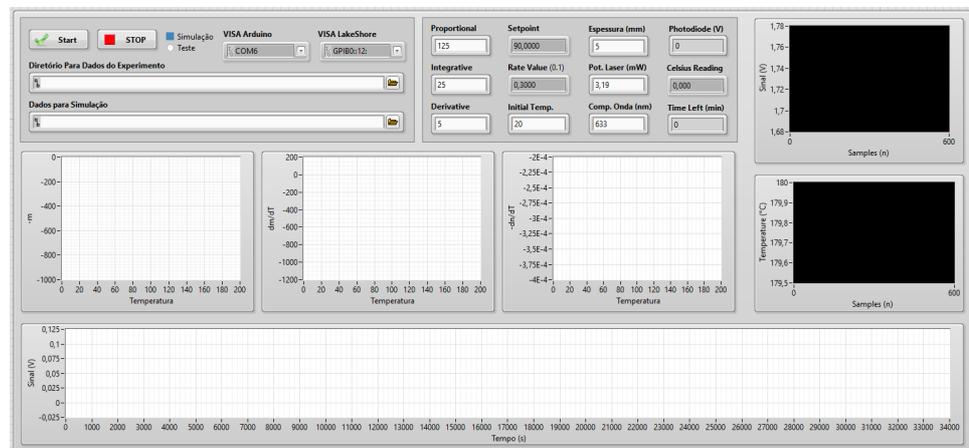
Figura 3 – Fluxograma da rotina no LabVIEW.



Fonte: Autoria própria.

Essa programação resultou numa interface (Figura 4) capaz de configurar os parâmetros PID do controlador de temperatura, a temperatura inicial e final da técnica, a taxa de aquecimento em °C/min, as portas de comunicação serial, e diretório onde os dados da técnica serão salvados. Além disso, informa por indicadores numéricos e gráficos a temperatura do forno e a tensão no fotodiodo causada pelo padrão de franjas. Os demais gráficos são utilizados para mostrar outros parâmetros necessários para o cálculo do dn/dT .

Figura 4 – Painel frontal do LabVIEW com interface completa.

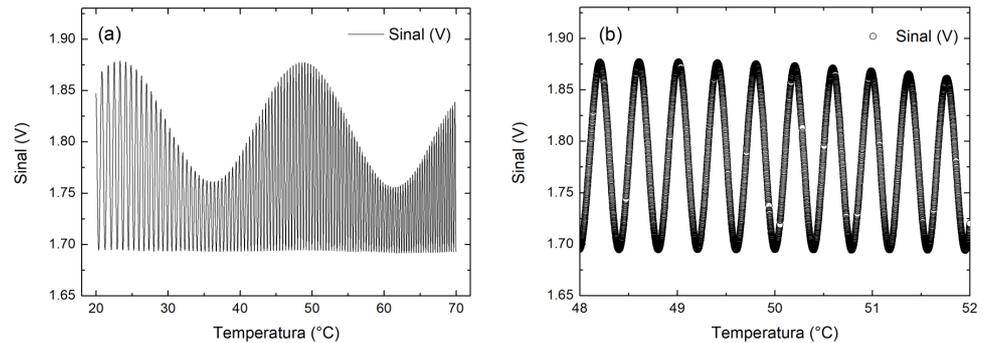


Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para testar o sistema de aquisição de dados da técnica de Interferometria Óptica foi realizado medidas em água destilada. Na Figura 6 é apresentado o sinal do fotodiodo em função da temperatura para a amostra de água.

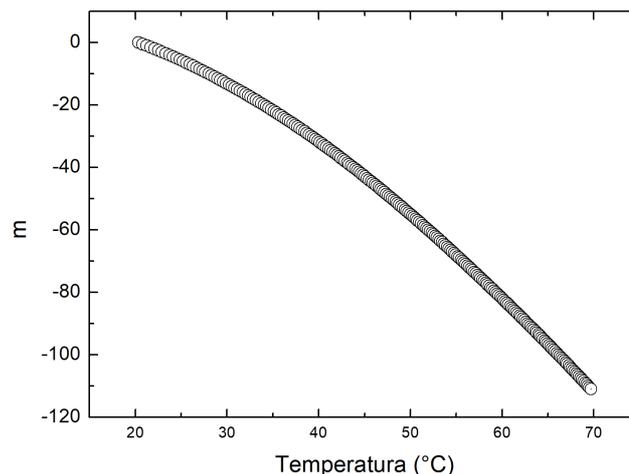
Figura 5 – Sinal do fotodiodo em função da temperatura para as amostras de água: (a) 20 a 70 °C e (b) interferograma amplificado para visualização dos picos na região de 50 °C.



Fonte: Autoria própria.

Para determinar o valor da propriedade dn/dT em função da temperatura, primeiramente o programa determina as temperaturas dos máximos e mínimos de intensidade (m) e constrói gráficos de m em função de T , conforme Figura 6. Sendo que, a cada novo máximo é adicionado uma unidade no valor de m . O valor para o primeiro máximo (ou mínimo) é arbitrário e, portanto, podemos escolhê-lo como zero. Além disto, podemos assumir a variação do número dos máximos (e mínimos) como negativo ($dn/dT < 0$).

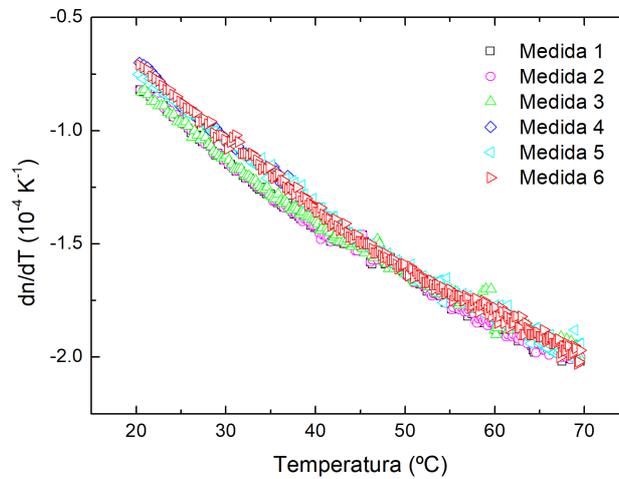
Figura 6 – Curva de m em função da temperatura.



Fonte: Autoria própria.

A partir da curva de m em função de T é realizado a derivada numérica para obter o parâmetro dm/dT e o resultado é multiplicado pelo fator $\lambda/2L$ para obter o valor do dn/dT em função da temperatura. Na Figura 7 pode ser observado o dn/dT obtido em seis medidas realizadas em água destilada. Pode-se observar a reprodutibilidade dos dados. Os valores encontrados estão de acordo com os valores da literatura (ABBATE, 1976; STEIMACHER, 2004; WEILLER, 2004).

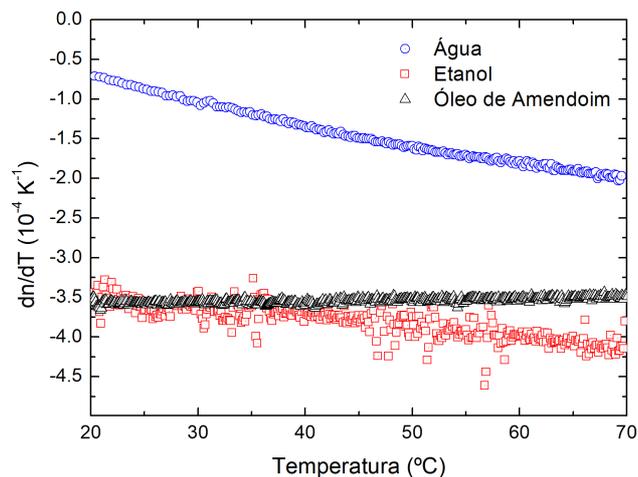
Figura 7 – Valores de dn/dT em função da temperatura para seis medidas de água destilada.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 8 são apresentados os valores do dn/dT em função da temperatura para as amostras de água destilada, etanol e óleo de amendoim. Pode-se observar que o valor em módulo do dn/dT aumenta com a temperatura para a água destilada e etanol, enquanto diminui para o óleo de amendoim. Essa variação está relacionada com as propriedades termodinâmicas das amostras, visto que o parâmetro dn/dT está relacionado com coeficiente de expansão térmico (β), o coeficiente térmico da polarizabilidade (φ) e o índice de refração (n) da amostra pela equação (1).

Figura 8 – Valores de dn/dT em função temperatura para água destilada, etanol e óleo de amendoim.



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

Neste projeto foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados para a técnica de Interferometria Óptica de múltiplas reflexões. Para o desenvolvimento do trabalho foi necessário realizar o controle de temperatura de um forno resistivo, aquisição de dados de um fotodetector, controle e monitoramento do

experimento em tempo real, método de encontrar os máximos e mínimos, derivação numérica de uma curva e cálculo do dn/dT .

A técnica de Interferometria Óptica de múltiplas reflexões foi automatizada e pode ser utilizada na caracterização de diferentes materiais. Além disso, a técnica mostrou ser eficiente quanto a precisão e reprodutividade. O programa desenvolvido apresentou todas as características necessárias para a realização e análise do experimento. Dessa forma, com técnica sendo totalmente automatizada, tornou o processo de medida mais rápido e viável, possibilitando o estudo de diversos materiais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Agradeço ao professor Leandro Herculano da Silva pela contribuição na realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

ABBATE, G.; ATTANASIO, A.; BERNINI, U.; RAGOZZINO, E.; SOMMA, F. The direct determination of the temperature dependence of the refractive index of liquids and solids. **J. Phys. D: Appl. Phys.**, v. 9, p.1945-1951, 1976.

STEIMACHER, A. **Determinação de propriedades termo-ópticas de vidros e cristais utilizados como meio ativo para lasers de estado-sólido utilizando técnicas de interferometria óptica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

WEILLER, M. L. **A utilização da interferometria óptica para o estudo do coeficiente térmico do índice de refração de soluções aquosas em função da temperatura**. 2004. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.