

Utilização de técnica interferométrica para medidas de índice de refração

LUIZ FELIPE GONÇALVES DIB

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
lfgdib@fatecsp.br

PETTER GIMENES LOPES

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
tekhardware@hotmail.com

EDUARDO ACEDO BARBOSA

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
ebarbosa@fatecsp.br

Resumo – Este artigo apresenta um modelo prévio de um arranjo no qual se utiliza a técnica de interferometria para coletar medidas de índice de refração. A pesquisa aqui apresentada apenas exibe dados coletados de forma primária, onde não possuem muita qualidade na precisão, na coleta e nem mesmo no tratamento, pois o objetivo foi apenas analisar a eficácia da técnica para esse tipo de medida para posteriormente desenvolver um arranjo mais eficaz. No entanto apesar de pouco compromisso com a qualidade dos dados foi possível comprovar a possibilidade da utilização dessa técnica de forma satisfatória. Os dados coletados permitiram vislumbrar que com alguns aprimoramentos mecânicos e até mesmo nos métodos de coleta dos dados, esse arranjo pode atingir uma precisão maior do que os métodos até hoje utilizados.

Palavras-chave: Interferometria, Refratometria, Interferômetro de Michelson.

Abstract

This paper presents a preliminary model of an arrangement in which it uses the interferometry technique to collect measurements of refractive index. The work presented here shows only data collected of primary way they do not have a lot of quality in precision, or even in the collection and treatment, once the objective was only to analyze the efficacy of the technique for this type of measure to then develop a more effective arrangement. However even though some commitment to the quality of the data was possible to prove the possibility of using this technique satisfactorily. The data collected provided valuable insights that with some enhancements mechanics and even the methods of data collection, this arrangement can achieve greater accuracy than the methods used today.

Keywords:

Interferometry, Refractometry, Michelson interferometry.

1. Introdução

Os estudos de índice de refração têm recebido atenção da ciência desde 1637 quando o filósofo, físico e matemático francês René Descartes publicou o seu trabalho *First Discourse on Light*. Descartes propôs uma teoria sobre índice de refração (que naquela época se chamava de “força”), onde definia a relação do desvio que a luz sofria quando passava de um meio para o outro de índices de refração diferente. Posteriormente, em 1895 Ernst Abbe propôs a utilização de dois prismas para medir o ângulo em que a luz sofreria uma reflexão total (ângulo limite). Dessa forma poderia se encontrar o índice de refração de amostras líquidas. Esse dispositivo ficou conhecido como Refratômetro de Abbe. Desde então, essa técnica vem sendo usada como principal fonte de obtenção de medidas de índice de refração.

O índice de refração tem uma aplicação muito ampla em termos de pesquisas e aplicações. Ele pode ser utilizado em diversos segmentos de atuação, tais como nas ciências biomédicas, indústria farmacêutica, controle de processos, monitoramento de pureza de produtos finais na indústria química entre outros.

Dentro das ciências biomédicas, uma das muitas aplicações em que o índice se empregou foi o trabalho de Riche (2007) onde mediu a proteína plasmática total (TPP), que é um indicador clínico da saúde, estresse e bem-estar. Essa medida pode ser obtida de maneira simples e rápida com a refratômetro. Ainda na biomedicina, Zirka (2007) usou esse parâmetro para a detecção do teor de glicose nos fluídos corporais. Quanto aos fármacos, Sum (2007) aplicou o índice de refração para medir a quantidade de anticorpos imobilizados. Ou como Green (2007) que usou para monitorar a adulteração das substâncias que desejava controlar em uma solução de medicamento. Enquanto que para o controle de qualidade Machlin (2006) mostrou possível utilizar o índice de refração para caracterizar estruturas poliméricas e suas alterações estruturais.

Além dessas aplicações diretas, o índice de refração pode também ser correlacionado a outras grandezas mensuráveis para encontrar outros parâmetros. Existem trabalhos como o de Francesconi (2007) em que o índice de refração foi relacionado à densidade de líquidos que continham poliglicóis. Em outros casos, como no trabalho de Malham (2008) ao associar o índice de refração com a viscosidade foi possível estudar as interações intermoleculares entre componentes de uma mistura. Ou Também como Wattana (2003) propôs, onde utiliza-o para medir o tempo de precipitação de uma determinada mistura.

Isso mostra a importância dessas medidas para diversas áreas, e cria a necessidade de obter medidas cada vez mais precisas e fáceis de obter. Baseado nisso surgiu a motivação para o desenvolvimento dessa pesquisa. Por isso surge a proposta da utilização da interferometria para a obtenção dessa medida, uma vez que os valores encontrados com essas técnicas podem ter a precisão de cinco casas decimais ou mais.

2. Referencial Teórico

Com foco na interferometria, esse assunto recentemente vem sendo tratado por alguns pesquisadores com um arranjo e abordagem diferente em cada tipo de pesquisa. Satya (2012) propôs um arranjo semelhante ao de Michelson onde conseguiu resultados com a precisão de seis casas decimais. Nesse arranjo, ao invés de se deslocar um dos espelhos, o que se fez foi submergi-lo em um recipiente com o líquido que se desejava medir o índice de refração, e deslocou-se o recipiente para alterar o comprimento do caminho óptico do feixe laser imerso no líquido. Dessa forma, houve o deslocamento de franjas de interferência para medir o índice de refração. Outro trabalho que de certa forma

pode-se considerar complementar foi o de Suhadolnik onde utilizou dois arranjos interferométricos com a configuração de Michelson onde foi medido o deslocamento dos espelhos e um segundo arranjo sendo ele o de Mach-Zehnder que foi o que de fato mediu o índice de refração baseado nas medidas de deslocamento do primeiro arranjo. Com a relação entre as medidas, o autor concluiu que:

$$n_1 \Delta l - n_a \Delta l = k_0 \lambda \quad (1)$$

Onde n_1 é o índice de refração do líquido que se deseja medir, n_a é o índice de refração do ar, Δl é o deslocamento, k_0 é o número de franjas contadas pelo interferômetro de Mach-Zehnder e λ é o comprimento de onda do laser (632,8nm).

Enquanto no outro interferômetro temos que:

$$2n_a \Delta l = k_1 \lambda \quad (2)$$

Onde k_1 é o número de franjas contadas pelo interferômetro de Michelson.

Considerando que o comprimento de onda dos dois lasers são iguais, se pode chegar a conclusão de que:

$$n_1 = n_a \left(2 \frac{k_0}{k_1} + 1 \right) \quad (3)$$

Dessa forma o pesquisado encontrou medidas com cinco casas decimais de precisão.

Neto (2004) Propôs um arranjo utilizando também um feixe de referência, porém ele utilizou o arranjo de Fabry-Perot onde seria comparado o índice de refração de dois meios (o ar e o líquido estudado), e dessa forma se obteria pela relação dos dois uma medida com a precisão de cinco casas decimais.

Essas experiências anteriormente elaboradas norteiam a execução desse trabalho de forma a obter resultados semelhantes, mas, utilizando um arranjo diferente.

3. Método

O arranjo experimental interferométrico proposto nesse trabalho foi montado em cima de uma mesa de alumínio perfurada adequada para esse tipo de experimento. De acordo com a representação da *figura 1* os componentes ópticos foram fixados nessa mesa com essa configuração.

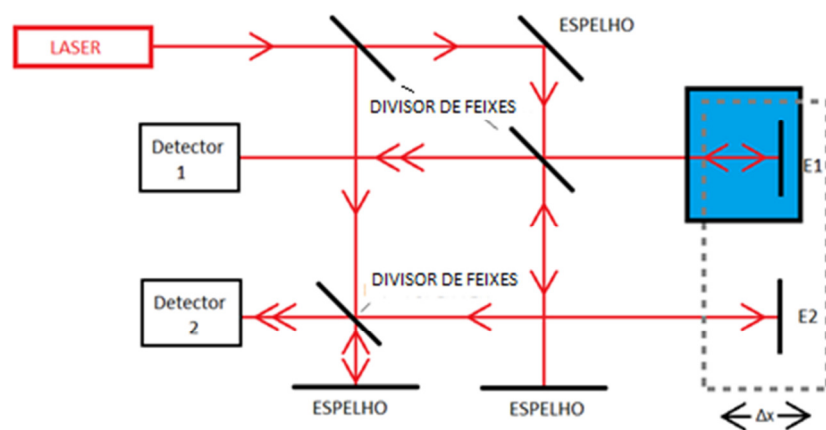


Figura 1 – Configuração do arranjo.
Fonte: Luiz Felipe Gonçalves Dib

Os espelhos móveis foram fixados em uma espécie de “T” feito em material polimérico. Esse suporte recebeu um par de rolamentos lineares para permitir o deslocamento suave sobre um par de guias fixadas à mesa. Nesse suporte, uma rosca micrométrica foi fixada para deslocar esse suporte de forma lenta e estável. Dessa forma os dois espelhos se deslocam lentos e suavemente sobre as guias alinhadas paralelamente ao sentido que o feixe incide nos espelhos móveis.

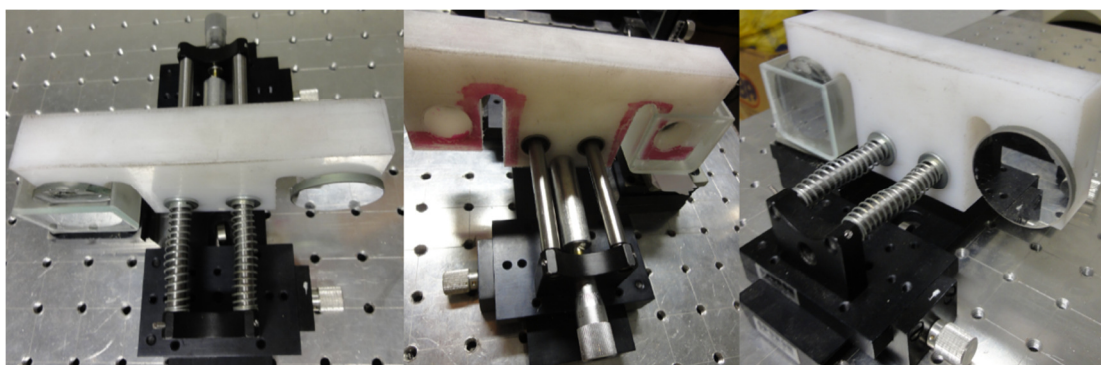


Figura 2 – Foto do “T”
Fonte: Foto tirada no Laboratório de Óptica Aplicada. Fatec-SP

Um laser de diodo com comprimento de onda de 640 nm foi utilizado como fonte de luz para a geração das interferências. Esse laser foi cuidadosamente alinhado junto aos espelhos para manter o devido grau de paralelismo ou perpendicularidade com os componentes do arranjo.

Com esse arranjo devidamente montado e alinhado, dois detectores de Si (Optron modelo DET200K05) foram posicionados de acordo com o representado na *figura 1* posição essa onde as interferências se formam. Esses dois detectores foram ligados ao computador por uma interface (Pico Technology) para que os dados coletados pelo sensor fossem transmitidos para o computador. Um programa da mesma empresa, chamado Picolog fez o processamento da leitura e construiu um gráfico que foi analisado para conferir se o deslocamento das franjas ocorria uniformemente nos dois detectores.

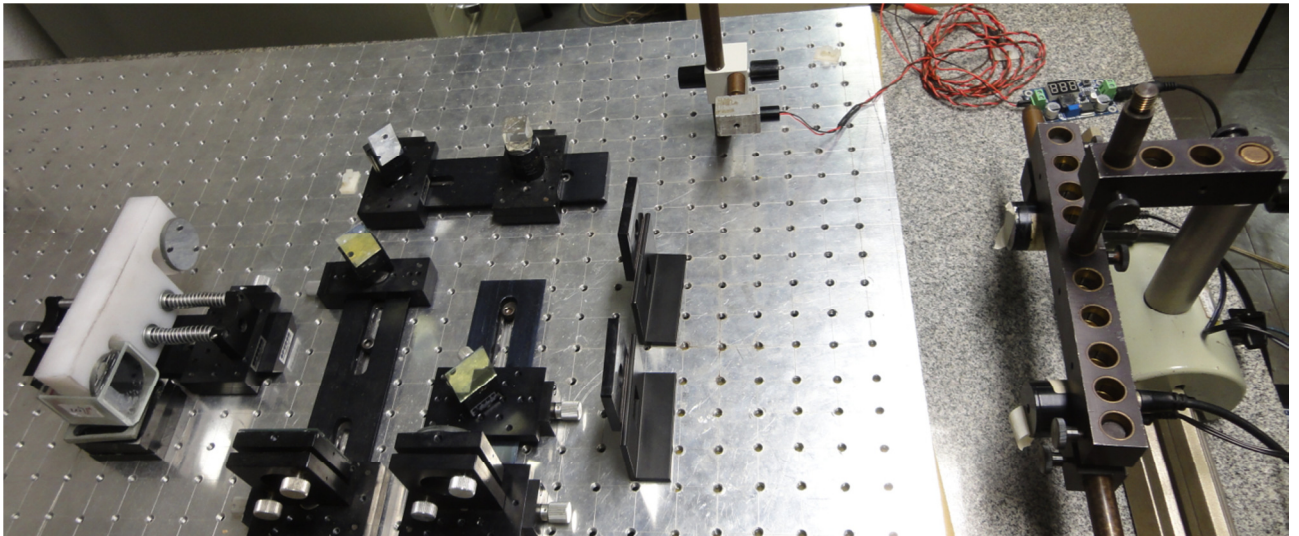


Figura 3 – Foto do arranjo experimental
Fonte: Foto tirada no Laboratório de Óptica Aplicada. Fatec-SP

Após ter confirmado esse dado, um dos espelhos foi submerso em uma cuba com água destilada. Tomou-se o cuidado de manter a cuba alinhada para não gerara nenhum tipo de interferência capaz de distorcer os dados. O processo utilizado para comparar as leituras dos detectores para ver se o arranjo estava funcionando de acordo com o esperado, foi repetido, mas dessa vez com um dos espelhos estava imersos em água destilada.

Obteve-se um gráfico de intensidade luminosa (com medidas arbitrárias) em função do tempo (ms). Esse tempo medido foi o tempo em que os espelhos estiveram se deslocando, conseqüentemente deslocando as franjas de interferência.

4. Resultados e Discussão

Os dados foram coletados em um período 60 segundos. Ao longo do tempo os espelhos foram deslocados, mas por ter sido feito por deslocamento manual, não pode se relacionar uma proporcionalidade entre tempo e deslocamento.

O primeiro gráfico coletado, referente à comparação da leitura dos dois detectores, apesar de ter apresentado alguns períodos com deslocamento diferenciado, mostrou que ao longo do curso adotado para as medições, teria a sua relação de deslocamento mantida.

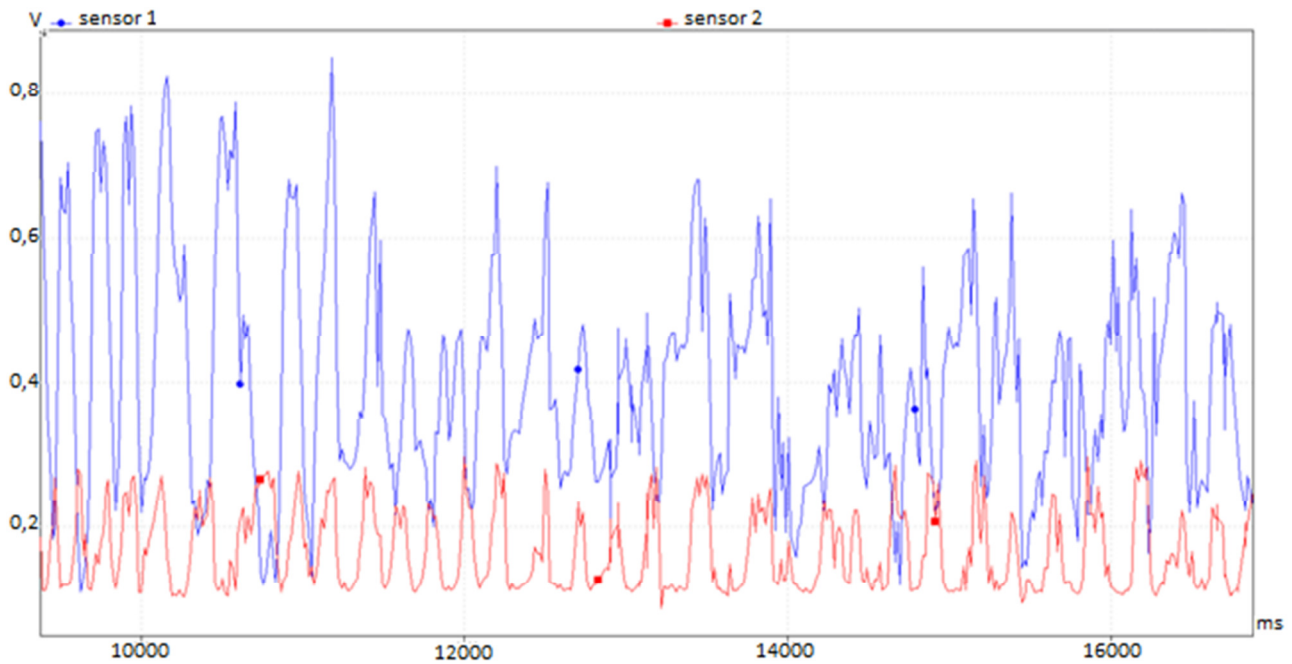


Figura 4 – Gráfico com parte dos dados de calibração e comparação dos detectores.
Fonte: Dados coletados no Laboratório de Óptica Aplicada. Fatec-SP

É possível notar que os dados coletados por um detector tiveram uma intensidade maior do que os dados coletados pelo segundo detector. Isso pode ter ocorrido por perda de sinal nas conexões entre a interface do computador com o próprio detector ou até mesmo pela utilização de divisores de feixes que não mantivessem a mesma proporção na intensidade luminosa que seria direcionada para cada seção do interferômetro.

Um segundo gráfico foi obtido com a leitura dos detectores já tendo a água destilada como substância na qual seria medido o índice de refração. No período de 60 segundos onde os espelhos sofreram deslocamento não uniforme, foi possível contar através do recurso gráfico 186 máximos de interferência para a secção do arranjo usado como referencia e 146 máximos de interferência para a secção do arranjo do espelho imerso na água.

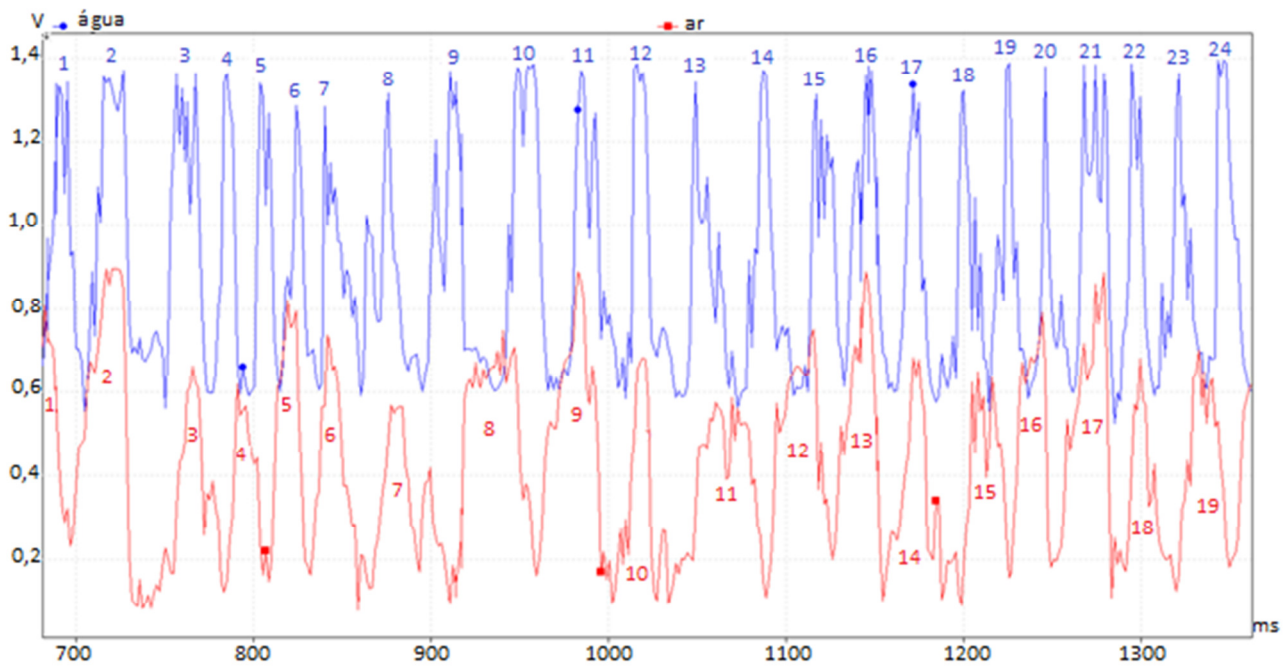


Figura 5 – Dados coletados com amostra de água destilada.
Fonte: Dados coletados no Laboratório de Óptica Aplicada. Fatec-SP

Considerando a Eq. (3) proposta por Suhadolnik, e considerando que o índice de refração do ar é igual a 1, e considerando também que a relação entre as distancias deslocadas pelos espelhos em ambas as secções são as mesmas, podemos simplificar a equação que Suhadolnik propôs de forma que fique:

$$n_1 = \frac{k_0}{k_1} \quad (4)$$

Logo, considerando os máximos de interferência contados em ambos os gráficos traçados temos:

$$n_1 = \frac{186}{146}$$

Por tanto apesar da pequena quantidade de repetições que o arranjo foi submetido, pudemos conferir que o índice de refração encontrado para a amostra de água destilada foi de $1,27 \pm 0,06$.

5. Considerações finais

Essa pesquisa conseguiu comprovar de forma satisfatória a possibilidade de utilizar essa técnica para as coletas de medidas de índice de refração. Nos gráficos coletados foi possível notar a presença de ruído ao longo das curvas que deveriam ter um padrão próximo a um perfil senoidal. Esses ruídos podem ter sido causados pela falta de robustez no arranjo que permite a geração de vibrações em alguns dos componentes nele presente. Essas vibrações também podem ter sido causadas pela intervenção manual do

operador. Além desses fatores, as conexões para transmissão de dados pode ter gerado ruídos eletrônicos.

Todos esses problemas identificados foram limitantes para a confiança nos dados obtidos, porém, para essa atual etapa da pesquisa, foram essenciais para a identificação dos pontos em que merece maior atenção no aprimoramento do sistema para que ele seja mais efetivo e isento de interferências externas.

Os valores encontrados estão próximos aos teóricos onde se considera a água destilada com o índice de refração de 1,332. Encontrar esses resultados com esse grau de exatidão no momento inicial da pesquisa indica grande potencial ao modelo aqui proposto.

Para alcançar o objetivo de ter medidas exatas e precisas, será necessária a implementação de recursos que passam desde a automatização do sistema por dispositivos eletromecânicos para que não haja a necessidade da presença direta de um operador, até o aumento da robustez, compactação e firmeza dos suportes do arranjo. Além disso, a utilização de fontes de luz mais estáveis é uma alternativa a ser avaliada para a eliminação de ruídos optoeletrônicos. Dessa forma, será esperado que se obtenham medidas mais próximas do desejado.

Referências

- ✓ ABBE, Ernest. Double Prism for Totally Reflecting Refractometers. Jena: US548495 A. 22 out. 1895
- ✓ FRANCESCONI, R.; OTTNI, S.; Correlation of Density and Refraction Index for Liquid Binary Mixtures Containing Polyglycols. Use of the Group Contributions in the Lorentz-Lorenz, Gladstone-Dale and Vogel Equations to Evaluate the Density of Mixtures, Journal of Molecular Liquids, Bologna, v. 133, p. 125-133, 2007.
- ✓ GREEN, M. D.; NETTEY, H.; ROJAS, O. V.; PAMANIVONG, C.; KHOUNSAKNALATH, L.; ORTIZ, M. G.; NETWTON, P. N.; FERNANDEZ, F. M.; VONGSACK, L.; MANOLIN, O.; Corrigendum Use of Refractometry and Colorimetry as Field Methods to Rapidly Assess Antimalarial Drug Quality, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, Atlanta, v. 43, p. 1890, feb. 2007.
- ✓ MACHLIN, E. S.; Materials Science in Microelectronics II: The Effects of Structure on Properties in Thin Films. Second Edition. Elsevier, 2006. P. 103-134
- ✓ MALHAM, I.B.; TURMINE, M.; Viscosities and Refractive Indices of Binary Mixtures of 1-Dutyl-3-Methylimidazolium Tetrafluoroborate and 1-Butyl-2, 3-Dimethylimidazolium Tetrafluoroborate with Water at 298K, The Journal of Chemical Thermodynamics, Paris, v. 40, p. 718-723, 2008.
- ✓ NETO, R. B. S.; MENDONÇA, J. P. R. F.; LESCHE, B. Determination of Absolute Value of Refractive Index of Liquids Using an Interferometric Method. Revista de Física Aplicada e Instrumentação, Juiz de Fora, v. 17, n. 2, p. 74-79, jul. 2004.
- ✓ RICHE, M. Analysis or Refractometry for Determining Total Plasma Protein in Hybrid Striped Bass (*Morone Chrysops* x *M. Saxatilis*) at Various Salinities. Aquaculture, Fort Pierce, 2007. v. 264, p. 279-284, 2007.

- ✓ SUM, Y.; BAI, Y.; SONG, D.; LI, X.; WANG, L. ZHANG, H.; Design and Performances of Immunoassay Based on SPR Biosensor With Magnetic Microbeads, Biosensors and Bioelectronics, Changchun, v. 23, p. 473-478, jul. 2007.
- ✓ SATYA, A.; An Optical Fibre Interferometric Refractometer. Ljubljana, v. 18, p. 1205-1208, 2007.
- ✓ SUHADOLNIK, A.; An Optical Fibre Interferometric Refractometer. Measurement Science and Technology, Ljubljana, v.18, p. 1205-1208, 2007.
- ✓ ZIRKA, K.; POETZSCHKEB, H.; A Refractometry Based Glucose Analysis of Body Fluid. Medical Engineering Physics, Herdecke, c. 29, p. 449-458, 2007.
- ✓ WATTANA, P.; WOJCIECHOWSKI, D. J.; BOLAÑOS, G.; FOGLER H. S.; Study of Asphaltene Precipitation Using Refractive Index Measurement, Petroleum Science and Technology, v. 21, p. 3-4, 2003.