

## INVESTIGANDO AS RESSONÂNCIAS DE SCHUMANN NA REGIÃO DE MARINGÁ UTILIZANDO UM CRISTAL LÍQUIDO LIOTRÓPICO

Mateus Zorzenon de Piza (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Paulo Ricardo Garcia Fernandes (Orientador), e-mail: [pricardo@dfi.uem.br](mailto:pricardo@dfi.uem.br), Hatsumi Mukai (Coorientadora), e-mail: [hmukai@dfi.uem.br](mailto:hmukai@dfi.uem.br).

Universidade Estadual de Maringá /Centro de Ciências Exatas/Maringá, PR.

### Física - Física da Matéria Condensada - Cristalografia

**Palavras-chave:** Ressonância de Schumann, Cristal Líquido Liotrópico, Fase Isotrópica.

### Resumo

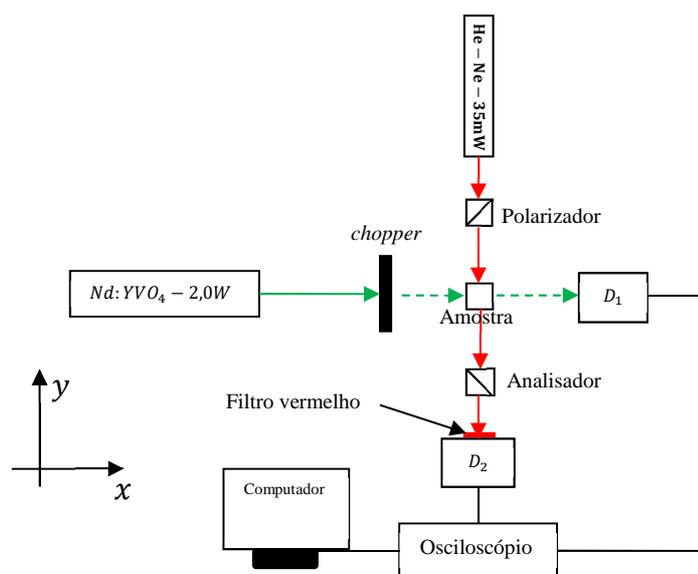
Neste trabalho, apresenta-se sobre a investigação realizada referente às ressonâncias a baixa frequência ( $f < 60\text{Hz}$ ) anteriormente observadas em resultados de projetos PIBIC ([1, 2, 4]). A técnica experimental utilizada foi a de Transmitância Óptica (TO). A amostra utilizada foi uma mistura ternária composta por Laurato de Potássio (KL), Decanol (DeOH) e água, mantida na fase isotrópica e colocada entre polarizadores cruzados. A medida de TO da amostra foi realizada por meio de um feixe de luz de laser de prova ( $35\text{ mW}$ ,  $\lambda = 532\text{nm}$ ) que se propaga continuamente na direção perpendicular ao feixe de luz pulsada do laser de excitação ( $\lambda = 532\text{nm}$ ;  $1,7\text{ W}$ ) mantido a uma frequência de  $1\text{Hz}$ . Os resultados de TO foram analisados por meio da Transformada de Fourier Discreta (TFD), detectando três frequências de ressonância abaixo de  $60\text{Hz}$ . Verificou-se a reprodutibilidade dos resultados já obtidos, e concluiu-se que a essas frequências observadas nos conduzem a algumas frequências do tipo ressonância de Schumann.

### Introdução

Ao fenômeno eletromagnético com frequência extremamente baixa que ocorre na cavidade natural formada entre a superfície da Terra e a ionosfera inferior é denominada de ressonância de Schumann. A fonte dessas frequências são as radiações eletromagnéticas de tempestades globais [3]. Nos últimos anos, pesquisas em andamento no Grupo de Fluidos Complexos da UEM [1, 2, 4] com ênfase nas fases isotrópicas da mistura ternária KL-DeOH-água, extremamente sensível a pequenas perturbações a base de luz pulsada (Via técnica experimental de TO), têm observado efeitos de ressonância à baixas frequências. As análises desses efeitos têm sido feitas por meio da TFD [1, 4], que é um método que utiliza o fato de que as funções não lineares podem ser representadas como uma soma de ondas senoidais infinitas, e usa para converter um sinal no tempo em um espectro de frequência [2]. De forma que, neste trabalho além da reprodutibilidade dos resultados, a ideia é verificar a possível correlação entre tais frequências e as das ressonâncias de Schumann para a região de Maringá-PR.

## Materiais e métodos

Para o preparo das amostras, utiliza-se uma espátula para manusear o KL, tubo de ensaio pyrex com rosca e tampa, seringas para manusear o DeOH, Parafilm M® (Bemis NA) para selar o tubo de ensaio tampado e com amostra em seu interior, uma balança analítica (modelo AT201 da Mettler Toledo) para aferir as massas que compõe a amostra de CLL, um agitador tipo Vortex (Biomixer do modelo QL 901) para homogeneizar a mistura, uma centrífuga (Daiki modelo 8-2C) e uma lavadora ultrassônica (L200 – Schuster) utilizada na fase final para acelerar o processo de estabilização e homogeneização da amostra. O método experimental da transmitância óptica (OT) visa estudar o comportamento de uma amostra (neste caso o CLL) com a utilização de um *laser* de prova (*He – Ne*,  $\lambda = 633 \text{ nm}$ ,  $P = 35 \text{ mW}$ , modelo 79300 da Oriel Corporation) e outro de excitação incidindo sobre a amostra quando ela fica entre polarizadores cruzados. Um feixe de luz laser (*Nd:YVO<sub>4</sub>*,  $P = 2 \text{ W}$ ,  $\lambda = 532 \text{ nm}$ ), com frequência  $f < 2 \text{ Hz}$ , incide na amostra perpendicularmente ao laser de prova, o esquema da montagem experimental é o



apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Esquema experimental de transmitância óptica [4]. Em que  $D_1$  e  $D_2$  indicam os fotodiodos.

No processo de TO, o feixe de luz do *laser* de excitação incide na amostra (contida na cubeta) a baixa frequência, e esse efeito foi ocasionado pela luz incidente ser de forma pulsada por um *chopper* (dispositivo eletrônico que possui um disco com um orifício quadrado). Como o laser de prova (*He-Ne*) e o pulsado (excitação) incidem na amostra em direções perpendiculares entre si, para cada estímulo provocado pelo laser pulsado as moléculas do CLL tendem a se orientar de forma a gerar uma perturbação no sinal do feixe de luz do *laser* de prova. O sinal transmitido é captado por um fotodiodo ( $D$ ) que, por sua vez, está acoplado a um osciloscópio (Modelo TDS5032B-Tektronik) que faz a captura e análise dos sinais de transmitância óptica. Todo aparato experimental foi montado sobre uma mesa óptica (*Newport*

*Corporation*) apoiada em suportes pneumáticos para evitar as vibrações espúrias. O feixe de luz do *laser* de excitação fica em outra mesa óptica independente e também isolada de vibrações mecânicas. Para evitar radiações eletromagnéticas espúrias, na região do visível, toda a montagem é coberta com um isolamento óptico.

## Resultados e Discussão

Utilizando os procedimentos de montagem experimental de trabalhos anteriores, foi possível garantir a reprodutibilidade da amostra. A partir daí, fez-se as medidas experimentais utilizando a técnica de TO e, posteriormente, a análise dos dados por meio da média aritmética simples de 10 medidas independentes em função da temperatura. As medidas foram realizadas entre 24°C e 35°C. A Figura 2 (a) ilustra o comportamento da TO em função da temperatura.

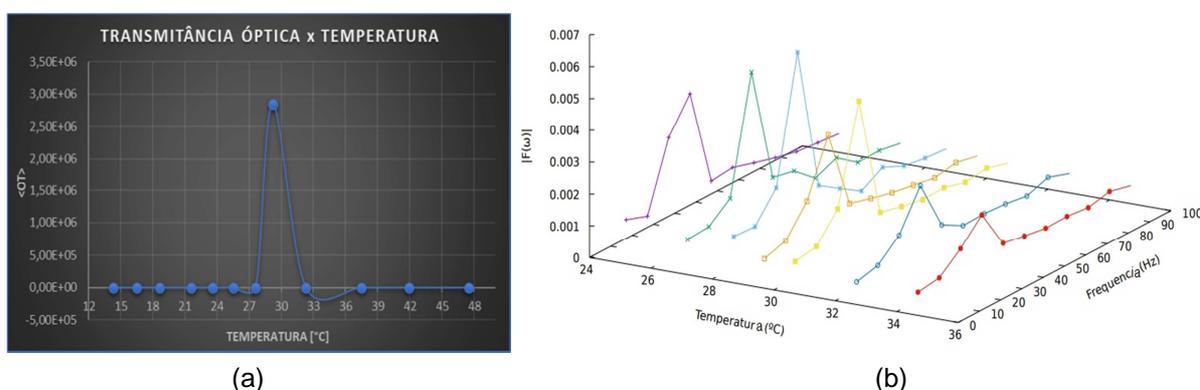


Figura 2 – Imagens dos gráficos: (a) valor médio da transmitância óptica  $\langle OT \rangle$  em função da temperatura  $T$  (°C) referente a amostra com as seguintes concentrações: 26,61m% de KL; 6,76m% de DeOH; 66,63m% de água, (b) análise dos dados da amostra via transformada discreta de Fourier (TDF) em relação à temperatura  $T$  (°C) e frequência  $f$  (Hz).

No gráfico da Figura 2 (a), é possível observar um ponto de máximo entre 28°C e 29°C. Tal aumento de intensidade foi também observado nos gráficos referentes à amostra de trabalhos anteriores [1, 2, 4]. Garantida a reprodutibilidade do fenômeno, analisou-se matematicamente, via TDF os dados da amostra, para ver se novamente apareceria um pico de frequência característica. Com os dados gerados por meio da análise da TDF, confeccionou-se o gráfico da Figura 2(b).

Da mesma forma que nos trabalhos anteriores [1, 2, 4], é possível observar que em todas as temperaturas investigadas há um pico de  $|F(\omega)|$  em torno de 28 Hz. Esse resultado nos levou a investigar as frequências de ressonância de Schumann na região de Maringá, pois essas têm como características frequências de valores extremamente baixas [3] que é o caso do presente trabalho.

## Conclusões

É importante ressaltar que os gráficos da Figura 2 (a) e (b) confirmam os resultados já obtidos anteriormente [1, 2, 4]. Observa-se que no gráfico da Figura 2(b), existem picos de  $|F(\omega)|$  independentes da temperatura, que ocorrem na frequência em torno de 29 Hz. Esse fato, além de reforçar a existência do fenômeno em investigação abre fortes perspectivas para possíveis aplicações tecnológicas.

As técnicas experimentais e matemáticas utilizadas ao longo das atividades PIBIC, nos possibilitaram observar picos de ressonância a uma baixa frequência detectados pela amostra de CLL e as frequências de ressonância tipo de Schumann. No entanto, após estudar a referência 3 vimos a necessidade em montar outra técnica experimental com foco total na Ressonância de Schumann.

Diante dessa impossibilidade de montar tal técnica alternativa - específica para se obter as frequências de Schumann na região de Maringá - concluiu-se que as fases isotrópicas da mistura KL/DeOH/água são capazes de detectar frequências de ressonâncias abaixo de 60Hz. Entretanto, não foi possível obter, com a segurança que um trabalho científico requer, a esperada correlação entre as frequências de ressonância detectadas com o CLL e as frequências de Schumann.

### Agradecimentos

A realização desse trabalho só foi possível graças às orientações do professor Dr. Paulo Ricardo G. Fernandes, e da professora Dra. Hatsumi Mukai, e também ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fluidos Complexos (INCT-FCx) e ao CNPq pelo apoio financeiro.

### Referências

- [1] ARMININI, A. N. Indução de Ordem por Luz Pulsada na Fase Isotrópica de Cristais Líquidos Liotrópicos – Ano III. Relatório Final PIBIC – Departamento de Física – Universidade Estadual de Maringá, 2019.
- [2] FERNANDES, P. R.G. et al. Light-induced birefringence in the isotropic phase of a lyotropic liquid crystal. **Journal of Molecular Liquids**, v. 292, p. 111364, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111364>>. Acesso em: 07 fev. 2021.
- [3] NICKOLAENKO, A. P. Modern aspects of Schumann resonance studies. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, ELSEVIER, V. 59, N. 7, p. 805, 2017.
- [4] PIZA, M. Z. Efeito Kerr em Cristais Líquidos Liotrópicos – Ano I. Relatório Final PIBIC, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, 2020.