

Sumário

Resumo	iv
Abstract	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	x
Introdução	1
Referências Bibliográficas - Introdução.....	3
Capítulo 1 - Cristais Líquidos: Uma Breve Discussão	4
1.1 Sólidos e Líquidos.....	5
1.2 As Origens dos Cristais Líquidos.....	7
1.3 Cristais Líquidos Termotrópicos.....	11
1.4 Cristais Líquidos Liotrópicos.....	15
Referências Bibliográficas - Capítulo 1.....	20
Capítulo 2 - Parte Teórica	22
2.1 Parâmetro de Ordem.....	22
2.2 Birrefringência.....	25
2.3 Birrefringência Induzida por Fluxo.....	30
Referências Bibliográficas - Capítulo 2.....	33
Capítulo 3 - Parte Experimental	35

3.1	Preparação de Amostras.....	35
3.1.1	Confecção sistema KL/DeOH/H ₂ O.....	36
3.1.2	Confecção sistema SDS/Na ₂ SO ₄ /H ₂ O.....	38
3.2	Microscopia Óptica de Luz Polarizada.....	40
3.3	Texturas das Fases.....	43
3.3.1	Textura da Fase Isotrópica.....	44
3.3.2	Textura das Fases L ₁ e L ₂	45
3.3.3	Textura da Fase Nemática.....	45
3.3.4	Textura da Fase Cristalina + água.....	46
3.4	Montagem Experimental.....	47
3.4.1	Aparato experimental de geometria cilíndrica.....	49
3.4.2	Transmitância de Luz em função da frequência.....	51
	Referências Bibliográficas - Capítulo 3.....	53
	Capítulo 4 - Resultados e Discussões	54
4.1	Transmitância óptica por frequência em geometria retangular.....	54
4.1.1	Sistema KL/DeOH/H ₂ O.....	54
4.1.2	Sistema SDS/Na ₂ SO ₄ /H ₂ O.....	63
4.2	Transmitância óptica por frequência em geometria cilíndrica.....	69
4.2.1	Sistema KL/DeOH/H ₂ O.....	69
4.3	Discussões.....	71
	Referências Bibliográficas - Capítulo 4.....	73

Capítulo 5 - Conclusões

Resumo

Neste trabalho é apresentado uma investigação experimental sobre a medida de transmitância óptica decorrente da indução de ordem em cristais líquidos liotrópicos por meio de perturbações com frequências definidas na fase desordenada. Ou seja, foram feitas medidas da intensidade de luz transmitidas em função da frequência. Além disso as medidas foram efetuadas em dois compostos líquido cristalino diferentes. Induziu-se ordem nas fases isotrópicas dos cristais líquidos compostos de laurato de potássio, 1-decanol e água (KL/DeOH/H₂O) e no de dodecil sulfato de sódio, sulfato de sódio e água (SDS/Na₂SO₄/H₂O). Foram feitas medidas com 7 amostras em geometria retangular e uma em, cilíndrica. Com base nos resultados das medidas pode-se constatar que esses independem da geometria e da mistura, visto que todas as amostras exibiram o efeito mecano-óptico na fase isotrópica. Em geral as amostras em geometria retangular apresentaram frequências fundamentais em torno de 2,6Hz, 4,2Hz e 12,2Hz e as sensibilidades das amostras de KL/DeOH/H₂O foram maiores próximas da temperatura da fase ordenada. Também constatou-se que a sensibilidade das amostras na fase isotrópica superior (Iso₂) foi sempre maior que na fase isotrópica inferior (Iso₁ fase reentrante).

Palavras chave: Cristais líquidos liotrópicos, indução de ordem, fases isotrópicas, birrefringência induzida, transmitância óptica.

Abstract

This paper presents an experimental investigation on the measurement of optical transmittance due to the induction of order in lyotropic liquid crystals by means of defined frequency perturbation in disordered phase. In other words, we use light transmittance as a function of frequencies. Furthermore measures were taken in two different liquid crystal compound. Order was induced in isotropic phases of an liquid crystal consisting of potassium laurate, 1-decanol and water (KL/DeOH/H₂O) and also in sodium dodecyl sulfate, sodium sulfate and water (SDS/Na₂SO₄/H₂O). Seven measures were made in rectangular geometry and one in cylindrical structure. Based on the measurement results we can conclude that regardless the geometry all samples exhibited the optic transmittance effect in the isotropic phase. Rectangular samples in general shows natural frequencies around 2,6Hz, 4,2Hz and 12,2Hz and the sensibilities of KL/DeOH/H₂O were large in temperatures far close to ordered phase. Besides that it was found that the samples sensibilities in superior isotropic phase (Iso₂) was higher than the lower isotropic (Iso₁ reentrance phase).

Keywords: Lyotropic liquid crystals, order induced, isotropic phases, induced birefringence, optic transmittance.

Lista de Figuras

- Fig.1.1 - Figura ilustrativa da relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação superficial típicos de um fluído newtoniano e não newtoniano.....5
- Fig. 1.2 - Da esquerda para a direita: diamante (sólido covalente)^[9]; estrutura cristalina do sal de cozinha (sólido iônico)^[10]; barra de ouro (sólido metálico)^[11]; iodo sólido (sólido molecular)^[12].....7
- Fig.1.3 - Estrutura amorfa do vidro de dióxido de silício em duas dimensões^[13].....7
- Fig.1.4 - Fotografias dos grandes cientistas que contribuíram para o estabelecimento da ciência dos cristais líquidos. Na fileira de cima da esquerda para direita: Richard Reinitzer^[14]; Otto Lehmann^[15]; Gustav Tammann^[16]; Van der Waals^[17]. Na fileira de baixo da esquerda para direita: Nernst^[18]; Daniel Vorländer^[19]; Max Born^[20]10
- Fig.1.5 - Ilustração da localização da fase líquido cristalina em relação às fases usuais da matéria.....11
- Fig.1.6 - Da esquerda para direita representação 3D em forma de bastão das moléculas do cristal líquido MBBA, PAA (moléculas de forma alongada) e trifenileno (molécula de formato discótica).....12
- Fig.1.7 - Ilustração das fases nemáticas: (a) nemática calamítica; (b) nemática discótica; (c) nemática biaxial; (d) nemática colestérica^[6].....13
- Fig.1.8 - Ilustração do posicionamento das moléculas da fase (a) esmética A e (b) esmética C^[6].....14
- Fig.1.9 - Ilustração do posicionamento das moléculas da fase colunar^[6].....14
- Fig.1.10 - Estrutura representativa da fase azul^[6].....15
- Fig.1.11 - Representação da fase isotrópica^[7].....15
- Fig.1.12 - Representação em forma de bastão dos componentes da mistura ternária KL/DeOH/H₂O, da esquerda para direita: laurato de potássio; 1-decanol; água.....16

Fig.1.13 - Representação da fase lamelar ^[6]	17
Fig.1.14 - Ilustração de que o empilhamento de tubos origina uma estrutura de empacotamento hexagonal.....	17
Fig.1.15 - Fase cúbica pode ser representada por uma estrutura ccc, os vértices do cubo representam a micela do cristal líquido, as arestas são somente ilustrativas ^[21]	18
Fig.2.1 - Figura ilustrativa de moléculas cilíndricas alinhadas de forma que o diretor coincide com o eixo z em uma fase nemática ^[1]	23
Fig.2.2 - Gráfico da dependência de θ da função densidade de probabilidade ^[2]	23
Fig.2.3 - Ilustração de como a velocidade de propagação da luz não é a mesma ao longo dos eixos perpendiculares de uma micela ou molécula.....	26
Fig.3.1 - Diagrama de fases ^[1] adaptado por Paulo R.G. Fernandes.....	36
Fig.3.2 - Diagrama de fases adaptado ^[2] de uma mistura composta de SDS e água.....	38
Fig. 3.3 - Microscópio de luz polarizada com a câmera digital.....	41
Fig.3.4 - Foto ilustrativa do <i>Hotstage</i> que permite o controle da temperatura da amostra, as letras A e B indicam a conexão do aparato com o banho térmico para que assim seja possível o controle da temperatura.....	42
Fig.3.5 - Textura típica da fase isotrópica, foto tirada na temperatura de 23°C da amostra 2 da tabela 3.1, foto foi ampliada 50X.....	44
Fig.3.6 - (a) textura da fase L1 em T=8,2°C; (b) textura da fase L2 em T=53°C. Ambas imagens referem-se à amostra 2 da tabela 3.1, fotos foram ampliadas em 50X e observada em capilar de 200µm.....	45
Fig.3.7 - Textura da fase nemática uniaxial discótica - não orientada - em T=23°C da amostra 4 da tabela 3.1, ampliada 50X e observada em capilar de 200µm.....	46
Fig.3.8 - Textura da fase Cristalina + água da amostra 7 da tabela 3.1 na temperatura de 10,8°C, ampliada 50X e observada em capilar de 200µm.....	47

Fig.3.9 - (a) e (b) são representações simplificadas do aparato experimental utilizado para se medir a transmitância óptica em geometria retangular e cilíndrica, respectivamente.....	48
Fig.3.10 - Ilustração do porta cubeta utilizado para dar suporte ao recipiente que contém a amostra de cristal líquido a ser analisada.....	49
Fig.3.11 - Ilustração do porta amostra cilíndrico de quartzo com 21,5mm de diâmetro e 10mm de caminho óptico. Esse recipiente possui uma tampa de teflon que não foi ilustrada.....	50
Fig.3.12 - Ilustração do aparato experimental que comporta o porto amostra de geometria cilíndrica. Em (a) é representado o suporte completo que constitui da conexão por meio de parafusos das partes 1 e 2, em (b) é mostrado a parte 2 em perfil.....	51
Fig.4.1 - Gráfico da intensidade de luz transmitida (mV) por frequência (Hz) da amostra 1 em geometria retangular.....	55
Fig.4.2 - Diagrama de fases da amostra de KL/DeOH/H ₂ O que indica a posição da amostra 1 (linha vermelha) e as temperaturas em que foram realizadas as medidas de transmitância óptica (círculos pretos).....	55
Fig.4.3 - Gráfico da intensidade de luz transmitida (mV) por frequência (Hz) em três temperaturas diferentes da amostra 2 da tabela 3.1.....	57
Fig.4.4 - Diagrama de fases que indica a posição da amostra 2 (linha vermelha) e as temperaturas em que foram efetuadas as medidas (círculos pretos).....	57
Fig.4.5 - Gráfico da intensidade por frequência medida em 5 diferentes temperaturas na amostra 3.....	59
Fig.4.6 - Aumento da parte inferior da figura 4.3 a qual não ilustra com detalhes as respostas da amostra em temperatura diferente de 46,9°C.....	59
Fig. 4.7 - Gráfico que ilustra a posição no diagrama de fases da amostra 3 (linha vermelha) e as temperaturas em que foram feitas as medidas (círculos pretos).....	60
Fig.4.8 - Ilustração do gráfico de intensidade por frequência da amostra 4 da tabela 3.1 que possui um domínio nemático entre dois isotrópicos Iso ₁ e o Iso ₂ . A transmitância óptica indicada no gráfico foi medida na fase Iso ₁	61

- Fig.4.9 - Gráfico ilustrativo da posição da amostra 4 (linha vermelha) no diagrama de fases da mistura que contém laurato de potássio e as temperaturas em que foram efetuadas as medidas (círculos pretos). É mostrado somente um círculo preto devido à proximidade das temperaturas medidas.....62
- Fig.4.10 - Gráfico da intensidade de luz transmitida em função da frequência em três temperaturas distintas referentes à amostra 5.....63
- Fig.4.11 - Figura ilustrativa da posição da amostra 5 no diagrama de fases (linha vermelha) e das temperaturas em que foram feitas as medidas (círculos pretos).....64
- Fig.4.12 - Gráfico das medidas de transmitância óptica por frequência da amostra 6 da tabela 3.1.....65
- Fig.4.13 - Ilustração da posição da amostra 6 no diagrama de fases (linha vermelha) e das temperaturas em que foram feitas as medidas experimentais.....65
- Fig.4.14 - Gráfico da transmitância óptica em função da temperatura da terceira amostra de SDS medida.....67
- Fig.4.15 - Gráfico da intensidade de transmitância óptica da amostra 7 em altas frequências 50Hz-80Hz.....67
- Fig.4.16 - Figura ilustrativa da posição da amostra 7 no diagrama de fases (linha vermelha) e das temperaturas em que foram feitas as medidas experimentais.....68
- Fig.4.17 - Gráfico da intensidade por frequência em duas temperaturas distintas da oitava amostra.....69
- Fig.4.18 - Gráfico que ilustra a posição da amostra 8 no diagrama de fases (linha vermelha) e as temperaturas em que foram efetuadas as medidas (círculos pretos).....70

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Amostras utilizadas nos experimentos - o símbolo "wt%" indica porcentagem em massa.....	40
Tabela 4.1 - Tabela indicativa das frequências que exibiram pico e suas respectivas intensidades para cada uma das temperaturas analisadas.....	56
Tabela 4.2 - Tabela indicativa, referente à amostra 2, das frequências que exibiram picos de transmissão de luz em suas respectivas temperaturas.....	58
Tabela 4.3 - Tabela indicativa das frequências que exibiram picos de transmitância na fase Iso ₁ - isotrópico reentrante.....	60
Tabela 4.4 - Tabela indicativa das frequências que exibiram picos de intensidade na fase isotrópica superior - Iso ₂	61
Tabela 4.5 - Tabela das frequências e suas respectivas intensidades referentes à amostra número 4.....	62
Tabela 4.6 - Tabela das frequências que exibiram picos de transmitância luminosa da primeira amostra de SDS.....	64
Tabela 4.7 - Tabela das ressonâncias referente a amostra 6.....	66
Tabela 4.8 - Tabela das frequências ressonantes referente a amostra 7.....	68
Tabela 4.9 - Tabela indicativa das frequências que exibiram picos de transmitância óptica nas duas temperaturas analisadas da amostra 8.....	70