



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso | Dissertação | Tese

**Título do trabalho de conclusão de curso ou
dissertação ou tese**

Acadêmico: Fulando da Silva

Orientador: Prof. Dr. Ciclano da Silva

Maringá, 27 de janeiro de 2016



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso | Dissertação | Tese

Título do trabalho de conclusão de curso ou dissertação ou tese

Tese ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, sob orientação do professor Dr. Ciclano da Silda, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Física

Acadêmico: Fulando da Silva

Orientador: Prof. Dr. Ciclano da Silva

Maringá, 27 de janeiro de 2016

Sumário

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Introdução	1
1 Título do capítulo 1	2
1.1 Título da seção	2
2 Resultados	4
Conclusões	6
A Contas e mais contas	7
Referências Bibliográficas	8

Agradecimentos

Meu sinceros agradecimentos ao prof. Dr. Ciclano da Silva pela orientação.

À Capes, ao CNPq e à Fundação Araucária pelo suporte financeiro.

E por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer minha família pelo apoio contínuo.

Resumo

Neste trabalho estudamos...

Palavras chave: física, matéria condensada, cosmologia.

Abstract

In this work we study...

Keywords: physics, condensed matter, cosmology.

Introdução

Uma breve introdução sobre o tema que será abordado na tese. Veja como usar uma citação de um livro [1], notas de aula [2], tese de doutorado [3], dissertação de mestrado [4], patente [5], e-mails [6] e artigos [7–11].

No capítulo 1 abordaremos ... No capítulo 2 o assunto tal será tratado... Por fim, são apresentadas algumas conclusões, discussões e perspectivas futuras

Capítulo 1

Título do capítulo 1

Escrever brevemente sobre o que será abordado nesse capítulo.

1.1 Título da seção

As figuras 1.1a e 1.1b mostram a distribuição de um conjunto de moléculas formando a fase nemática uniaxial. Apesar de ambas possuírem a mesma direção orientacional, definida pelo diretor, \vec{n} , existe uma visível diferença no grau de ordenamento entre elas.

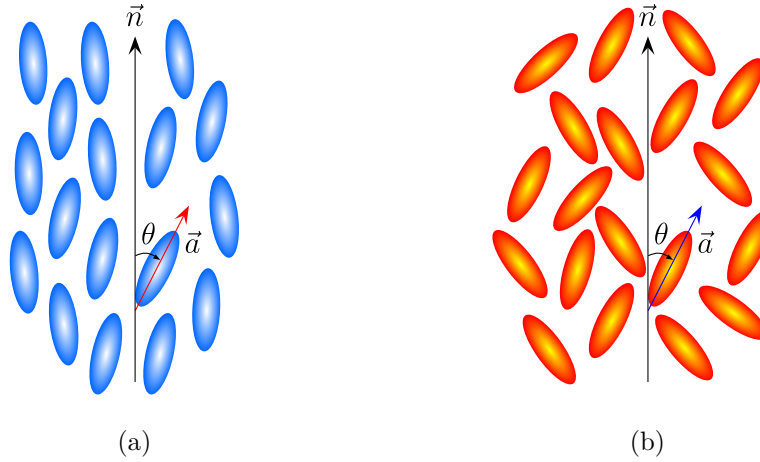


Figura 1.1: As figuras apresentam mesma direção orientacional, contudo diferentes graus de ordenamento. Podemos observar que a figura (a) possui uma menor dispersão da média, definida pelo diretor, do que a figura (b).

Este grau de alinhamento pode ser descrito por uma função distribuição normalizada¹, $f(\theta) d\theta$, que fornece a probabilidade de encontrar o eixo principal de uma molécula, \vec{a} , formando um ângulo entre θ e $\theta + d\theta$ com o diretor. Devido à simetria cilíndrica das moléculas, a função distribuição é independente do ângulo azimutal, ϕ .

O parâmetro de ordem tensorial Q_{ij} pode ser representado por uma matriz, ou seja,

$$Q_{ij} = \begin{pmatrix} -(S+P)/2 & 0 & 0 \\ 0 & -(S-P)/2 & 0 \\ 0 & 0 & S \end{pmatrix},$$

¹ $\oint f(\theta) d\Omega = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi f(\theta) \sin \theta d\theta d\phi = 1$

onde S e P são os parâmetros de ordem escalares. A equação (1.1) mostra como fazer uma equação dentro de uma caixa

$$\boxed{\tilde{\mathcal{F}}_{\text{LdG}} = \frac{\sigma}{2} \text{Tr} \tilde{\mathbf{Q}}^2 - \text{Tr} \tilde{\mathbf{Q}}^3 + \frac{1}{2} (\text{Tr} \tilde{\mathbf{Q}}^2)^2 + \dots} . \quad (1.1)$$

Não esqueça de ver o [Apêndice A](#).

Capítulo 2

Resultados

Os parâmetros que utilizaremos nas simulações estão listados na tabela 2.1.

MBBA			5CB		
a	$= 0,0867 \times 10^6$	J/Km ³	a	$= 0,14 \times 10^6$	J/Km ³
B	$= -2,12 \times 10^6$	J/m ³	B	$= -1,80 \times 10^6$	J/m ³
C	$= 1,74 \times 10^6$	J/m ³	C	$= 3,60 \times 10^6$	J/m ³
$\mathcal{L}1$	$= 6,93 \times 10^{-12}$	N	$\mathcal{L}1$	$= 3,0 \times 10^{-12}$	N
$\mathcal{L}2$	$= 0,0 \times 10^{-12}$	N	$\mathcal{L}2$	$= 0,0 \times 10^{-12}$	N
$(T - T^*)$	$= (307,0 - 311,0)$	K	$(T - T^*)$	$= (298,0 - 307,2)$	K
Δ	$= 1,0 \times 10^{-9}$	m	Δ	$= 1,0 \times 10^{-9}$	m
Δt	$= 3,5 \times 10^{-9}$	s	Δt	$= 15 \times 10^{-9}$	s
μ_1	$= 0,2$	Pa s	μ_1	$= 0,3$	Pa s
$\Delta\epsilon$	$= -0,6$		$\Delta\epsilon$	$= 11,5$	
S_{eq}	$= 0,62$		S_{eq}	$= 0,58$	

Tabela 2.1: Parâmetros dos cristais líquidos MBBA (4-methoxybenzylidene-4-butylnaline) e 5CB (4-cyano-4'-pentylbiphenyl).

A tabela 2.2 mostra como destacar algumas partes da tabela.

	$\Delta = 0,9\text{nm}$	$\Delta = 1,0\text{nm}$	$\Delta = 1,5\text{nm}$
$\Gamma = 1$	$0,409 \pm 0,004$	$0,412 \pm 0,004$	$0,409 \pm 0,009$
$\Gamma = \frac{1}{(1-\text{Tr}\mathbf{Q}^2)^2}$	$0,413 \pm 0,004$	$0,409 \pm 0,002$	$0,406 \pm 0,009$

Tabela 2.2: Comparação entre os expoentes α obtidos pelo ajuste dos dados de uma média de 100 condições iniciais de uma rede de 256×256 utilizando a lei de potências, $L(t) \propto t^\alpha$.

Veja as figuras 2.1 e 2.2. Também observe a figura 2.2c.

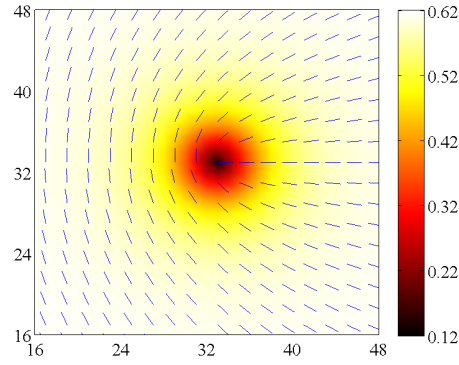


Figura 2.1: A figura mostra o perfil de S junto com a projeção do diretor no plano $x - y$

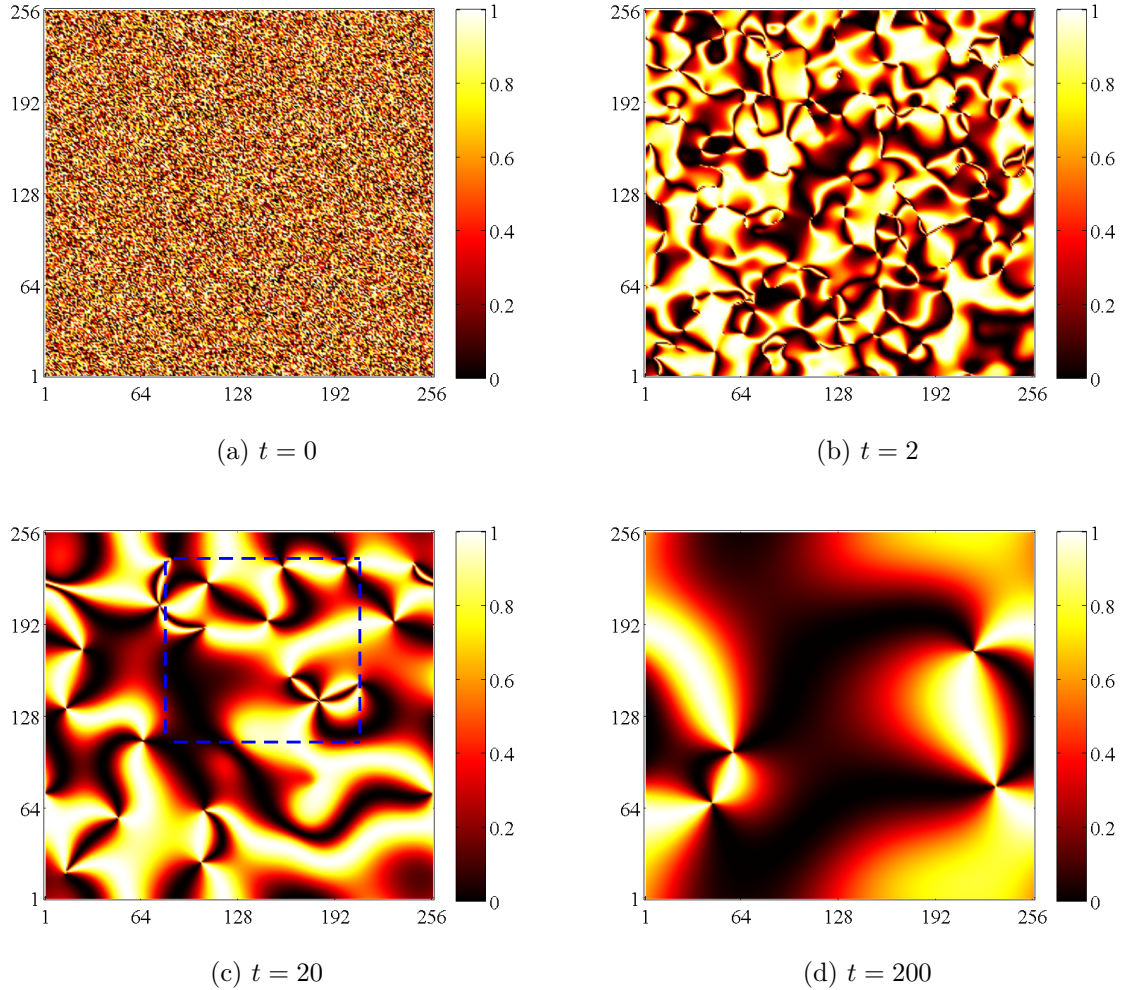


Figura 2.2: Nesta sequência temporal de imagens é mostrado o valor do $\text{sen}^2(2\beta)$ em cada ponto da rede, onde β é o ângulo que o diretor forma com o eixo do polarizador que, neste caso, coincide com o eixo horizontal.

Conclusões

Neste trabalho abordamos sobre...

Entre as perspectivas de trabalhos futuros, pretendemos...

Apêndice A

Contas e mais contas

Como discutido no [Capítulo 1](#), a equação que rege a dinâmica de orientação do diretor no volume de um cristal líquido nemático é dada por

$$\begin{aligned} \frac{1}{\Lambda} \frac{\partial}{\partial \tilde{t}} \tilde{Q}_{ij} = & -\Gamma_{ijkl} \left[\frac{\partial \tilde{\mathcal{F}}_{\text{LdG}}}{\partial \tilde{Q}_{kl}} - \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_m} \frac{\partial \tilde{\mathcal{F}}_{\text{LdG}}}{\partial \tilde{Q}_{kl,\tilde{m}}} \right] - \Gamma_{ijkl} \left[\frac{\partial \tilde{\mathcal{F}}_{\text{el}}}{\partial \tilde{Q}_{kl}} - \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_m} \frac{\partial \tilde{\mathcal{F}}_{\text{el}}}{\partial \tilde{Q}_{kl,\tilde{m}}} \right] \\ & - \Gamma_{ijkl} \left[\frac{\partial \tilde{\mathcal{F}}_{\text{E}}}{\partial \tilde{Q}_{kl}} - \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_m} \frac{\partial \tilde{\mathcal{F}}_{\text{E}}}{\partial \tilde{Q}_{kl,\tilde{m}}} \right], \end{aligned} \quad (\text{A.1})$$

onde, como já foi visto, $\Lambda = 2B^2\Delta t/9C^2\mu_1$, $\Gamma_{ijkl} = (\frac{1}{2}\delta_{ik}\delta_{jl} + \frac{1}{2}\delta_{il}\delta_{jk} - \frac{1}{3}\delta_{ij}\delta_{kl})$, $\tilde{t} = t/\Delta t$, $\tilde{x}_m = x_m/\Delta$, e $\tilde{\mathcal{F}}_{\text{LdG}}$, $\tilde{\mathcal{F}}_{\text{el}}$ e $\tilde{\mathcal{F}}_{\text{E}}$ são as densidades de energia de Landau-de Gennes, elástica e de um campo elétrico externo, respectivamente.

Referências Bibliográficas

- [1] E. Butkov, *Física Matemática*. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988.
- [2] A. da Silva Rosas, *Notas de Aula do Curso de Métodos Computacionais em Física*. Universidade Federal da Paraíba, 2008. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~arosas/fisicacomputacional.html>> Acesso em 29 Nov. 2011.
- [3] P. S. O. F. de Carvalho, *Transições de fase em cristais líquidos ferroelétricos*. Tese de Doutorado, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 1998.
- [4] B. F. de Oliveira, “Estudos em meio líquido cristalino como um laboratório para análise cosmológica,” Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- [5] P. R. G. Fernandes, “Sensor de vibrações mecânicas utilizando cristal líquido,” 1998. Patente N° PI-9805500-3.
- [6] Correspondência eletrônica trocada com Manuel Donaire.
- [7] H. Mukai, P. R. G. Fernandes, B. F. de Oliveira, and G. S. Dias, “Defect-antidefect correlations in a lyotropic liquid crystal from a cosmological point of view,” *Physical Review E*, vol. 75, p. 061704, 2007.
- [8] B. F. de Oliveira, P. P. Avelino, F. Moraes, and J. C. R. E. Oliveira, “Nematic liquid crystal dynamics under applied electric fields,” *Physical Review E*, vol. 82, p. 041707, 2010.
- [9] P. P. Avelino, C. J. A. P. Martins, C. Santos, and E. P. S. Shellard, “Topological defects in contracting universes,” *Physical Review Letters*, vol. 89, p. 271301, 2002.
- [10] P. P. Avelino, C. J. A. P. Martins, J. Menezes, R. Menezes, and J. C. R. E. Oliveira, “Frustrated expectations: Defect networks and dark energy,” *Physical Review D*, vol. 73, p. 123519, 2006.
- [11] P. P. Avelino, C. J. A. P. Martins, J. Menezes, R. Menezes, and J. C. R. E. Oliveira, “Dynamics of domain wall networks with junctions,” *Physical Review D*, vol. 78, p. 103508, 2008.