



---

AUGUSTO CESAR NALIN RODRIGUES

**SIMULAÇÃO DE FÍSICA COM ENFASE EM COLISÃO DE  
CORPOS RÍGIDOS**

---

Londrina  
2014

FULANO CICLANO BELTRANO

**TÍTULO DO SEU TRABALHO DE CONCLUSÃO “SEU  
MOÇO”**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao, da Universidade \_\_\_\_\_, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em \_\_\_\_\_.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Seu Fulano Ajudador Tabajara.

Londrina  
2014

FULANO CICLANO BELTRANO

**TÍTULO DO SEU TRABALHO DE CONCLUSÃO “SEU  
MOÇO”**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentada ao, da Universi-  
dade \_\_\_\_\_, como requisito par-  
cial à obtenção do título de  
Bacharel em \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Seu Fulano Ajudador Tabajara  
Unifil – Londrina – PR

---

Prof. Dr. **Forever Alone**

---

Profa. Dr. **Forever Alone**

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

Londrina, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

*Esse trabalho é dedicado a... aqui pode ir  
uma lista ou não..*

## AGRADECIMENTOS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

*O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são.*

(Aristóteles)

GUTO, A. C. N. R. **Título do Trabalho de Conclusão seu Moço.** 2013. N°100 f. Tese (Bacharelado em Ciências da Computação) – Universidade do Templo Unico do Saber, 2013.

## RESUMO

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

**Palavras-chave:**

GUTO, A. C. N. R. **Título do Trabalho de Conclusão seu Moço.** 2013. N°100 f. Tese (Bacharelado em Ciências da Computação) – Universidade do Templo Unico do Saber, 2013.

## ABSTRACT

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

**Key words:**



## LISTA DE FIGURAS

- 1.1 Estrutura cristalina no qual têm-se a rede (as linhas do cubo) e a base (os átomos constituintes, representados pelos círculos nos vértices). . . . . 15

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1 INTRODUÇÃO A FÍSICA</b>	<b>15</b>
1.1 Seção . . . . .	15
1.1.1 Subseção . . . . .	15
<b>2 EM CAIXA ALTA</b>	<b>16</b>
<b>3 GEOMETRIA DIFERENCIAL</b>	<b>17</b>
<b>4 TENSORES</b>	<b>18</b>
<b>5 AS CONSTANTES ELÁSTICAS</b>	<b>19</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>21</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>23</b>
<b>A Propriedades das formas Fundamentais</b>	<b>24</b>
A.1 Pontos de Máximo e Mínimo . . . . .	24
<b>B As equações de Gauss- Weingarten Novamente</b>	<b>25</b>
B.1 As Equações de Gauss . . . . .	25

# Introdução

# Capítulo 1

## Introdução a Física

Por muito tempo pensou-se que a matéria apresentava-se em apenas três estados termodinâmicos, as fases sólida, líquida e gasosa, sendo essa idéia reforçada pelas experiências diárias, no qual é fácil reconhecer um composto qualquer estando em uma dessas fases, como por exemplo a água e o gelo [8, 9]. Entretanto, em 1888, o botânico austríaco *Reinitzer*, ao investigar esteres de colesterol, observou que esses compostos orgânicos ao sofrerem uma mudança de fase do estado líquido para o sólido apresentavam dois pontos de fusão, e não mudavam de fase de maneira ordinária. Em seu estudo, observou que a  $145,5^{\circ}\text{C}$ , o benzoato de colesterila fundia tornando-se um líquido com aspecto turvo e a  $178,5^{\circ}\text{C}$  tornava-se um líquido claro. Um outro comportamento não comum foi observado ao se resfriar as amostras. Primeiramente o líquido claro apresentava um azul pálido antes de se tornar turvo e um azul violeta brilhante quando a amostra solidificava-se. *Reinitzer* então enviou suas amostras para o físico alemão *Lehmann*.

$$X = X_0 + n_1A_1 + n_2A_2 + n_3A_3 \quad (1.1)$$

em que os  $n_i$  são inteiros e os  $A_i$  são os vetores de base ( $i = 1, 2, 3$ ).

**Figura 1.1** – Estrutura cristalina no qual têm-se a rede (as linhas do cubo) e a base (os átomos constituintes, representados pelos círculos nos vértices).

### 1.1 Seção

#### 1.1.1 Subseção

Subseção da Subseção

## Capítulo 2

Em caixa alta

Diferença do título e do que aparece  
no sumário

## Capítulo 3

# Geometria Diferencial

Ao se olhar para um objeto qualquer, as linhas que o compõem (delimitam ou constroem) são reconhecidas e associadas a representações geométricas, tais como, linhas curvas ou retas. De maneira intuitiva, define-se uma linha curva ou reta, em relação a um dado referencial<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Nesse contexto referencial é entendido simplesmente como algo a ser utilizado para comparação entre os objetos geométricos.

# Capítulo 4

## Tensores

## Capítulo 5

### As Constantes Elásticas

Em meados da década de 1980, S. Hess juntamente com colaboradores apresentaram um trabalho, no qual expuseram que propriedades como a elasticidade, a viscosidade, entre outras, poderiam ser obtidas a partir de uma transformação afim (ponto a ponto) de um potencial esférico, de um líquido isotrópico, para um um potencial de interação elipsoidal de um cristal líquido [7]. Anos mais tarde, em meados de 2007, M. Simões e colaboradores, propuseram um método que considera tal deformação do potencial como dependente localmente da posição [6].

**Tabela 5.1** – CB8

K11	K22	K33	Temperatura Reduzida	R21 (K22/K11)	R31 (K33/K11)
1,06	0,35	1,25	0,9995	0,33019	1,17925
1,51	0,45	1,82	0,997	0,29801	1,2053
1,58	0,48	1,9	0,996	0,3038	1,20253
1,71	0,52	2,09	0,9935	0,30409	1,22222
1,98	0,55	2,48	0,99	0,27778	1,25253
2,27	0,63	2,84	0,9845	0,27753	1,2511



## Considerações Finais e Conclusões

# Referências

- [1] ZUREK W. H., Nature 317, 505 (1985);
- [2] CHUANG I., DURRER R., TUROK N., YURKE B., Science 251, 4999, 1336 (1991);
- [3] KIBBLE T. W. B., Physics Today september, 47 (2007);
- [4] RAY R., SRIVASTAVA A. M., Physical Review D 69, 103525 (2004);
- [5] MONACO R., MYGIND J., AAROE M., RIVERS R. J., KOSHOETS V. P., PRL 96, 180604 (2006);
- [6] SIMOES M., CAMPOS A., BARBATO D., Phys. Rev. E **75**, 061710 (2007);
- [7] BAALSS D., HESS S., Phys. Rev. Lett. **57**, 86 (1986);
- [8] Singh S., *Liquid Crystals - Fundamentals*, **World Scientific Publishing**, New Jersey, Lindon, Singapore, Hong Kong (2002).
- [9] DE Gennes P. G., Prost J, *The Physics of Liquid Crystals*, **Clarendon Press, Oxford**, (1993).
- [10] Chandrasekhar S., *Liquid Crystals*, 2nd Ed. **Cambridge University Press**, (1992).
- [11] Kittel, C., *Introduction to Solid State Physics*. 7.ed New York: **John Wiley & Sons**, Inc., (1996).
- [12] Figueiredo, A. M. N.; Salinas, S. R. A.; *The Physics of Lyotropic Liquid Crystals*, Oxford University Press, New York (2005).
- [13] P. Oswald., P. Peranski, *Nematic and Cholesteric Liquid Cystals* (Taylor & Francis Group, 2005)
- [14] Struik, D. J.; *Lectures on Classical Differential Geometry*, 1 ed. Cambridge: **Addison - Wesley Press, INC.**, (1950)
- [15] Stoker, J. J.; *Differential Geometry*, 1.ed New York: **John Wiley & Sons**, Inc., 1969.

- [16] Landau, L., Lifchitz, E., *Theory of Elasticity*, 3rd Ed. **Heinenmann**, (1986).
- [17] Lugo, G.; *Defferential Geometry in Physics - Lectures Notes*, **Departament of Mathematical Science**, University of North Carolina at Wilmington (1995 - 1998)
- [18] Spivak, M.; *A Comprehensive Introduction to Differential Geometry*, Vol. 2, 3rd Edition, Houston, Texas: **Publish or Perish**, INC.,(1999)
- [19] WEINBERG S., *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*, **John Wiley and Sons**. (1972);

# Apêndices

## Apêndice A

# Propriedades das formas Fundamentais

### A.1 Pontos de Máximo e Mínimo

A curvatura normal e a curvatura gaussiana possuem o sinal dependente apenas da segunda forma fundamental, visto que, a primeira forma quadrática é positivo definida, pois, como mostrado anteriormente, ela é  $dl^2$  (módulo positivo para números reais).

## Apêndice B

# As equações de Gauss- Weingarten Novamente

Nesse capítulo iremos escrever as equações de Gauss e Weingarten em uma notação mais compacta, possibilitando introduzir o símbolo de *Riemann* e dessa maneira reescrever a curvatura de Gauss.

### B.1 As Equações de Gauss

