



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**

**Título da Tese (ou Dissertação)**

**Nome do Estudante**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Física).

**Orientador: Paulo Américo Maia Neto**

**Coorientador: Nome do Coorientador**

**Rio de Janeiro**

**Março de 2013**

P436(mudar)      Fonseca, Arthur Luna da  
Interação de Momento Angular de Spin e Orbital na Pinça  
Ótica. / Arthur Luna da Fonseca - Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2019.  
xiv, 154f(mudar).  
Orientador: Paulo Américo Maia Neto  
Coorientador:  
Dissertação (mestrado) - UFRJ / Instituto de Física /  
Programa de Pós-graduação em Física, 2019.  
Referências Bibliográficas: f. 124-145.(mudar)  
1. Pinça ótica. 2. Momento angular ótico. 3. Feixes não  
paraxiais. 4. Interação spin-órbita. 5. Astigmatismo. I. Wotzasek,  
Clóvis José. II. Guimarães, Marcelo Santos. III. Universidade Federal  
do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-graduação  
em Física. IV. Abordagem de Julia-Toulouse para condensação de  
correntes topológicas e aplicações.(mudar)

# Resumo

**Título da Tese**

**Nome do Estudante**

**Orientador: Nome do Orientador**

**Coorientador: Nome do Coorientador**

Resumo da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Física).

Resumo da tese.

**Palavras-chave:** Insira as palavras-chave aqui.

# Abstract

## Title of the Thesis

Name of the Student

**Orientador:** Name of the Advisor

**Coorientador:** Name of the Coadvisor

*Abstract* da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Física).

Abstract in English.

**Keywords:** Insert the keywords here.

## Agradecimentos

Listar agradecimentos aqui, inclusive à agência de fomento que concedeu a bolsa de pós-graduação.

# Sumário

Sumário	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 Teoria da Pinça Ótica</b>	<b>2</b>
2.1 Introdução . . . . .	2
2.2 Modelo Mie-Debye . . . . .	3
2.3 Interação Spin-Órbita. . . . .	3
<b>3 Título do Terceiro Capítulo</b>	<b>4</b>
<b>4 Título do Quarto Capítulo</b>	<b>5</b>
<b>5 Considerações Finais</b>	<b>6</b>
Referências Bibliográficas	7
<b>A Título do Primeiro Apêndice</b>	<b>8</b>
<b>B Título do Segundo Apêndice</b>	<b>9</b>

# Lista de Figuras

# Lista de Tabelas



# Capítulo 1

## Introdução

blablabla...

blablabla...

blablabla...

# Capítulo 2

## Teoria da Pinça Ótica

### 2.1 Introdução

Nessa secção, discutirei brevemente o modelo Mie-Debye (MD) para o experimento de pinça ótica. Este foi usado para obter os resultados da presente dissertação. Os primeiros modelos que tentam descrever as forças da pinça ótica fazem uso de diversas aproximações para descrever o feixe que passa pela objetiva e a interação da esfera com o campo. Esse modelo, por outro lado, descreve o feixe de forma exata, de acordo com o formalismo de Richards-Wolf para um feixe fortemente focalizado. Ele leva em conta diversos efeitos que são ignorados pelos demais, além de ser válido para um espectro maior de relações entre o comprimento de onda  $\lambda$  e o raio  $a$ .

As simulações feitas baseadas no modelo MD levam em conta efeitos que a principio não se apresentam com clareza. A alta abertura numérica da objetiva e o espalhamento Mie são dois elementos importantes levados em consideração neste modelo. Estes são responsáveis por efeitos de interação dos momentos de spin e orbital do feixe. Faremos uma breve discussão nesse capítulo sobre esses efeitos, a fim de elucidar não só os mesmos, mas os resultados obtidos nas simulações e no experimento.

Uma breve descrição de duas aberrações presentes no experimento também será feita nesse capítulo: aberração esférica e astigmatismo. Enquanto a aberração esférica é um efeito controlado, o astigmatismo é gerado por desalinhamentos no sistema. Por isso, a

simulação depende dos parâmetros de astigmatismo para ser coerente com o experimento. Usaremos esse fato para fazer um ajuste de um desses parâmetros comparando os dados experimentais e resultados de várias simulações.

## 2.2 Modelo Mie-Debye

O cálculo da força em uma amostra na pinça ótica é feito através do fluxo do tensor das tensões de Maxwell por uma superfície fechada envolvendo tal amostra:

$$\vec{F} = \oint_{\sigma} \hat{n} \cdot T d\sigma - \mu\epsilon \frac{d}{dt} \int_{\nu} \vec{S} d\nu, \quad (2.1)$$

Para tal, precisamos calcular o campo eletromagnético incidente e espalhado nessa amostra (centro espalhador). Os detalhes de tais cálculos podem ser encontrados em [?] e [?], e não estarão no presente trabalho para evitar repetição. Começaremos, então, pelas equações de Maxwell em meios materiais, na ausência de correntes e cargas:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0 \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.3)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (2.4)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2.5)$$

com  $\mathbf{D} = \epsilon\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$ .

## 2.3 Interação Spin-Órbita.

blablabla...

blablabla...

## Capítulo 3

### Título do Terceiro Capítulo

blablabla...

blablabla...

blablabla...

## Capítulo 4

### Título do Quarto Capítulo

blablabla...

blablabla...

blablabla...

## Capítulo 5

# Considerações Finais

blablabla...

blablabla...

blablabla...

## Referências Bibliográficas

- [1] A. Mazolli, *Teoria das Pinças Óticas - Uma Aplicação da Teoria de Espalhamento Mie* (Tese de doutorado, Instituto de Física/UFRJ, 2003. 3
- [2] J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, John Wiley and Sons, New York, (1975)
- [3] J. Maldacena, *The Large  $N$  Limit of Superconformal Field Theories and Supergravity*, Adv. Theor. Math. Phys. **2**, 231 (1998), [arXiv:hep-th/9711200].

# Apêndice A

## Título do Primeiro Apêndice

blablabla...

blablabla...

blablabla...



## Apêndice B

### Título do Segundo Apêndice

blablabla...

blablabla...

blablabla...