



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VII  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA**

**TEODÓSIO CARDUCCI MEDEIROS GUIMARÃES**

**UMA BREVE HISTÓRIA DA DUALIDADE DA LUZ**

**PATOS  
2017**

**TEODÓSIO CARDUCCI MEDEIROS GUIMARÃES**

**UMA BREVE HISTÓRIA DA DUALIDADE DA LUZ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Física da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Área de concentração: História da Ciência

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Silva Vieira.

**PATOS  
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

G963b Guimarães, Teodósio Carducci Medeiros  
Uma breve história da dualidade da luz [manuscrito] /  
Teodosio Carducci Medeiros Guimaraes. - 2017.  
13 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) -  
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e  
Sociais Aplicadas, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Marcelo da Silva Vieira, CCEA".

1. História da física. 2. Onda-partícula. 3. Luz. I. Título.

21. ed. CDD 530



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS – CCEA  
CAMPUS VII – GOVERNADOR ANTÔNIO MARIZ  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

ATA DE DEFESA DE TCC

Aos 27 dias do mês de julho do ano de 2017; às 20:00 horas, no Campus VII da Universidade Estadual da Paraíba, ocorreu a apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, requisito da disciplina TCC, do aluno **Teodósio Carducci Medeiros Guimarães**, tendo como tema: "**Uma breve história da dualidade da luz**"

Constituíram a Banca Examinadora os professores:

Prof. Dr. Marcelo da Silva Vieira

Prof. Dr. Valdeci Mestre da Silva Júnior

Prof. Dr. Rodrigo César Fonseca da Silva

Após a apresentação e as observações dos membros da banca avaliadora, definiu-se que o trabalho foi APROVADO, com nota 9,5 (nove vírgula cinco).

Eu, Prof. Dr. Marcelo da Silva Vieira, Professor orientador, lavrei a presente ata que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. Marcelo da Silva Vieira  
(Orientador)

Prof. Dr. Valdeci Mestre da Silva Júnior  
(Examinador)

Prof. Dr. Rodrigo César Fonseca da Silva  
(Examinador)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me criado e dado inteligência.

A minha mãe por ter me ajudado em todos os momentos do curso e da minha vida.

Ao meu orientador Marcelo pelas fontes indicadas.

Aos demais professores pelo ensino.

A todos os meus colegas de sala que me acompanharam nesses anos de graduação.

.

“O oposto da luz é a escuridão; e escuridão é a ausência naquilo que é transparente do estado positivo correspondente acima caracterizado.”(Aristóteles)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>06</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>07</b>
2.1	A luz na Antiguidade.....	07
2.2	A luz na Renascimento.....	08
2.3	A luz Contemporânea.....	10
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>11</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>12</b>

## UMA BREVE HISTÓRIA DA DUALIDADE DA LUZ

Teodósio Carducci Medeiros Guimarães\*

### RESUMO

Este artigo descreve a breve história da dualidade onda-partícula da luz com o objetivo de fornecer uma ferramenta que permite uma maior compreensão a respeito deste tema do ponto de vista histórico, para professores e estudantes. Através de fontes bibliográficas foi redescoberto que a disputa sobre o que é a verdadeira natureza da luz nasceu com Aristóteles e os atomistas. Outro ponto importante a ser debatido é que Maxwell e De Broglie, apesar da aparente queda do mecanicismo, continuaram postulando ideias de uma luz ao modo cartesiano. Apesar dos avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas estarem ligados, direta ou indiretamente, ao estudo da luz, tais conclusões são propícias para uma breve formação acadêmica do assunto.

**Palavras-Chave:** História da Física. Onda-Partícula. Luz.

### 1 INTRODUÇÃO

A luz é o fenômeno ótico mais comum a ser observado. Seu estudo está relacionado com diversos avanços tecnológicos que vão desde a lâmpada aos cabos de fibra ótica usados pelos provedores de rede. A história por trás do estudo sobre a verdadeira natureza da luz é um assunto pouco tratado no ensino médio, mas nada aprofundado nas graduações, e por conta disso, muitos estudantes e professores dos cursos de Física ou a desconhecem por completo, ou prosseguem em suas carreiras carregando conceitos historiográficos equivocados sobre o tema. Os poucos artigos à disposição na internet e notas em livros, quando tomados isoladamente, são insuficientes para formação conceitual completa.

Da forma como a dualidade onda-partícula era entendida a princípio, todo o problema teórico residia no estudo da forma com que o fenômeno se deslocava. Se a luz é uma partícula então ela irá se deslocar em linha reta – hipótese que acabava tornando a explicação da difração<sup>1</sup> demasiadamente complicada. E se a luz é uma onda então ela teria amplitudes diferentes para distâncias diferentes e na reflexão iria se espalhar para todos os sentidos.

Em 1905 Albert Einstein lançou mão de uma hipótese quântica da luz. Naquele tempo a teoria ondulatória parecia estar tão fundamentada na realidade que as chances de se provar o

---

\* Aluno de Graduação em Licenciatura Plena em Física na Universidade Estadual da Paraíba – Campus VII.  
Email: teodosiocarducci@gmail.com.br

<sup>1</sup> O fenômeno da difração consiste na propriedade que a luz tem de contornar os objetos ou passar por orifícios quando são parcialmente interrompidas.

contrário não passava de mera ilusão de um iniciante na Física. A crença de Einstein numa teoria corpuscular da luz ainda é debate para seus biógrafos, mas as consequências dessa ideia parecia ser entendida por ele, que, no final da história, arrematou o Nobel por essa explicação. Passados mais de um século da postulação que encerrou a disputa entre as duas teorias da luz, a visão historiográfica estranhamente começa com René Descartes e Isaac Newton e termina, com um pulo de dois séculos, em Einstein. Essa atitude reforça a mitologia de que os renascentistas foram os primeiros a usar o cérebro sem qualquer contaminação advinda da religião ou de qualquer outra paixão pessoal que interferisse na interpretação dos dados.

Contudo com o avanço da historiografia das ciências e a criação da comunicação digital, já não é mais possível aceitar apenas a Renascença como ponto de partida dessas ideias. Platão, Aristóteles, e Epicuro, que sequer são mencionados nos atuais cursos de Física do Brasil, ganham atenção nessa história não apenas como os criadores das teorias mais também como autênticos cientistas. A qualidade do ensino em qualquer grau exige que os professores se mantenham atualizados com achados mais recentes das ciências, e não menos da área historiográfica.

Diante do atual quadro educacional brasileiro que parece não ter solução efetiva a curto prazo, esse artigo tem o objetivo de trazer, de forma compacta e clara a comunidade, a história da dualidade da luz conhecendo seus teóricos. Também tem os objetivos de definir um ponto histórico inicial das duas teorias e atualizar a classe docente para o ensino da história da luz. Como a trabalho é puramente historiográfico, a metodologia consistiu na análise qualitativa das fontes. Através de livros e sites foram mapeados os trabalhos ou as argumentações de cada lado e postos em linha cronológica.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 A luz na Antiguidade**

A Os primeiros a elaborarem uma constituição corpórea da luz foram os filósofos e sábios gregos. Existiam duas ideias em debate: uma que dizia que a luz era corpuscular e material, e outra, que a luz era ondulatória e imaterial. Será dado início pela primeira ideia.

De acordo com os estudos de Sílvia Carvalho<sup>[1]</sup> um dos primeiros a dizer que a luz se deslocava por corpúsculos foi o Epicuro(341 a.C. – 270 a.C.). Ele e outros filósofos adeptos do atomismo “consideravam a luz um fogo visual composto de partículas, diferentes, no entanto, das que compunham o restante dos objetos por serem bem menores”. Os antigos

gregos não viam a luz como uma entidade independente do corpo humano. E como chegaram a tal conclusão? Por uma experiência cotidiana. Quando uma tocha é acesa e posto perto dos olhos, é visível o reflexo da chama. Eles entendiam que isso era uma prova que a luz era expelida dos olhos e retornava com as informações do ambiente. Com esta teoria, explicaram a captação de imagens dos objetos pelos humanos e animais, de acordo com Alfredo Roque Salvetti<sup>[2]</sup>:

A visão tinha uma característica intimamente ligada ao tato; de dentro dos olhos saiam raios luminosos que tateavam os objetos e retornavam aos olhos trazendo consigo a informação dos objetos tocados, informações essas que ao serem interpretadas pelo cérebro gravam a sensação visual.

Em contrapartida, Aristóteles(384 a.C. – 322 a.C.) sugeriu algo oposto a essa teoria materialista. Propôs uma luz ondular<sup>[1]</sup> que era “essencialmente a qualidade accidental dos corpos transparentes reveladas pelo fogo”. Não via sentido na luz material, pois se fosse ocuparia o mesmo lugar de outros objetos como ar e os corpos translúcidos<sup>2</sup>. Ele não concordava com a teoria corpuscular, e muito menos que o olho tivesse fogo, pois:

Se o olho fosse fogo, como disse Empédocles, e tal como se afirma, e se a visão tivesse efeito quando a luz saísse do olho como de uma luminária, por que não seria igualmente possível a visão no escuro? Necessita absolutamente de sentido dizer, como faz o Timeu que, ao sair dos olhos, a luz é extinta no escuro. (Aristóteles, apud Salvetti)

## 2.2 A luz no Renascimento

A A luz na Renascença continua com o debate sobre a propriedade de partícula ou onda da luz, mas com mudanças em sua estrutura de ambas as ideias. Entre seus principais expoentes estão: Isaac Newton (com a teoria corpuscular da luz) e René Descartes (com a teoria ondulatória).

Newton<sup>[4]</sup> estava convencido que a luz era um corpúsculo e que a teoria ondulatória era falha por, aparentemente, não existir prova da difração<sup>3</sup>. Munido de sua

<sup>2</sup> “A luz não é fogo nem qualquer tipo de corpo e nem mesmo algum tipo de fluido de um corpo (se fosse isso, seria algum tipo de corpo também). (Luz) é a presença do fogo ou algo aparentado com o fogo naquilo que é transparente. Não é certamente um corpo, pois dois corpos não podem estar presentes no mesmo lugar. O oposto da luz é a escuridão; e escuridão é a ausência naquilo que é transparente do estado positivo correspondente acima caracterizado”. (ARISTÓTELES, *De Anima*, II, 7, 15 apud Rogério da Costa, 2011)<sup>[3]</sup>

<sup>3</sup> A descoberta da difração da luz, pelo padre italiano Francesco Maria Grimaldi, teve pouca repercussão ou foram ignoradas(Bernardo, L. M. 2009).

experiência de decomposição da luz com prismas, lançou a ideia dos “corpos “constituintes da luz”, que possuíam diferentes massas, dimensões ou quantidades de movimento e que as diferentes cores constituintes da luz branca poderiam estar relacionadas com estas referidas características. Enfim, explicou a existência das cores, como sendo o resultado da velocidade da luz (Bernardo, L. M., 2009). Porém, mesmo com Newton encabeçando a defesa desta teoria, não obteve muita aceitação por parte dos cientistas, apesar do reconhecimento pela engenhosidade de utilizar um prisma de material translúcido para efetuar a divisão da luz. Podemos citar outros grandes cientistas favoráveis a uma teoria corpuscular da luz, como os padres Pierre Gassendi (1592 - 1655) e Edme Mariotte (1620 - 1684).

Já Descartes (1596 - 1650) acreditava que a luz era uma onda. Um dos fundadores do mecanicismo, filosofia que afirma que no cosmo não existe vácuo e é formado por partículas submetidas às leis do movimento local<sup>4</sup>. Por exemplo, em um dos capítulos do seu livro *O mundo ou o tratado da luz* (Descartes, R., 1632), onde ele disserta sobre a mudança dos corpos provocada pelo fogo, conclui:

Ora, considerando que não me parece possível conceber que um corpo possa remover um outro sem que ele também seja movido, concluo que o corpo da chama que age sobre a madeira é composto por pequenas partes que se removem separadamente uma das outras num movimento demasiado violento e rápido.<sup>[6]</sup>

Outra premissa da teoria cartesiana é a concepção de que a luz é fruto da pressão das partículas etéreas umas sobre as outras. Para um melhor entendimento é preciso conhecer o cosmo imaginado por Descartes. Postulou que, é impossível afirmar que só existe um tipo de partícula em todo o universo, afinal, se tudo é formado da mesma substância, como se explica as diferenças captadas pelos nossos sentidos? Para contornar esse problema optou por dividir o cosmo em “três elementos” como relata o professor Bernardo:

Os corpos dos planetas, constituídos pelo ‘terceiro elemento’, são caracterizados pela opacidade. O ‘segundo elemento’ enche todo o espaço não ocupado pelo terceiro elemento, nomeadamente os espaços interplanetários. É transparente e capaz de transmitir a luz. O ‘primeiro elemento’, que é o mais subtil, preenche os intervalos entre as partículas do segundo elemento e acumulam-se no centro dos vórtices, ou turbilhões, existente no espaço celeste, constituindo o sol e as estrelas

---

<sup>4</sup>O físico norte-americano Wolfgang Smith<sup>[5]</sup> assim comenta sobre a filosofia cartesiana: "...o cartesianismo insiste em que nós não ‘lançamos olhar para o mundo exterior’, de acordo com esta filosofia, nós estamos engaiolados, cada um em seu mundo particular, e, o que normalmente tomamos como sendo parte do universo exterior, na verdade não passa de um fantasma, de um objeto mental – como um sonho – cuja existência não se estende para além do ato perceptivo."

E agora que a cosmologia cartesiana foi desvendada, pode-se entender a luz em seu ponto de vista. O professor Bernardo ainda relata:

Por causa do movimento rodopiante dos vórtices, algumas porções do primeiro elemento tendem a escapar-se em linha recta para o exterior do sol e das estrelas. Mas como o movimento retilíneo no ‘plenum’ é impossível esse material é subtilíssimo realizar o movimento, pressionando as partículas do segundo elemento que está em contacto com elas. Esta pressão radial com origem no centro do movimento circular constitui a luz, a qual se espalha em linha recta através do espaço preenchido pelo segundo elemento.

Em outras palavras: a luz é uma ilusão causada pela pressão entre essas partículas do segundo elemento (éter). Essa ideia acabou ecoando por meio de outro cientista da época: Christiaan Huygens(1629 - 1695). Huygens formulou a teoria da frente de onda<sup>5</sup>, onde cada ponto da onda pode se comportar como uma onda, que mais tarde viria ser provada pelo médico inglês Thomas Young(1773 - 1829), com um experimento bastante simples e preciso conhecido como dupla fenda<sup>6</sup>.

### 2.3 A luz Contemporânea

A luz contemporânea tem início no século XIX. Neste período, as ideias mecanicistas ainda eram muito forte na Europa. O resultado da simbiose entre Física e Matemática deu a impressão que tudo poderia ser reduzido a pequena extensão dos corpos. Isaac Newton, por exemplo, chegou a conjecturar inicialmente que a gravidade poderia ser produzida por um tipo de corrente de éter que viria do espaço em direção à Terra em alta velocidade(Silva, C. C., ANO). Já Louis de Broglie(1892 - 1987), a ideia de um mundo feito de bolinhas levou-o a postular que a luz tivesse uma massa de repouso em menor que  $10^{-50}g$ <sup>7</sup>.

<sup>5</sup> O esboço dessa ideia já havia sido postulada por Roberto Grossatesta<sup>[7]</sup>(1168 – 1253), um monge inglês do século XIII. “Forman primam corporalem, quamquidamcorporeitatemvocant, lucem esse arbitor. Lux enim per si in omnem partem se ipsamdiffundit, ita ut a punctolucissphaeralucisquamvis magna súbito generetur, nisiobsistatumbrosusum.” Em português: “A primeira forma corporal, chamada por alguns *corporeidade*, penso que é a luz. Pois a luz, *per se*, difunde-se a si mesma por toda parte, de tal maneira que de um ponto de luz se pode gerar instantaneamente uma esfera de luz de qualquer magnitude, contanto que algo opaco não se interponha como obstáculo”.

<sup>6</sup> No experimento, a luz é lançada para dentro do orifício de uma caixa, onde a luz ambiente quase não interfere, onde existe um anteparo com duas fendas de extensões iguais. Quando a luz passa, ela sofre interferência que pode ser visualizado na parte traseira da caixa.

<sup>7</sup> “Em épocas posteriores, ele sugeriu um limite  $m_0 < 10^{-50} g$  (DE BROGLIE, 1923a, p. 508). Em épocas posteriores houve ocasionalmente especulações de que o fóton poderia ter uma massa de repouso diferente de

Voltando ao século XIX, vemos a cosmologia proposta por Descartes levar James Maxwell a entender o fenômeno eletromagnético de forma mecânica. Em seu artigo *On physical lines of force*<sup>[10]</sup> ele lança a proposta do “modelo de células tubulares vorticais”(Bezerra, V. A., 2006), onde determina que:

As linhas de campo magnético corresponderiam aos eixos das células tubulares. Nos condutores, as partículas de rolamento poderiam se deslocar, formando uma corrente de condução, colocando as células contíguas em movimento. Nos isolantes, elas não poderiam se desgrudar da superfície das células, de modo que qualquer movimento provocaria uma distorção elástica nas células. Essa distorção corresponde ao campo elétrico. Dentro de corpos isolantes e condutores não ocorre acúmulo de partículas, uma vez que o número de partículas que entra em uma unidade de volume será o mesmo que sai pelo outro lado. Na fronteira entre um isolante e um condutor, porém, há uma descompensação, visto que no primeiro as células etéreas são distorcidas e no segundo não.

Ao obter sua equação de movimento para os vórtices e partículas buscou conhecer a velocidade de propagação nesse meio para compará-las com a velocidade da luz. “Observando esta concordância, Maxwell concluiu que a luz é uma vibração transversal que se propaga no mesmo meio que os fenômenos elétricos e magnéticos”<sup>[10]</sup>. Dessa forma acabou sendo pavimentado um novo olhar sobre a luz: uma onda eletromagnética. Esta visão em poucas décadas ganharia força com a descoberta do efeito fotoelétrico, do alemão Henrich Hertz(1857 - 1894).

A solução dessa dualidade foi dada por Einstein(1879 - 1955) que, com a compreensão das descobertas de Hertz e de Max Planck(1858 - 1947), formulou que a luz, assim como outros fenômenos quânticos, para ter um comportamento de partícula também deveria ter uma energia quântica. Sua explicação para o efeito fotoelétrico, como uma transferência de energia da luz para os elétrons, que acabam saindo da placa de metal, era tão simples que dava entender à comunidade acadêmica que não poderia ser essa a explicação.

### 3 CONCLUSÃO

Pode ser constatado, mesmo por fontes indiretas, que a ideia de corporeidade ou ondulação da luz nasceram quase dois milênios antes de René Descartes, Sir Isaac Newton, ou

---

zero. A partir das observações astronômicas, pode-se estabelecer o limite máximo para essa massa sendo de aproximadamente  $10^{-48}$  g (PAIS, 1982, p. 407; KIDD, ARDINI & ANTON, 1989, p. 30)”. [9]

qualquer outro filósofo renascentista. Tanto Descartes como Newton merecem os créditos por formularem hipóteses diferentes para descrever a natureza da luz mas não o reconhecimento como criadores das teorias. Além do mais, quando se omite ao passado, permite-se construir uma imagem mais radiante de uma época que só obteve seus avanços devidos justamente aos estudos pioneiros dos filósofos da antiguidade. Além disso, as teorias estavam relacionadas com o desenvolvimento de experimentos científicos de acordo com as limitações tecnológicas de cada época. Expor esses dados para professores e alunos tanto no ensino superior como ensino básico pode ser frutuoso não apenas como atualização do conhecimento, mas também como norte nas pesquisas sobre as propriedades ondulatória e particular da luz. Qualquer professor de qualquer nível poderá ser capaz de explicar, qualitativamente, a história da dualidade da luz.

## A BRIEF HISTORY OF THE DUALITY OF LIGHT

### ABSTRACT

This article describes the brief history of the wave-particle duality of light with the aim of providing a tool that allows a greater understanding of this theme from a historical point of view, for teachers and students. Through bibliographic sources it was rediscovered that the dispute over what the true nature of light was born with Aristotle and the atomists. Another important point to be debated is that Maxwell and De Broglie, despite the apparent fall of mechanicism, continued postulating ideas of a light to the Cartesian way. Although technological advances in recent decades have been linked, directly or indirectly, to the study of light, such conclusions are conducive to a brief academic formation of the subject.

**Keywords:** History of Physics. Wave-Particle. Light.

### REFERÊNCIAS

- [1] Carvalho, Silvia Helena Mariano de. **A natureza da luz: onda ou partícula**. Encontrado em: <http://www.cdcc.usp.br/fisica/Professores/Einstein-SHMCarvalho/node5.html> (Acessado em 20 de setembro de 2016).
- [2] Salvetti , Alfredo Roque. **A história da luz**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008. Encontrado em: <https://books.google.com.br/books?id=DxWd2du-JSEC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> (Acessado em 12 de setembro de 2016)

- [3] Costa, Rogério da. **Aristóteles, física, movimento e a natureza da luz.** Encontrado em: <http://oleniski.blogspot.com.br/2011/01/aristoteles-fisica-movimento-e-natureza.html> (Acessado em 27 de agosto de 2016)
- [4] Bernardo, Luiz Miguel. **História da Luz e das Cores, Volume 2.** Porto, Portugal: Editora da Universidade do Porto, 2009. Encontrado em: <https://books.google.com.br/books?id=6C0DKmTT9tcC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> (Acessado em 10 de setembro de 2016)
- [5] Smith, Wolfgang. **O Enigma Quântico: desvendando a chave oculta.** Campinas, SP: Vide Editorial, 2011.
- [6] Descartes, René. **O mundo ou tratado da luz.** São Paulo: Hedra, 2008.
- [7] Grossateste, Roberto. **A luz, o tempo e o movimento.** Porto Alegre, RS: Concreta, 2016.
- [8] Silva, Cibeli Celestino (org.). **Estudos de História e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino.** São Paulo, SP: Editora Livraria da Física, 2006.
- [9] Martins, Roberto de Andrade; Rosa, Pedro Sérgio. **História da Teoria Quântica: a dualidade onda-partícula, de Einstein a De Broglie.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- [10] Bezerra, Valter Anis. **Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física.** Encontrado em: <http://www.revistas.usp.br/ss/article/view/11074> (Acessado em 20 de setembro de 2016).
- [11] **James Clerk Maxwell: Eletromagnetismo e Luz.** Encontrado em: <http://www.ghtc.usp.br/Biografias/Maxwell/Maxwelleletreluz.html> (Acessado em: 02 de agosto de 2017)