

# A História da Física Médica na formação do Físico Médico

## The History of Medical Physics in the Medical Physicist's Education

Ricardo A. Terini<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Centro de Ciências Naturais e Humanas  
Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil<sup>2</sup>Grupo de Dosimetria das Radiações e Física Médica (GDRFM),  
Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

### Resumo

A utilização da história das ciências no ensino de Física é uma tendência mundial. O trabalho dos físicos médicos remonta, pelo menos, ao início do século 20, quando já atuavam para aplicar com segurança as radiações para fins de diagnóstico e tratamento. O presente trabalho buscou reunir dados disponíveis da história e da pré-história da Física Médica (FM), com o objetivo de fortalecer e definir melhor seu campo de conhecimento, dentro da história da Física, visando o aprendizado de estudantes e do público em geral. Aplicações da Física na área médica aparecem desde a antiguidade. Sábios, como Alhazen, Leonardo da Vinci, Descartes e Galvani contribuíram, ao longo dos séculos, para o conhecimento do funcionamento do corpo e a busca das condições de saúde; Laennec, Helmholtz, D'Arsonval e outros desenvolveram novos dispositivos de diagnóstico clínico; e físicos como Faraday ajudaram no treinamento dos médicos para lidar com as novas tecnologias. Os primeiros físicos médicos propriamente ditos tornaram-se professores e/ou escreveram livros de Física para estudantes de medicina. Mas a descoberta dos raios X e da radioatividade, assim como os problemas e sucessos na sua aplicação, é que consolidaram o desenvolvimento do campo da Física Médica voltado para o diagnóstico e o tratamento médico, como temos hoje. A abordagem histórica desses conhecimentos no ensino da Física Médica, juntamente com os conceitos científicos básicos, deve permitir aos estudantes construir uma visão mais clara e abrangente desse instigante campo da física.

**Palavras-chave:** física médica; história; ensino; formação em física médica.

### Abstract

*The utilization of the history of science in Physics teaching is a worldwide trend. The work of medical physicists dates back at least to the early 20th century, specifically to safely apply radiation for diagnostic and treatment purposes. This work gathered the available knowledge of the history and prehistory of Medical Physics (MP), to strengthen and better define its field of knowledge, within the history of Physics, aiming a better understanding of students and of the public in general. Applications of physics in the medical field appear, in fact, since antiquity. Wise men, such as Alhazen, Leonardo da Vinci, Descartes and Galvani, contributed over the centuries to the knowledge of the functioning of the body and of health conditions; Laennec, Helmholtz, D'Arsonval and others developed new clinical diagnostic devices; and physicists like Faraday helped the training of doctors in dealing with the new technologies. The first medical physicists became teachers and/or writers of Physics books for medical students. But the discoveries of X-rays and radioactivity, along with the problems and successes in their application, have been consolidated the development of the MP field for the diagnosis and medical treatment, as we have today. The use of this historical approach to the Medical Physics teaching, along with the basic scientific concepts, should allow students to build a clearer and more comprehensive view of this exciting field.*

**Keywords:** medical physics; history; medical physics education; learning; teaching.

### 1. Introdução

Há alguns anos, em 2012, a Organização Internacional do Trabalho (ILO) classificou internacionalmente a Física Médica (FM) como profissão, sendo "parte integrante da força de trabalho dos profissionais de saúde"<sup>1</sup>. No entanto, o trabalho dos físicos médicos remonta, pelo menos, ao início do século 20, quando já atuavam no esforço de aplicar com segurança as radiações recentemente descobertas (raios X e radioatividade) para fins de diagnóstico e tratamento médico.

A expansão da aplicação das radiações e o desenvolvimento de muitas tecnologias e métodos clínicos modernos, como a Tomografia Computadorizada

(TC), a Ressonância Magnética (IRM) e a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), trouxeram a necessidade, em todos os países, de desenvolver educação e capacitação de alta qualidade em FM, para apoiar o uso eficaz e seguro dessas tecnologias. Nas últimas décadas, muitos cursos em nível de graduação e pós-graduação surgiram visando a formação na área de FM, propondo diferentes estruturas e esquemas conceituais. No Brasil, por exemplo, desde a década de 1990, foram criados mais de 10 programas de graduação e 12 de residência na área de FM<sup>2</sup>.

A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA)<sup>3</sup>, o Instituto de Física e Engenharia em

Medicina do Reino Unido (IPEM)<sup>4</sup>, a Associação Americana de Física Médica (AAPM)<sup>5</sup> e outros organismos internacionais e nacionais desenvolveram guias e recursos didáticos para apoiar e tentar homogeneizar tais iniciativas educacionais.

Para além da discussão de grades curriculares e métodos de aprendizagem, a Organização Internacional de Física Médica (IOMP) começou recentemente o projeto “*History of Medical Physics*”, com publicações específicas sobre o assunto através de seu jornal “*Medical Physics International*” (MPI)<sup>6</sup>.

Em sintonia com esse esforço, o presente trabalho buscou reunir dados disponíveis da história e da pré-história da Física Médica e sintetizá-los em língua portuguesa, facilitando seu acesso a mais pessoas. Já em trabalho anterior, abordamos as vantagens, para estudantes e interessados em geral, da divulgação dos conceitos da FM *online* e em língua nativa<sup>7</sup>.

A utilização da história das ciências no ensino de Física é uma tendência mundial. O Brasil, já no início dos anos 2000, publicou os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN-EM), que incluía diretrizes que enfatizam o uso da história das ciências no ensino da Física<sup>8</sup>. De acordo com o Dr. Roberto A. Martins<sup>9</sup>:

*“A história das ciências nos apresenta uma visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar no estudo didático dos resultados científicos (conforme apresentados nos livros-texto de todos os níveis). Os livros didáticos enfatizam os resultados aos quais a ciência chegou - as teorias e conceitos que aceitamos, as técnicas de análise que utilizamos - mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da ciência. De que modo as teorias e os conceitos se desenvolvem? Como os cientistas trabalham? Quais as ideias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado? Quais as relações entre ciência, filosofia e religião? Qual a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época?”*

A Física Médica não se desenvolveu isolada, sem conexão com as noções científicas, as tendências e o contexto histórico de cada época. Sua abordagem, além disso, evoluiu no tempo e essa constatação só pode auxiliar a compreensão de seus conceitos e de sua importância na atualidade. Conforme Quintal e Guerra<sup>10</sup>:

*“A história da ciência, quando não factual, apresenta os cientistas de forma contextualizada, inserindo-os no tempo e espaço em que viveram. Dessa forma, explicita-se a relação da produção científica com as outras áreas do conhecimento, e também a maneira como a ciência dialoga com a sociedade em que está sendo construída.”*

O objetivo deste trabalho é contribuir para a utilização da História da Física Médica na formação em FM, como ferramenta para melhor caracterizar, definir e fortalecer esse campo do conhecimento,

dentro da história da Física e da Ciência, tanto na visão de estudantes como das pessoas em geral.

## 2. Materiais e Métodos

No presente trabalho, fizemos uma pesquisa em artigos e obras recentes que abordam dados sobre a história e a pré-história das aplicações da Física à Medicina<sup>11-17</sup>.

Há poucas fontes abordando fatos anteriores ao século XIX<sup>11-13,17</sup>. A maioria data o início da Física Médica (ou da moderna FM) somente a partir da descoberta dos Raios X e da Radioatividade.

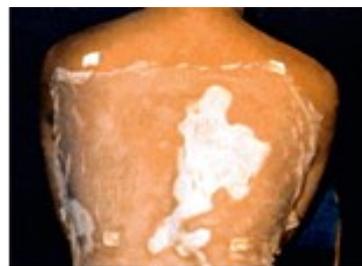
Em língua portuguesa, há raros documentos ou sites da Internet que incluem dados sobre a história da Física Médica. Desses, quase todos começam citando Leonardo da Vinci (1452-1519) como “o primeiro físico médico”, para logo em seguida abordar a descoberta dos raios X. Para contribuir nesse sentido, recentemente, junto com a Dra. Ana Carolina B. Machado, lançamos, em língua portuguesa, uma obra que faz uma abordagem histórica da Física Médica, desde a antiguidade até os dias atuais<sup>17</sup>.

## 3. Resultados

Os dados a seguir podem contribuir para construir, no Brasil, um panorama mais abrangente da história da Física Médica.

### 3.1. Aplicações médicas da Física antes do século XVII

Keevil<sup>11,17</sup> menciona que os antigos egípcios já utilizavam métodos físicos para o diagnóstico de doenças. O Papiro Cirúrgico de Edwin Smith, escrito entre 3000 e 2500 a.C., o mais antigo documento médico conhecido, contém uma notável descrição do *tratamento de abscessos mamários por cauterização* com uma broca de fogo. Hipócrates, ~460-377 a.C., na Grécia Clássica, descreveu um método diagnóstico para o mapeamento da *distribuição da temperatura da pele* usando argila úmida (≡“*termografia*” atual) (Fig. 1). Essa é a mais antiga técnica de diagnóstico por imagem que se conhece.



**Figura 1:** Reprodução de uma *termografia* de Hipócrates. Na imagem, um pano embebedo em terra de oleiro foi aplicado às costas de um voluntário. O pano seca mais rápido onde é maior a temperatura da pele embaixo dele<sup>11</sup>.

O anatomista Herófilo (~325-270 a.C.), após ter comprovado o sincronismo do pulso com os batimentos cardíacos, usou a clepsidra (relógio d’água) para medir as pulsações (~“metrologia do tempo” atual).

Entre os séculos X/XI d.C., o sábio iraquiano conhecido como *Alhazen (Ibn al-Haytham, ~965-1040)* revolucionou o desenvolvimento e o método

científico no mundo islâmico e na Europa, e “fez contribuições fundamentais para a Ótica, incluindo uma descrição da *física da visão*, e a primeira demonstração experimental de que a *visão* é produzida por *raios de luz que entram no olho*, em vez da luz que emanaria do olho para sondar objetos, como alguns pensavam anteriormente”<sup>17</sup>.

Leonardo da Vinci é, sem dúvida, o principal nome científico do século XVI, sendo considerado por muitos como o “1º. *Físico Médico*”, por seus estudos sobre a locomoção e a anatomia humana, a ótica e pela descoberta do princípio das lentes de contato, entre outras contribuições significativas.

### 3.2. A *Iatrofísica*

No início do século XVII, se desenvolveria a corrente médica conhecida como “*Iatrofísica*” (do grego “*iatrós*” ≈ médico /cirurgião)<sup>11,12</sup>, baseada na crença de que a natureza poderia ser descrita minuciosamente em termos puramente *mecanicistas*. Essa crença acabou estendida para as criaturas vivas, apoiada, entre outras, em descobertas sobre o papel do *coração como uma bomba*, pelo médico *Andreas Vesálius* (1514-1564), sobre a *circulação do sangue*, pelo médico *William Harvey* (1578-1657), e sobre o *metabolismo basal*, a partir das medições sistemáticas da flutuação do próprio peso, feitas pelo médico *Santorio Santorio* (1561-1636).

*René Descartes* (1596-1650), em sua obra “*Tratado do homem e da formação dos fetos*” (1675), também descreveria as criaturas como *mecanismos*: o mecanismo corporal seria dirigido por uma *alma racional* localizada na glândula pineal.

A *Iatrofísica* foi uma antecessora da Física Médica, mas se restringia apenas à interpretação da *natureza da vida e das funções do corpo humano*, e acabou falhando em explicar vários fenômenos vitais. Conduziu, porém, ao desenvolvimento da *Biomecânica*, em particular, através do trabalho de *Giovanni Borelli* (1608-1679) (Fig. 2).

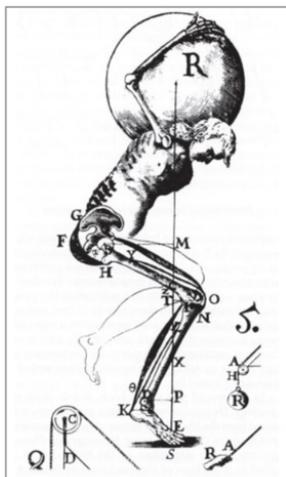


Figura 2: Ilustração da obra de G. Borelli, representando o corpo como um mecanismo, de acordo com as concepções da *Iatrofísica*<sup>11</sup>.

### 3.3. O Século XIX e a Física Médica

Outros pesquisadores, em particular nos séculos XIX e XX, contribuiriam também com importantes descobertas ou a invenção de novos equipamentos ou tecnologias que viriam a ser úteis, no campo da saúde, aplicando *conceitos físicos* para o diagnóstico ou o tratamento médico. A Tabela 1 resume alguns desses cientistas e suas contribuições.

Tabela 1. Algumas contribuições científicas para as áreas do diagnóstico ou do tratamento médico até o início do séc. XX

Autor	Época	Descoberta/Invenção
Anton van Leeuwenhoek, naturalista	1674	Microscópio de uma lente
Luigi Galvani, médico, físico e obstetra	1780	Corrente bioelétrica
René Laennec, médico	1819	Estetoscópios
Hermann von Helmholtz, matemático, médico e físico	1850	Oftalmoscópio
Pierre Curie, físico	1881	Piezoeletricidade
Arsène d'Arsonval, médico, físico e professor	1895	Eletroterapia moderna
Wilhelm Roentgen, físico	1895	Tubos de Raios X
Henry Becquerel, Pierre e Marie Curie, físicos	1896/1898	Radioatividade
Willem Einthoven, médico	1902	Eletrocardiograma de corda – 1º. ECG
William D. Coolidge, físico e engenheiro	1913	Tubos de raios X de Coolidge
Hans Berger, neurologista e psiquiatra	1929	Eletroencefalogramas
Rolf M. Sievert, físico	1932	Câmaras de ionização

Durante o século XIX, alguns físicos começaram a ajudar no treinamento de médicos para lidar com as novas tecnologias. É o caso de *Michael Faraday* (1791-1867), genial físico experimental, que, desde 1835, fazia conferências no Hospital St. George, em Londres.

No Reino Unido, os cursos de graduação em Medicina passaram, então, a incluir conteúdos de Física Básica, sob responsabilidade de um Departamento de Física criado nas escolas de Medicina.

O uso inicial do termo *Física Médica* (ou mais especificamente, “*Physique médicale*”) foi em Paris, em 1778. O termo foi introduzido pelo secretário-geral da *Société royale de médecine*, *Félix Vicq d’Azir* (1748-1794)<sup>11</sup>. A Física foi explicitamente incluída no trabalho desta sociedade ao lado das outras ciências básicas, tais como botânica, história natural e química.

Apesar das contribuições anteriores de Leonardo Da Vinci e outros, o Dr. Francis A. Duck, da Universidade de Bath, UK<sup>a</sup>, considera *Jean-Noel Hallé* (Fig. 3) como o *fundador* da Física médica. Em 1795, ele tornou-se *professor de física médica* e

<sup>a</sup> Duck FA, autor do livro “*Physics and Physicians: A History of Medical Physics from the Renaissance to Röntgen*”; IPBM, UK: 2013.

*higiene* na Escola de Saúde da Faculdade de Medicina em Paris. Para Hallé, a Física poderia também contribuir para a preservação do corpo e a obtenção de uma vida saudável.



**Figura 3:** Jean-Noel Hallé (1754-1822), considerado como o fundador da Física Médica

Em 1814, uma *definição* concisa para a *Física médica* apareceria em Paris na versão revisada do dicionário médico de Nysten<sup>b</sup>, refletindo a visão da época:

“Física aplicada ao conhecimento do corpo humano, para sua preservação e a cura de suas moléstias.”

O sucessor de Hallé, *Pierre Pelletan*, assumiu em 1822 a primeira cadeira de *Física médica*, separada do tópico sobre *higiene*. Pelletan publicou o primeiro livro-texto de Física para estudantes de medicina. Livros similares foram em breve publicados na Espanha, Grã-Bretanha e Alemanha. Obras especificamente sobre Física aplicada à Fisiologia e à Medicina também foram publicadas nesse período, como as de *Carlos Mateucci* (1844), na Itália, e *Adolf Fick* (1856), na Alemanha<sup>c</sup>.

A Grã-Bretanha e os EUA introduziram a Física médica pouco tempo depois dos franceses. O termo inglês utilizado então era “*filosofia natural*”. O médico escocês *Neil Arnott* (Fig. 4) foi o primeiro a usar numa obra o termo inglês “*Medical Physics*”, em 1827.



**Figura 4:** Neil Arnott (1788-1844), o primeiro a usar a expressão inglesa “*medical physics*”.

Com seu *best-seller* de ciência popular “*Elements of physics*”<sup>c</sup>, contribuiu para a compreensão pública sobre a ligação entre Física e Medicina. O primeiro livro em inglês sobre *Física médica*, voltado para estudantes e médicos, foi escrito por um norte-

americano, o professor da Universidade de Nova York *John C. Draper* (1835-1885), e publicado em 1885<sup>d</sup>.

Durante o século XX, a ênfase da Física Médica se deslocaria para o uso de técnicas físicas para *diagnóstico* e *terapia* de doenças, bem como na pesquisa de tecnologias para a *proteção* contra os riscos das radiações<sup>17</sup>.

A origem da *Radioterapia*, assim como da *Medicina Nuclear* e do *Radiodiagnóstico* atuais, residem, claramente, na descoberta de Röntgen dos *raios X* em 1895, na descoberta da *radioatividade* por Henri Becquerel e o casal Curie nos anos seguintes, e na subsequente descoberta do *rádio*. Mas não se pode esquecer de outras importantes aplicações médicas da física que se originaram na mesma época, como, por exemplo, a aplicação da *radiação ultravioleta* no tratamento de doenças como o *lúpus* (fototerapia), pelo Dr. *Niels Finsen* (1860-1904).

Acidentes na aplicação muitas vezes imprudente das radiações, queimaduras, alopecia, indução de câncer em radiologistas, entre outros problemas foram relatados nesse período inicial. Tais sucessos acabaram levando ao desenvolvimento de tecnologias e recomendações de Proteção contra radiação, assim como dispositivos e padrões para Dosimetria da radiação: dessa forma, com o conhecimento e práticas seguras foi possível melhorar a situação inicial<sup>12,15,17</sup>.

Na década de 1950, médicos já atuavam junto com físicos em inúmeras instituições clínicas. Vários organismos nacionais e internacionais foram criados, para o desenvolvimento das diferentes áreas da Física Médica e da Proteção Radiológica. Nos anos 60/70, surgiriam, então, as primeiras legislações profissionais em Física Médica.

#### 4. Discussão

O estudo da pré-história e da história da Física Médica revelam que, desde a antiguidade, passando por Alhazen, Leonardo da Vinci, e os iatrofísicos, a física foi aplicada à mensuração e compreensão das funções fisiológicas. No processo, novas disciplinas como oftalmologia, biomecânica e eletrofisiologia foram estabelecidas. Outros cientistas se concentraram em desenvolvimento de tecnologias para diagnóstico e tratamento. Os primeiros físicos médicos propriamente ditos se tornaram professores e/ou escreveram livros de Física para estudantes de medicina no século XIX. E a descoberta dos raios X e da radioatividade, suas aplicações, seus problemas e vitórias, tornaram possível o desenvolvimento do campo de FM, na configuração que temos hoje.

#### 5. Conclusões

A abordagem histórica desses conhecimentos, juntamente com os conceitos básicos de Física, aplicados ao ensino da Física Médica, deve permitir

<sup>b</sup> Nysten P-H. “*Dictionnaire de Médecine, et des Sciences accessoires à la Médecine*”; Paris, Brossan: 1814.

<sup>c</sup> Arnott N. “*Elements of physics or natural philosophy, general and medical, explained independently of technical mathematics*”, London: Underwood: 1827.

<sup>d</sup> Draper JC. “*A text-book of medical physics for the use of students and practitioners of medicine*”; Philadelphia: Lea: 1885.

aos alunos e interessados em geral construir uma visão mais clara e abrangente da FM. Dessa forma, pensamos que será possível aumentar o interesse pela pesquisa e, mesmo, o ingresso nesse instigante campo da física.

### Agradecimentos

À FAPESP, pelo apoio parcial para participação do WCMPBE 2018, em Praga, e no CBFM 2018, em Porto Alegre.

### Referências

1. International Labor Organization (ILO). International Standard Classification of Occupations, ISCO-08; Geneva: 2012.
2. Melo CS, Oliveira LCG, Costa PR. Medical Physics Education and Training in Brazil: Current Situation and Future Development. *Med. Phys. Intern. J.* 2017; 5(1): 21-26.
3. International Atomic Energy Agency (IAEA). Funciones y responsabilidades y requisitos de enseñanza y capacitación para los físicos médicos clínicamente cualificados. Colección de Salud Humana del OIEA n° 25; Viena: 2014..
4. Institute of Physics and Engineering in Medicine (IPEM). Recommendations for the Provision of a Physics Service to Radiotherapy; York, UK: 2009.
5. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). A Guide to the Teaching of Clinical Radiological Physics to Residents in Diagnostic and Therapeutic Radiology, Rep. No. 64; College Park, MD: 1999.
6. International Organization for Medical Physics (IOMP). Editorials. *Medical Physics International Journal* 2017; 5(2): 127.
7. Silva RP, Terini RA. Online didactic resources for Medical Physics learning in native language at superior and secondary education level. IUPESM Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2012, Beijing, China; Berlin: 2013.
8. Ministério da Educação e Cultura do Brasil (MEC). Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio - Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. MEC/SEMTEC. Brasília: 1999.
9. Martins RA. *In: Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino*, organizado por C.C. Silva; SP: Ed. Livraria da Física: 2006.
10. Quintal JR, Guerra A. A história da Ciência no processo de ensino e aprendizagem. *SBF, Física na Escola* 2009; 10(1): 21-25.
11. Duck FA. The origins of medical physics, *Physica Medica* 2014. 30: 397-402.
12. Keevil S. Physics and medicine: a historical perspective, *The Lancet* 2012. 379: 1517-1524.
13. Round WH. The (pre-) history of medical physics. Proceedings of the Engineering and the Physical Sciences in Medicine 2013. Pan Pacific Hotel, Perth, Australia.
14. Kostylev VA. Medical Physics: Yesterday, Today, and Tomorrow. *Biomedical Engineering* 2000; 34(2): 106-112.
15. Meinhold RF. One hundred years of X-Rays and Radioactivity – Radiation protection: then and now. Proceedings of IRPA9: International Congress on Radiation Protection, Vol. 1; ICRP: 1996.
16. Mould RF. A Century of X-Rays and Radioactivity in Medicine: with Emphasis on Photographic Records of the Early Years; Institute of Physics Publishing: 1993.
17. Machado ACB, Terini RA. Uma Introdução à Física Médica; SP: Ed. Livraria da Física: 2017.

### Contato:

Ricardo Andrade Terini

*Centro de Ciências Naturais e Humanas  
Universidade Federal do ABC*

*Av. dos Estados, 5001, CEP: 09210-580*

*Bairro Santa Terezinha, Santo André, SP - Brasil*

e

*Laboratório de Dosimetria das Radiações e Física Médica - Instituto de Física / USP*

*Rua do Matão, 1371, CEP 05508-090*

*Cidade Universitária, São Paulo, SP - Brasil*

*E-mail: [rterini@if.usp.br](mailto:rterini@if.usp.br)*