

# Os conteúdos das disciplinas de biofísica e a física

(*The biophysical class contents and the physics*)

Gilberto Corso<sup>1</sup>

*Departamento de Biofísica e Farmacologia, Centro de Biociências,  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil*

Recebido em 29/12/2008; Aceito em 8/1/2009; Publicado em 30/6/2009

Neste trabalho exploramos os conteúdos ministrados nas disciplinas de biofísica oferecidos na graduação de estudantes da área da saúde e da vida. Na mostra dos conteúdos desta disciplina enfocamos três tópicos: a importância de se ensinar biofísica para se entender fisiologia, a relação entre os conteúdos de biofísica e o maquinário médico hospitalar e os pré-requisitos de física necessários ao estudo da biofísica: em especial aos conteúdos que não estão presentes no segundo grau, como a impedância acústica. Neste contexto estabelecemos as diferenças, às vezes sutis, entre biofísica, física médica e bioengenharia. Por fim escrevemos sobre leis alométricas, biologia molecular e dinâmica de populações que poderiam ser abordados nesta disciplina, mas que por motivos diversos não costumam entrar no conteúdo programático da biofísica na graduação.

**Palavras-chave:** ensino de biofísica, física médica, bioengenharia.

We explore the biophysical class contents of graduate students of health and life science areas. We focus on three main points: the relevance of teaching biophysics to provide background to the understanding of physiology, the relation between biophysical contents and the medical equipment and the necessary background in physics to teach biophysics, in special what are the contents that are not present in the high school education (acoustic impedance is a major example). In this context we discuss the differences between medical physics, biophysics and bioengineering. Finally we write about allometric laws, molecular biology and population dynamics, themes that could be explored in biophysics, but due to several reasons are outside of biophysical graduation classes.

**Keywords:** biophysics teaching, medical physics, bioengineering.

## 1. Introdução

Muitos estudantes da área exata demonstram uma curiosidade maravilhada acerca da biofísica, os motivos desta sedução são incontáveis. Talvez seja o mistério de estudar a vida, de desvendar algum truque do DNA, de ficar frente a frente com um anfíbio em seu ambiente natural, de ter um emprego vestindo branco em um hospital, de trabalhar em um lugar com mais meninas, ou de encontrar a cura de alguma doença grave e incurável que tenha ceifado a vida de um ente querido. Especialmente a este público este artigo é escrito. Espero não os decepcionar, de antemão adianto que aqui encontrarão muitos caminhos, respostas e perguntas.

A impressão primeira oferecida pela biofísica a um físico que por descuido se tornou professor desta disciplina foi a de um conjunto de conteúdos de biologia que para sua compreensão requer um conhecimento um pouco mais sofisticado de física. Paralelamente, quem tem o poder nos departamentos que lecionam biofísica são biólogos ou médicos. Este pessoal, não muito fa-

miliarizado com física, acaba passando a bola do ensino desta disciplina para alguns poucos dentre eles que por aptidão, renúncia ou emprego público estável, se sujeitam a mexer um pouco com equações e abstratos conceitos da física.

Antes de descrever o que se ensina na biofísica, que é o tema deste escrito, permitam uma breve digressão sobre a física e o que um físico pode esperar de um ramo da física aplicada (afinal muitos talvez tenham em mente ser este o *status* da biofísica). O curso de física nos faz pensar que existem disciplinas fundamentais: mecânica, eletromagnetismo, mecânica estatística ou quântica. Os currículos de graduação e pós-graduação enfatizam o caráter essencial destas áreas e somos todos conduzidos a imaginar, não totalmente sem razão, que podemos resolver um sem número de problemas usando conceitos e métodos da física. Assim acontece, por exemplo, com a física nuclear, o estado sólido, a astronomia, ou a física de plasma. Assim, em tese, se passaria com a biofísica, mas esta, porém, situa-se em uma geografia mais longínqua do que as anteriores. A

<sup>1</sup>E-mail: corso@cb.ufrn.br.

física de plasma pertence por inteiro ao mundo da física, a biofísica, por outro lado, não se situa totalmente à vontade, nem dentro da física, nem na biologia.

Por fim uma advertência, este escrito não se ocupa do que a biofísica é, ou deveria ser, aqui se fará apenas uma exposição breve do que ela tem sido sob a ótica da demanda dos seus currículos de graduação. Centramos este relato na realidade de nossa instituição que pode ser considerada um caso típico no país. O leitor interessado em uma visão ampla da biofísica confira a Ref. [1]. Na descrição dos conteúdos da disciplina enfocaremos três aspectos: a necessidade de se ensinar biofísica para se entender fisiologia, a relação entre a biofísica e o maquinário médico e os pré-requisitos de física necessários à biofísica: o que se ensina e o que não se ensina no segundo grau.

## 2. O que se ensina na disciplina de biofísica

A disciplina de biofísica é ministrada para vários cursos da área biológica e da saúde. Os currículos dos cursos de graduação variam ao longo do país, em nossa instituição (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) ministramos a cadeira de biofísica para os cursos de odontologia, medicina, biologia, enfermagem, biomedicina, fisioterapia e ecologia. A disciplina é adaptada à realidade de cada curso, assim, por exemplo, para a Fisioterapia ensina-se a interação do infravermelho com a matéria pensando na aplicação desta radiação no aquecimento de tecidos do corpo humano. O mesmo processo físico é ensinado para o curso de ecologia focalizando-se na interação da radiação infravermelho gerada pela terra com a atmosfera e o efeito estufa. Para o curso de odontologia não se ensina radiação infravermelho, mas Raios X e suas aplicações. Os principais livros texto utilizados são os das Refs. [2,3,4].

Pelo parágrafo anterior o leitor poderia inferir que se ensinam conceitos aplicados nos cursos de biofísica. Isto é hoje, e é apenas uma parte da verdade. Observe, a título de ilustração, como se estrutura um dos livros texto mais antigos e conceituados sobre o tema, um livro argentino conhecido pelo nome de seu autor, o Frumento [5]. Um terço do livro é só físico-química: soluções, pH, equilíbrio ácido-base, tensão superficial, difusão e transporte, colóides, etc. Um sétimo deste livro é dedicado à termodinâmica, onde apenas uma pequena parte é voltada a calorimetria animal que realmente interessa ao biólogo. Outra boa parte é consumida em radiobiologia, com muita ênfase em atomística, física nuclear e radiações. Mais um pouco sobre membrana celular e por fim resta alguma coisa para biofísica dos sistemas. Esta última corresponde a tópicos de física necessários ao estudo dos sistemas muscular, circulatório, respiratório, renal, auditivo e ótico.

Hoje, em nosso departamento, estamos trabalhando para dar um caráter mais aplicado e atual a esta disci-

plina. Os estudantes de biologia e ecologia estão estudando tópicos de biofísica ambiental, que não existiam nos currículos anteriores. Assim introduzimos temas como efeito estufa, dinâmica da camada de ozônio, rendimento energético entre níveis tróficos na cadeia alimentar ou poluição sonora. Por outro lado, as turmas da área da saúde estão vendo ainda mais de perto a física relacionada aos equipamentos biomédicos que utilizarão em suas profissões. Há vinte anos atrás, por exemplo, não se mencionava em sala de aula ultra-som, ressonância magnética nuclear ou laser, hoje estes conceitos são vitais para o profissional de enfermagem, ou biomedicina.

Um importante motivo de ser da biofísica é dar suporte ao ensino de fisiologia, o qual, por si só, justificaria sua inserção em cursos de medicina. Existem alguns conceitos cruciais para o entendimento do sistema circulatório e respiratório humano que necessitam de conhecimentos de dinâmica de fluidos que não são sequer mencionados no ensino médio. Um médico precisa conhecer a lei de Bernoulli e a transição do regime laminar para o turbulento para entender os sons pulmonares e cardíacos. Também relacionado ao sistema circulatório, a velocidade do sangue na saída do coração pode ir a 30 cm/s e nos capilares não passa de 0,3 mm/s o que se explica pela conservação da vazão em sistemas em série e paralelo. Ademais, para se entender a queda de pressão ao longo do sistema circulatório (e o motivo de possuímos afinal um coração) é preciso saber o que são fluidos reais e o que é a viscosidade.

Um outro tópico que está ausente do ensino de segundo grau (e inclusive do Halliday), mas que aparece com força na biofísica do sistema auditivo é o conceito de impedância acústica. O som com o qual nos comunicamos se propaga no ar, mas o corpo humano é constituído principalmente de água que possui uma impedância acústica muito maior do que o ar, devido a isto a maior parte da energia da onda sonora vinda do meio exterior é refletida no ouvido ao invés de ser transmitida para dentro do crânio. Desta forma o nosso sistema auditivo, ao longo de sua história evolutiva, teve que desenvolver mecanismos de ganho extraordinários para compensar esta perda. Curiosamente, a audição nos organismos aquáticos não enfrenta este problema, sendo então muito mais simples do ponto de vista anatômico e fisiológico.

No mais das vezes, entretanto, o estudante da área da saúde precisa apenas aprofundar conteúdos do segundo grau na compreensão da fisiologia. Os conceitos de pressão osmótica para entender o funcionamento do rim e da troca de fluidos através das membranas, refração da luz no olho, difusão e diferença de potencial na membrana celular, pressão parcial de gases e difusão no sistema respiratório, pressão em fluidos na descrição da medida da pressão cardíaca, ou alavancas na compreensão da biomecânica do sistema esquelético muscular. Existem também conceitos que não são muito ex-

plorados no ensino médio, mas se mostram utilíssimos em várias áreas da biofísica, cito a intensidade da onda (ou radiação), que possibilita o entendimento de escala decibel em acústica, da sensibilidade visual em fisiologia da visão, e da radioproteção em radiobiologia.

Na área da saúde a biofísica é vista, muitas vezes, a reboque do maquinário biomédico. Ensina-se biofísica, também, para que os profissionais da saúde possam operar instrumentos médicos sofisticados onde se destacam os aparelhos de imageamento. O século XX assistiu a um aumento exponencial no desenvolvimento das tecnologias médicas. A invasão da física e da tecnologia na medicina começou há pouco mais de 100 anos com a descoberta dos raios X que quase imediatamente gerou instrumentos de produção de imagens do interior do corpo humano. Quanto ao uso de radiações na medicina vale destacar aquilo que no Brasil se chama física médica. Os físicos reivindicaram com sucesso para sua categoria as atividades profissionais envolvendo o uso de material radioativo e de radiações ionizantes em geral. Divide-se a física médica em três grandes áreas, a saber: a radioterapia, o radiodiagnóstico e a medicina nuclear. A primeira é exclusivamente terapêutica enquanto as outras duas estão na ponta das técnicas de imageamento. A radioterapia trabalha com o uso de radiações ionizantes na destruição de tecido canceroso, seu mote é: destruir com radiação o máximo de câncer minimizando o dano aos tecidos sadios do corpo. O radiodiagnóstico trata do estudo de imagens médicas usando raios X, a técnica básica é: radiação de uma fonte externa incide sobre o corpo projetando sombras (os ossos são mais radio-opacos do que os tecidos moles) em uma película fotográfica radio-sensível. A medicina nuclear é um pouco mais sofisticada, aqui radioisótopos são introduzidos no paciente sendo seletivamente absorvidos por tecidos que passam a irradiar radiação gama. Então um sensor fora do corpo, tipicamente uma gama-câmara, capta esta radiação e uma imagem é construída no computador. Tanto a medicina nuclear como o radiodiagnóstico são essencialmente técnicas de imageamento, mas na primeira o paciente não entra em contato direto com radioisótopos.

Existem outras técnicas de imageamento que não usam radiações ionizantes, como a ultra-sonografia e a ressonância nuclear magnética. Na compreensão destas tecnologias se utiliza uma linguagem física sofisticada, a ultra-sonografia envolve ondas de ultra-som, reflexão de onda na passagem entre meios (aqui entra de novo o conceito de impedância acústica), absorção da onda acústica pelos tecidos, difração, etc. A ressonância magnética é ainda mais sutil, pois para seu entendimento se necessitam usar idéias quânticas como spin de partículas nucleares e interação do spin com campos magnéticos oscilantes. Curioso que, do ponto de vista da classificação dos saberes, a ultra-sonografia e a ressonância magnética são estudadas por engenheiros. Chama-se pomposamente de bioengenharia este ramo

da engenharia.

Outra grande área da bioengenharia lida com potenciais elétricos evocados que são registrados em uma série temporal. Variando um pouco os eletrodos e o sistema de amplificação e filtragem do sinal se constroem vários instrumentos de medida de biopotenciais importantes no diagnóstico médico. O mais famoso, e que corresponde ao mais intenso sinal elétrico no corpo, é o eletrocardiograma. Este instrumento registra o campo elétrico oscilante do coração, com auxílio do eletrocardiograma muitas disfunções cardíacas podem ser detectadas. Em ordem de fama e importância segue o eletroencefalograma que registra os potenciais evocados sobre a superfície do couro cabeludo informando sobre o comportamento elétrico do cérebro. O número de eletrodos (e de canais de entrada) que podem ser usados neste equipamento, varia de 8 até mais de uma centena dependendo do tipo de exame. Existe também um instrumento que avalia o sinal da atividade elétrica dos músculos, o miograma. Este instrumento pode usar tanto eletrodos de superfície (como aqueles utilizados no eletrocardiograma) como sensores tipo agulha para avaliar a condição de músculos profundos.

A área da bioengenharia é vasta, quem já visitou uma UTI pode imaginar. Um excelente livro sobre o assunto é o de Instrumentação Médica [6]. Medem-se sinais de pressão dentro de um vaso sanguíneo, sinais da concentração de oxigênio, glicose ou gás carbônico no sangue, o fluxo de ar expelido pelos pulmões, a temperatura em tecidos, a velocidade do sangue em vasos, os sons pulmonares e tantos outros. Como este artigo é sobre os conteúdos da cadeira de biofísica, e em cursos de graduação nem sempre se vai muito além do eletrocardiograma e de algumas técnicas de imageamento, não convém se adentrar nos filamentosos meandros deste ramo da bioengenharia.

Para fechar esta seção se citarão três tópicos que não são usualmente abordados (mas poderiam ser) em biofísica: biologia molecular, dinâmica de populações e leis alométricas. É claro que para se entender movimento, interação e estrutura de biomoléculas se utilizam muitos conceitos de física (e de química), porém a biologia molecular é um ramo histórico da bioquímica. Apesar de que, por incrível que pareça, hoje a maior parte dos artigos publicados em revistas especializadas de biofísica estão relacionados à biologia molecular. Assuntos como enzimas, afinidade entre biomoléculas ou estrutura tridimensional do DNA por pertencer historicamente a bioquímica não são ministrados na cadeira de biofísica (pelo menos não em nossa instituição). A dinâmica de populações é uma parte da ecologia que estuda o número e a proporção de espécies frente às pressões do meio, seus métodos foram fortemente influenciados pela teoria dos sistemas dinâmicos. Não por acaso foi um ecólogo, Lord Robert May, quem descobriu caos na equação logística, uma equação clássica da ecologia de populações. Hoje a ecologia é o ramo

da biologia que mais utiliza descrições matemáticas da natureza; um biólogo pode passar sua vida confortavelmente longe de equações, um ecólogo jamais. Por fim as leis alométricas que nos possibilitam relacionar grandezas como tamanho, consumo energético, velocidade do vôo ou tempo entre dois batimentos cardíacos para um conjunto muito grande de organismos. O estudo das leis alométricas abre um sem número de conexões físicas e matemáticas no mundo da vida.

### 3. Últimas palavras

A última década tem assistido um crescente interesse pelas ciências da vida. Tornou-se já senso comum afirmar que o século XX foi da física e o XXI será da biologia. Palavras com o prefixo bio são criadas a todo o momento: biotecnologia, bioinformática, biorremediação, biomecânica, bioindicador, bioestatística. Envolta em manto de mistérios a partícula semântica bio fascina e encanta. Elucubrações filosóficas à parte, esperamos que este breve relato seja inspirador aos professores de física que queiram utilizar-se do universo bio na preparação de suas aulas e de material didático. E, também, aos alunos recém formados que nutrem o desejo de trabalhar no lado bio do conhecimento.

A despeito da atualidade do tema não enfocamos neste escrito o ensino da biofísica ambiental (outros poderiam chamá-la de física ambiental). Isto por se tratar de disciplina ainda muito incipiente. Não existe hoje no Brasil nenhum livro texto sobre o assunto. Em nossa instituição temos introduzido algumas aulas sobre o assunto nas disciplinas já existentes de biofísica, mas as dificuldades encontradas são muitas. Basicamente pelo fato desta disciplina fazer interface com as ciências da atmosfera, a oceanografia e a geofísica – áreas em que nós físicos não temos formação nos cursos de graduação. Se a biofísica já é uma ciência difícil de ser ministrada, pois requer um professor que conheça

física e biologia, a biofísica ambiental exige uma pessoa de saber verdadeiramente enciclopédico.

Para finalizar um exercício de imaginação para aqueles que porventura sonham em vir a ser professores nesta interface. Formulações abstratas não lhe serão muito úteis na atuação didática, não existem Hamiltonianas em biofísica. Para se ensinar biofísica são necessárias longas descrições da natureza e um saber fenomenológico de física – antes de entrar em sala de aula tente deixar a maioria das suas equações do lado de fora. Para dar uma aula de biofísica interessante é preciso conhecer física do cotidiano e ter bons bocados de biologia em seu coração.

### Agradecimentos

Agradeço aos professores Alexandre Queiroz e Ronaldo Alves do Amaral que tem me ajudado a superar o trauma de ter caído de pára-quedas em terra estrangeira. Ademais cito o apoio financeiro do CNPq na realização deste trabalho.

### Referências

- [1] R. Glaser, *Biophysics* (Springer Verlag, Heidelberg, 1996).
- [2] E.A.C. Garcia, *Biofísica* (Sarvier, São Paulo, 2002).
- [3] M. Carneiro Leão, *Princípios de Biofísica* (Guanabara, Koogan, Rio de Janeiro, 1982).
- [4] E. Okuno, L. Caldas e C. Chow, *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas* (Harper & Row do Brasil, São Paulo, 1982).
- [5] A. Frumento, *Biofísica* (Editora Intermédica, Buenos Aires, 1974).
- [6] John G. Webster, *Medical Instrumentation: Application and Design* (John Wiley & Sons, Inc. New York, 1998).