

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

GILSON BARROS DA ROCHA

**PERSPECTIVAS DOCENTES E CURRICULARES DA BIOFÍSICA NOS CURSOS
DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS NA CONTEMPORANEIDADE**

RECIFE

2017

GILSON BARROS DA ROCHA

**PERSPECTIVAS DOCENTES E CURRICULARES DA BIOFÍSICA NOS CURSOS
DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS NA CONTEMPORANEIDADE**

Projeto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Linha de pesquisa: Processos de construção de significados em ciências e matemática.

Orientador: Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório.

Recife

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

R672p Rocha, Gilson Barros da.
Perspectivas docentes e curriculares da Biofísica nos cursos de Bacharelado em Ciências Biológicas na contemporaneidade / Gilson Barros da Rocha. – 2017.
140 f : il.

Orientador: Alexandro Cardoso Tenório.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências , Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Ensino de biofísica 2. Bacharelado 3. Biólogo 4. Docente do ensino superior
I. Tenório, Alexandro Cardoso, orient. II. Título

CDD 378

Gilson Barros da Rocha

**Perspectivas docentes e curriculares da Biofísica nos cursos de Bacharelado em Ciências
Biológicas na contemporaneidade**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para à obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Aprovado em: 30 de agosto de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório - UFRPE (Orientador)

Profa. Dra. Monica Lopes Folena Araújo - UFRPE (Membro interno)

Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza - UFRPE (Membro externo)

Profa. Dra. Ana Paula Teixeira Bruno Silva - UFRPE (Membro externo)

AGRADECIMENTOS

Ao **Criador** a eterna gratidão da vida, esta dádiva maior.

Aos meus **familiares**, em especial, meus **pais** (*in memoriam*) e **avós** (*in memoriam*) pela herança moral, ensinada e vivenciada através de atitudes.

A minha amada **Izabel** e filhas **Luíza** e **Júlia** que tornam meus dias mais ensolarados.

A **Educação** que através da docência me possibilitou enxergar o próximo na figura dos alunos e dos colegas de trabalho nesta busca constante de construir na sociedade **Humana, Justa e Fraternal**.

Ao Prof. Dr. **Alexandro Cardoso Tenório** por aceitar ser orientador da minha pesquisa de forma espontânea ao ser consultado ao término de uma aula e por mim oportunizar discussões criativas, filosóficas ao longo do curso.

Aos **professores que contribuíram com este trabalho** através de suas experiências no campo da pesquisa e docência retratada nas entrevistas, sem o qual tornar-se-ia impossível a sua conclusão.

Aos amigos do Mestrado em Ensino das Ciências, em especial, a **César Henrique, Roberta Silva, Erica Bezerra** e **Wanieverlyn Lima** presente divino que o **Criador** nos concede na caminhada solidária em busca dos nossos sonhos.

A **UFRPE**, instituição acolhedora, onde a afetividade faz parte do corpo docente.

Ninguém escapa da educação. Em casa, na rua, na igreja ou na escola, de um modo ou de muitos, todos nós envolvemos pedaços da vida com ela: para aprender, para ensinar, para aprender-e-ensinar. Para saber, para fazer, para ser ou para conviver, todos os dias misturamos a vida com a educação. Com uma ou várias: educação? Educações. [...] Não há uma forma única nem um único modelo de educação; a escola não é o único lugar em que ela acontece e talvez nem seja o melhor; o ensino escolar não é a única prática, e o professor profissional não é seu único praticante.

Brandão (2001, p. 7).

RESUMO

Em tempos atuais é exigido ao profissional saber tecer conexões entre os diferentes conhecimentos, e uma dessas é a da Biofísica. Presente em cursos da área da Saúde, a Biofísica vai além das questões humanas e se faz presente e tem interesse na biodiversidade. Pensando nisso, este trabalho teve como principal objetivo compreender o perfil do componente curricular Biofísica para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade. Para isso, levamos em consideração a evolução do pensamento biológico através dos paradigmas das ciências, a relação entre as Ciências Física e Biológica em seu campo interdisciplinar (Biofísica) e a importância curricular na sua formação profissional. A metodologia utilizada foi de natureza qualitativa descritiva realizada através das entrevistas com os docentes de Biofísica de duas universidades públicas de Pernambuco, complementada pela análise documental (Projeto Pedagógico de Curso – PPC –, Ementas e os conteúdos do Plano de Ensino). Entre os resultados, destacam-se as limitações apontadas pelos docentes quanto à base em conhecimentos físicos dos bacharéis em Ciências Biológicas, e o espectro de informações priorizarem mais os procedimentos técnicos laboratoriais do que a ampla repercussão da Biofísica. Condição esta que ocorre devido ao fato do componente curricular Biofísica ser comum a cursos na área de Saúde ofertados pelas instituições, o que dificulta a sua identidade profissional no mercado de trabalho. Com isso, ressaltamos a necessidade dos cursos investigados reverem a distribuição dos conteúdos, e mesmo sua relação com as demais componentes do curso em razão de sua importância enquanto componente do ciclo básico, além do papel do docente em buscar adequar a sua formação ao perfil profissional que se objetiva desenvolver.

Palavras-chaves: Ensino de Biofísica; Bacharelado; Biólogo; Docente do Ensino Superior.

ABSTRACT

In current times is required the professional know how to weave connections between different knowledge, and an exit is from Biophysics. Present in courses in the area of Health, Biophysics goes beyond human issues and is present and has an interest in biodiversity. Thinking about this, this work had as main objective the profile of the curricular component Biophysics for training in Bachelor in Biological Sciences in the contemporaneity For this we take into account the evolution of biological thinking through the paradigms of science, the relationship between the Physical and Biological Sciences in their interdisciplinary field (Biophysics) and the importance of curriculum in their professional training. The methodology used was of descriptive qualitative nature carried out through the interviews with the Biophysics professors of two public universities of Pernambuco, complemented by documentary analysis (Pedagogical Course Project - PCP -, Menus and the contents of the Teaching Plan) among the results, we highlight the limitations pointed out by the teachers regarding the physical knowledge base of the bachelors in Biological Sciences, and the spectrum of information prioritize technical laboratory procedures more than the broad impact of Biophysics. This condition occurs due to the fact that the Biophysics curricular component is common to courses in the Health area offered by the institutions, which hinders their professional identity in the labor market. With this, we emphasize the necessity of the courses investigated to review the distribution of the contents, and even its relation with the other components of the course due to its importance as a component of the basic cycle, besides the role of the teacher in seeking to adapt their training to the professional profile that is intended to develop.

Keywords: Biophysics Teaching. Bachelor degree. Biologist. Teacher of Higher Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Rupturas paradigmáticas ao longo da história da humanidade	17
Figura 2	Contribuições de Anaximandro, Hipócrates de Cós e Aristóteles para o desenvolvimento de Biologia	19
Figura 3	Paradigma Positivista até o final do século XIX	25
Figura 4	Modelo do paradigma emergente do século XX	27
Figura 5	Bactéria Magnetotática	37
Figura 6	Bactérias Magnetotáticas: sua magnetização é paralela ao campo geomagnético B_T	37
Figura 7	Imagem de uma formiga <i>P. marginata</i>	38
Figura 8	Imagens de microscópicas da cabeça (a) e dos cristais de hematite (b) da <i>P. marginata</i>	38
Figura 9	Principais fontes de campos biomagnéticos localizados no corpo humano	40
Figura 10	Magnetocardiografia e magnetocefalografia	40
Figura 11	Os campos de operacionalização da interdisciplinaridade e seus ângulos de acesso	48
Figura 12	Fases da pesquisa para obtenção de dados	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Detalhamento da formação acadêmica dos docentes de Biofísica da pesquisa.	68
Quadro 2	Relação dos objetivos específicos e instrumentos de pesquisa	70
Quadro 3	Ficha de correlação dos conteúdos programáticos de Física e Biofísica	72
Quadro 4	Ficha de afinidade dos conteúdos de Biofísica	74
Quadro 5	Temas e categorias obtidas da análise das entrevistas	77
Quadro 6	Posicionamento e condições dos componentes curriculares na matriz curricular no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da UPE e UFPE..	79
Quadro 7	Ementas de Física para Biólogos e Biofísica da UPE	83
Quadro 8	Correlação dos conteúdos dos planos de ensino da UPE	87
Quadro 9	Nível de afinidade dos conteúdos do Plano de Ensino de Biofísica da UPE...	93
Quadro 10	Ementas de Física e Biofísica da UFPE	106
Quadro 11	Correlação dos conteúdos a partir do Plano de Ensino de Física e Biofísica da UFPE	108
Quadro 12	Nível de afinidade dos conteúdos de Biofísica da UFPE	111

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
1.1. A influência dos Paradigmas Científicos na História da Biologia.....	16
1.2. Relação entre as Ciências Físicas e Biológicas	30
1.3. Biofísica: um campo interdisciplinar	46
1.4. Currículo e formação do Bacharel em Ciências Biológicas	53
CAPÍTULO 2 - PERCURSO METODOLÓGICO	66
2.1. Abordagem e tipo de pesquisa	66
2.2. Campos, sujeitos e obtenção de dados da pesquisa	67
2.3. Instrumentos da pesquisa	70
2.3.1. <i>Análise documental</i>	70
2.3.1.1. Ficha de análise da correlação entre os conteúdos programáticos	71
2.3.1.2. Ficha de afinidade dos conteúdos programáticos	73
2.3.2. <i>Entrevista</i>	75
2.4. Procedimento de análise dos dados	77
CAPÍTULO 3 - RESULTADOS & DISCUSSÕES	79
3.1 UPE: proposta de formação em Biofísica sem pré-requisito	80
3.1.1 <i>As ementas do curso da UPE</i>	83
3.1.2 <i>Relação entre os conteúdos de Física para Biólogos e Biofísica da UPE</i>	86
3.2 UFPE: componente curricular condensado com os conteúdos de Física.....	97
3.2.1 <i>As ementas do curso da UFPE</i>	105
3.2.2 <i>Relação entre os conteúdos de Física e Biofísica da UFPE</i>	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE A – TCLE para o docente de Biofísica da UPE.....	122
APÊNDICE B – TCLE para os docentes de Física e Biofísica da UFPE	123

APÊNDICE C – Roteiro de Entrevista.....	124
APÊNDICE D – Unidades de contextos utilizados na análise de conteúdo	125
ANEXO A – Ementas dos componentes curriculares Física e Biofísica da UPE e UFPE contidas no PPC.....	131
ANEXO B – Plano de Ensino de Física para Biólogos da UPE (semestre 2016.1).....	132
ANEXO C – Plano de Ensino de Biofísica da UPE (semestre 2016.1)	135
ANEXO D – Plano de Ensino de Física e Biofísica da UFPE (semestre 2016.1).....	138

INTRODUÇÃO

Todos sabemos que a qualificação do professor é estratégica quando se fala de educação de qualidade. Contudo, está sendo difícil encontrar os parâmetros dessa qualificação. O problema é, que, tanto os conteúdos quanto a metodologia dos cursos de formação dos professores são, geralmente, ultrapassados. Eles são baseados numa velha concepção instrucionista da docência. Precisam profundas mudanças.

Moacir Gadotti (2013, p.10)

Embora Gadotti (2013) assinale em seu discurso questões pontuais a respeito do professor, isto nos permite levantar algumas questões relativas à formação de qualidade para as demais profissões, tais como: que parâmetros de qualidade estão sendo elencados para o processo de formação? Que tipo de profissional está sendo formado? A serviço de quais valores esses profissionais vem sendo preparados?

Olhando para as Instituições de Ensino Superior, esses questionamentos nos remetem a um entendimento da necessidade delas constantemente revisitarem suas ideologias relativas à formação profissional. Isto porque, em especial, temos a frente o século XXI um clamor fervoroso por indivíduos capazes de vivenciar aquilo que Delors (1999) denominou de os “Quatro Pilares da Educação”, a saber: aprender a aprender, aprender a fazer, aprender a viver com os outros e aprender a ser.

E ao contrário do que muitos pensam, esses pilares não apenas se restringem à Educação Básica, mas se estendem para todos os processos educacionais em virtude da necessidade do sujeito, inclusive nas suas atribuições profissionais, seja protagonista de sua história e capaz de atuar na transformação do seu meio e, conseqüentemente, da sociedade sob a égide da ética e da justiça socioambiental.

Porém, é importante nos lembrarmos de que, conforme defendido por Brandão (2001), o processo educativo não acontece de forma linear, quer dizer, a aprendizagem dar-se-ia numa perspectiva dialética de troca de saberes desenvolvidos no movimento do aprender-e-ensinar dentro e fora dos espaços educacionais formais. Nessa perspectiva, o processo de reorientação curricular, quando concebido como uma prática ética, assume o papel fundamental de construção, sistematização e implementação de uma práxis comprometida com a qualidade da formação dos seus sujeitos, sejam eles da Educação Básica ou Superior.

Diante de uma inquietação crescente, vivenciada ao longo de meus anos como docente de Física e Biofísica nos cursos de Bacharelado em Ciências Biológicas da Faculdade

Frassinetti do Recife (FAFIRE), percebo que a falta de motivação dos estudantes em relação à Física é devido em parte a um domínio conceitual deficiente e poucos conhecimentos de Matemática, e assim criando um distanciamento desses estudantes das Ciências Exatas. Somando-se a isto há a dificuldade de perceber as interligações entre a Física e a Biologia, que é um obstáculo a ser trabalhado.

Além disso, dos vários pareceres de solicitação de dispensa do componente curricular Física, os conteúdos direcionados ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, descritos e anexados aos históricos dos alunos, apresentavam-se confusos e distantes da Biologia. O que é lamentável para uma formação de qualidade do futuro Biólogo.

Tal constatação me conduziu a efetuar mudanças no Plano de Ensino do componente curricular Biofísica da FAFIRE, buscando contextualizar os conteúdos de Física numa perspectiva interdisciplinar com os conhecimentos da Biologia. Haja vista que os conteúdos abordados no componente curricular Física não devem ser trabalhado exatamente igual em Biofísica, faz-se necessário incorporar a esta elementos históricos, sociais, culturais e científicos próprios da Biofísica numa perspectiva interdisciplinar com Física.

Durante este período, presenciei várias mudanças no curso de Ciências Biológicas, porém o Ensino de Física e Biofísica ainda possuem uma forte influência do pensamento positivista (cartesiano). Em razão de privilegiarem na estrutura curricular temas dissociados das questões contemporâneas da sociedade e circulantes na vida cotidiana do aluno, e do seu futuro campo de atuação ditas como necessárias ao seu desenvolvimento integral.

Notórias são as críticas e questionamentos feitos ao modelo positivista, em especial, as que se referem ao fato deste modelo não contemplar os fenômenos contemporâneos. Santos Filho (2002) ressalta a questão do caráter epistemológico do conhecimento produzido nessa perspectiva, destacando que o surgimento da Teoria da Relatividade, da Física Quântica e da Mecânica Estatística nos proporcionou entender ser o conhecimento algo não estático e puramente objetivo. Levando-nos, desta forma, a repensar o que é fazer Ciência e qual a relação entre sujeito e objeto no âmbito do conhecimento científico.

Além dessas questões, os limites do pensamento cartesiano têm evidenciado o quanto é necessário não só conhecer as partes que compõem a realidade, mas as relações que estas estabelecem entre si, com outros elementos e suas implicações. Tendo em vista que os processos educacionais (escolar e acadêmicos) apresentam em sua estrutura curricular diferentes componentes curriculares, estas por vezes não dialogam entre si, embora possam existir, especialmente nos cursos de Ensino Superior, componentes interdependentes em

sistema de pré-requisito possibilitando o diálogo interdisciplinar entre os diferentes campos do conhecimento.

Como exemplo disso, temos a relação entre a Ciência Física e a Biofísica nos cursos de Bacharelados em Ciências Biológicas. Isto porque ao elencar os conhecimentos relevantes da Física nesse curso, é possível fazer apontamentos para fatores físicos relacionados com os fenômenos naturais, e mais especificamente com aqueles presentes na fisiologia dos mais diferentes seres vivos e estudados, sobretudo, pela Biofísica. Mas a dinâmica da formação nesta última, bem como o grau de intimidade com a Física, depende em muito do ponto de vista do docente universitário e como ele a direciona para o foco de interesse do curso (CORSO, 2009), isto porque a Biofísica também pode ser estudada por cursos de outras áreas como os da Saúde.

Nesta perspectiva, buscamos responder a seguinte problemática: *Qual o perfil do componente curricular Biofísica na formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade?* Esta questão surge diante do reconhecimento da construção de uma visão sistêmico-complexa da Biologia que vem se consolidando ao longo dos anos de sua história, em especial a partir da Biologia Organísmica ou Organicismo (GOMES et al., 2014), e que hoje, assim como as demais áreas do conhecimento, precisam lidar com o atual Paradigma da Complexidade (MARIOTTI, 2013).

As instituições que participaram desta pesquisa foram a Universidade de Pernambuco (UPE), e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Estas foram elencadas por se tratarem, respectivamente, de uma instituição estadual com poucos anos de curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, e de uma instituição federal cujo curso foi inaugurado em 1962, tendo inclusive ofertado por mais de dez anos o curso de pós-graduação em Biofísica¹ iniciado na década de 1980 e encerrado em 2002.

Como objetivo geral, buscamos compreender o perfil do componente curricular Biofísica para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade. Para isso, traçamos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar, a partir do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) dos cursos selecionados, a relação entre os componentes curriculares relativos à Física e Biofísica;

¹ Informação gentilmente concedida pelo Professor Doutor Romildo de Albuquerque Nogueira, o qual foi um dos coordenadores deste curso de pós-graduação entre 1986 a 1997, uma vez que não encontramos nenhum registro deste curso no atual *site* da UFPE, tendo ele sido, provavelmente, incorporado ao Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Fisiologia.

- Compreender a relação entre os conteúdos de Física e Biofísica, bem como sua relevância para formação do Bacharel em Ciências Biológicas na perspectiva dos docentes de Biofísica e seus respectivos Planos de Ensino; e
- Conhecer as expectativas dos docentes quanto às contribuições da Biofísica na formação do Biólogo.

A relevância dessa pesquisa científica encontra-se pautada num processo de busca investigativa por um Ensino de Ciências, em especial do componente curricular Biofísica, com uma perspectiva interdisciplinar, na qual foram detectados indícios dessa perspectiva nos achados investigativos, e que contribuem para o despertar de um trabalho interdisciplinar no curso de Bacharel em Ciências Biológicas, no entre os componentes de Física e Biofísica.

Nesse sentido, estruturamos este trabalho em três capítulos. O primeiro deles é o Capítulo 1, no qual apresentamos nossa *Fundamentação Teórica*, composta por textos que dissertam sobre: “A influência dos Paradigmas Científicos na História da Biologia”; “Relação entre as Ciências Físicas e Biológicas”; “Biofísica: um campo interdisciplinar”; e “Currículo e formação do Bacharel em Ciências Biológicas”.

No Capítulo 2 apresentaremos os *Procedimentos Metodológicos* adotados para a realização desta pesquisa, destacando desde já se tratar de investigação qualitativa de cunho descritivo, a qual se deu com base na análise de documentos relativos à formação dos bacharelados em Física e Biofísica e entrevistas com docentes universitários encarregados da formação desta última.

No Capítulo 3 nos dedicamos a apresentar os *Resultados e Discussões*. Buscando analisar cada contexto e proposta de formação encontrado separadamente: as propostas dos componentes curriculares, as relações dos conteúdos programáticos de Física e Biofísica, os níveis de afinidade dos conteúdos com os campos da Física e Biologia, bem como a formação prática – todas intercaladas com as considerações dos docentes entrevistados. E, para finalizar, relatamos as nossas *Considerações Finais*, seguidas da lista de *Referências*, *Apêndices* e *Anexos*.

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O historiador da ciência que examinar as pesquisas do passado a partir da perspectiva da historiografia contemporânea pode sentir-se tentado a proclamar que, quando mudam os paradigmas, muda com eles o próprio mundo. Guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar em novas direções. E o que é ainda mais importante: durante as revoluções, os cientistas vêem coisas novas e diferentes quando, empregando instrumentos familiares, olham para os mesmos pontos já examinados anteriormente.

Thomas Kuhn (1994, p. 147)

A fim de compreender o papel da Biofísica na formação do Biólogo, faz-se necessário entendermos alguns pontos que, no decorrer da história da humanidade, interferiram (e ainda interferem) nas atribuições deste profissional ante aos desafios contemporâneos. E isto perpassa desde a forma como o conhecimento científico foi e é produzido, e como este influenciou no desenvolvimento da Biologia.

Sendo assim, consideramos necessário iniciarmos este momento do trabalho esclarecendo alguns pontos que envolvem nossa pesquisa, tais como: entender os contextos que fizeram emergir os paradigmas científicos e como eles influenciaram no desenvolvimento das Ciências Biológicas; as atribuições do Biólogo em tempos pós-modernos; bem como os aspectos envolvidos no processo de formação e regulamentação desta profissão no Brasil.

Deste modo, buscamos entender que o desenvolvimento de algumas práticas profissionais, bem como os desafios presentes na formação e atuação do Biólogo tem uma origem histórica e está condicionada, a depender do contexto envolvido, pelo reconhecimento que dão a esta profissão de maneira em geral. Para então, focalizarmos sobre a natureza da Biofísica e do quanto ela depende dos conhecimentos produzidos pela Física para identificar nos fenômenos biológicos certos aspectos não claramente explicitáveis somente à luz da Biologia, o que fizemos por meio de diversos exemplos.

1.1. A influência dos Paradigmas Científicos na História da Biologia

Ao que parece, é inerente a natureza humana a necessidade de interpretar o mundo, atribuir juízo sobre certas ações, fatos e fenômenos na busca de interpretar a realidade que o cerca, possibilitando o discernimento entre o “certo” e “errado” ou “bom” e “mau”. Vasconcelos (2002) afirma ser assim também com as atividades desenvolvidas pelas comunidades científicas, como por exemplo, em aceitar ou não certas teorias, a qual está condicionada por aquilo que se denomina de paradigma.

Antes de prosseguir, faz-se necessário dialogarmos sobre o conceito de “paradigma”. Ela é uma palavra que tem origem do grego (*parádeima*) e cujo significado é modelo ou padrão. Mas, este termo veio aparece no campo da Ciência notadamente na década de 70 com a publicação da obra intitulada “A Estrutura das Revoluções Científicas” de Thomas Kuhn, um físico americano que alega serem os paradigmas “[...] as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 2013, p. 53).

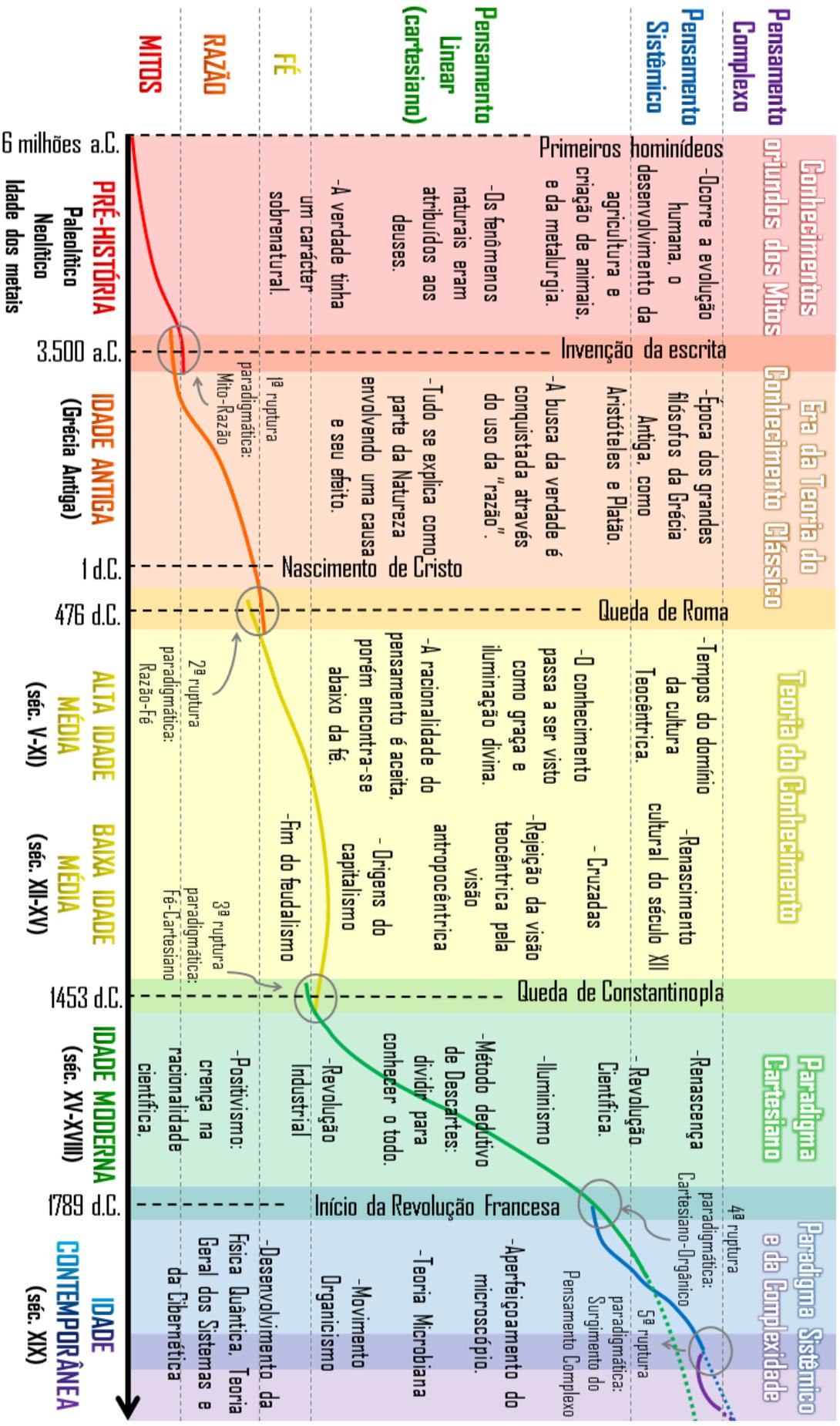
Kuhn (2013) faz outras colocações a respeito do paradigma quando o relaciona ao conjunto de crença e valores subjacentes à prática científica. Pois, à medida que o paradigma vigente não mais consegue responder a certos problemas revelando seus limites, novas perspectivas que fogem desse padrão tendem a surgir, algo por ele denominado de anomalias. Estas, por sua vez, geram crises paradigmáticas na Ciência, propiciando condições para as revoluções científicas, que culminam em mudanças paradigmáticas.

Nesse sentido, Cardoso (1995) afirma que a crise paradigmática é desconfortante para a Comunidade Científica, no entanto, representa um convite a uma reflexão para a renovação profunda de suas concepções. “O paradigma efetua a seleção e a determinação da conceptualização e das operações lógicas. Designa as categorias fundamentais da inteligibilidade e opera o controle do seu emprego” (MORIN, 2000, p. 25).

Numa caminhada histórica sobre os paradigmas (ver figura 1), veremos que o primeiro Paradigma da Ciência surgiu com a influência dos “Mitos”, cujas explicações dos fenômenos da vida eram oriundas das crenças que se tinham sobre os deuses (VASCONCELOS, 2002).

Esses deuses eram tidos como divindades, detentores do conhecimento, os quais não poderiam ser contestados e nem comprovados. Nesse ponto de vista, o homem acreditava que a partir da relação mundo real e mundo sobrenatural, era possível explicar e organizar a natureza, a vida social e o mundo psíquico (BEHRENS; OLIARI, 2007; CARDOSO, 1995).

Figura 1 – Rupturas paradigmáticas ao longo da história da humanidade.



Fonte: Elaborado por Gilson Barros da Rocha e César Henrique Pinto Moreira, 2017.

A “Teoria do Conhecimento Clássico” nascida na Grécia Antiga, marcou os séculos VIII a VI a.C., ao reconhecer a importância do conhecimento testado e comprovado. Com isso, trazia como marca deste estilo de pensamento a existência de uma causa e um efeito, e de que tudo podia ser explicado como parte da natureza. Nessa perspectiva a busca pela verdade se dá pela razão, e assim, a ciência está centrada em uma abordagem racional, discursiva e demonstrativa. Nesse sentido, o homem é compreendido como ser racional, e todo seu contexto, suas emoções e concepções não são considerados fontes seguras, ou seja, o sujeito deixa de existir (ARAÚJO, 2010; BEHRENS; OLIARI, 2007).

Em relação aos estudos biológicos desenvolvidos pelos gregos, Mayr (1998) afirma que pode ser distinguida em três grandes tradições, a saber: a Filosófica, Biomédica e da História Natural, representada por três grandes pelas figuras, respectivamente, de Anaximandro (Escola de Mileto), Hipócrates de Cós² e Aristóteles (ver figura 2).

Na Tradição Filosófica, destaca-se em particular Anaximandro de Mileto da Escola Jônica considerado por Burns (1968) como o primeiro a manifestar interesse pelos fenômenos biológicos. Ele defendia a tese de que a evolução orgânica é fundamentada no princípio da sobrevivência seguida de uma progressiva adaptação ao meio ambiente. Nela, afirmava que os primeiros animais vieram do mar, e quando as águas do mar baixaram alguns organismos possuíram a capacidade de adaptar-se a nova condição imposta e tornaram-se animais terrestres, cujo produto final teria sido o homem. Tal teoria é uma versão rudimentar que hoje encontra alguns pontos de afinidades presentes na Teoria da Evolução de Darwin, a qual é norteadora das Ciências Biológicas juntamente com as bases do campo da Genética.

Na Tradição Biomédica grega, apesar das contribuições de figuras como de Empédocles, expoente da teoria dos quatro elementos (terra, água, fogo e ar) e descobridor da dinâmica da circulação sanguínea e da função da pele nas trocas respiratórias, e Alcmeón, o qual introduziu a prática de dissecar corpos de animais (descobrendo o nervo óptico, por exemplo), chegando a afirmar que o cérebro é o centro do sistema nervoso (BURNS, 1986). Foram os trabalhos de Hipócrates de Cós (460 – 370 a.C.), quem chegou a coexistir com a tradição da História Natural e da Filosofia Jônica. Ele também desenvolveu um vasto campo de conhecimentos e teorias sobre Anatomia e Fisiologia, cujos “[...] corpo de doutrina, desenvolvido mais extensamente pelos alexandrinos (Herófilo e Erasístrato), e por Galeno e sua escola, constituíram a base para o ressurgimento da Anatomia e da Fisiologia durante a Renascença, particularmente nas escolas italianas” (MAYR, 1998, p. 109).

² Na Grécia Antiga durante no século V a.C. haviam dois gregos de destaque chamados Hipócrates: um, matemático da ilha jônica de Quios, outro, médico, também jônico, da ilha de Cós.

Figura 2 – Contribuições de Anaximandro, Hipócrates de Cós e Aristóteles para o desenvolvimento de Biologia.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Além disso, Hipócrates também lançou as bases da clínica médica, e segundo Chassot (1994), entre outras contribuições, a obra “Ares, águas e lugares” pode ser considerado um dos primeiros escritos sobre Climatologia relacionada com a importância do clima para a saúde. Sendo o principal engano desenvolvido por ele foi à prática da sangria decorrente de sua teoria dos humores (BURNS, 1986).

A tradição da História Natural é baseada nos conhecimentos sobre animais e plantas locais, e que nos remete as civilizações primitivas transmitidas oralmente de uma geração para outra. O pouco que se sabe deste conjunto de conhecimentos estão registrados na obra *Historia Animalium* de Aristóteles e, nos escritos de Teofrasto sobre plantas. O conhecimento sobre os animais, sobretudo daqueles desenvolvidos a partir das experiências com os animais domesticados quanto ao comportamento, nascimento, doença, nutrição, crescimento e outras manifestações da vida, serviram posteriormente para os primeiros estudos comparativos de pesquisas na área de Anatomia e das Ciências Médicas (MAYR, 1998).

Apesar dos esforços e interesses de Anaximandro em compreender os fenômenos biológicos, Aristóteles é considerado como o verdadeiro fundador das Ciências Biológicas, por ter distinguido diversos componentes curriculares da Biologia, valendo-se de uma perspectiva empírica contrariando aquilo que Platão aprenderá sobre a prioridade da razão, pois afirmava que “[...] a informação que procede dos nossos sentidos tem primazia sobre aquilo que nos diz a razão. Sob esse aspecto, ele estava todo um mundo afastado dos assim

chamados aristotélicos entre os escolásticos, que racionalizavam todos os problemas” (MAYR, 1998, p. 110). Burns (1968, p. 179) afirma que Aristóteles devotou anos de sua vida

“[...] ao cuidadoso estudo da estrutura, dos hábitos e do crescimento dos animais, revelou inúmeros fatos que não seriam redescobertos senão a partir do século XVII. A metamorfose de vários insetos, os hábitos reprodutivos da enguia, o desenvolvimento embriológico do tubarão (como o embrião se nutre no útero graças à placenta tal como acontece com os fetos dos mamíferos) – são apenas amostras da estupenda extensão de seus conhecimentos. Seu estudo das estruturas homólogas foi tão importante, que ele é comumente considerado o pai da anatomia comparada.

Apesar de sua grande contribuição para o desenvolvimento dos estudos sobre os fenômenos relacionados à vida, assim como Hipócrates e Anaximandro a respeito, respectivamente, da teoria dos humores e da substância primária chamada de *apeiron* que formaria tudo, Aristóteles também foi infeliz em algumas assertivas, tais como: negar a sexualidade das plantas; que as cabras respiravam pelos ouvidos e abutres eram fecundados pelo vento; e ainda que defendesse uma teoria geral da evolução, acreditava na geração espontânea, por exemplo, de alguns vermes e insetos (BURNS, 1986), crença que se prolongaria por muitos anos até a descoberta do químico e médico francês Louis Pasteur, em 1861, que confirmava a Teoria Biogênica.

A partir da queda de Roma, diversos fatores tais como invasões dos Bárbaros, crise econômica, disputa dos militares pelo poder, fez emergir um novo sistema sociopolítico que marcaria um longo período da história da humanidade regida pelo sistema feudal: a Idade Média (BURNS, 1968). Esse período foi marcado pelo paradigma da “Teoria do Conhecimento”, na qual o homem é percebido como criatura de Deus, que representa o supremo maior.

Em decorrência disso, esse período é marcado por uma cultura teocêntrica, a qual considera Deus como o centro do universo. A verdade é resultante da fé nas Escritas Sagradas. Consecutivamente, houve poucas inovações da ciência, já que a Igreja exercia um grande poder e influência e com isso predominava o monopólio sobre a sociedade e assim reprimia a ciência. Por esta razão a verdade da razão seria ela uma dádiva concedida por Deus aos homens, conforme descreve Lara (1991, p. 25):

Reconheciam os medievais que a razão humana pode descobrir muita coisa, pois pode pesquisar raciocinar, inventar. Mas existem verdades supremas que a razão não chega a conhecer, pesquisavam eles. Esse Deus revelou. Estão na Bíblia. [...] A igreja conhece essas verdades, as pregos, as conservas [...], pois a cultura da Idade Média era teocêntrica, isto é, tinha Deus no centro, como valor supremo.

De acordo com Lara (1991) e Moraes (1997), o conhecimento passa a ser visto como graça e iluminação divina, a racionalidade do pensamento é aceita, porém encontra-se abaixo da fé. Com isso, a Igreja domina e tem o monopólio da cultura, ocorrendo poucas inovações científicas nesta época devido à repressão aos cientistas.

A Idade Média costuma ser dividida em dois momentos chamados de Alta Idade Média e Baixa Idade Média. Sobre essa primeira fase, Nascimento Júnior e Souza (2011, p. 22-23) comentam que:

Durante a primeira fase da Idade Média (do século V ao XII) a Igreja construiu uma visão contemplativa da natureza, oriunda do neoplatonismo, principalmente de Agostinho, bispo de Hipona. Tal visão se expressava nos filósofos cristãos. Era a Patrística. Os pensadores medievais se concentraram na discussão da cosmologia cristã, acrescida de detalhes da ética, estética e da filosofia da natureza, quase sempre, a partir das concepções neoplatônicas agostinianas.

Neste período, os principais protagonistas da produção do conhecimento acerca dos fenômenos naturais, foram os árabes. Do século IX ao XII suas escolas foram muito profícuas no esclarecimento de questões naturais ligadas às funções do corpo, aos animais e as plantas. Muitas teorias árabes antecederam aquelas produzidas pelos cristãos séculos depois. Foram, inclusive, os que primeiro se dedicaram com grande sucesso, ao método experimental, no estudo da filosofia da natureza, da alquimia, da botânica, da medicina, além da geografia, da matemática e da lógica, influenciando intensamente o Ocidente.

A Baixa Idade Média marca o início da perda de influencia da Igreja nas produções científicas a qual é resultante de um conjunto de fatores, tais como: o surgimento das primeiras universidades no início do século XII; a Peste Negra; o fracasso das Cruzadas; a retomada dos textos gregos clássicos advindos dos povos árabes; o crescimento das atividades comerciais com o Oriente próximo e com ela a ascensão da classe burguesa que levaria ao fim o sistema feudal e o início do sistema capitalista (BURNS, 1986; CHASSOT, 1994). Já que “[...] a religião tomou um aspecto menos abstrato e se transformou numa instituição mais profundamente preocupada com os assuntos desta vida” (BURNS, 1986, p. 353).

Em situação oposta, a Biologia do período da Idade Média ainda continuava dormente, provavelmente ligada ao fato de não se poder questionar sobre a criação de Deus como ter sido ofuscada dada ao prestígio da Matemática e a sua neutralidade teleológica. Ela só viria ser objeto de estudo apenas no final do século XVIII, e princípio do XIX, quando as universidades se tornaram centro de pesquisa biológica.

Do século XIII ao XV, ocorre o surgimento da Renascença, a qual recusava a focalização no mito (pré-história), na razão (Grécia antiga) e também na fé (Idade Média) como fonte para o conhecimento (BEHRENS; OLIARI, 2007). Neste período, a visão

teocêntrica tende a ser superada pela visão antropocêntrica, e este novo homem surge com as credenciais de ser o senhor do cosmo e criador perante a natureza, celebrando sua liberdade num contexto de individualidade. Entretanto, como ressalta Burns (1986, p. 414):

A mentalidade estreita dos primeiros humanistas da Itália não somente retardou o progresso da filosofia, mas também embarçou o avanço da ciência. Esses homens, [...] não tinham espírito crítico; aceitavam a autoridade dos neo-platônicos com uma credulidade digna da Idade das Trevas. Além disso, o seu interesse se concentrava na arte e na literatura, não na ciência. Indubitavelmente, essa atitude pode ser atribuída em parte ao fato de que os chefes da Renascença, durante certo tempo, só tiveram um conhecimento limitado das realizações culturais gregas. [...] Foi na Itália que se assentaram os alicerces de quase todos os descobrimentos importantes dos séculos XV e XVI. Isso ocorreu, em particular, nos campos da astronomia, da matemática, da física e da medicina.

Nesse contexto, os conhecimentos sobre Lógica, Cosmologia e Física tiveram um extraordinário desenvolvimento. Entre os nomes de destaque podemos citar Nicolau Copérnico e Galileu Galilei, que desenvolveram as bases científicas para a Teoria Heliocêntrica revolucionando a ciência com uma nova maneira de pensá-la e expressá-la, ainda que esta teoria já tivesse sido cogitada primeiro pelo astrônomo grego Aristarco de Samos no século III a.C. (MAYR, 1998).

O primeiro foi quem por meio da sua teoria heliocêntrica deu início da Revolução Científica, a qual nasce na Idade Média e se prolonga na Idade Moderna, sendo por isso considerado um período de transição entre esses períodos. Enquanto Galileu Galilei confirmou as afirmações de Copérnico por meio de suas observações com o telescópio, ainda que tivesse negado esta teoria para fugir da fogueira da Inquisição (CHASSOT, 1994).

Segundo Moraes (1997), Galileu se apropriou de uma abordagem descritiva da natureza e suas propriedades numa lógica mensurável, que perdura até hoje, isto porque acreditava ser a natureza um sistema ligado às leis da matéria em movimento, e com isso deveria ter uma causa mecânica. Tal compreensão o levou a desenvolver diversos instrumentos de medição para determinar os cálculos das regularidades daquilo que era e não era mensurável (MAYR, 1998).

Devido a essa compreensão mecânica da natureza, René Descartes (1596-1650) introduz no seu racionalismo o conceito de um universo mecanicista, ensinando que todo o mundo material, tanto orgânico como inorgânico, poderia ser definido em função da extensão e do movimento. A respeito do seu racionalismo, Burns (1968, p. 546) afirma que:

[...] Não foi, por certo, o primeiro expoente da razão como caminho do conhecimento, mas o seu racionalismo diferia do pregado pela maioria dos

pensadores que o precederam - os escolásticos medievais, por exemplo - na rígida exclusão na autoridade. Desdenhava a consulta aos livros, por mais venerável que fosse a reputação dos seus autores. Convencido de que tanto as opiniões tradicionais como as impressões comuns da humanidade são guias pouco fidedignos, resolveu adotar um novo método inteiramente isento da influência de ambos. Esse método foi o instrumento matemático da dedução pura. Consistia em partir de verdades ou axiomas simples e evidentes por si mesmos, como na geometria, e depois raciocinar com base neles para chegar às conclusões particulares. Descartes acreditava ter encontrado um axioma de tal ordem no seu famoso princípio: "Penso, logo existo."

Segundo Mayr (1998), durante a Renascença, desenvolveu-se um interesse novo pela História Natural e pela Anatomia, ambas, de algum modo, partes da Medicina. Isto porque no período da Alta Idade Média e início da Baixa Idade Média, as Ciências Médica pouco se desenvolveu vindo a ganhar impulso com o surgimento das universidades e com o início da experimentação na Anatomia (CHASSOT, 1994). As aulas ministradas nas Escolas Médicas Medievais, em especial França e Itália, iniciavam-se com discussões teóricas embasadas nas obras de Galeno, sofrendo grandes modificações a partir da introdução das práticas de dissecação de cadáveres, cujas contribuições de André Vesalius (1514-1564) corrigiram inúmeros erros de Galeno, além das contribuições de Miguel Servet, William Harvey, Falópio, Eustáquio entre outros (MAYR, 1998).

A Botânica e a Zoologia foram enriquecidas graças ao trabalho de perfeccionismo dos pintores da época que retratavam a natureza com riqueza de detalhes (CHASSOT, 1994). Outra área da Biologia que se transformou foi às investigações em Anatomia. No entanto, a contribuição mais positiva da Revolução Científica ao campo da Biologia refere-se à adoção de uma nova postura em relação à pesquisa: rejeitar o escolasticismo estéril guiado pela lógica pura, e ser guiado pela experimentação e observação para coletar fatos (MAYR, 1998). Entretanto, na época, tornou-se moda explicar tudo “[...] em termos físicos de forças e movimentos, por mais imprópria que fosse tal experimentação para a maioria dos fenômenos biológicos. [...] Explicações fisicistas fáceis foram um grande empecilho para a pesquisa biológica durante os séculos XVII e XVIII, e às vezes até mais tarde” (MAYR, 1998, p. 119).

Durante a Idade Moderna, René Descartes propõe que o conhecimento fundamenta-se a partir da certeza absoluta, inquestionável e pela objetividade regidas pela matemática (BEHRENS; OLIARI, 2007). No entanto, Vasconcelos (2002) afirma que com este novo padrão de racionalidade centrado na Matemática, ocorre uma revolução na história do pensamento científico, pois a natureza é objetivada e reduzida a partes mensuráveis e observáveis. De acordo com Lara (1991, p. 36), Descartes passa a ser considerado “O pai do racionalismo moderno” e “afirma que nem a fé, nem a tradição, nem mesmo o conhecimento

sensível, aquele que os sentimentos nos fornecem, são dignos de crédito absoluto. Resta, por isso, só a razão”.

O pensamento central de Descartes é que os fenômenos podem ser analisados e compreendidos se forem reduzidos às partes que os constituem: conhecendo uma parte do sistema o pesquisador terá a possibilidade de conhecer o seu funcionamento. Em decorrência deste posicionamento, este período é caracterizado pelo paradigma Cartesiano ou Mecanicismo, cuja base está na fragmentação (reducionismo) e na dicotomia entre corpo e mente (VASCONCELOS, 2002).

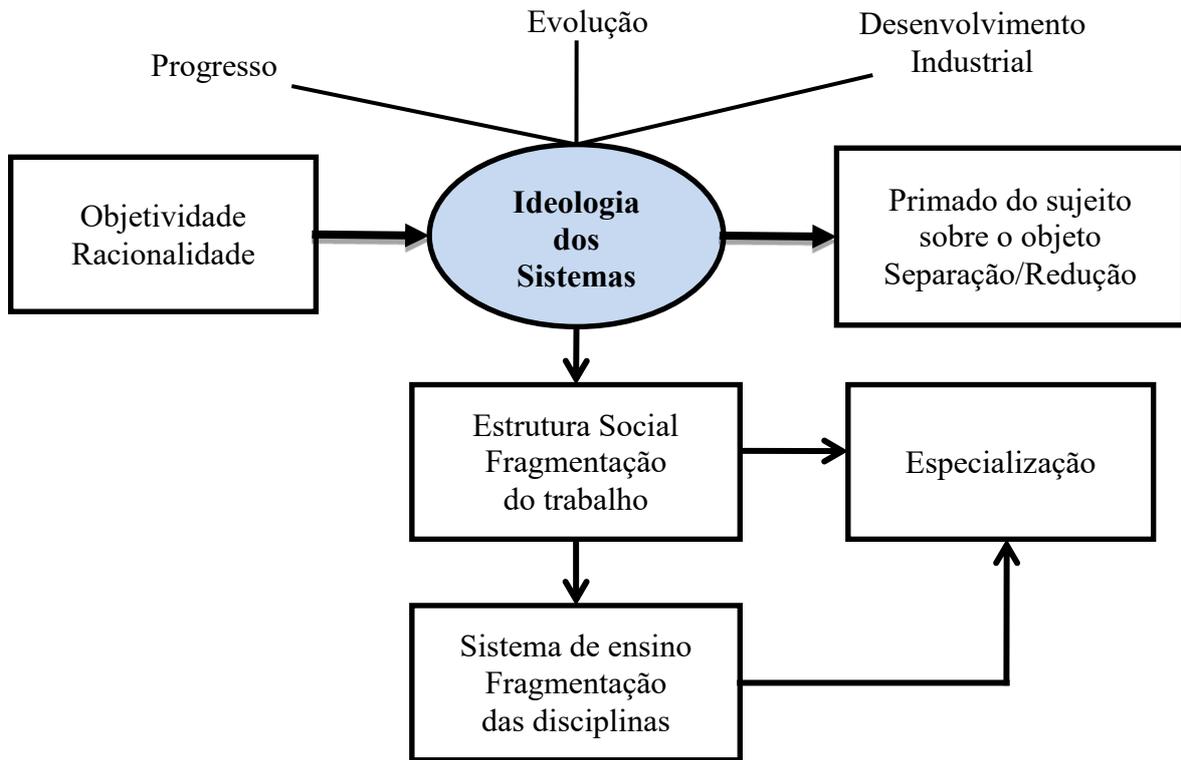
Tal filosofia repercutiu nos processos educacionais de tal forma que serviu aos ideais associados defendidos pelo liberalismo e ao desenvolvimento industrial que fincaram raízes na ideologia dos sistemas sociais e influenciaram a estrutura restante, possibilitando que, desde o século XVIII, o paradigma Cartesiano exercesse um controle sobre a ciência e o pensamento Ocidental tanto nas Ciências Físicas quanto nas Ciências Sociais (ver figura 3). Resultando no reducionismo do subjetivo para o objetivo, pois perante a visão positivista explicações da realidade consideradas não racionais não são aceitas (DENCKER, 2002).

O positivismo como corrente de pensamento acredita na racionalidade científica e que ela é capaz de resolver todos os problemas da humanidade, fundamentado na observação e no experimento, buscam leis que consigam explicar os fenômenos em estudo. Isto influenciou de forma profunda a filosofia, a arte e a literatura (CHEVARRIA; GOMES, 2013).

Observa-se ainda que o desenvolvimento do capitalismo e a crescente industrialização fortaleceram as ideias de fragmentação do trabalho, inclusive o intelectual e científico, onde temos domínio apenas sobre a nossa especialidade.

De acordo com Capra (2006), desde muito tempo a compreensão de mundo oscila entre uma perspectiva orgânica e mecânica desde a Revolução Científica, quando no século XVIII, Antoine Lavoisier, confirma que a respiração dos organismos vivos é um tipo especial de oxidação. O que levou muitos fisiologistas abandonar o uso de modelos mecanicistas aos processos fisiológicos, cujo principal êxito foi o de William Harvey ao explicar o fenômeno da circulação sanguínea (GOMES et al., 2014).

Figura 3 – Paradigma Positivista até o final do século XIX.



Fonte: Dencker, 2002, p. 24.

Foi durante o Movimento Romântico do século XVIII-XIX, a qual defendia uma visão romântica da natureza como um todo harmonioso, “[...] levou alguns cientistas daquele período a estender sua busca de totalidade a todo o planeta, e a ver a Terra como um todo integrado, um ser vivo. Essa visão da Terra como estando viva tinha, naturalmente, uma longa tradição” (CAPRA, 2006, p. 36). Entretanto, houve uma volta da Biologia ao mecanicismo diante do nascimento da Microbiologia e na crença reducionista da Teoria Microbiana das Doenças ante as pesquisas e descobertas de Louis Pasteur. Vindo posteriormente surgir no início do século XX a Biologia Organísmica, a qual pode ser entendida

[...] como um movimento de oposição ao Mecanicismo e que se delinea como forte influência na construção do Pensamento Sistêmico. As ideias de Aristóteles, Goethe, Kant e Cuvier são aprimoradas e causam grande impacto negando pensamentos estruturais do Mecanicismo Cartesiano, tais como o método analítico. Segundo a concepção Organísmica, as propriedades essenciais de um organismo pertencem ao todo, de maneira que nenhuma das partes as possuem, pois tais propriedades surgem justamente das interações entre as partes. Portanto, as propriedades das partes podem ser entendidas apenas a partir da organização do todo. O Organicismo coloca o foco no entendimento das relações organizadoras sendo que a concepção de organização foi aperfeiçoada posteriormente com o conceito de auto-organização (GOMES et al., 2014, p. 5).

A partir daquele momento, instaura-se o paradigma sistêmico e com ela o pensamento sistêmico, o qual defende que

[...] *as propriedades essenciais de um organismo, ou sistema vivo, são propriedades do todo, que nenhuma das partes possui*. Elas surgem das interações e das relações entre as partes. Essas propriedades são destruídas quando o sistema é dissecado, física ou teoricamente, em elementos isolados. Embora possamos discernir partes individuais em qualquer sistema, essas partes não são isoladas, e a natureza do todo é sempre diferente da mera soma de suas partes (CAPRA, 2006, p. 40, destaque nosso).

Entretanto, Mariotti (2004) defendem que este tipo de pensamento, apesar de reconhecer as limitações do pensamento linear, assim como ele, equivoca-se ao propor o holismo no lugar do reducionismo das partes para uma redução do todo. Tal postura também é defendida por Brayner-Lopes (2015), que acrescenta ser necessário olhar para os fenômenos biológicos de maneira não simplesmente linear, mas sistêmico-complexa³.

Mais adiante, o paradigma cartesiano começa a ser novamente questionado no início do século XX de forma mais contundente, porém sua ruptura só ocorre nas suas últimas décadas, quando a visão do modelo linear de causa e efeito proposta pela Física Clássica mostrou-se insuficiente para lidar com contradições insuperáveis, entre elas a desordem e a incerteza detectada por ela mesma no campo da Física Quântica (BAUER, 1999 *apud* DENCKER, 2002), pulverizando seus alicerces básicos, a saber:

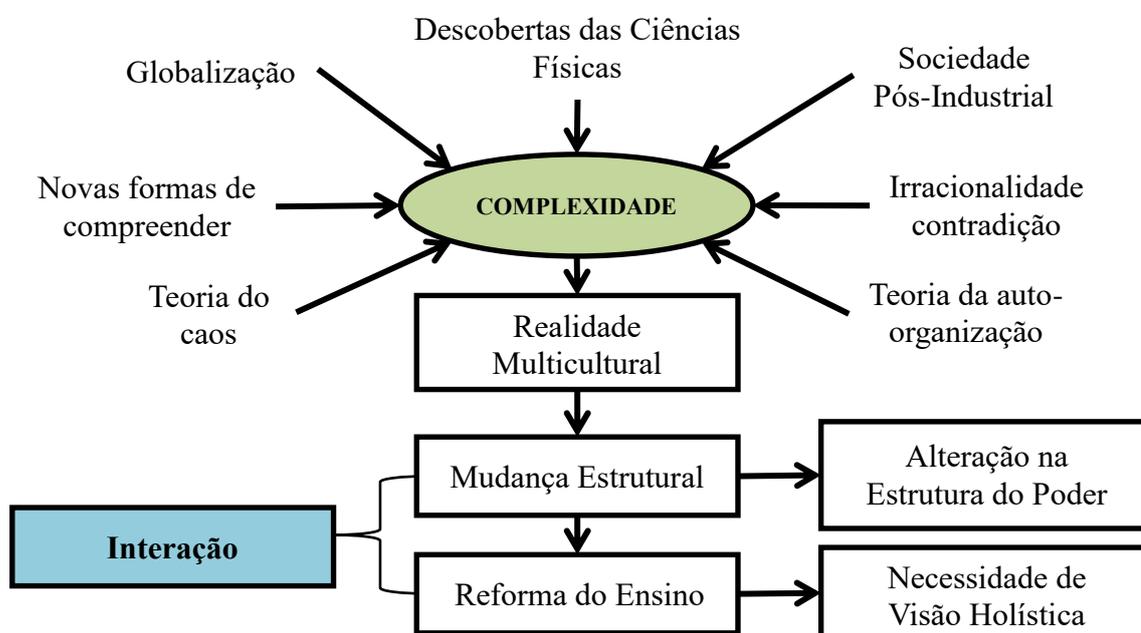
- A noção de espaço e tempo absoluto;
- A noção de partículas sólidas elementares;
- A noção de matéria como substância fundamental;
- A natureza estritamente causal dos fenômenos; e
- A descrição objetiva da natureza.

O mundo cheio de conflitos, contradições, incertezas, paradoxos e desafios clama por uma visão mais complexa da realidade. “Na realidade, busca aceitar uma mudança periódica de paradigma, uma transformação na maneira de pensar, de se relacionar e de agir para investigar e integrar novas perspectivas” (BEHRENS, 2006, p. 21). Esse processo de evolução paradigmática inclui as contribuições de várias ciências que colaboram entre si para a reconstrução do conhecimento, superando a visão fragmentada e reducionista do universo (BEHRENS; OLIARI, 2007).

³ Trata-se de um termo cunhado pela autora para designar a necessidade da interconectividade e a reelaboração das partes que compõem o todo em Biologia devido ao processo evolutivo, as quais são constituintes dos diferentes níveis de organização biológica (molecular, celular, tecidual, orgânica, sistêmica, organismo, população, comunidade, ecossistema, biosfera).

O mundo hoje é visto como uma rede de relações que envolve conexões, interconexões, fluxo de energia, movimento e inter-relações num processo de constantes mudanças e transformações, há portanto a necessidade de pensar de forma complexa, dinâmica e a noção de rede tem contribuído com avanços científicos. Os reflexos dessa nova concepção de mundo presentes no paradigma emergente (ilustradas na figura 4), segundo Dencker (2002), deverão romper com os modelos ultrapassados de ensino e aprendizagem e que tragam essas características, os quais nos possibilitam repensar sobre os rumos de nossa sociedade de maneira crítica e comprometida com a transformação social.

Figura 4 – Modelo do paradigma emergente do século XX.



Fonte: Dencker, 2002, p. 26.

A complexidade diz respeito à impossibilidade de se eleger a qualquer como conhecimento pleno ou completo, possibilitando o reconhecimento das incertezas e propondo meios de dialogar com essa nova realidade. Feynman (2012, p.11) relata a importância do conhecimento teórico no campo investigativo, quando diz que: “A Física teórica é uma das atividades humanas mais difíceis. Combina conceitos sutis e abstratos, que normalmente desafiam visualizações com uma complexidade técnica que não se consegue dominar completamente”.

Na abertura da palestra intitulada: “A nossa imagem da matéria”, o físico E. Schrödinger (1990, p. 45-46), fez uma colocação a respeito do tema imposto a ele, dizendo: “[...] o físico não pode mais efetuar uma distinção significativa entre matéria e qualquer outra

coisa em seu campo de pesquisa. [...] Além do mais, segundo Einstein, gravidade e massa são análogos e por conseguintes não são separáveis um do outro”. Na atualidade, a realidade material é bem mais complexa, inquietante e nos deixa mais perguntas que respostas.

Não há, em termos epistemológicos consenso quanto aos critérios ou padrões que devem ser adotados para que se possa especificar o que é conhecimento: pode-se justificar uma ação invocando determinados padrões morais. Uma decisão, indicando os fins perseguidos. Com relação ao conhecimento, a justificação de uma teoria depende de sua consistência lógica e de sua fundamentação empírica. Digame o método que empregas e te direi o tipo de credibilidade epistêmica que pode ser alcançada pelos resultados que obténs (OLIVA, 2010, p. 12).

A ideia de que não conhecemos do real senão o que nele introduzimos, ou seja, que não conhecemos do real senão a nossa intervenção nele, está bem expressa no princípio da incerteza de Heisenberg (1971⁴ *apud* SANTOS, 2010, p. 44): “[...] não se pode reduzir simultaneamente os erros da medição da velocidade e da posição das partículas; o que for feito para reduzir o erro de uma das medições aumenta o erro da outra”.

O princípio acima deixa clara a interferência do sujeito no objeto observado, tem implicações de vulto, logo como nosso senso de medida é aproximado, só podemos esperar resultados aproximados. Por isso as Leis da Física Quântica apresentam probabilísticos.

Desde então, alguns estudiosos admitem que o início da pós-modernidade, ocorreu entre as décadas de 60 e 70, há uma corrente de pensamento que a percebe como meio de eliminar a modernidade o que seria uma conclusão que parte do princípio excludente próprio da maneira mental de pensar do cartesianismo (MARIOTT, 2000).

De acordo com Morin (2015) as limitações impostas pelo modelo cartesiano e sistêmico por si só não resolve os problemas, porém contribui como ajuda na estratégia de se solucioná-los quando vistos como complementares, sendo assim denominadas de o pensamento complexo. Pois, na pós-modernidade faz-se presente conceitos conflitantes (paradoxos) tal como defende Mariotti (2000, p. 106): “Se existem a irregularidade, a aleatoriedade, a incerteza, a fragmentação e a descontinuidade, se o real é permeado pelo imaginário e o tangível pelo intangível, é preciso que o pensamento complexo seja chamado para lidar com o que a lógica linear não consegue”.

Diante dessas constatações, Santos (2010) diz que o conhecimento na Ciência Moderna avança pelo caminho da especialização à medida que impomos mais rigor, o que levará ao conhecimento mais restrito será o objeto sobre o qual a pesquisa incide. E isto trás um dilema

⁴ W. Heisenberg, A Imagem da Natureza na Física Moderna. Lisboa, Livros do Brasil, s. d.; W. Heisenberg, **Physics and Beyond**. Londres, Allen and Unwin, 1971.

na Ciência Moderna, ou seja, seu rigor aumenta na proporção direta da arbitrariedade com que espartilha (fragmenta) a realidade. Há, portanto, uma necessidade de apropriar-se da realidade além do limite que compõem a estrutura curricular, e aí surge a necessidade de mergulharmos numa interação com outros componentes curriculares, possibilitando uma abordagem mais segura e significativa com leituras mais abrangentes em busca de níveis mais complexos de interações de saberes através da interdisciplinaridade rumo à transdisciplinaridade.

1.2. Relação entre as Ciências Físicas e Biológicas

Nesta subseção, objetivamos tornar evidente que existe uma relação entre as ciências Física e a Biologia, e que essa relação torna-se mais perceptível no mundo atual, pois ao longo da história da ciência, a mesma se apresentou um tanto distanciada, inclusive com comprovação científica da sua inexistência.

Quais os possíveis limites que envolveriam a demarcação conceitual entre o que é estritamente físico ou biológico? Nessa perspectiva, Aristóteles delimitou uma fronteira de demarcação conceitual entre a natureza física e a natureza animada das coisas do mundo. Convém lembrar que a “[...] Física de Aristóteles tem como objeto o princípio de movimento e mudanças das coisas em si mesma na sua natureza própria” (ARAÚJO, 2006, p. 19).

Para explicar a diferença quanto à natureza envolvendo coisas inanimadas e animadas, Aristóteles introduz o princípio da vida, ou *psykhé* (a alma), onde estão incluídos as plantas, animais e homens, é o princípio vital dos seres animados ou dotados de ânimo (movimento próprio, geração, reprodução, alimentação, entre outros).

Na teoria aristotélica das “causas” existe uma proposta de conceito embrionário de evolução, contendo uma definição das causas “formal” e “eficiente”, correspondendo respectivamente, em termos biológicos, a: “formal” (forma) no sentido de estrutura ou organização físico-anatômico do ser vivo; e “eficiente” no sentido de capacidade de realização de algo, ou seja, todo o movimento próprio possibilitador de reprodução e manutenção de vida.

Quando examinamos o sentido da forma e capacidade de realização, somos remetidos à ideia de um princípio físico ou mecânico estrito; no entanto, ele parece indicar o oposto, um modo de sustentar os processos de geração de seres vivos e espécies distintas. Se observarmos de forma minuciosa, identificaremos que nas definições de “formal” e “eficiente” há uma demarcação conceitual entre o que é físico e o que é biológico (ARAÚJO, 2006).

No final do século XVIII a Biologia (termo não utilizado na época para descrever a ciência que tratava dos organismos vivos) surgiu de forma sistemática, trazendo um conceito moderno de ciência. No trabalho de Lineu (1707-1778) há uma classificação dos seres vivos, Lamarck (1774-1829) estuda os processos evolutivos dos seres vivos o que leva a Biologia a construir sua base filosófica assumindo proporções de uma ciência aceita.

A mecânica Newtoniana em meados do século XIX era o exemplo refinado de uma teoria científica de modo que inferiria diretamente no desenvolvimento de outras teorias científicas. Nessa época através de Darwin (1809-1879) a Biologia buscava compreender os

processos de transformação dos seres vivos e ocorre a publicação sobre a teoria da evolução e seleção natural.

Capra (2006) pontua que os seres vivos não se limitam a sua forma, a configuração estática de todos os seus componentes biológicos, vão além, ou seja, há um fluxo contínuo de matéria através do organismo vivo, interagindo com seu entorno, e apesar desse movimento de interação, a forma permanece preservada.

Nem todos os historiadores das Ciências se detiveram à complexidade dos conceitos biológicos, calcados na convicção de que os conhecimentos da Biologia poderiam ser reduzidos às Leis da Física. Tal entendimento impossibilitou a visão da estrutura complexa que envolve a Biologia como um todo.

Essa falta de percepção da complexidade que envolve a Biologia levaram alguns autores a tornarem textos, livros, artigos um tanto confuso, pois não se aperceberam que na verdade existem duas Biologias, uma que expressa às causas funcionais e outra que expressa às causas evolutivas (MAYR, 1998).

Nesse sentido, é inviável tecer uma explicação sobre os fenômenos biológicos sem usar o próprio julgamento pessoal, isto inegavelmente envolve a subjetividade, no entanto é necessário um aprofundamento na complexidade de tais fenômenos para que o discernimento científico tenha uma consistência maior com a realidade que cerca o fenômeno biológico.

Quando buscamos estabelecer uma relação entre as ciências físicas e biológicas, consideramos, de antemão, que a Física como ciência, ao longo dos séculos, fez um percurso bem maior que a Biologia, em termos de paradigmas, de acordo com Kuhn (2013, p.89): “A pesquisa científica normal está dirigida para a articulação daqueles fenômenos e teorias fornecidos pelos paradigmas”, enquanto a Biologia teve de desenvolver uma estrutura conceitual identificada com os fenômenos biológicos de modo convincente para se desenvolver e estabelecer-se como ciência.

Portanto, esta relação nos parece bastante complexa, porém investigável e pode ser evidenciada através do pensamento de Bohr (1995, p. 13) quando pontua que:

Em todos os experimentos com organismo vivo, tem que persistir uma dose de incerteza no que tange às condições físicas a que eles estão submetidos, sugerindo-se assim a ideia de que esse mínimo de liberdade que temos de conceber ao organismo será exatamente o bastante para lhe permitir, por assim dizer, ocultar de nós os seus segredos mais íntimos.

Bohr (1995) remete-nos a uma analogia entre os fenômenos biológicos e a compreensão da natureza da luz, pois para que tal estudo apresente-se completo, faz-se necessário o

conceito de fótons. Nesse sentido, caminha a perspectiva de que tentar entender o fenômeno vida, através de uma explicação Física ou Química, sem levar em consideração sua natureza complexa dos fenômenos biológicos, nos parece incompleta.

Historicamente, a Física apresentou-se como uma ciência com maior investimento e estruturação de fundamentação teórica, afirmando, por muito tempo, que os organismos vivos não possuíam propriedades magnéticas importantes, de modo que os fenômenos de origem magnética não poderiam influenciar o desenvolvimento dos seres vivos, permanecendo o magnetismo desvinculado da Biologia (BARROS; ESQUIVEL, 2000).

Nessa perspectiva, pode-se pontuar que a aplicação da Física nas Ciências Biológicas é um processo novo. Haja vista que, se formos levar em consideração a historicidade e evolução do pensamento científico fica evidente que tal parceria tem se mostrado essencial para o desenvolvimento do Ensino das Ciências, em especial, no que tange a criação e aperfeiçoamento de dispositivos e equipamentos na Física, que se tornaram essenciais em pesquisas na área biológica, possibilitando a obtenção de informações mais completas acerca de fenômenos biológicos. Por isso, enfatizamos a importância do estudo da Física desde o Ensino Fundamental, como bem colocado por Shroeder (2007), na esperança de possibilitar uma maneira de familiarizar-se com os elementos físicos das Ciências da Natureza.

Heneine (1991) ao iniciar o livro “Biofísica Básica”, convida-nos a pensar em algo mais profundo do que a composição dos seres vivos, pois nos convoca a refletir sobre uma questão anterior e ainda mais geral: a composição do Universo. Explica que a composição desde o microcosmo ao macrocosmo, embora seja complexa, comporta alguns componentes fundamentais, são eles: Matéria (objetos, corpos, alimentos), Energia (calor, luz, som, trabalho físico), Espaço (distância, áreas, volumes dos objetos) e Tempo (sucessões de períodos, tempo de espera, durabilidade). Afirmando que os seres vivos, pertencentes ao Universo, são compostos por Matéria, devido ao seu metabolismo utilizam e produzem Energia, e estão a todo instante situados no Tempo e no Espaço, logo fazem parte desta estrutura complexa.

Portanto, compreender os fatores que compõem o meio, os seres vivos e sua interação é de fundamental importância para o Biólogo, e isso não pode ser feito sem levar em conta teorias e métodos oriundos das Ciências Físicas em razão de haver a necessidade do Biólogo, em sua investigação, fazer uso dessas grandezas fundamentais e suas derivadas (área, volume, densidade, velocidade e outras) que lhe possibilitem uma leitura complementar à abordagem qualitativa (HENEINE, 1991).

Isto porque todo ser vivo interage com o meio no qual está inserido, e exerce uma atividade metabólica, o que implica em conhecermos como se processa essa atividade que relaciona as diversas espécies de animais, e que é discutida a mais de um século. Tomemos como exemplo, a Taxa Metabólica. A mesma está associada à determinada quantidade de Energia gasta por unidade de Tempo, para que um organismo possa exercer uma determinada função. Esta taxa metabólica pode ser obtida mensurando a quantidade de oxigênio envolvida nos processos oxidantes para obter energia e, associá-la ao consumo de oxigênio (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

Outro exemplo é a crença de que os primeiros seres vivos se formaram a partir dos elementos constituintes do meio ambiente, e, portanto, sua composição corporal deve refletir tais constituintes em novas propriedades. A sugestão da origem da vida ter ocorrido primeiramente nos mares primitivos torna-se perceptível, devido ao fato do corpo humano apresentar em sua composição mais de 90% de Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Carbono (C) e Nitrogênio (N) (JUNQUEIR; CARNEIRO, 2012). Este fato identifica-se com a ideia de evolução proposta inicialmente pelo Grego Anaximandro de Mileto da Escola Jônica (CHASSOT, 1994).

Isto indica que os seres vivos primitivos apropriaram-se de moléculas proveniente de uma síntese abiótica (*a*: sem, *bio*: vida). Nesse contexto, é importante lembrar que, baseado nas ideias de Oparim e Haldame, a teoria abiótica foi demonstrada experimentalmente por Miller obtendo várias dessas substâncias (HENEINE, 1991).

É importante salientar que apesar da Biofísica ser de origem interdisciplinar e debruçar-se sobre certos fenômenos, tende a ser estudada de acordo com as diferentes subáreas, as quais iremos sinteticamente abordar a seguir.

Em Biofísica Molecular, o intuito é diferenciar as moléculas sintetizadas naturalmente pelos seres vivos ou biosistemas, ou seja, as biomoléculas. Hoje amplamente investigadas, objetivando compreender as diferentes classes de moléculas que possuem estruturas e funções especificadas no desempenho de tarefas intrínsecas a manutenção dos seres vivos, as quais interagem entre si por diferentes forças de ligação.

Essas moléculas aperfeiçoaram-se numa escala temporal, e as mudanças sofridas por elas foram às geratrizes que propiciaram mudanças morfológicas, funcionais da evolução. Desta forma, segundo Heneine (1991, p. 89) “[...] toda mudança morfológica foi precedida de uma mudança molecular”, fato este também abordado pelo físico Erwin Schrödinger (1997) no livro “O que é vida”, considerada por esta como a Teoria Quântica da Biologia.

E é justamente da interação entre as biomoléculas (hidrocarbonetos, lipídeos, proteínas, vitaminas, ácidos nucleicos) e dessas com os compostos inorgânicos que se constitui objeto de interesse da Biofísica Molecular (moléculas orgânicas e da água), cuja base Física Molecular que atualmente, com a crescente proximidade com a Biologia e a Química, renova e emerge como uma ampla área de forte caráter interdisciplinar que subsidia as ciências moleculares (CHAVES; SHELLARD, 2005).

Todas as interações intermoleculares ou intramoleculares podem ser consideradas de natureza física, portanto, a ação da Física no universo biológico tende a ser crescente, principalmente no campo molecular. Nesse sentido, Chaves e Shellard (2005, p. 182), afirmam que: “[...] fundamentais na biologia que podem ser estudados usando-se a física: interações intermoleculares, biologia estrutural, fotobiologia, bioinformática, biomecânica, motores moleculares”.

As teorias desenvolvidas na Física encontram aplicações de maneira ampla nos campos da Biologia e Medicina, através de equipamentos que se utilizam de fundamentos eletromagnéticos, tais como: ressonância magnética nuclear, microscopia eletrônica, espectroscopia eletrônica e infravermelho, cristalografia de Raios-X, etc., sendo amplamente aplicado no estudo de sistemas biológicas.

Nesse sentido, a Biofísica Molecular envolve processos, em nível atômico e molecular, de diferentes forças de atração que mantém a coesão da estrutura física dos organismos. As principais, estudadas pelos Biólogos, são as ligações do tipo: *ponte de hidrogênio*, especialmente do DNA e RNA; *ligações hidrofóbicas*, as quais são importantes para a manutenção das estruturas proteicas e lipoprotéicas; *ligação de Vander Waals*, importantes na composição de polímeros, na ligação entre o antígeno-anticorpo e enzima-substrato; *dipolo*, principal ligação que caracteriza a molécula de água; e *ressonância*, que se caracteriza pela oscilação de elétron entre duas partes de uma molécula com as que ocorrem no grupo carboxila (COOH) dos aminoácidos (HENEINE, 1991).

Convém destacar a importância da molécula água em vista que os sistemas biológicos a possuem em abundância, permitindo ser um solvente universal capaz de reagir com substâncias iônicas, covalentes e anfipáticas. Possibilitando a manifestação de fenômenos elétricos como a propagação do impulso nervoso, por exemplo.

Tal condição relaciona-se ao campo da Biofísica Celular, além do fato de que a célula viva representa um sistema autorreprodutivo de moléculas que se encontram situadas pelos limites da membrana plasmática, a qual pode ser identificada como um biofilme de natureza

gordurosa, fino e transparente que não é visto diretamente no microscópio óptico (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2012).

Devido à grande funcionalidade da membrana plasmática, essa tem por finalidade ser uma barreira para prevenir que o conteúdo da célula escape, e permitindo que nutrientes, íons, e outras moléculas, importantes para a manutenção celular, possam atravessar o interior da estrutura celular. E, assim, crescer permitindo ainda que seus produtos residuais possam ser transportados para fora. Tudo isso, por si só, constitui como parte de objeto de interesse da Biofísica das Membranas. Alberts e colaboradores (1999, p. 354) afirmam que tais características são decorrentes pelo fato da membrana celular ser

[...] atravessada por canais e bombas altamente seletivas, formadas por moléculas proteicas, que permitem que substâncias específicas sejam importadas, enquanto outras são exportadas. Ainda, outras moléculas da membrana atuam como sensores para capacitar a célula a responder a mudança em seu meio ambiente.

O modelo de membrana celular que melhor responde as múltiplas atividades desenvolvidas pela célula aceita atualmente foi proposto por Jonathan Singer e Garth Nicolson no ano de 1972, os quais descrevem as membranas como um mosaico fluido, em que as proteínas estariam inseridas na bicamada lipídica (GARCIA, 1998).

O fenômeno que envolve a eletricidade animal (Bioeletricidade) passa necessariamente pela figura de Luigi Galvani (1737-1798), professor de Anatomia da Universidade de Bolonha (Itália), e conhecido pela descoberta da contração dos músculos das pernas de rãs contraídas quando aplicado uma corrente elétrica. E só mais claramente compreendido através da constatação de Alessandro Volta (1745-1827) de que os músculos e nervos da rã são na realidade apenas condutoras da eletricidade, enquanto no par “bimetálico”, usado por Galvani, residia à fonte geradora da eletricidade (GARCIA, 1998).

A partir dos estudos sobre eletricidade, o Biólogo adquire um embasamento teórico que lhe possibilita compreender, por exemplo, como se estabelece o potencial de repouso e ação de uma célula, o qual permite tornar sua membrana mais permeável a diversos íons, tendo como um exemplo amplamente estudado, inclusive nos conteúdos da Biologia lecionados ao Ensino Médio, a contribuição da bomba de sódio (Na^+) e potássio (K^+) (bomba de $\text{Na}^+ - \text{K}^+$), no processo de condução nervosa e de comunicação celular (GARCIA, 1998; HENEINE, 1991).

Tais características de um biopotencial elétrico também se fazem presente nos peixes elétricos, como, por exemplo, a enguia-elétrica (BULLOCK et al., 1979). Estes possuem

tecidos musculares especializados em produzir descargas elétricas, geradas por órgão que se assemelham ao tecido muscular ou nervoso humano.

O fenômeno da Bioeletricidade também está presente na capacidade que algumas células têm de serem autoexcitáveis, gerando ritmicamente o potencial de ação. Sendo essas células “[...] responsáveis pelo início dos movimentos repetitivos biológicos, como batimentos cardíacos e frequência respiratória” (HENEINE, 1991, p. 217).

Em 1975, Blakemore, da Universidade de Hampshire, em suas pesquisas descobre bactérias que interagem com o Campo Geomagnético, “nadando” na direção das linhas de campo, constituindo a primeira evidência inequívoca de que este campo pode influir diretamente no comportamento do ser vivo (BLAKEMORE, 1975).

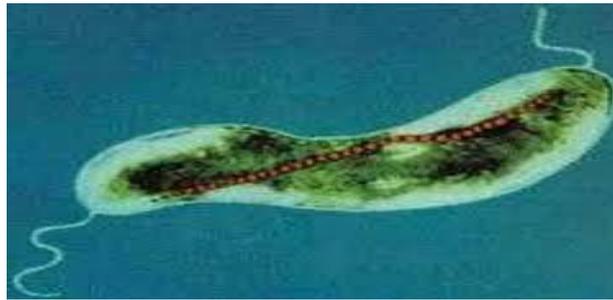
As bactérias descobertas por Blakemore foram chamadas de “bactérias magnéticas”, pois apresentavam um tipo de tatismo denominado magnetotatismo ou magnetotaxia que é apenas um dos mecanismos de resposta passiva de alguns seres vivos quando exposto ao campo geomagnético. Devemos considerar ainda que a magnetotaxia é um mecanismo verificado de forma eficiente em escala microscópica bem compreendida em termos físicos, através de um procedimento técnico experimental envolvendo microscopia eletrônica, e que funciona como uma bússola viva (BARROS; ESQUIVEL, 2000).

As bactérias magnéticas apresentam grande diversidade morfológica e filogenética, biomineralizam cristais magnéticos chamados de magnetossomos em seu citoplasma. Os magnetossomos são considerados organelas e são compostos por um cristal magnético envolvido numa membrana de natureza lipoprotéica, cada cristal é composto pelo óxido de ferro magnético, magnetita (Fe_3O_4) ou pelo seu isomorfo magnético de enxofre, a Greigita (Fe_3S_4), esses foram sintetizados pelas bactérias magnetotáticas à temperatura e pressão ambientes por processos desconhecidos (LIMA et al., 2013).

A figura 5 mostra partículas constituídas de material magnético, formando uma cadeia, cujas dimensões variam de 400Å a 1000Å dentro do citoplasma de uma bactéria magnética. De acordo com Margato et al. (2007) os microorganismos ao interagirem magneticamente com o campo geomagnético local se orientam segundo as linhas de campo e “nadam” sob a ação de flagelos que agem como motores rotatórios para gerar propulsão, em trajetória paralela as linhas do campo, tal interação assemelha-se à ação de um agulha em uma bússola.

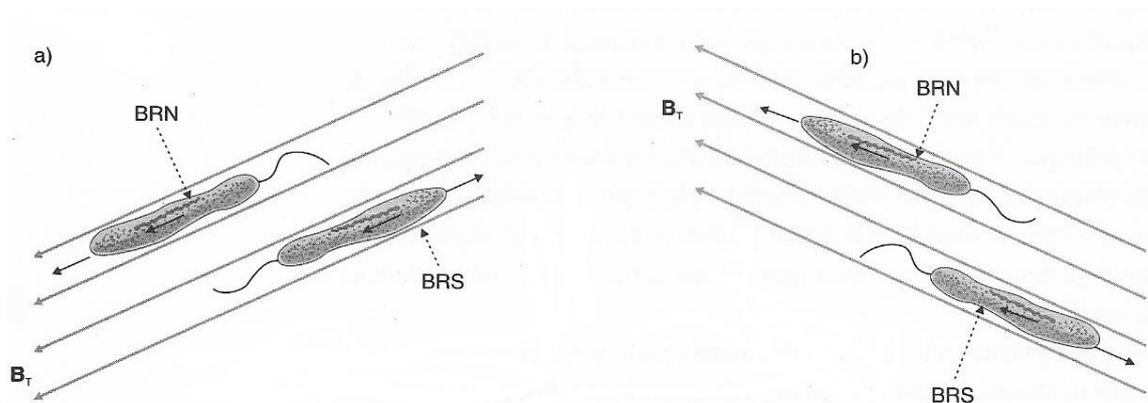
De acordo com Barros e Esquivel (2000), quanto aos animais superiores a magnetorecepção, ou seja, o mecanismo de resposta ao campo magnético é bastante desconhecido. Com base na figura 6, Durán (2003) mostra esse efeito para as bactérias que rumam para o Norte (BRN) e para as que rumam para o Sul (BRS).

Figura 5 - Bactéria Magnetotática.



Fonte: Disponível em: <<http://www.lqes.iqm.unicamp.br>>. Acesso em: 13 de maio 2016.

Figura 6 - Bactérias Magnetotáticas: sua magnetização é paralela ao campo geomagnético B_T .



Fonte: Durán, 2003, p. 196.

Após a publicação do trabalho de Blakemore (1975) sobre as bactérias magnetotáticas surgiram vários trabalhos evidenciando que o campo magnético terrestre viria a exercer uma contribuição significativa como fonte de informação do meio ambiente, possibilitando, desta forma, a orientação de um grande número de animais.

A magneto recepção é um mecanismo complexo em que os animais captam o campo geomagnético, e esta informação é transformada em sinais neurais, que por sua vez são levados para o cérebro através do sistema nervoso, processada e utilizada para as suas necessidades.

A *Pachycondyla marginata* (*P. marginata*) é uma formiga migratória e possui a dimensão de um centímetro de comprimento (ver figura 7). Uma pesquisa realizada no Centro Brasileiro de Pesquisa Física (CBPF), relata a presença de óxido de ferro magnético que foi extraído de diferentes partes da formiga (cabeça, tórax e abdômen), usando a técnica de precipitação magnética (ACOSTA-AVALOS et al., 1999).

Figura 7 – Imagem de uma formiga *P. marginata*.



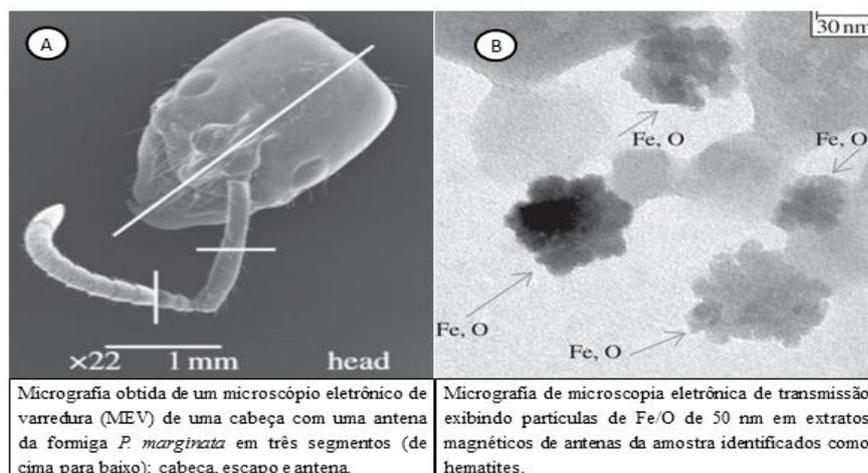
Fonte: Disponível em: <http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4551/n/o_segredo_das_antenas/Post_page/405>.

Acesso em: 13 de maio de 2017.

A análise do material extraído indicou ainda uma mistura de diferentes óxidos magnéticos, magnetita e magnemita, sendo que as partículas de óxido magnético do abdômen eram bem maiores que as do tórax e da cabeça (OLIVEIRA et al., 2010).

Em sua pesquisa sobre as formigas *P. marginata*, Oliveira e colaboradores (2010) comprovou que nas antenas dessa espécie havia a presença de partículas magnéticas e que poderiam funcionar como sensores para a detecção do campo geomagnético (ver figura 8). De um modo geral, as antenas nos insetos exercem a função de sensores multimodais, que servem para monitorar o ambiente físico, químico, sendo seus receptores capazes de identificar estímulos olfativos, contato químico, umidade e temperatura ambiental.

Figura 8 –Imagens de microscópicas da cabeça (a) e dos cristais de hematite (b) da *P. marginata*.



Fonte: Oliveira et al., 2010, p. 3 e 5.

De acordo com Schneider (1964) existem dois tipos de antenas, “as segmentadas”, cujos segmentos apresentam a mesma forma e músculos ao longo de todo segmento, com exceção do mais distal, enquanto a segunda, “as flageladas” apresentam dois segmentos basais, o

escapo e o pedicelo, além de um flagelo que apresenta em sua composição vários segmentos de formas similares.

Na figura 8 o escapo está conectado à cabeça através de uma junção monocidílica, este segmento basal é movido por quatro músculo dentro da cabeça da formiga, dando liberdade e movimento a antena. O pedicelo encontra-se conectado ao escapo, através da junção articulada, e podem mover-se devido a um par de músculos que fica confinado dentro do escapo. Particularmente interessante é a fração relativamente elevada de material de ferro (i) magnético presente no par de antenas, e que medidas magnéticas das antenas apresentam um sinal magnético mais intenso que as medidas realizadas nas partes do corpo (cabeça, tórax e abdómen).

Quando enfocamos o magnetismo nos seres vivos, há uma necessidade de diferenciar sua origem, ou seja, o biomagnetismo estuda os campos magnéticos internos gerados pelo próprio ser vivo, possibilitando através deste, obter informações sobre os sistemas biofísicos em estudo, enquanto a magnetobiologia estuda os possíveis efeitos que o magnetismo externo pode exercer sobre os seres vivos.

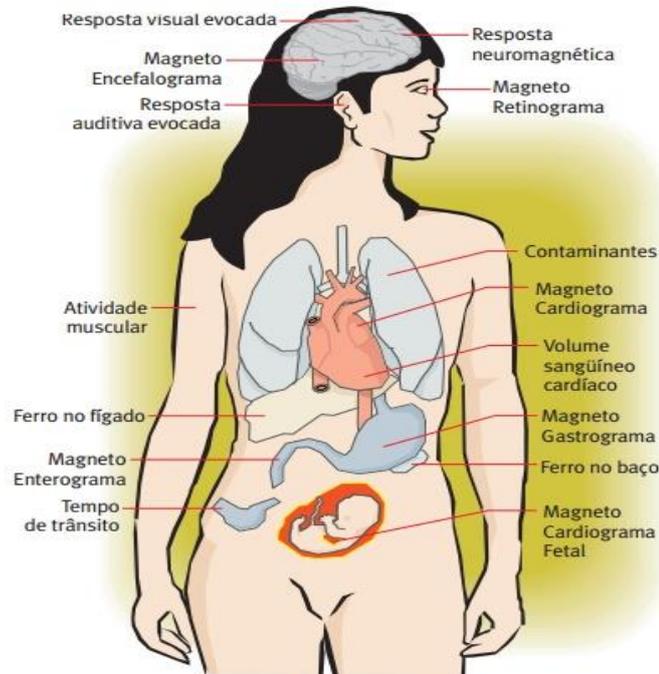
Araújo e colaboradores (1999) pontuam que os campos magnéticos biológicos possuem duas origens distintas, sendo uma delas as correntes elétricas que percorrem algumas células específicas como as do coração e do sistema nervoso, a outra devido à concentração de materiais magnéticos acumulados em determinados órgãos do corpo humano, tais como: pulmão e fígado.

Nas células nervosas, a corrente elétrica é gerada por um estímulo (elétrico, químico ou mecânico) na membrana celular, dando origem a propagação de um pulso elétrico ao longo da fibra, no coração ocorre o mesmo processo, porém de forma sincronizada. No entanto, vários campos de origem biomagnético foram medidos no corpo humano com instrumentação adequada. A figura 9 mostra as principais fontes de campos biomagnéticos localizados no corpo humano, estabelecendo uma relação entre as Ciências Físicas e a Biológicas.

Com isso, através dos campos biomagnéticos alguns exames clínicos podem ser realizados, a exemplo da magnetocardiografia (MCG) e magnetoencefalografia (MEG) ilustradas na figura 10. No primeiro caso, os campos magnéticos são produzidos pelo próprio coração, por exemplo, torna-se possível determinar o local da fonte de atividade elétrica anormal. Hoje, tal fato é possível através da magnetocardiografia (MCG) que pode localizar as fontes de atividades anormal no músculo cardíaco sem a fixação de dispositivos na pele do paciente (eletrodos). Apesar de apresentar como exame um potencial idêntico ao de um

diagnóstico realizado por um eletrocardiograma (ECG), leva uma vantagem na sua rapidez de diagnóstico, identificando áreas lesadas do músculo cardíaco de forma não invasiva.

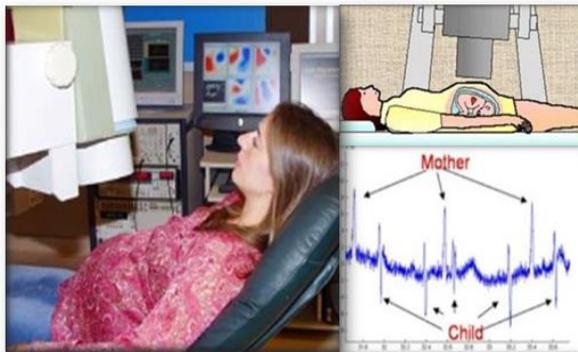
Figura 9 - Principais fontes de campos biomagnéticos localizados no corpo humano.



Fonte: Araújo et al., 1999, p. 03.

Figura 10 – Magnetocardiografia e magnetocefalografia.

Magnetocardiografia



Magnetoencefalografia



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Seguindo este mesmo princípio, a magnetoencefalografia (MEG), conforme o próprio nome sugere, faz referência ao estudo dos campos magnéticos gerados pelo próprio cérebro. Segundo ARAÚJO e colaboradores (1999, p. 38), os campos magnéticos gerados pelo próprio cérebro são

[...] devido a atividade neuronal que é caracterizada pela passagem de uma corrente elétrica ao longo da estrutura dos neurônios, em resposta ao gradiente de concentração de diferentes eletrólitos através da membrana de uma célula nervosa. Essa corrente elétrica altera as concentrações de certos íons, fazendo surgir um potencial de ação que se propaga ao longo da célula nervosa e que por sua vez, faz aparecer um campo magnético de intensidade e sentido bem definido.

A magnetoencefalografia mensura de forma não invasiva a propagação do estímulo nervoso no cérebro sem o auxílio de eletrodos. Vale salientar que sinais magnéticos que são associados a esse corrente elétrica na MEG são bastante tênues, pois encontram-se numa faixa entre nT(10-9T) e fT (10-15T), o que corresponderia a aproximadamente um bilionésimo do campo magnético da Terra, cuja intensidade é 20mT (ARAÚJO et al., 1999).

Quando consideramos a relação entre os campos magnéticos cerebrais e cardíacos, vemos que os cerebrais são bem menos intensos que os cardíacos (TRINDADE, 2004).

Estes métodos não invasivos que utilizam de medições dos campos biomagnéticos podem ser usados para diagnósticos precisos, prevenções de enfermidades em vários órgãos do corpo humano, de forma segura e precisa.

Outro fator físico capaz de interagir com os seres vivos é o som. Trata-se de uma propagação de energia mecânica em um meio material, que o faz ser um preciso meio para obtenção de informação e comunicação, pois os seres vivos tem a capacidade de captar e emitir sons (HENEINE, 1991). Em razão disso, a Bioacústica tem por objetivo o estudo das relações entre o som e os seres vivos (RODITI, 2005).

Nesse caso, o sistema auditivo dos mamíferos busca elucidar a percepção das sensações auditiva que tem por origem os estímulos sonoros. Estes estímulos de origem física se manifestam através das ondas mecânicas, e nesse sentido é importante frisar que necessitam de um meio para a sua propagação. E chegando ao sistema auditivo agem sobre as células ciliadas e nervos terminais, e esses, por sua vez, possuem a capacidade de codificar o estímulo mecânico em potenciais de ação (DURÁN, 2003).

Além disso, o som é também estudado pelo Biólogo, em razão desses mesmos seres vivos, emitirem algum tipo de som. Para a maioria dos seres humanos, a voz desempenha um papel fundamental na integração do homem como ser social. Enquanto que os pássaros desenvolveram o canto emitido pelo órgão especial chamado de siringe, útil para diversos fins: marcação de território, em rituais de acasalamento, comunicação (ORR, 1986). Tal situação se estende quando levando em consideração a ecolocalização ou biosonar, um sentido sofisticado desenvolvido por alguns animais para detectar a posição e a distância de objetos através da emissão de ondas ultrassônicas no ar (morcego) ou na água (cetáceos)

(COIMBRA et al., 2007; MARQUES; FABIÁN, 2010). Tal mecanismo hoje empregado pelos seres humanos em tecnologias como o radar, sonar e aparelhos de ultrassonografia (SANTOS; AMARAL, 2012).

Na Biotermologia há interesse em entender como se processa os mecanismos orgânicos que produzem termogênese (mecânica e química) e por sua vez também a dissipação de calor (termólise). No corpo humano a temperatura corporal é mantida pelo balanço entre os processos que envolvem a produção e eliminação do calor, e a importância do hipotálamo ao regular esse controle.

As mensagens enviadas pelo hipotálamo aos centros termorreguladores distribuídos no interior do corpo e na pele são provenientes de variáveis físicas tais como: temperatura ambiente, clima, movimento das camadas de ar e etc. Alguns animais são capazes de controlar sua própria temperatura interna sendo chamados homeotermos. Sendo o homem um deles, porém, outros animais homeotermos não utilizam a termogênese mecânica em situação de adaptação ao frio. Por exemplo, o cão e o coelho fazem sua aclimatação ao frio aumentando seu isolamento térmico eriçando os pelos e retendo camadas de ar ao seu interior. Os ratos aclimatados ao frio aumentam seu metabolismo interno, portanto fazem uso da termogênese química (GARCIA, 1997).

Na Biomecânica utilizamos escalas e tamanhos dos objetos na tentativa de mostrar-nos que o fator de escala corresponde entre comprimento (L), área (L^2) e volume (L^3) se mantém constante, isto permite que possamos ter uma estimativa entre a massa corporal (m) do animal, seu volume (v) e sua dimensão linear (d^3) isto é: $m \propto v \propto d^3$, podem permitir que pelo registro da área da pegada (pata) do animal no solo podemos estimar o seu volume corporal, porque em todas as espécies preservam-se a relação entre a sua massa corporal (m) e a resistência mecânica (RM) do osso.

Questões complexas também estão envolvidas no fator de escala, por exemplo: “Por que as células se dividem quando atingem um determinado tamanho?”. Conceituamos fator de viabilidade celular como razão entre a máxima quantidade de oxigênio obtida por difusão através da membrana celular do líquido extracelular (Lec), e a quantidade de oxigênio utilizado no seu metabolismo interno necessário para ela viver deve ser maior que um, pois há uma relação entre a quantidade de material metabolizante de uma célula e seu volume. Quando essa relação tende a aproximar-se de um, as células para não morrer, se dividem, pois o consumo interno de oxigênio não corresponde ao volume metabolizado por ela, pois o fluxo de nutrientes desenvolveu-se num ritmo bem menor que sua capacidade metabólica que é proporcional ao volume celular.

Com relação ao campo de interesse da Bio-óptica, temos como exemplo a visão em humanos que apresenta aspectos distintos das demais funções sensoriais. O globo ocular interage com a luz de forma distinta, identificando luz como onda e luz como fóton, e neste processo há uma transformação de energia eletromagnética pulso luminoso em pulso elétrico, que conduzido ao cérebro desencadeia sensações de origem psicofísicas as quais denominamos visão (HENEINE, 1991).

Em outras espécies o tipo de olho é composto ou facetado, sendo característicos de insetos e animais marinhos. Nos insetos os olhos evoluíram de ocelos para estrutura mais complexa chamada de omatídios que contém várias células sensíveis à luz. Acredita-se que a imagem do inseto seja “Pixelada” e varia entre as espécies, por exemplo: o olho composto da libélula apresenta em sua constituição 28.000 omatídios, enquanto na formiga subterrânea possui apenas seis deles (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

Outro grande influenciador do desenvolvimento dos seres vivos são as radiações, as quais são emissões de energia, seja ela por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas (RODITI, 2005). Elas ainda podem ser classificadas como: ionizantes, por possuírem energia suficiente para ionizar a matéria, sendo elas Raio-X e radiação gama (${}^0\gamma$), seus principais exemplos e de grande valia para estudos radiológicos e técnicas médicas diversas; ou em não-ionizantes, que apenas excitam os materiais biológicos a exemplo da ultravioleta, infravermelho e luz visível (HENEINE, 1991), utilizadas para diferentes estratégias de sobrevivências por todos seres vivos, inclusive sendo fatores limitantes.

As fontes de radiação podem ser naturais ou artificiais, um exemplo da primeira é a radiação proveniente das reações nucleares no interior do Sol, a qual é importante para o processo de fotossíntese e, por consequência, manutenção da teia alimentar. E um exemplo de radiação artificial é a proveniente do tubo de imagem de um aparelho de Raio-X.

Se por um lado a Física Clássica apresenta limitações para partículas da ordem de 1Å , esta lacuna é preenchida pela Física moderna dentro dos parâmetros desta ordem de grandeza (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982). Não há, em Física Quântica, lugar algum para declarações como esta: “Este objeto é assim, tem tal propriedade.” Em vez disso, temos declarações deste tipo: “Há tal probabilidade de que o objeto individual seja assim e tenha tal propriedade” (EINSTEIN, 2008, p. 239).

De acordo com Feynman (2008), as Ciências Biológicas contribuíram de forma bastante significativas com a Física na descoberta da conservação da energia por Mayr, relacionando a quantidade de calor absorvida e liberada por um ser vivo, no entanto se examinarmos mais detalhadamente, os processos biológicos envolvendo os seres vivos veremos uma gama de

fenômenos físicos, tais como: circulação do sangue, bombas, pressão, transporte de íons através da membrana, propagação do impulso nervoso em fibras especializadas... etc. Haveria uma correspondência direta entre o fenômeno biológico e sua estrutura a nível atômico? Bohr aborda a questão quando diz:

[...] não têm faltado sugestões de que se busque uma correlação direta entre a vida ou o livre arbítrio, e aspectos dos fenômenos atômicos [...], contudo [...], mecanismos de organização e regulação dos seres vivos supera qualquer expectativa prévia não nos permite [...], explicar as características peculiares da vida (BOHR, 1995, p. 26).

O processo holístico que envolve os sistemas biológicos e suas possíveis interações com seu entorno, não podem ter suas características individuais explicadas por processos atômicos. Segundo Bohr (1995), o carácter estatístico que envolve a mecânica quântica de imediato aparenta dificuldades maiores na interpretação de fenômenos que envolvem a regularidade de sistemas biológicos.

O holandês De Vries descobriu que na prole, mesmo das linhagens mais pura, um pequeno número de indivíduos – digamos, dois ou três em dezenas de milhares – aparecem com uma alteração pequena, mas “por salto”, essa expressão não quer dizer que a alteração é muito considerável, mas apenas que há uma descontinuidade, uma vez que não existem formas intermediárias entre os não modificados e os poucos que sofrem alterações. De Vries chamou a isso mutação (SCHRÖDINGER, 1997, p. 44).

O fato mais significativo na pesquisa do geneticista holandês Hugo De Vries é a “descontinuidade”, pois a prole investigada apresentava certas alterações por “saltos”, macromutações, ou seja, transformações hereditárias de grande amplitude, que por apresentarem alta frequência, pode levar a desvantagens, “mutações negativas”. Na visão de Schrödinger (1997) a Teoria da Mutações de De Vries seria a Teoria Quântica da Biologia, pois as mutações seriam devido a saltos quânticos na molécula do gene e que diferenciando-se do darwinismo clássico para o qual a evolução seria explicada através de micromutações, orientadas em uma determinada direção pelo processo da seleção natural de modo que na forma contínua e regular do metabolismo celular, grupos pequenos de átomos desempenham um papel fundamental nos eventos ordenados de um organismo vivo. Além disso,

A astrobiologia traz um inegável encanto, pois se refere à possibilidade de vida extraterrestre. A própria composição do nome astrobiologia indica que reuniu na sua construção tanto biólogos como astrônomos. E um grande número dos astrônomos, recém-chegados à astrobiologia, trabalhava com cosmologia. Trata-se de pessoas que se ocupavam de grandes questões, grandes demais para serem tratadas pela

ciência clássica, mas reincorporadas ao main stream da ciência pelas duas grandes teorias físicas do século XX, a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade (FRIAÇA, 2010, p. 94).

A tendência de generalizar e enquadrar os fenômenos naturais em possíveis categorias desarticuladas, contribuindo para a construção de uma visão limitada, reducionista, que desconsidera as inter-relações entre os seres vivos e seus respectivos ambientes, sem perceber a complexidade que compõe a natureza (SILVA, 2008). E dentre os fatores abióticos, tornam-se de particular interesse para a Biofísica Ambiental a relação dos fatores físicos (luz, temperatura, pressão e vento) e físico-químico (chuva, umidade, composição do solo, clima), pois participam do processo evolutivo permitindo compreender da composição da biodiversidade e nicho ecológicos dos organismos vivos como consequência da dinâmica atmosférica e também suas implicações na dinâmica da vida marinha e dulciaquícolas (SILVA, 2008). Fatores considerados pelos pesquisadores e estudiosos interessados na Ecologia e, em particular, pela Biometeorologia⁵, cujo embasamento físico para os Biólogos estaria vinculado ao estudo da Mecânica dos Fluídos (líquidos e gases).

Como se pode constatar, das interseções entre Física e Biologia muitos fenômenos da Fisiologia (humana ou comparada) estão implicados, bem como as propriedades por trás dos processos adaptativos desenvolvidos pelos seres vivos e até mesmo para especularmos a existência de vida fora do nosso planeta. A Biofísica se confirma como uma área de conhecimento enriquecedora que deve ser cuidadosamente explorada, em geral, ser ofertada ainda nos primeiros anos de faculdade.

⁵ Trata-se de uma ciência de natureza interdisciplinar voltada para o estudo das interações entre processos os fenômenos atmosféricos com os organismos vivos (sobretudo de plantas, animais e seres humanos) (ISB, 2017). Alguns dos seus temas de interesse são: a relação da atmosfera na saúde humana; produção animal, bem-estar animal e segurança alimentar; e os impactos das mudanças climáticas sobre os vegetais. Sendo assim, volta-se para compreender os efeitos do estresse climático e das estratégias de modificação ambiental, com o intuito de minimizar o efeito do ambiente climático sobre os seres vivos e melhorar o seu desempenho orgânico (SBBIOMET, 2017).

1.3. Biofísica: um campo interdisciplinar

Corso (2009) pontua que, para quem tem pouca intimidade com o componente curricular Biofísica, a primeira impressão é a de que a mesma traz um conteúdo de Biologia e que para ser compreendido necessita de um conhecimento sofisticado de Física. Tal ideia, ainda que não totalmente incorreta, é bastante faltosa com a realidade que envolve este componente curricular, que, além do conhecimento da Física e da Biologia, requer sensibilidade de perceber fenômenos que só pertencem ao universo da Biofísica e que traz em si a complexidade em sua interpretação.

Portanto, para compreendermos o campo da Biofísica, faz-se necessário um entendimento preliminar de interdisciplinaridade. Nessa perspectiva, iremos dialogar com alguns autores sobre interdisciplinaridade, inicialmente com Favarão e colaboradores (2004) pontuando que a palavra interdisciplinaridade, é composta pelo prefixo *inter-* que significa posição ou ação intermediária e o sufixo *-dade* atribui o sentido da ação ou resultado de ação ao termo. Porém, disciplina, núcleo do termo estudado, significa *epistémé*, que pode ser caracterizada como a ordem que convém ao funcionamento de uma organização, ou regime de ordem livre ou imposta.

Para Dencker (2002) a interdisciplinaridade se situa como um meio de corrigir distorções, fruto das especializações e das fragmentações impostas aos componentes curriculares. “O movimento da interdisciplinaridade surge na Europa, principalmente na França e na Itália, em meados da década de 1960 [...] época em que insurgem os movimentos estudantis reivindicando um novo estatuto da universidade e da escola” (FAZENDA, 1996, p. 18).

Há, na realidade, um levante neste período que é contrário à ciência multipartida, evidenciando as imperfeições do modelo reducionista (DENCKER, 2002). Segundo Fazenda (1996) o movimento interdisciplinar chega ao Brasil como um modismo. Clama por mudanças no campo da educação, porém sem a necessária reflexão envolvendo seus princípios norteadores e suas dificuldades de implantação. Esse modismo sofre a influência de uma ideologia difusa que é transportada para o ensino e isso tem como resultado a adoção de padrões sem paralelos com a nossa realidade social vigente o que compromete os benefícios esperados com as práticas adotadas (DENCKER, 2002).

A reflexão sobre a interdisciplinaridade vem a consolidar-se no Brasil, com a publicação do livro: “*Interdisciplinaridade e patologia do saber*”, em 1976 por Hamilton Japiassu e com os trabalhos de Fazenda na década de 70, a Lei de Diretrizes e Bases da

Educação Básica (LDB – Lei n. 9.394/1996) introduz modificações significativas, que alteram a estrutura da universidade, há uma busca de procedimentos para adequar-se à nova realidade devido às mudanças sociais impostas pela globalização da economia (DENCKER, 2002).

Haja vista que as instituições educacionais sofrem e refletem as influências sociais, econômicas e políticas. Portanto, com o advento da globalização, a educação foi pressionada a buscar meios que a auxiliassem a se adequar às mudanças impostas pela evolução tecnológica, onde a informação dar-se-ia em tempo real e dinâmica. As instituições necessitaram investir em recursos materiais e humanos, para acompanhar a crescente onda de mudanças provocadas pela globalização, inclusive na relação entre o processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, D’Ambrósio (1987, p. 89) pontua que:

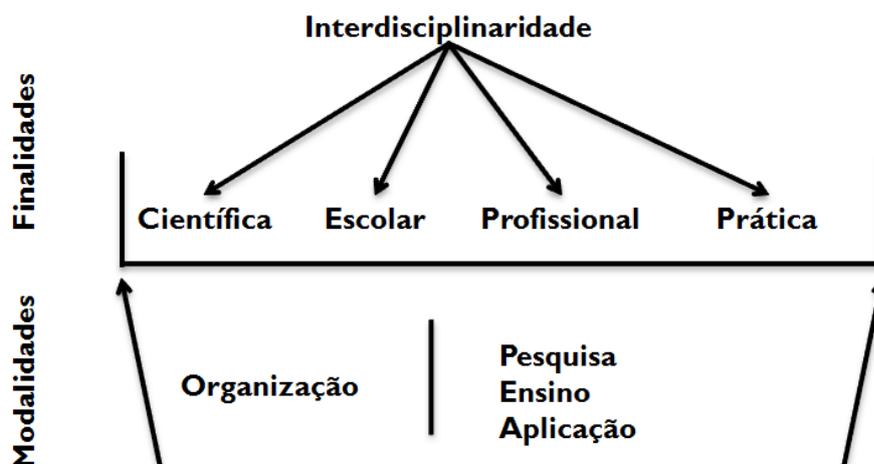
A globalização tem como consequência uma nova divisão do trabalho intelectual. Provoca a necessidade de trabalho em equipe no ensino e na pesquisa, a intensificação de estudos comparados e de áreas híbridas de investigação e pressiona o surgimento de uma variedade de perspectivas holísticas que contestam as tradicionais fragmentações do conhecimento em disciplinas, subdisciplinas [...].

Portanto, a globalização refletiu não apenas nas questões referentes ao trabalho, mas também na busca de um modelo de educação que possibilitasse um desenvolvimento científico eficiente.

Num diálogo com Favarão e colaboradores (2004), a interdisciplinaridade vem com toda força, pois corresponde a uma nova consciência da realidade, ou seja, maneira de pensar diferente, de reciprocidade, integração entre diferentes áreas do conhecimento, com objetivo de facilitar a produção de novos conhecimentos, e permitir a resolução de problemas de uma maneira global e abrangente. Fazenda (2002, p. 29) esclarece que: “a interdisciplinaridade jamais se define e jamais se dá a definir. [...] interdisciplinaridade não se ensina, nem se aprende: vive-se, exerce-se”.

De acordo com Lenoir (2014), os componentes curriculares escolares não impedem que tomemos certos empréstimos às de cunho científico, e isto não constitui cópias nem transposição de saberes eruditos. Os componentes curriculares escolares são organizados por meio de um dispositivo análogo àqueles dos componentes curriculares científicos. Embora seus referenciais, objetos e aplicações sejam diferentes, tornam-se unidas por compartilharem uma lógica científica. Considerando as grandes diferenças entre os componentes curriculares científicos dos escolares, Lenoir (2014) propõe que a interdisciplinaridade possa ser: investigada (pesquisa), professada (ensino) ou praticada (aplicação), conforme representa a figura 11.

Figura 11 - Os campos de operacionalização da interdisciplinaridade e seus ângulos de acesso.



Fonte: Lenoir, 2014, p. 50.

De acordo com a figura apresentada, fica evidenciada que a interdisciplinaridade escolar pode ser trabalhada numa perspectiva científica, onde os elementos da pesquisa, ensino e aplicação poderão desenvolver uma aprendizagem significativa dos conteúdos abordados.

A contemporaneidade se torna um marco da mudança radical, fazendo que o homem conceba a si mesmo, a realidade a sua volta e o mundo que o cerca, e a interdisciplinaridade vem a contribuir, não como um modismo, mas como uma proposta de evolução em todas as ciências, sejam físicas, humanas ou naturais.

Quando consideramos uma proposta interdisciplinar, tomamos como base o construtivismo, isso é, a eterna construção como meio de torna-la realizável. Pois o construtivismo fundamenta-se na ideia de que nada, nenhum conhecimento encontra-se pronto, inacabado, existindo sempre a possibilidade de além, ou seja, realizar mais, construir (FAVARÃO et al., 2004).

Segundo Klein (2014, p. 35): “Não existe uma pedagogia interdisciplinar única, ainda que o registro das práticas revele que os professores tendem a se valer de pedagogias inovadoras que promovam o diálogo e a comunicabilidade, a capacidade de colocar e resolver problemas”. Levando em consideração as opções disponíveis no campo da aprendizagem, vislumbramos que elas encorajam tanto a integração das disciplinas como a síntese pessoal.

Nessa perspectiva, Fazenda (1996) alerta para não considerar a interdisciplinaridade uma panaceia que garantirá um ensino adequado ou um saber unificado, mas um ponto de vista para uma reflexão profunda, crítica e salutar sobre o funcionamento do ensino.

Por outro lado, Nicolescu (2005, p. 52) pontua acerca da pluridisciplinaridade, cujo estudo de um objeto pode ser analisado por várias disciplinas ao mesmo tempo. Tal fato

possibilitará uma visão maior do objeto de estudo, pois a abordagem pluridisciplinar ultrapassa as disciplinas envolvidas, porém mantém sua finalidade, seu foco na disciplina em questão.

A interdisciplinaridade tem uma intenção diferente daquela da pluridisciplinaridade. Ela diz respeito à transferência de métodos de uma disciplina para outra. Além de ultrapassar as disciplinas envolvidas, é possível de ser realizado por três vias: um grau de aplicação, um grau epistemológico e um grau de geração de novas disciplinas, que no nosso caso é a Biofísica (NICOLESCU, 2005).

Nessa visão da importância da Biofísica no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, trazemos Corso (2009) pontuando que determinados conteúdos não são vivenciados em nossa formação, tomando como exemplo o conceito de impedância acústica, que não é vivenciado no ensino médio nem no ensino superior, no entanto, é de fundamental importância na compreensão da absorção da energia sonora pelo tecido humano. O corpo humano, devido ao fato de ser constituído de água (75%), possui uma impedância acústica bem maior que do próprio ar, isso ocorre para que a maior parte da energia proveniente da onda sonora do meio exterior ao interagir com o ouvido seja refletida ao invés de ser transmitida para dentro do crânio. Contudo o nosso sistema auditivo ao longo de sua história evolutiva foi desenvolvendo a capacidade de criar mecanismos de ganho de energia sonora para compensar estes processos de perdas. No entanto, a audição nos organismos aquáticos não lida com esta dificuldade, tendo em vista que se trata de organismos com estruturas anatômica e fisiológica mais simples.

É de se esperar que o bacharelado em Ciências Biológicas, ao vivenciar os conteúdos da Biofísica possa perceber a importância desses conteúdos na interpretação de fenômenos específicos vinculados a sua formação. Acerca disto, Corso (2009) fez o seguinte comentário, o componente curricular Biofísica é adaptada à realidade de cada curso, ao trabalhar o tema radiação faz-se necessário detalhar a importância de sua aplicação em cada situação, como exemplo, citemos a interação da radiação infravermelha com a matéria, na Fisioterapia, pensando na aplicação desta no processo terapêutico de aquecer os tecidos do corpo humano, propiciando uma ativação da circulação, diminuição de um possível edema, etc. Quando voltamos o olhar para a Ecologia é importante frisar a interação da radiação infravermelha proveniente da Terra com a atmosfera e o efeito estufa. Em outra área como a Odontologia, a radiação infravermelha torna-se não importante, no entanto o estudo dos Raios-X é de suma importância no campo de imageamento. Consideremos como exemplo uma radiografia

panorâmica, cujo foco em primeira instância é obter um diagnóstico preciso, seguro minimizando a probabilidade de erro no tratamento dentário.

Segundo Corso (2009), a Teoria dos Sistemas Dinâmicos exerceu forte influência na “Dinâmica de populações” que encontra-se inserida na Ecologia, estuda o número e a proporção de espécies frente às pressões do meio. Lord Robert May, ecólogo foi o descobridor do caos na equação logística, uma equação clássica utilizada no estudo da ecologia de populações.

A Ecologia hoje se apropria da Matemática como ferramenta para descrever a complexidade do meio ambiente. Este estudo envolve as leis alométricas que é um ramo onde várias disciplinas como Biologia, Física e Matemática se entrelaçam em conexões, cabendo ao Ecólogo lidar com equações complexas na busca de resposta para interpretar o fenômeno vida, possibilitando relacionar grandezas, envolvendo tamanho, consumo energético, velocidade do voo de aves, intervalo de tempo entre batimentos cardíacos, abrangendo um grande número de organismos. Corso (2009) pontua que a grande publicação na área da Biofísica, na atualidade, está relacionada à Biologia molecular.

Nesse sentido, trazemos a Biofísica como base da nanotecnologia, exemplo ilustrativo da evolução científica que vem ocorrendo a partir do processo de globalização. Haja vista que a Biofísica vai além de uma conexão envolvendo a Física e a Biologia, superando modelo mais simples da Física e deixando de apenas fazer descrição macroscópica, morfológica de uma Biologia Descritiva. Aprofunda-se no fenômeno vida lidando com a complexidade que a envolve e suas possíveis conexões com o meio ambiente.

Um dos homens que mais contribuiu para a física do século XX foi Schrödinger. Além de ter sido o descobridor da equação de Schrödinger, fundamental para mecânica ondulatória, foi o primeiro a idealizar a perspectiva da existência do código genético (SCHENBERG, 2001). Schrödinger numa conferência realizada em 1943 em Dublin, Irlanda vincula a Química a Biologia antecipando uma visão molecular bem antes da determinação da estrutura da molécula de DNA, defendendo a ideia da existência de uma categoria de molécula modelo que gera informação na substância hereditária, propiciando a previsão da molécula de DNA portar informações químicas impressas, o que resultou em um grande impulso na Biofísica que conhecemos e são as bases da Biologia Molecular (DISALVO, 2017).

A Biologia Celular Clássica não tinha resposta para esclarecer a natureza da “pulseira de elos” cromossômicas, o tamanho de um gene permaneceu aberto em face de controvérsias. Porém, no século XX com o surgimento de novas técnicas experimentais e ideias mais refinadas da física teórica abriram novas janelas sobre a estrutura celular. “Para Schrödinger,

a maior questão acerca do gene dizia respeito à fidelidade quase perfeita de seu armazenamento de informação, apesar do seu tamanho diminuto” (NELSON, 2006, p. 77).

Segundo Disalvo (2017), a Biologia Molecular deu um salto quando a ela são incorporados os processos químicos para interpretar os fenômenos biológicos, fluxo de energia entre sistema e entorno, através da termodinâmica de sistemas fora do equilíbrio. Schrödinger (1997) introduz o termo “entropia negativa” para conciliar a termodinâmica com a Biologia cujo objetivo maior era explicar a organização dos seres vivos em um universo que tende a desordem (aumento de entropia).

A “entropia negativa” foi definida de forma rigorosa como a energia livre disponível para realizar trabalho. Representaria a energia livre introduzida por Gibbs nos processos termodinâmicos. A interferência da Física na Biologia vêm contribuir de forma significativa na formação do Biólogo dando-lhe um embasamento racional, lógico na interpretação de fenômenos que antes eram apenas descritos e hoje podem ser abordadas através de modelos computacionais, leis físicas com uma leitura mais fidedigna da realidade que nos envolve. Quando a leitura de um fenômeno envolve apenas as leis que os descrevem seja elas matemáticas, físicas, químicas, etc. Por mais difícil que nos pareça, envolve estrutura de pensamento linear. No entanto quando tais fenômenos têm uma abrangência maior em seu universo de interação extrapolado a sua própria limitação e abrangendo toda sua estrutura biopsicossocial, evidentemente, envolve na estrutura de pensamento complexo, pois além das interações que são visíveis entre suas variáveis existem outras que tornam-se oculta aos nossos olhares.

Desta maneira a Biofísica tem sim de fato uma relevância na formação do Biólogo, pois o obriga a sair de sua zona de conforto e observar a complexidade que o envolve em seu meio de atuação. A Biofísica contribui com tecnologia de imagens (RX, US, RMN, TC, TIC, MEC, MCG) o que são fundamentais em diagnóstico para a área de Saúde, intervindo ainda em outras áreas como diálise, radioterapia, desfibriladores, marca-passo, ciência forense. Outra contribuição diz respeito ao processo terapêutico, como exemplo, pontuamos a “Hipertermia Terapêutica”, onde a aplicação de campos e compostos magnéticos no paciente elevam a sua temperatura, restabelecendo o equilíbrio térmico e corporal, ou seja, a Biofísica possui um campo de atuação vasto para o Biólogo-pesquisador.

Por sua natureza interdisciplinar a Biofísica pode inserir-se potencialmente na contribuição de problemas globais, tais como: crise de energia, crise de alimento, preservação de espécie, água potável, que mesmo sendo de caráter estritamente político, é possível

viabilizar as técnicas da Biofísica em sua solução; pois aplica as teorias e os métodos da Física na resolução de questões biológicas.

Na biofísica são estudados em escala macroscópica e microscópica os fenômenos físicos-biológicos que envolvem organismos vivos e, em nível molecular, os comportamentos resultantes dos vários processos da vida, além da interação e da cooperação entre os sistemas altamente organizados de macromoléculas, organelas e células (DURÁN, 2003, prefácio V).

Durán (2003) nos leva a reflexão de que o campo de estudo da Biofísica só é possível de ser realizado se o Bacharel em Ciências Biológicas possuir um conhecimento prévio de Física, Biologia, Química, Físico-Química, Bioquímica e Cálculo Diferencial e Integral. Levando-nos a crer que a Biofísica encontra-se inserida no campo interdisciplinar, estando presente em todos os níveis que envolvem a organização biológica, desde os processos moleculares aos fenômenos ecológicos.

Tal fato aparenta ser uma oportunidade para se introduzir o pensamento complexo e a noção de múltiplos fatores no lugar de um pensamento de causalidade única. Uma vez que existem, por exemplo, radiações eletromagnéticas, como a radiação do tipo gama (γ), igualmente importante que merecem atenção quanto aos seus conceitos e tipos de radiações e, assim, entender seus efeitos nos seres vivos (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

Em relação à Radioatividade, em especial, torna-se importante em pleno século XXI, por conta do conhecimento sobre as Ciências Nucleares ante ao histórico de acidentes e catástrofes envolvendo a Radioatividade e as novas ameaças de uso de armas nucleares. Assim sendo, é de relevante importância ao Biólogo da contemporaneidade compreender sobre esse tema e as inter-relações que esta guarda com os campos da Física e da Química.

Nessa perspectiva, concluímos que a Biofísica enfoca o seu estudo, essencialmente, no ser vivo como um corpo que ocupa um lugar no espaço, desprende e transforma energia num meio ao qual interage. Portanto, aspectos de ordem elétrica, gravitacional, magnéticos, nucleares, entre outros, estão contidos em vários fenômenos biológicos que podem ser pesquisados, analisados e explicados através da Física.

Dessa forma, podemos afirmar que o estudo da Biofísica no currículo e formação do Bacharel em Ciências Biológicas, constitui-se de suma importância para o futuro Biólogo vislumbrar, pesquisar e criar novos horizontes e possibilidades científicas.

1.4. Currículo e formação do Bacharel em Ciências Biológicas

A origem da palavra “ensinar” provém do latim *insignare*, cujo significado é “marcar com um sinal”, indicar um caminho, um sentido. O que nos leva a reflexão que um bom professor deve ser um profissional do sentido, transformando informação em conhecimento, pois o conhecimento é a informação que faz sentido para aquele que se apropria dele (GADOTTI, 2013).

Ainda dialogando com Gadotti (2013), o mesmo enfatiza que a qualidade da educação deve ser algo sistêmico, ou seja, que ocorra da creche ao pós-doutorado. Na mesma linha argumentativa, Machado (2007) pontua que nenhuma política educacional pode produzir resultados positivos sem uma integração orgânica entre os diversos níveis de ensino, particularmente entre a educação básica e o ensino superior, numa definição conclusiva de que medidas isoladas não produzirão o efeito almejado.

Vergnaud (1996) nos chama a atenção quando impõe a visão que dominar um conceito não se limita apenas a conhecer suas regras de aplicações e propriedades pertinentes, é necessário também aprofundar-se nas suas diferentes formas de representação e em que situações esse conceitos podem ser aplicados, o que torna as informações obtidas em livros ou mesmo pelo professor de uma eficácia limitada por serem abordadas subjetivamente.

Nesta postura, cabe o entendimento de que a formação dos futuros professores deverá estar fundamentada num paradigma que permita o entendimento de que o professor deverá ter foco num processo de uma aprendizagem que signifique e ressignifique os conhecimentos científicos, além de inovar sua prática pedagógica, inovação, no sentido atribuído por Fino (2008, p.10) pontuando que esta implica em:

[...] mudanças qualitativas nas práticas pedagógicas e essas mudanças envolvem sempre um posicionamento crítico, explícito ou implícito, face às práticas pedagógicas tradicionais. É certo que há fatores que encorajam, fundamentam ou suportam mudanças, mas a inovação, ainda que possa apoiar nesses fatores, não é neles que reside, ainda que possa ser encontrada na maneira como são utilizadas.

Fino (2008) apresenta em seu discurso, elementos sinalizadores do desejo de uma instituição com novos paradigmas educacionais, que vá além da retórica de conclusões, mas que possibilite a construção do conhecimento científico situando-os no contexto histórico, filosófico e cultural aliado à aplicabilidade desse conceito no cotidiano, ou seja, contextualizá-lo, apresentando-o como algo que encontra-se no processo e no meio onde se manifesta a educação, pois esta encontra-se por toda parte, independente do lócus que esteja.

O sonho viável exige de mim pensar diariamente a minha prática; exige de mim a descoberta, a descoberta constante dos limites da minha própria prática, que significa perceber e demarcar a existência do que eu chamo espaços livres a serem preenchidos. O sonho possível tem a ver com os limites destes espaços e esses limites são históricos. A questão dos sonhos possíveis, repito, tem a ver com a educação libertadora enquanto prática utópica. Mas não utópica no sentido do irrealizável; não utópica no sentido de quem discursa sobre o impossível, sobre os sonhos impossíveis. Utópico no sentido de que é esta uma prática que vive a unidade dialética, dinâmica [...] (FREIRE, 1982, p. 100).

Considerando as perspectivas tradicionais, concebia-se o currículo como uma questão técnica, buscando discutir as mais eficientes formas para organizá-lo e aceitar facilmente o *status quo*, que são os conhecimentos e os saberes dominantes, cuja pretensão é ser apenas teorias neutras, científicas ou desinteressadas.

Nesse sentido, Malta (2013) ressalva que numa perspectiva crítica e pós-crítica, o currículo torna-se mais complexo à medida que são incluídos os campos ético e moral em sua estrutura e estas por sua vez evidenciam que nenhuma teoria é neutra, desinteressada ou científica, pois trazem em si as relações de poder e suas respectivas conexões entre o saber, a identidade e o poder. Quanto a isso, Silva (2007, p.15-16) ressalta que:

O currículo é sempre o resultado de uma seleção de um universo mais amplo de conhecimentos e saberes, seleciona-se aquela parte que vai constituir, precisamente, o currículo. As teorias do currículo, tendo decidido quais conhecimentos devem ser selecionados, buscam justificar por que “esses conhecimentos” e não “aqueles” devem ser selecionados [...]. Um currículo busca precisamente modificar as pessoas que vão seguir aquele currículo [...]. A cada um desses “modelos”, de ser humano corresponderá um tipo de conhecimento um tipo de currículo. [...] Além de uma questão de conhecimento, o currículo é também uma questão de identidade. É sobre essa questão que se concentram também as teorias do currículo.

Trazendo Malta (2013) para o debate, o mesmo pontua que frequentemente o currículo é usado indiscriminadamente, com o objetivo de designar o programa de um componente curricular, curso, ou num sentido mais amplo, abranger várias atividades educativas através das quais o conteúdo é desenvolvido contendo materiais e metodologias apropriados.

Conceber o currículo como um processo dialético, de ação-reflexão-ação, é uma maneira de torná-lo crítico, à medida que agregamos ao currículo os seguintes questionamentos: Para quê ensinar? A quem ensinar? O quê ensinar? Como ensinar?

Um currículo traz no seu cerne condicionantes sejam eles sócio-político-culturais, explícitos ou não possibilitando diferentes visões de homem e sociedade, e isso tem implicação direta no tipo de ensino que se desenvolve. Logo, podemos perceber que não há uma definição melhor ou mais atualizada que possa traduzir a pergunta: o que é currículo?

Existe sim, uma definição, cuja filosofia se adeque a um grupo para fazer uso de uma determinada proposta pedagógica?

Segundo Oliveira e colaboradores (2007, p.169): “[...] um dos grandes desafios do ensino superior brasileiro é a sua função estratégica de fornecer subsídios para que a inserção do indivíduo no mercado de trabalho seja imediata, produtiva e comprometida com o bem-estar social”.

Impregnado das perspectivas dos autores acima, analisamos o cenário do nosso objeto de estudo, onde buscamos compreender o perfil do componente curricular Biofísica, segundo a perspectiva dos docentes e documentos (PPC e Plano de Ensino), na formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade. Remetendo-nos a reflexão de que o currículo para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas deverá estar afinado com as demandas da sociedade contemporânea, no que concerne a áreas de atuação e empregabilidade. E uma das grandes dificuldades é a formação do Biólogo, pois caso o currículo não ofereça aos formandos saberes que lhe permitam competir no mercado de trabalho, sua inserção ao longo do tempo tornar-se-á cada vez mais difícil.

Uma rota que possibilita dinamizar a inserção e escolha de uma área específica é a iniciação científica, a qual traz diversos benefícios para o desenvolvimento acadêmico e profissional para o estudante do Ensino Superior como melhoria de sua capacidade de análise crítica, maturidade intelectual, permitir melhor avaliação do processo de construção do conhecimento científico e suas futuras perspectivas acadêmicas como profissionais, ainda que esconda alguns riscos (FAVA-DE-MORAES; FAVA, 2000).

Inicialmente, o contexto histórico da criação da profissão do Biólogo, que foi legitimada pela Lei nº 6.684 de 03 de setembro de 1979 (CFBio, 1979). No entanto, somente no ano de 1983, após ser regulamentada pelo Decreto nº 88.438/83, ocorreu à criação do Conselho Federal de Biologia.

A Lei nº 6.684/79, bem como o disposto no Inciso XVIII, do artigo 11, do Decreto nº 88.438/83, estabelece ser função do Conselho Regional de Biologia - CRBio definir o limite de competência no exercício profissional, conforme os currículos efetivamente realizados, entende ser necessário que sejam estabelecidos os requisitos mínimos para o Biólogo atuar nas áreas mencionadas nos dispositivos legais.

Este GT também contribuiu na elaboração do documento encaminhado pelo sistema Conselho Federal de Biologia - CFBio/ Conselho Regional de Biologia - CRBios em 30 de setembro de 2009, quando da consulta pública promovida pela SESU/MEC relativas aos referenciais para os cursos de graduação em Ciências Biológicas (CFBio, 2009).

A partir dessa consulta pública, foi estabelecido o perfil, as áreas de atuação e grade curricular mínima para a formação do Bacharel, o qual é entendido como sendo o profissional apto a atuar em pesquisa, projetos, análises, perícias, fiscalização, emissão de laudos, pareceres e outros serviços nas áreas de Meio Ambiente, Saúde e Biotecnologia.

No Parecer homologado do CNE/CES 1.301/2001, de 06 de novembro de 2001 (BRASIL, 2001), que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Ciências Biológicas, destaca que:

O Bacharel em Ciências Biológicas deverá ser:

- a) generalista, crítico, ético, e cidadão com espírito de solidariedade;
- b) detentor de adequada fundamentação teórica, como base para uma ação competente, que inclua o conhecimento profundo da diversidade dos seres vivos, bem como sua organização e funcionamento em diferentes níveis, suas relações filogenéticas e evolutivas, suas respectivas distribuições e relações com o meio em que vivem;
- c) consciente da necessidade de atuar com qualidade e responsabilidade em prol da conservação e manejo da biodiversidade, políticas de saúde, meio ambiente, biotecnologia, bioprospecção, biossegurança, na gestão ambiental, tanto nos aspectos técnicos-científicos, quanto na formulação de políticas, e de se tornar agente transformador da realidade presente, na busca de melhoria da qualidade de vida;
- d) comprometido com os resultados de sua atuação, pautando sua conduta profissional por critério humanísticos, compromisso com a cidadania e rigor científico, bem como por referenciais éticos legais;
- e) consciente de sua responsabilidade como educador, nos vários contextos de atuação profissional;
- f) apto a atuar multi e interdisciplinarmente, adaptável à dinâmica do mercado de trabalho e às situações de mudança contínua do mesmo;
- g) preparado para desenvolver ideias inovadoras e ações estratégicas, capazes de ampliar e aperfeiçoar sua área de atuação (BRASIL, 2001, p. 3).

No mesmo parecer acima são estabelecidas competências e habilidades, das quais foi feita uma seleção das que se adequam ao Bacharel em Ciências Biológicas e abaixo explicitadas.

1. Entender o processo histórico de produção do conhecimento das ciências biológicas referente a conceitos/princípios/teorias;
2. Estabelecer relações entre ciência, tecnologia e sociedade;
3. Aplicar a metodologia científica para o planejamento, gerenciamento e execução de processos e técnicas visando o desenvolvimento de projetos, perícias, consultorias, emissão de laudos, pareceres etc. em diferentes contextos;

4. Atuar em pesquisa básica e aplicada nas diferentes áreas das Ciências Biológicas, comprometendo-se com a divulgação dos resultados das pesquisas em veículos adequados para ampliar a difusão e ampliação do conhecimento;
5. Utilizar os conhecimentos das ciências biológicas para compreender e transformar o contexto sócio-político e as relações nas quais está inserida a prática profissional, conhecendo a legislação pertinente;
6. Desenvolver ações estratégicas capazes de ampliar e aperfeiçoar as formas de atuação profissional, preparando-se para a inserção no mercado de trabalho em contínua transformação;
7. Avaliar o impacto potencial ou real de novos conhecimentos/tecnologias/serviços e produtos resultantes da atividade profissional, considerando os aspectos éticos, sociais e epistemológicos (BRASIL, 2001, p. 3-4).

De acordo com Oliveira e colaboradores (2007), além de uma formação sólida, o Biólogo deve ser um profissional atualizado, capaz de atuar tanto em nível técnico quanto experimental, munido das teorias biológicas. Além disso, ser capaz de elaborar e executar projetos, onde estejam relacionadas às áreas de: ciência, tecnologia e sociedade; vislumbrando, também, as implicações sociais do conhecimento e uso do seu projeto. Entretanto, em relação à área de atuação do Bacharel em Ciências Biológicas, existe imprecisão conceitual quanto a sua área de atuação e empregabilidade, tendo em vista a natureza inter ou multidisciplinar do Biólogo, que interage e intersecta em funções que são exercidas tradicionalmente por biomédicos, veterinários, agrônomos, geólogos, nutricionistas, médicos, entre outras áreas afins.

É evidente que sua formação deve lhe assegurar os conhecimentos básicos necessários, além da Biologia, outras áreas como: Física, Matemática, Química e Ciências Humanas, possibilitando o entendimento, a complexidade e multifacetadas interações que permeiam os seres vivos.

O trabalho profissional dos biólogos, ainda é pouco conhecido e reconhecido pelo grande público, que muitas vezes, não está familiarizado com suas múltiplas atribuições previstas na lei. Este é um dos fatores que dificultam a inserção dos biólogos no mercado de trabalho, principalmente em áreas de competências já ocupadas por outros profissionais. Há, portanto, necessidade de consolidar a imagem profissional junto à sociedade e de preparar os futuros biólogos para os desafios que enfrentarão após a conclusão do curso (ROSA, 2000, p. 63).

Enquanto não houver uma visão mais acentuada do campo de “atuação” desse profissional pela população e pela classe empregadora. Sua atuação diversificada ficará sem grande representatividade social, cabendo ao Conselho Regional de Biologia - CRBio, mais divulgação de suas atividades junto à população.

Quando consideramos a empregabilidade desses profissionais, Malta (2013) esclarece que o nível de empregabilidade por parte dos licenciados é, bastante, superior ao dos bacharéis, pois envolve todas as atividades deste último e ainda o ensino básico. Na pesquisa da referida autora, encontra-se presente alguns questionamentos feitos pelos alunos da UFPE, dentre eles, um que se refere à carga-horária do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado) que é praticamente igual à Licenciatura.

Implicando na abertura de espaço para discussão da necessidade de se repensar um currículo crítico, interdisciplinar e conectado com as demandas de formação de um profissional para a sociedade contemporânea.

Tal perspectiva nos leva a refletir acerca da identidade profissional do Bacharel em Ciências Biológicas na sociedade contemporânea. Segundo Hall (2015), as sociedades modernas são caracterizadas por apresentarem mudanças constantes, rápidas e permanentes, enquanto nas sociedades tradicionais, o passado é venerado e perpetuado, representam a experiência de gerações.

Hall (2015) pontua que, o homem contemporâneo vivencia uma possível “crise de identidade”, afirmando que há uma fragmentação nas identidades modernas. É a partir dessa afirmação de uma “crise de identidade” que Hall (2015) desenvolve os argumentos que possibilitam visualizar o desenvolvimento dessa crise identitária. São transformações nas sociedades modernas do século XX que estão deslocando ou descentrando o sujeito do seu espaço na sociedade e de si mesmo, gerando uma crise de identidade para os indivíduos.

Para explicar a crise de identidade, Hall (2015) parte de três concepções de identidade, são elas:

- 1- Sujeito do Iluminismo: concepção de sujeito humano centrado, racional, unificado, consciente. A identidade nesse sujeito aparece no seu nascimento e desenvolve-se ao longo da vida em um processo contínuo.
- 2- Sujeito Sociológico: envolvido na complexidade do mundo moderno, o sujeito sociológico não é autossuficiente, nem independente do mundo. Sua identidade não é formada apenas no interior do sujeito, mas sim na interação desse “eu” e a sociedade. O sujeito aqui é passível de modificações no diálogo com o mundo exterior. A identidade serve para “costurar” o sujeito à estrutura, tornando-os reciprocamente unificados.
- 3- Sujeito pós-moderno: não possui uma identidade fixa, permanente e essencial. Trata-se de uma identidade móvel, definida historicamente e não biologicamente, não é unificada como no iluminismo, tão pouco coerente. Nesse entendimento, um

indivíduo pode possuir diversas identidades em si, utilizando-as de acordo com os sistemas culturais que o rodeia.

Assim, percebemos a transformação ocorrida na identidade do sujeito moderno, que passa de sujeito unificado a sujeito contraditório, descentralizado. Para tratar das mudanças ocorridas na modernidade tardia, falando especialmente do processo que chamamos de “globalização” o autor dialoga com Marx, Giddens, Harvey e Laclau para mostrar que as sociedades modernas são sociedades pautadas na ideia de mudança constante, rápida e permanente. Esse caráter de mudança é permanente que distingue-se das sociedades tradicionais. O autor chama atenção para o processo de *descontinuidades*, processo que libertou os indivíduos das amarras da tradição, promovendo uma ruptura com o passado. Essas sociedades também são caracterizadas por não possuir um centro organizador único, elas são formadas por uma pluralidade de centros de poder. Tais sociedades são marcadas pela *diferença*, diferenças que produzem diferentes sujeitos, isto é, identidades para os indivíduos.

Podemos conceituar o sujeito pós-moderno como não tendo uma identidade fixa, essencial ou permanente. A identidade é formada e transformada continuamente em relação às formas pelas quais somos representados na cultura que nos rodeiam (HALL, 2015).

A contemporaneidade trouxe em seu cerne transformações em vários setores sociais, tecnológico, econômico e geopolítico numa escala mundial, e isso afetou o modo de vida do sujeito e a sua forma de agir socialmente.

As transformações acima produzem um cenário que apresenta no palco da vida características como transitoriedade, descontinuidade, efemeridade e caos que ao atingirem as categorias de trabalhadores, produzem repercussão em sua identidade e trabalho (COUTINHO; KRAWULKI; SOARES, 2007).

Outros autores defendem a teoria de que o homem contemporâneo vive uma crise de identidade. De acordo com Silva (2007), o sujeito moderno é fundamentalmente centrado, guiado por sua razão e por sua racionalidade, encontra-se no centro da ação social, tomando sua consciência como centro de suas próprias ações, além disso é identitário, sua existência coincide com o seu pensamento.

Enquanto isso, para o pós-modernismo e/ou contemporâneo, o sujeito é fundamentalmente fragmentado, dividido e não converge para o centro, supostamente coincidente com a sua consciência, ao contrário, ele é dirigido a partir do exterior pelas estruturas, pelas instituições e pelo discurso.

O processo que envolve a construção da identidade é objeto de estudo por sociólogos, psicólogos e antropólogos envolvendo a sua estrutura conceitual e o processo de formação da

identidade. Para os estudiosos do assunto, tal formação é um processo interno, que tem como base sua cultura e categoria social, com início na fase infantil, tendo em vista que as crianças assimilam traços e características de pessoas e objetos externos.

A identidade pessoal é singular ao sujeito, forjada através de suas interações sociais, da consciência e das estruturas em que o sujeito está imerso. No entanto, não é estática, devido ao fato de haver mudanças de acordo com as sucessivas fases da vida (PRADO; COUTINHO; VILLALBA, 2012).

A identidade é um processo de construção histórica reajustada ao longo de diferentes etapas da vida e de acordo com o contexto no qual a pessoa atua. Uma construção que exige constantes negociações entre tempos diversos do sujeito e ambientes ou sistemas nos quais está inserido (VIANNA, 1999, p. 52).

Na colocação acima, percebe-se que a identidade pessoal é um processo de construção realizado pelo ser ao longo da vida e precede à identidade profissional.

Na percepção de Coutinho, Krawulski e Soares (2007), identidade tem sido frequentemente apresentada conceitualmente de uma forma dinâmica no intuito de compreender como o sujeito encontra-se inserido no mundo e sua relação com o outro.

Enfatizando a ideia da identidade, Berger e Luckmann (2002, p. 177) pontuam que: “ela é objetivamente definida como a localização em um certo mundo e só pode ser subjetivamente apropriada juntamente com este mundo”. Um fenômeno pode ser percebido por todos de forma evidente e lógica, no entanto, a impressão dele é traduzida espontaneamente pela subjetividade do indivíduo que a vivência. Tornelli (2001), ao tratar do conceito de modernidade e a cultura de risco que a envolve, afirma que:

[...] o que marca a diferença no modo de funcionar contemporâneo é a existência de uma lógica que implica incessantemente o questionamento e a reflexividade sobre as ações e direcionamentos que devemos perseguir para estabelecer nossas estratégias de ação, em face da diversidade e da multiplicidade de opções que temos, oriundas de conhecimento e informações que, cada vez mais é possível acessar (TORNELLI, 2001, p. 244).

A autora coloca a dificuldade de se decidir no mundo contemporâneo pela imprecisão do momento e as múltiplas estratégias disponíveis para sua solução. Ou seja, há, evidentemente, uma dificuldade em estabelecer parâmetros para diferenciar a modernidade e pós-modernidade ou como alguns autores chamam contemporaneidade, para alguns autores apesar da diferença não há uma ruptura entre ambas, na concepção de Harvey (2000, p. 111):

“[...] há mais continuidade do que diferença entre a história do modernismo e o movimento pós-modernismo [...]”.

Havendo continuidade, há mudança. Contudo elas se processam sem rupturas que possam produzir mudanças drásticas. Para Santos (2001, p. 107), subjetividade é o nome pós-modernidade da identidade, pois o autor argumenta que é por meio da primeira que a última se manifesta, quando enfatiza que: “Cada um de nós é uma rede de sujeitos, em que se combinam várias subjetividades [...] somos um arquipélago de subjetividades que se combinam diferentemente sob múltiplas circunstâncias pessoais e coletivas”.

A fala acima citada reflete a forma plural de ser do sujeito, envolvendo a combinação e/ou integração de distintas subjetividades. No entanto, há autores que pensam um pouco distinto, Santos (2001, p. 103) pontua que: “a relação entre o modernismo e o pós-modernismo é pois uma relação contraditória. Não é de ruptura total, como querem outros. É uma situação de transição em que há momentos de ruptura e de continuidade”.

Quando tentamos compreender a contemporaneidade, há duas perspectivas distintas, a primeira identifica-se com a pós-modernidade como uma nova condição, onde o capitalismo teria aberto espaço para a superação das contradições de classe, enquanto a segunda a identifica como um novo momento histórico no qual emergem mudanças, a fragmentação que é uma característica do capitalismo contemporâneo.

Ao tentarmos compreender, ou nos situar perante a conjuntura no contexto histórico, social e político contemporâneo não podemos deixar de lado a visão de Bauman (2001), quando assinala a existência de um movimento de transformações e rupturas na sociedade atual, que possui certos valores tradicionais e estabilizados (modernidade sólida) cuja origem foi oriunda a partir de valores clássicos. Para tratar a atualidade o autor faz uso do termo “Modernidade líquida”, onde tudo é volátil, de modo que as relações sociais vão tornando-se pouco tangíveis, pois o trabalho, a família, a vida em conjunto, os grupos de amigos, a política, perdeu consistência e estabilidade.

Bauman (2001) acredita que a sociedade contemporânea é constituída por uma conjuntura heterogênea, em que se inter-relacionam dois momentos históricos sociais conflitantes. Um deles é baseado em valores tradicionais, institucionalizados, estabilizado e outro que não aceita, nega esses valores “prontos”. Diante disto, o homem contemporâneo, teria assim trocado a “segurança” pela “liberdade”.

Se fizermos uma analogia com o discurso científico, esse por sua vez pode também estar se modificando de uma maneira que os sentidos deterministas e mecanicistas estejam

convivendo com outros sentidos mais relativizados, e esses, no entanto, não excluem ambiguidade, imprecisão, enfim incertezas (MARTINS; SILVA, 2012).

Embora estejamos analisando o curso de Bacharelado em Ciências Biológicas é importante frisar que o primeiro contato do aluno com a Biologia ocorre no Ensino Fundamental e depois no Ensino Médio, provavelmente tenha ocorrido com um professor Licenciado em Biologia. Vamos tecer breves comentários sobre a sua formação e se há alguma relação com a formação do Bacharel.

De acordo com Malucelli (2012), as licenciaturas no Brasil foram criadas nas antigas faculdades de Filosofia na década de 1930. Era constituída segunda a fórmula “3 + 1”, onde o componente curricular de natureza pedagógica era ministrado ao longo de um ano, enquanto os conteúdos específicos em três anos. Neste modelo “3 + 1” o professor é visto como um técnico, um especialista que transmitia seus conhecimentos com rigor em sua prática cotidiana com cursos de formação de professores baseados nos modelos da racionalidade técnica, mostrando-se inadequados a realidade da prática profissional docente na contemporaneidade.

Esse modelo cria uma desarmonia entre a teoria e a prática, na formação profissional há uma prioridade referente à formação teórica em detrimento da prática. A prática é vista apenas como um espaço de aplicação dos conhecimentos teóricos, sem um estatuto epistemológico próprio.

Diante do que refletimos sobre o processo de “crise identitária” e “descentração” (HALL, 2015), compreendemos que os currículos de formação do curso de Ciências Biológicas deverão estar sempre em constante atualização e reformulação, haja vista que as descobertas científicas e a evolução tecnológica demandam a formação de profissionais que estejam em constante atualização.

Para Malucelli (2012) o modelo de racionalidade prática constitui um modelo alternativo para a formação do professor, em sua concepção a prática deixa de ser o lócus de aplicação do conhecimento científico e técnico, passa a ser também um espaço de criação e reflexão, possibilitando que novos conhecimentos sejam gerados e também modificados. É justamente esse profissional que na sua formação ao produzir e modificar conhecimentos envolverá em sua prática também a pesquisa como meio de adquirir conhecimentos e isso contribuirá de forma positiva na formação de seus alunos. Há professores do ensino médio que fazem uso de artigos científicos em sua prática pedagógica, o que despertará maior curiosidade científica no aluno, estimulando-o a pensar diferente, ser crítico com a informação recebida. É este professor que dará início a “iniciação científica” para os alunos que irão cursar o ensino superior.

Uma das funções que o Bacharel em Ciências Biológicas poderá ser desenvolver é a formação de novos pesquisadores, logo seus conteúdos deverão ser transmitidos por professores pesquisadores na área de atuação que poderão desenvolver projetos de pesquisa, procurando o engajamento do aluno na produção do conhecimento em questão. Embora as metodologias de pesquisa sejam distintas, a relação dialética teoria-prática é abordada e não só o conhecimento, mas o processo de construção deste conhecimento é transmitido ao aluno.

Na formação do atual Bacharel em Ciências Biológicas é necessário que sua estrutura de pensamento possa estar identificada com a complexidade que envolve o cotidiano de sua atuação profissional, de pensar o humano nos aspectos biopsicossocial que leva a transitar nas modalidades de pensamentos (linear, sistêmico e complexo), o qual faremos um breve comentário. O pensamento linear, reducionista e a tradução atual da lógica de Aristóteles, onde o objeto de estudo passa a ser dividido em várias partes e, em seguida, é feita uma análise de cada uma de suas partes, para posteriormente recompor o todo e entendê-lo (THIESEN,2008).

É este modelo que cria a classificação em categorias, grupo, subgrupo na análise do objeto, sendo muito utilizado por Biólogos taxonomistas. Mariotti (2007) pontua que, o modelo mental linear torna-se necessário para lidarmos com os problemas mecânicos oriundos das (ciências exatas, tecnologia, etc...). No entanto, é bastante limitado no que se refere à resolução de problemas que abrangem uma dimensão psicossocial.

Desse modo, é válido considerar algumas das principais características que envolvem a estrutura do pensamento linear, são elas: contiguidade causa-efeito; incapacidade de perceber o novo; tendência à repetição, entre outros.

O pensamento sistêmico interliga as partes que constituem o sistema, tornando-as tão próximas entre si, possibilitando pensar o conjunto (sistema). Neste modelo de pensamento “o todo é maior que a soma das partes” e das relações entre as partes surgem novas propriedades que tornar-se-ia inexistente enquanto fracionada.

O pensamento sistêmico considera apenas a harmonia, a síntese funcional que apresenta-se contida num todo, porém não leva em consideração a síntese obtida devido à repressão e antagonismo. De modo que, há um detrimento das partes em função o todo, conflituosidade, desarmonia, também compõem o sistema ainda que estejam em estado latente. Embora sua estrutura de pensamento não contemple todos os parâmetros desejados, o pensamento sistêmico constitui um instrumento de grande valor para a compreensão da complexidade que envolve o mundo atual, sendo um dos operados cognitivos do pensamento

complexo (Mariotti, 2007). Constitui uma maneira de pensar, de ir ao encontro da totalidade, porém consciente da impossibilidade de achá-la (Moraes, 2001).

Morin (2015, p. 5) pontua que, a complexidade é identificada como uma palavra-problema, portanto, distinta da palavra-solução, por conseguinte, “é complexo o que não pode se resumir numa palavra-chave, o que não pode ser reduzido a uma lei a uma ideia simples”.

Ainda de acordo com Morin (2015), o pensamento complexo resulta da complementariedade (do abraço) das visões linear e sistêmica. Nesse modelo de pensamento, está incluído a incerteza, a aleatoriedade, a imprevisibilidade e deixa claro a impossibilidade de haver separação entre o sujeito e objeto, o que ocorre na estrutura dos pensamentos anteriores. Fundamenta-se no princípio da complexidade dos sistemas, diz que: O todo é ao mesmo tempo maior e menor que a soma das partes, é uma nova maneira de entender a complexidade dos sistemas naturais, incluindo o ser humano e suas expressões culturais (MARRIOTTI, 2006).

Enquanto o pensamento simplificador desintegra a complexidade do real, o pensamento complexo integra o mais possível os modos simplificadores de pensar, mas recusa as consequências mutiladoras, redutoras, unidimensionais e finalmente ofuscantes de uma simplificação que se considera reflexo do que há de real na realidade (MORIN, 2015, p. 06).

A colocação acima expressa a necessidade de nos instrumentalizarmos com uma maneira de pensar mais ampla, onde a consulta ao objeto de estudo possa ser realizada de uma maneira mais integral, vista por vários ângulos e conseqüentemente possibilitando várias leituras da realidade através das estruturas cognitivas construídas em nossa formação humana/profissional.

O pensamento complexo possibilita-nos perceber que cada coisa é simultaneamente causa e efeito, isso nos leva a pensar em ciclo que se influenciam mutuamente ampliando o significado de nossas conclusões (MARIOTTI, 2000).

Mariotti (2000) nos exemplifica a aplicação das modalidades de pensamento na área da saúde, como sabemos, nos dias atuais a tuberculose (e outras infecções) voltaram a ocupar os meios de comunicação e às vezes de forma alarmante com índices elevados. Se considerarmos que entre as décadas de 40 e 50, surgiu a primeira medicação eficaz contra o bacilo de Koch, a população mundial comemorou, pois pensava-se que a tuberculose tinha seus dias contados. Apropriando-se de uma lógica linear, o problema torna-se simples, pois o bacilo causa tuberculose e com a descoberta de medicamentos que exterminam esses bacilos, logo, está

descoberta a cura. Convém lembrar que, na mesma década da descoberta da medicação contra o bacilo, os países escandinavos mantinham a doença sob controle.

Quando nos apropriamos do pensamento sistêmico e examinamos o corpo humano (sistema), a prática médica é enfática ao afirmar que a presença do bacilo de Koch no organismo não produz necessariamente o quadro clínico da tuberculose, pois sua evolução depende da diminuição da resistência orgânica.

Portanto, numa análise geral, o problema é mais complexo, pois vai além da percepção linear de que o causador da tuberculose consiste na existência ou não do bacilo de Koch no organismo, ou seja, existem outros fatores de ordem social, econômico, psicológico e educacional, que vêm a contribuir com a instalação da enfermidade e que estão diretamente associados à diminuição da resistência orgânica. Ter ou não a medicação, por si só, não garante a cura e erradicação da doença instalada, faz-se necessário à implementação de políticas públicas que propiciem melhores condições de existência humana.

CAPÍTULO 2 - PERCURSO METODOLÓGICO

Nas filosofias das ciências escritas por cientistas físicos, o experimento é muitas vezes mencionado como o método da ciência. Isso não é verdade, porque outros métodos estritamente científicos são de maior importância em ciências, como biologia evolutiva e oceanografia. Cada ciência requer o seu próprio método apropriado.

Ernst Mayer (1998, p. 47).

Para melhor esclarecermos o percurso metodológico desta investigação, a qual tem por objetivo compreender o perfil do componente curricular Biofísica para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade, estruturamos este capítulo de modo a apresentar maiores detalhes desde a abordagem e tipo de pesquisa, bem como os critérios para selecionarmos os sujeitos pesquisados, as escolhas dos instrumentos para coleta de dados mais adequados aos objetivos traçados e os procedimentos de análise adotados.

2.1. Abordagem e tipo de pesquisa

Levando em consideração os nossos objetivos, acreditamos que todo processo de investigação científica é permeado por métodos, teorias, técnicas e instrumentos de pesquisa, que são utilizados para o entendimento do fenômeno natural ou social, uma vez que a compreensão e as explicações dadas ao real são sempre mediadas por teorias, crenças e representações (ERICKSON, 2004).

Segundo Motta (2003, p. 108), numa pesquisa qualitativa em processos educacionais importa: “Captar como os alunos/professores se expressam sobre si mesmos e as suas experiências, além de descrever suas visões pessoais, que são os aspectos fundamentais do processo qualitativo da busca, da análise e interpretação de dados”.

Portanto, o nosso foco está voltado para entender o processo e não simplesmente para o resultado quantitativo do fenômeno, neste caso o contexto dos cursos de BCB e as perspectivas dos docentes de Biofísica serão nossas fontes de análise. O que foi feito por meio de uma pesquisa descritiva, guiada pelo princípio metodológico de que os dados descritivos são oriundos da realidade vivida pelos docentes de Biofísica, e suas expectativas quanto ao papel deste componente curricular na formação do profissional “Biólogo”.

2.2. Campos, sujeitos e obtenção de dados da pesquisa

Compreendemos por campo de pesquisa qualitativa o lócus empírico do objeto a ser investigado, na perspectiva de se estabelecer o recorte teórico da investigação. Nesse sentido, concebe-se o campo da pesquisa como um recorte feito pelo pesquisador em termos de espaço (MINAYO, 1996).

Em virtude da necessária valorização da Educação Pública, os espaços escolhidos como campos de nossa pesquisa são as universidades públicas (uma estadual e outra federal) do Estado de Pernambuco sediadas na Região Metropolitana do Recife (RMR) que possuem o curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, a saber: Universidade de Pernambuco (UPE) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O perfil Bacharelado foi escolhido em virtude dele ainda ser predominante na formação de muitos dos docentes para o próprio curso bem como para os cursos da área de Saúde e Licenciatura em Ciências Biológicas.

Para selecionarmos os sujeitos que poderiam ajudar-nos a responder a nossa questão de pesquisa, estabelecemos dois critérios:

- I– Que este possuísse formação em Ciências Biológicas ou em áreas afins; e
- II– Ser aquele que tivesse uma carga horária maior no componente curricular Biofísica para o curso de BCB.

Para isso, o pesquisador foi pessoalmente às coordenações dos cursos e solicitar uma lista dos docentes de Biofísica e seus *e-mails* institucionais, além do Projeto Pedagógico do Curso (PPC). A figura 12 ilustra os passos da pesquisa.

Figura 12 – Fases da pesquisa para obtenção de dados.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Ao entrarmos em contato com o coordenador do curso da UFPE fomos informados que haviam 8 (oito) docentes encarregados pelo componente curricular Biofísica, e que o mesmo era um deles, o qual nos repassou o nome dos demais. A partir dessa lista, entrarmos em

contato com os dois docentes que atendiam aos nossos critérios. Ao conversarmos pessoalmente com os docentes, os mesmos confirmaram serem formados em área afins das Ciências Biológicas, no caso, ambos formados em Biomedicina. E, apesar de dividirem as aulas de “Física e Biofísica” com outros seis docentes, estes dois detinham igualmente a mesma parcela de carga horária e, por isso, foram considerados aptos à nossa pesquisa.

E ao entrarmos em contato com o Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da UPE para solicitar os nomes dos professores de Biofísica, fomos informados de que nela havia dois nomes. Entre os docentes da UPE, selecionamos àquele que possuía formação em Medicina em virtude do nosso primeiro critério, visto que, o outro docente era formado em Física, e também por ele possuir maior carga horária de aula. O quadro 1 apresenta uma breve descrição de todos os docentes selecionados para nossa pesquisa.

Quadro 1 – Detalhamento da formação acadêmica dos docentes de Biofísica da pesquisa.

Código	Instituição	Formação acadêmica					Tempo de docência no Ensino Superior
		Graduação	Especialização	Mestrado	Doutor	Pós-doutorado	
P1	UFPE	Bacharel em Ciências Biomédicas	-	Biofísica	Ciências Biológicas	-	23 anos
P2	UFPE	Bacharel em Biomedicina	-	Tecnologias Energéticas Nucleares	Tecnologias Energéticas Nucleares	Biofísica de Processos e Sistema	10 anos
P3	UPE	Bacharel em Medicina	-	Biofísica	Biofísica	-	38 anos

Informações disponíveis na Plataforma Lattes e obtidas durante a entrevista com os docentes de Biofísica.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2016.

O docente P1, além de ser graduado em Ciências Biomédicas, é mestre em Biofísica e doutor em Ciências Biológicas, especificamente na área de Biotecnologia. Alega possuir vasta experiência na área de Biofísica, sobretudo em Biofísica de Processos e Sistemas; Biofísica Aplicada e Biotecnologia, atuando principalmente com os seguintes temas: canais iônicos, membranas biológicas, nanoporos, nanocanais e biossensores estocásticos.

O docente P2, assim como o seu colega de trabalho P1, possui graduação em Biomedicina, porém com mestrado e doutorado em Tecnologias Energéticas Nucleares, além de pós-doutorado em Biofísica. Atualmente, tem como principal linha de pesquisa os efeitos biológicos das radiações ionizantes e não-ionizantes, com ênfase no dano cromossômico radioinduzido.

De todos os docentes da pesquisa, P3 é que possui mais tempo como docente, foi inclusive professor por 27 anos da UFPE. Seu histórico em grande parte é voltado para a Gestão Acadêmica, onde atuou como chefe de diversos departamentos. Atualmente, exerce a função de Médico do Trabalho numa clínica particular, e de professor adjunto da UPE.

Em resumo, nota-se que entre os quatro docentes:

- P1 e P2 são formados em Biomedicina e P3 em Medicina.
- Os docentes com maior tempo de exercício (P1 e P3) são os únicos que possuem mestrado em Biofísica, enquanto P2 possui formação correlata à Física Nuclear, em especial, aos efeitos biológicos das radiações.
- Em termos de doutorado, P3 é o único que possui na área de Biofísica, enquanto P2 em Tecnologias Energéticas Nuclear e os efeitos biológicos das radiações. Ao passo que P1 possui doutorado em Ciências Biológicas com o tema Biofísica aplicados à Biotecnologia.
- E que o professor com menos tempo de docência (P2) é o único que possui pós-doutorado dedicado à área de Biofísica.

Após estabelecermos os primeiros contatos com os docentes selecionados, marcamos com cada um deles o dia e horário das entrevistas. Entretanto, por razões às vezes imprevistas e/ou emergenciais as entrevistas precisaram ser remarçadas.

Várias dificuldades surgiram ao longo do ano de 2016 para a obtenção dos dados, e, conseqüentemente, analisá-los. Após identificar dentre os professores aptos à pesquisa, encontramos algumas dificuldades para entrevistá-los, sendo necessário remarcar as entrevistas várias vezes em meados de junho daquele ano, mas sem sucesso. Já no mês seguinte, os professores se encontravam no período de recesso escolar e, portanto, indisponíveis. Vindo ocorrer à primeira entrevista presencial com o único professor da UPE no mês de agosto, o qual ficou de repassar o seu Plano de Ensino via *e-mail*, o que ocorreu um mês depois.

Ao passo que na UFPE, além de remarcarmos as entrevistas, nosso maior obstáculo foi em obter o PPC do curso. Tivemos que recorrer a diferentes funcionários, vindo a ser efetivamente obtido após três meses, período em que houve três mudanças na coordenação. A justificativa dada era de que o documento encontrava-se em processo de mudança, e que só um dos coordenadores antigos é quem tinha o tal documento em vigor no período da pesquisa.

Fazemos menção desses obstáculos para que os futuros pesquisadores, ao lerem esta dissertação, tomem ciência dessas intempéries que eventualmente poderão lidar.

2.3. Instrumentos da pesquisa

Duarte (2002, p. 140) pontua que “a definição do objeto de pesquisa assim como a opção metodológica constituem um processo tão importante para o pesquisador quanto ao texto que se elabora no final”. Nessa perspectiva, entende-se que as conclusões obtidas num estudo só são possíveis a partir de uma cuidadosa escolha dos instrumentos para a obtenção de dados, a qual é de fundamental importância num processo de pesquisa científica. Para esta pesquisa, tivemos como instrumentos documentos institucionais dos cursos investigados (PPC, Ementa e Planos de Ensino) e a entrevista, conforme ilustra o quadro 2.

Quadro 2 – Relação dos objetivos específicos e instrumentos de pesquisa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INSTRUMENTOS DE PESQUISA
Identificar, a partir do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) dos cursos selecionados, a relação entre os componentes curriculares relativos à Física e Biofísica.	Projeto Pedagógico do Curso
Compreender a relação entre os conteúdos de Física e Biofísica, bem como sua relevância para formação do Bacharel em Ciências Biológicas na perspectiva dos docentes de Biofísica e seus respectivos Planos de Ensino.	Planos de Ensino Ementas Entrevista Estruturada
Conhecer as expectativas dos docentes quanto às contribuições da Biofísica na formação do Biólogo.	Entrevista Estruturada

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2016.

A escolha desses instrumentos nos possibilita compreender não só o contexto foi planejado para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas, o qual é fruto de uma ação coletiva, mas os elementos que cercam o espaço formativo para o Ensino de Biofísica associada às falas dos docentes desta componente curricular.

2.3.1. *Análise documental*

A análise documental, segundo Gil (2002), permite que o pesquisador acesse informações igualmente válidas daquelas obtidas numa abordagem direta com os sujeitos, e que lhes possibilita efetuar inferências pertinentes à pesquisa. Por essa razão, através da análise documental buscamos explicar e contextualizar o curso de Bacharelado em Ciências Biológicas (BCB) e o papel do componente curricular Biofísica naquele curso, cujos dados seriam complementados pelos relatos obtidos em entrevistas aos docentes.

Entretanto, salientamos que obtivemos dificuldades para conseguir tanto o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) como o Plano de Ensino de Física e Biofísica, preferivelmente relacionado ao período de 2016.1 quando iniciamos nossos contatos com os docentes da pesquisa e facilmente obtidos.

Realizamos diversas tentativas de solicitação da PPC pessoalmente junto às coordenações dos cursos de BCB das duas instituições (UFPE e UPE), chegando a conversar diretamente com os coordenadores do curso para reforçar o pedido. Eles alegavam que esse documento estava sendo reformulado e que enviaram por *e-mail* o documento em vigor. A obtenção desses documentos, de fato, veio a ocorrer dois (UPE) e três meses (UFPE) após a solicitação. As análises desses documentos serviram para identificar a proposta formativa contida nos Planos de Ensino de Física e Biofísica (ver anexo B, C e D).

Além do PPC e do Plano de Ensino, também analisamos o conteúdo das ementas das de Física e Biofísica, encontradas nesses documentos. Etimologicamente a palavra “ementa” (de origem do latim *ementum*), significa “pensamento” ou “ideia”. Em termos documentais, a ementa é uma modalidade de registro onde é dito os pontos essenciais de um determinado assunto ou área abordada. Sendo assim, a “ementa do componente curricular” foi tomada como objeto de estudo devido ao fato de ser um texto sintético, uma sinopse, uma apresentação do componente curricular.

2.3.1.1. Ficha de análise da correlação entre os conteúdos programáticos

Um do objetivo desta pesquisa é compreender a relação entre a formação de Física e Biofísica. Para isso, buscamos cruzar os conteúdos programáticos considerados como relevantes para a formação do Biólogo nessas componentes curriculares presentes nos Planos de Ensino. Para efetuarmos essa análise de correspondência elaboramos uma ficha (ver quadro 3). O que primeiro enquadra os conteúdos listados no Plano de Ensino, segundo a área de maior afinidade do campo correspondente ao componente curricular. Por exemplo, se no plano de Biofísica constar entre os conteúdos “Tipo de visão em vertebrados”, a área que lhe corresponde dentre as área de estudo da Biofísica é a Bio-óptica.

Quadro 3 – Ficha de correlação dos conteúdos programáticos de Física e Biofísica.

(Nome da IES)		ELEMENTOS DA FÍSICA		ELEMENTOS DA BIOFÍSICA											
				Tópicos dos conteúdos nos planos de ensino											
		Mecânica			Eletricidade			Física Moderna							
		Cinemática	Estática	Dinâmica	Termologia	Óptica	Oscilações	Ondas	Ondas Sonoras	Eletrostática	Eletrodinâmica	Eletromagnetismo	Teorias da Relatividade	Teoria Quântica	Física Nuclear
Biofísica Molecular	Moléculas Orgânicas	-													
	Água	-													
Biofísica das Membranas		-													
Biofísica Celular		-													
Bioeletricidade		-													
Biomagnetismo		-													
Bioacústica		-													
Biotermologia		-													
Biomecânica		-													
Bio-óptica		-													
Biofísica das Radiações		-													
Biofísica dos Sistemas		-													
Biofísica Ambiental		-													
Métodos e técnicas de estudo de Biofísica		-													

Ausência de conteúdos correspondentes

Não há correspondência direta com os conteúdos de Física

Não há correspondência direta com os conteúdos de Biofísica

Há correspondência direta entre os conteúdos programáticos de Física e Biofísica

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2016.

Após enquadrarmos os conteúdos nas áreas correspondentes, foi possível conhecer não só a prioridade dada, mas as lacunas da formação. Além disso, é possível estabelecer conexões entre os conteúdos por meio de quatro categorias, a saber:

- **Ausência de conteúdos correspondentes:** quando os conteúdos de Física e Biofísica listados nos Planos de Ensino não apresentam correspondência entre si, sinalizando ausência total de algum aspecto da formação.
- **Não há correspondência direta com os conteúdos de Física:** ocorre quando um conteúdo de Biofísica não tem um conteúdo correspondente ao plano de Física. Sugerindo que ao Biólogo é ensinado um conteúdo Biofísico sem base Física.
- **Não correspondência direta com os conteúdos de Biofísica:** ocorre quando um conteúdo de Física não tem um conteúdo correspondente ao plano de Biofísica. Sugerindo que é ensinado um conteúdo físico sem conexão com a Biofísica.
- **Há correspondência direta entre os conteúdos programáticos:** nessa situação, tanto a formação em Física como em Biofísica apresentam conteúdos que se inter-relacionam e tendem a cooperar positivamente para a formação do Biólogo, uma vez que lhe foi dada uma base em Física e um direcionamento para os fenômenos biológicos quando estudados.

Salientamos que todos os conteúdos referentes às técnicas presentes serão considerados para esse tipo de análise como pertencente ao currículo de Biofísica. Uma vez que o ensino das mesmas é para capacitar ao futuro Biólogo sobre procedimentos que, porventura, irão ser utilizados em suas atividades profissionais.

Agindo deste modo, esperamos não só entender as relações entre Física e Biofísica no curso de BCB, mas por quais vertentes elas são direcionadas, sua contribuição na formação do Biólogo e, conseqüentemente, sua relevância no ensino da Biofísica.

2.3.1.2. Ficha de afinidade dos conteúdos programáticos

Como complemento à análise de correspondência, elaboramos uma ficha que expressa à densidade e o equilíbrio dos conteúdos elencados ao programa de Biofísica, conforme ilustra a quadro 4.

Quadro 4 – Ficha de afinidade dos conteúdos de Biofísica.

CONTEÚDOS DO PLANO DE ENSINO DE BIOFÍSICA	FÍSICA	BIOLOGIA	INDÍCIOS DE INTERAÇÃO



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2016.

Assim sendo, procedemos à averiguação se a informação ali descrita é de natureza física, biológica ou que interage com ambas fortalecendo o carácter interdisciplinar próprio da Biofísica (verificar no anexo C e D). E, a partir disso, foi possível enquadrá-las em quatro graus de afinidade:

- **Nenhuma:** quando não se dispõe de elementos relativos a uma das áreas.
- **Fraca:** quando os elementos enquadrados numa das áreas corresponde a alguns poucos conteúdos programados, indicando serem elementos introdutórios.
- **Mediana:** quando os elementos enquadrados representam certo equilíbrio de tal forma que os conteúdos ali descritos se complementam sem haver predominância de uma das áreas, sugerindo haver uma preocupação do tipo interdisciplinar.
- **Alta:** quando a quantidade de conteúdos selecionados para o bloco de formação enfatiza uma das áreas, a ponto de se sobrepor a outra e, assim, desqualificando o carácter interdisciplinar da Biofísica.

E a partir dos resultados podemos melhor inferir se naquele bloco formativo há indícios de uma intencionalidade interdisciplinar, ou se uma das áreas foi dominante sobre a outra a tal ponto de fazê-la de apoio e, assim, caracterizar um arranjo curricular do tipo pluridisciplinar.

Por não se tratar de uma investigação presencial dos processos formativos, deixamos de fora desta análise às informações relativas às técnicas e procedimentos laboratoriais, por entendermos que os seus usos podem ser aplicados para diversas áreas, e também por não constar em nossa problemática e nossos objetivos de pesquisa.

2.3.2. Entrevista

De acordo com Gil (2002), a entrevista constitui-se numa interação social composto por um diálogo assimétrico, tal fato ocorre porque uma das partes busca coletar dados e a outra é a fonte dessas informações. Porém, é preciso ficar atento para o fato desta forma de coleta de dados que apresenta vantagens e limitações (MARCONI; LAKATOS, 2003).

As vantagens estariam na amplitude de possibilidades como: Maior interação e esclarecimentos das perguntas; captação da expressão corporal e ênfases nas respostas e maior de expressão de aspectos subjetivos do entrevistado. Como desvantagens, pontuam-se: um limiar mais limitado de controle a uma situação de coleta de dados e maior investimento de tempo. Porém, essa técnica é um dos principais instrumentos de pesquisa nos estudos das Ciências Sociais, conforme salienta Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2000).

De acordo com Lüdke e André (1986, p. 34), a sua grande vantagem “é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos”. Haja vista que:

A entrevista não significa uma conversa despreziosa e neutra, uma vez que se insere como meio de coleta de dados relatados pelos atores, enquanto sujeitos-objetos da pesquisa que vivenciam uma determinada realidade que está sendo focalizada (MINAYO, 1996, p. 57).

Após esclarecemos acerca do que se trata a pesquisa, garantimos o anonimato em relação à identidade dos entrevistados mediante o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A e B), optamos pelo uso da técnica da entrevista estruturada (ver roteiro no apêndice C) para garantir a homogeneidade das perguntas entre os sujeitos participantes da pesquisa. O conteúdo das entrevistas foi gravado com o auxílio da função gravador de voz de um telefone móvel da marca *Samsung*®.

Salientamos que, por diversas vezes, as entrevistas com os docentes da UFPE foram remarçadas e mesmo adiadas devido ao período de recesso escolar em meados de 2016, e também devido aos movimentos grevistas de docentes e estudantes universitários no último trimestre daquele ano. Foi-se especulado realizarmos entrevistas à distância, mas nós já havíamos entrevistado o docente da UPE presencialmente, e para seguir o padrão adotado viemos a concretizar as entrevistas com os demais docentes em fevereiro de 2017.

Com o docente da UPE (P3), a entrevista foi realizada na sua sala localizada no ICB da UPE e teve duração de 10 minutos 50 segundos; ao passo que a entrevista com P1 foi de 31

minutos e 52 segundos, e de P2 duração de 32 minutos e 28 segundos, ambas realizadas nas salas de cada docente localizada no Departamento de Física e Radiobiologia da UFPE.

As perguntas foram impressas e entregues para o entrevistado a fim de obter o máximo possível de informações e, assim, evitar que os mesmos divagassem no momento que ouvissem a pergunta. Em seguida, os conteúdos das entrevistas gravadas foram transcritas em arquivo *Microsoft Word* 2010 para serem analisadas.

2.4. Procedimento de análise dos dados

A análise dos dados de uma pesquisa qualitativa constitui-se numa etapa, que segundo Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2000), produzem grande quantidade de dados que necessitam ser compilados, organizados e compreendidos. E, para lidar com isso, procedemos às etapas propostas pela Bardin (1994) tais como: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Portanto, no processo de pré-análise, buscamos, de início, fazer a transcrição das falas dos indivíduos participantes da pesquisa para, então, procedermos à organização e leitura do material coletado, no caso as entrevistas concedidas por P1, P2 e P3.

Em seguida, realizamos o agrupamento e classificação por temas, destacando as falas mais significativas, categorizando-os e codificando-os num processo denominado por exploração do material o qual resultou no quadro 5.

Quadro 5 – Temas e categorias obtidas da análise das entrevistas.

TEMA	CATEGORIA	
Elementos essenciais para formação do Biólogo na contemporaneidade	A	Ter conhecimento de outras áreas
	B	Formação Básica sólida
	C	Hábitos científicos
	D	Formação complementar
	E	Reconhecer o papel da tecnologia na pesquisa
Contribuições da Biofísica na formação do Biólogo	F	A Biofísica como possível fonte de renda
	G	Importante para entender os processos biológicos
	H	Influência da tecnologia nas pesquisas em Biofísicas
Contribuições da Física na formação do Biólogo	I	Oferecer teorias e ferramentas
Dificuldades para ensinar Biofísica	J	Obstáculos no processo de aprendizagem
	K	Dificuldade em dividir a disciplina com outros professores
Relação entre os componentes Física e Biofísica	L	Disciplinas integradas
	M	Disciplinas independentes, porém vinculadas
O que se espera dos futuros Biólogos ao final da disciplina Biofísica	N	Compreender os eventos biofísicos em diferentes dimensões
	O	Articular diferentes conhecimentos para atuar profissionalmente
	P	Compreender os fundamentos da Biofísica

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Os temas elencados são correspondentes aos temas das cinco questões (Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5) realizadas na entrevista (categorias *a priori*), a exceção de “Dificuldades para ensinar Biofísica”, demanda reconhecida nos discursos dos docentes. Todas as unidades de contextos encontram-se reunidas, conforme sua categorização e codificação, presentes no apêndice D.

O processo de codificação foi composta, à semelhança do que Moreira (2017) realizou, de duas partes: uma codificação voltada para a origem da unidade de contexto e outra referente à categoria em que esta unidade de contexto foi classificada.

A primeira parte da codificação é escrita entre colchetes, nela está contida o código do emissor da resposta (o docente), da questão de onde ela foi produzida, e, em forma de uma letra do alfabeto em minúsculo, a seção da resposta à questão em que o fragmento selecionado foi obtido. Já a segunda parte, equivale à letra maiúscula da categoria em que a unidade de contexto foi classificada seguida de um número arábico, quando essa categoria dispuser de mais de uma unidade de contexto enquadrada nesta mesma situação. Por exemplo: em [P3Q4b]J5, lê-se: “Na fala de P3 à questão 4, seção b, foi classificada como relativo à categoria ‘Obstáculos para o processo de ensino-aprendizagem’ do tema ‘Dificuldades para ensinar Biofísica’”.

CAPÍTULO 3 - RESULTADOS & DISCUSSÕES

Tudo o que se forma na natureza contrai um débito, que precisa pagar dissolvendo-se, para que outras coisas possam se formar.

Anaximandro de Mileto (filósofo pré-socrático).

Os resultados referentes a cada instituição investigada (UPE e UFPE) serão apresentados e analisados de forma independente, tendo em vista as diferentes organizações da estrutura curricular de cada curso quanto aos distintas propostas de formação em Biofísica, como se pode observar no quadro 6. Destacando, em especial, se há ocorrência de pré-requisito ou não para cursar Biofísica, ou se constituem num componente curricular condensado (Física-Biofísica).

Quadro 6 – Posicionamento e condições dos componentes curriculares na matriz curricular no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da UPE e UFPE.

INSTITUIÇÃO	1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	PROPOSTA DE FORMAÇÃO EM BIOFÍSICA
UPE	-	Física para Biólogos (45h – Obrigatória)	Biofísica (60h – Obrigatória)	Sistema sem pré-requisito
UFPE	Física e Biofísica (60h – Obrigatória)	-	-	Condensada

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

De acordo com o quadro 6, em todas as instituições, a formação em Física como em Biofísica são consideradas como elementos obrigatórios na formação do Biólogo, seguindo a recomendação do Parecer CNE/CES 1.301 (BRASIL, 2001). Quanto aos conteúdos curriculares básicos relativos ao bloco de Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra (subsidiada pela Física) e Biologia Celular, Molecular e Evolução (subsidiada pela Biofísica).

Na instituição UPE, o componente curricular Física para Biólogos é independente de Biofísica. Ou seja, dar-se a entender que o estudante pode cursar Biofísica antes de Física para Biólogo sem prejuízos para a compreensão do diálogo entres elas. Enquanto que na UFPE, existe apenas um componente curricular que condensa a formação em Física e Biofísica num único momento da formação inicial do Biólogo durante o primeiro período do curso. Sendo assim, podemos inferir que poderá haver um ajuste mais refinado (devido a pouca carga horária em relação a UPE) e sincronizado (por serem dados simultaneamente) em razão dessa proposta de formação do curso. Com isso, iremos neste momento em diante analisar de forma individual cada um dessas propostas de formação em Biofísica buscando entender as particularidades nelas envolvidas.

3.1 UPE: proposta de formação em Biofísica sem pré-requisito

Do ponto de vista histórico, o curso de Bacharelado em Ciências Biológicas (BCB) da UPE foi autorizado pelo Conselho Universitário em 1998, vindo a efetivamente iniciar suas atividades no ano letivo de 2000, período em que as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para o Curso de Ciências Biológicas ainda se encontrava em discussão no âmbito nacional, vindo a ser aprovado em 2001 no Parecer CNE/CES n. 1.310/2001 (BRASIL, 2001). Porém, o curso logo passou por um processo de adequação diante da aprovação das diretrizes, de modo que inclusive a primeira turma fosse contemplada com as mudanças curriculares ainda no segundo ano letivo (UPE, 2010). O que demonstra certa preocupação da instituição em manter-se atualizada e atenta às mudanças nacionais relativas à formação do Biólogo.

O curso de BCB é composto por 8 (oito) semestres comportando uma carga horária total 3.310 horas/aulas, dividida em duas fases: *Formação Comum* – compreende os componentes curriculares que são essenciais à todo profissional Biólogo distribuídas em 5 (cinco) semestres iniciais perfazendo um total de 2.070 horas/aulas, dedicadas ao estudo das áreas delimitadas pelas DCN para os Cursos de Ciências Biológicas (Biologia Celular, Biologia Molecular e Evolução; Fundamentos Filosóficos, Epistemológicos e Sociais; Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra; Diversidade Biológica e Ecologia) (BRASIL, 2001); e *Formação Específica* – totaliza 1.240 horas/aulas, a qual compreende os estágios supervisionados, as atividades complementares e os componentes da formação específica. Essas últimas podem ser voltadas para a área de Biotecnologia, Biologia Parasitária ou Biologia Ambiental, além das eletivas disponíveis da área escolhida (UPE, 2010).

Sobre os eixos norteadores da organização curricular, em determinado momento, o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de BCB da instituição afirma que:

Na organização do currículo, transparece a identidade do curso, através de um *conjunto articulado de componentes curriculares* que oportunizam situações na composição do perfil de cidadão profissional que se pretende formar.

O currículo propicia a aquisição dos saberes, de forma interdisciplinar, como fundamento das competências, de modo a desenvolver a curiosidade, a responsabilidade social, a ética, a criticidade e a postura investigativa do estudante.

A concepção de currículo está direcionada para a construção da intelectualidade do estudante e o estabelecimento de *vínculos afetivos com os conteúdos estudados numa interação professor-aluno* (UPE, 2010, p. 14, grifos nossos).

Isso implica dizer que o curso apresenta indícios de uma perspectiva de formação amparada ao menos no Paradigma Sistêmico, isso porque a ideia de aquisição dos saberes de

forma interdisciplinar propicia um estreitamento na relação entre os componentes curriculares Física para Biólogos e Biofísica. Discurso este que reitera o papel inicialmente atribuído à interdisciplinaridade em superar a superespecialização e a desarticulação teórica e prática presente no ensino multidisciplinar oriunda do estilo de vida capitalista (PIRES, 1998).

E ao que parece, um dos caminhos a ser percorrido é o despertar da curiosidade do estudante. Sobre esse elemento, Zanetic (2005, p. 21, destaque do autor) afirma que:

Um fator determinante no encaminhamento de um jovem para o encantamento com o conhecimento, para o estabelecimento de um diálogo inteligente com o mundo, para a problematização consciente de temas e saberes, é a vivência de um ambiente escolar e cultural rico e estimulador, que possibilite o desabrochar da *curiosidade epistemológica*.

“Curiosidade epistemológica” é um termo que Zanetic (2005) resgata de Paulo Freire⁶ para designar aquela curiosidade que conduz à passagem do conhecimento do senso comum para o científico, exigindo do aprendiz certa rigorosidade metódica para realizar a aproximação do objeto de estudo, e assim apreender um conhecimento sistematizado e com profundidade. Essa talvez também tenha sido a provável curiosidade mencionada pelo professor de Biofísica da instituição, aqui identificado por P3, conforme o trecho a seguir:

Eu acho que o principal elemento, e que deve ser encubado no aluno de graduação de Biológicas, é a curiosidade. A partir do momento que você desperta a curiosidade no estudante de Biologia, de outras áreas, mas Biologia principalmente, essa curiosidade pode levá-lo a pesquisar ([P3Q1e]C2).

Ainda que para ele a formação direcione o estudante para a prática da pesquisa, o curso de BCB da UPE não estabelece Física para Biólogo como pré-requisito da Biofísica, logo a ideia de interdisciplinaridade perde força nesse aspecto. Uma das causas talvez seja o fato de que a Física corresponda ao bloco de estudo Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra conforme delimita as DCN para o Curso de Ciências Biológicas (BRASIL, 2001). Enquanto que a Biofísica corresponde ao bloco de Biologia Celular, Molecular e Evolução. Sobre esse tema, P3 argumenta uma possível causa que, também justifique a inexistência desse pré-requisito, mas que diante de sua vivência profissional não encontra fundamento por se constituir como uma dificuldade para o bom andamento das suas atividades. Observe:

[...] Em tese, um programa de Física deveria ser dispensado para o aluno de graduação já que, como eu repito, em tese, ele já viu isso no ensino médio. Na realidade, ele viu de uma forma deficiente, de forma pouco eficaz, não se interessou.

⁶ Freire, P. *À sombra desta mangueira*. 2. ed. São Paulo: Editora Olho d'Água, 1995.

E a realidade é que ao chegar para o estudo de Biofísica, por exemplo, a base dele de Física é insuficiente ([P3Q4b]J5).

A ausência de correlação entre a Física para Biólogos como pré-requisito de Biofísica cria um distanciamento do ponto de vista interdisciplinar citado como existente na organização curricular do PPC. Tal diálogo é apontado por P3 como uma necessidade, visando uma melhor formação em Biofísica, segundo o trecho a seguir:

[...] O lado conceitual é mais importante. [...] Então, eu acho recomendável que haja um Ensino de Física, lembrando os conceitos básicos de forma mais qualitativa do que quantitativa para que haja a compreensão dos conceitos. A quantificação seria uma etapa posterior aos conceitos para os mais interessados. E após essa base de Física, então, sim, ele estaria apto para ter um melhor aprendizado de Biofísica como disciplinas. Seriam duas disciplinas ou, na pior das hipóteses, dois módulos. Mas, idealmente, duas disciplinas ([P3Q4c]M2).

P3 defende a ideia que Física para Biólogos e Biofísica deveriam ser dadas de forma independentes e correlacionadas, isso é, a primeira como pré-requisito da segunda. Enfatiza que a formação em Física seria mais bem trabalhada numa abordagem qualitativa, privilegiando a compreensão dos conceitos do que a memorização de fórmulas, cálculos e outras operações de conotação quantitativa da Física. Tal fato pode ser abordado porque

Um cidadão contemporâneo é ensinado que a física é esotérica, que nada tem a ver com a vida atual e que não faz parte da cultura. [...] no geral a física é mal ensinada nas escolas. [...] se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares (ZANETIC, 2005, p. 21).

Situação esta que alude para alguns dos problemas do Ensino de Física há muito tempo objeto de investigações e de causas diversas: à formação inicial e continuada dos professores; às condições de trabalho e ao contexto escolar; aos problemas políticos e econômicos; às orientações curriculares instaladas nas escolas (PENA; RIBEIRO FILHO, 2008).

Sem descartar a importância dos aspectos quantitativos, P3 sugere que esta ocorra em etapas posteriores e para os alunos mais interessados a ser realizado em outros espaços que não seja durante a sua formação inicial do Biólogo. Aliás, defende que a Física tem importância para desenvolvimento das Ciências Biológicas, uma possível referência à Física Moderna que criou novas possibilidades de metodologias, técnicas e conhecimentos amparados no Paradigma da Complexidade, conforme o trecho a seguir:

Eu acho que hoje estamos mais uma vez no século da Física, [...] houve uma aceleração do papel da Física nesse processo [refere-se ao de influenciar no desenvolvimento de novos conhecimentos biológicos] através de metodologias,

conhecimentos e técnicas físicas. Nós estamos descobrindo cada vez mais o universo biológico. Então, todos esses aspectos da Física foram importantes nessa contribuição. Caberá cada um na sua área de trabalho e de pesquisa tirar proveito desses novos conhecimentos do universo físico ([P3Q3]I3).

Em referência a essas técnicas, podemos citar as técnicas físicas modernas para o estudo do cérebro, a qual foi tema de uma das mesas redondas do 23º Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada (ENFMC) organizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) em 2009 (SBF, 2009).

Tendo em vista isso, passaremos a analisar as relações entre Física para Biólogos e Biofísica a partir das ementas e dos planos de ensino, complementadas pelas falas de P3, provenientes da entrevista concedida.

3.1.1 As ementas do curso da UPE

Embora o texto da ementa de um componente curricular seja comumente encontrado no PPC, tendo por função ser uma sinopse do que será tratado, era de se esperar que no Plano de Ensino do docente a ementa descrita fosse à mesma do PPC, uma vez que, o texto desse documento não pode ser alterado pelo docente. Apesar disso, as redações das ementas de Física para Biólogos e Biofísica da UPE presentes nos Planos de Ensino divergem das do PPC, conforme ilustra o quadro 7.

Quadro 7 – Ementas de Física para Biólogos e Biofísica da UPE.

DOCUMENTO	PPC	PLANO DE ENSINO
FÍSICA PARA BIÓLOGOS	Disciplina que possibilita uma visão integrada dos fenômenos biológicos, tendo suporte a Física.	Abordagem dos aspectos físicos nos processos biológicos, abrangendo os fenômenos biomecânicos, elétricos, magnéticos e energéticos.
BIOFÍSICA	Abordagem Física de temas relacionados ao estudo dos seres vivos.	Abordagem dos aspectos físicos nos processos biológicos, compreendendo fenômenos elétricos celulares, troca de calor corporal com o meio ambiente, correlações físico-biológica na dinâmica do organismo humano.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Observando as ementas de Física para Biólogos, constata-se certo grau de coerência, diferenciando-se pelo detalhamento maior dos fenômenos biológicos em estudo presentes no Plano de Ensino. Apesar dos textos serem redigidos de forma distintos há uma similaridade

no que tangem a função delas: a Física que serve de base para os estudos dos fenômenos biológicos.

Porém, chama a nossa atenção a compreensão da Física como suporte, que nos remete a imagem de um componente curricular, no caso a Física, servindo de apoio para a Biologia, quando na verdade, na interdisciplinaridade ambas se apoiam e se sustentam. A compreensão de uma Física como suporte, ao nosso entender, conduz a certo grau de incoerência quanto à visão interdisciplinar. Isso porque um componente curricular não pode servir de suporte para outra, e sim um diálogo, uma troca permanente entre áreas de conhecimento cujos olhares se complementam no estudo de um mesmo objeto (NICOLESCU, 1999).

A visão interdisciplinar permite ao homem não limitar-se a uma única abordagem do conhecimento, permitindo-lhe uma visão mais ampla, global da realidade. Visto que, ao longo da vida a realidade perante seus olhos apresentar-se-á multifacetada, possibilitando-lhe a sua modificação à medida que a conhece como um todo em seus inúmeros aspectos sem fragmentação (LUKE, 2001).

Nos textos das ementas de Biofísica observa-se que a Física está a serviço da abordagem de fenômenos biológicos, porém no Plano de Ensino dá-se a entender que há um direcionamento mais específico para a Biofísica do Corpo Humano – o que pode ser decorrente do fato dela ser ofertada pela área de Saúde –, além da similaridade do texto com a ementa do Plano de Ensino de Física para Biólogos. Esse enfoque para à área de Saúde decorre ao suporte da Biofísica para o futuro Ensino de Fisiologia, que por si só, justifica sua inserção em cursos de Medicina e em Ciências Biológicas. Para o caso do curso em Biologia, Corso (2009, p. 2) sugere que sejam introduzidos tópicos de Biofísica Ambiental, que envolve “[...] temas como efeito estufa, dinâmica da camada de ozônio, rendimento energético entre níveis tróficos na cadeia alimentar ou poluição sonora temas”.

Se olharmos a relação entre as ementas de Física para Biólogos e Biofísica do PPC, percebemos que os textos divergem quanto ao posicionamento da relação adotada entre os componentes curriculares Física e Biologia: na ementa de Física para Biólogos, entendemos existir uma relação de igualdade entre essas componentes, ao passo que na ementa de Biofísica há uma interpretação física dos processos biológicos, o que não evidencia a natureza interdisciplinar própria dessa ciência. Na verdade, essa situação poderia ser contornada com a inversão dos textos das ementas.

Quanto aos textos das ementas dos planos de ensino, suas redações foram redigidas de tal forma que se torna difícil distinguir o que é Física para Biólogos de Biofísica, devido à uma redação repetir o trecho “Abordagem dos aspectos físicos nos processos biológicos [...]”,

a distinção encontra-se nos fenômenos especificados. A exceção do conteúdo “Biomecânica” presente apenas na ementa do Plano de Ensino de Física para Biólogos, o qual seria mais bem aproveitado no âmbito da Biofísica.

Desse modo, é preciso esclarecer o que é o campo da Biofísica, e assim entender não ser uma interpretação física dos objetos de estudos da Biologia. Segundo Heneine (1991, p. 3): a Biofísica pode ser definida como “[...] o estudo da Matéria, Energia, Espaço e Tempo nos Sistemas Biológicos”. Estendendo essa definição, a Biofísica deve ser entendida como uma ciência interdisciplinar do entrelaçamento das teorias e métodos físicos e biológicos na interpretação dos fenômenos relacionados à vida.

Apesar do estudo da Física ser pouco compreendida pela maioria dos estudantes das ciências da vida, esta, bem como a Química e a Matemática, vem contribuindo para a quantificação dos aspectos experimentais e teóricos. Percepção esta que coaduna com a de P3 presentes algumas vezes durante a entrevista quando salientava o papel da tecnologia nas pesquisas de Biofísica:

[...] o elemento fundamental que ele veja é o papel da tecnologia no desenvolvimento de toda a Ciência Biológica. O que eu chamo de tecnologia? Os instrumentos físicos que utiliza-se para fazer pesquisas na área da Bioquímica, na Anatomia ([P3Q1f]E).

[...] São essas tecnologias [microscópio eletrônico e difração de Raio-X] que se deve colocar como um ponto a se fixar e prezar do aluno. E através disso é onde irá se desenvolver o estudo da Biofísica. O uso de instrumentos físicos e o efeito de agentes físicos. E isso é o que tem que se ver na Biofísica ([P3Q1g]H1).

[...] perceber que as novas tecnologias estão surgindo a cada dia e quando você tem novas tecnologias, você tem novas pesquisas, com novas respostas ([P3Q2]H2).

Portanto, para P3, o aprender Biofísica requer entendimento das tecnologias instrumentais da Física para melhor desempenho das pesquisas no campo da Biologia.

Isto porque o desenvolvimento de novas pesquisas na Biologia vem ocorrendo principalmente graças ao uso do repertório técnico e tecnológico inicialmente desenvolvido para as pesquisas físicas, com os quais é possível obter informações mais completas e precisas do universo biológico e também em diagnoses médicas (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

Mas de modo geral, todas as ementas carregam em comum serem tendenciosas para o campo da Biofísica, pois guarda em sua essência um olhar físico para os fenômenos biológicos. Ainda que, nos planos de ensino, haja um detalhamento dos conteúdos específicos que serão abordados, enquanto os textos do PPC são mais genéricos. Se complementada pelo

ponto de vista de P3, esse olhar físico é a partir do seu repertório técnico e tecnológico, o que tende a tornar este Biólogo em formação funcional em atividades laboratoriais.

3.1.2 Relação entre os conteúdos de Física para Biólogos e Biofísica da UPE

Apesar de Física para Biólogo não ser administrada por P3 e de estarmos cientes de que não esteja nitidamente vinculada à Biofísica dentro do contexto de formação de UPE, entendemos pela análise das ementas e declarações do docente existir, ainda que implicitamente, uma correlação entre elas.

Para isso, verificaremos como a formação de Biofísica encontra-se articulada com a base Física ofertada pelo curso através da análise de correspondência por meio da ficha de análise da correlação entre os conteúdos programáticos, a qual resultou no quadro 8.

Entretanto, esclarecemos que entre os conteúdos previstos no Plano de Ensino de Biofísica o primeiro deles é denominado de “Introdução à Biofísica”, cujas relações através da matriz presente no quadro 3 não foram possíveis de estabelecer, em razão de ser uma generalização da relação desses dois campos. Porém, destacamos que o subtópico denominado “Física para o estudo da Biofísica”, indica uma postura planejada pelo docente em esclarecer o vínculo das Ciências Biológicas com as Ciências Físicas, ou seja, há uma intencionalidade do reconhecimento da relação entre as ciências aqui analisadas. Enquanto o subtópico “Física Médica” possivelmente é tratado como um caso que exemplifica o uso da Física em situações que envolvem um elemento biológico, até mesmo para justificar o tópico “Imagens Médicas” presente no plano de Biofísica.

Das relações existentes entre os conteúdos de Física para Biólogos e Biofísica da UPE, podemos notar que em termos de ausência de conteúdos correspondentes se destaca a interação entre Óptica/Bio-óptica e, em parte, Ondulatória/Bioacústica. Os temas relativos da Bio-óptica, importantes para a compreensão de temas como a formação e percepção visual (humana ou de outros seres vivos), e da Bioacústica, voltado para a compreensão do processo de produção e uso dos sons pelos seres vivos, não foram diretamente explorados no programa de Biofísica, provavelmente por não ter uma base física no programa de Física para Biólogos. Embora as mesmas não estejam previstas para a formação em Biofísica, o estudo da Bioacústica e Bio-óptica constituem-se informações de suma importância que os prepara para o estudo da Fisiologia (CORSO, 2009), seja ela humana ou comparada.

Quadro 8 – Correlação dos conteúdos dos planos de ensino da UPE.

UPE		ELEMENTOS DA FÍSICA	Mecânica			Termologia	Óptica	Ondulatória			Eletricidade			Física Moderna		
			Cinemática	Estática	Dinâmica			Oscilações	Ondas	Ondas Sonoras	Eletrostática	Eletrodinâmica	Eletromagnetismo	Teorias da Relatividade	Teoria Quântica	Física Nuclear
ELEMENTOS DA BIOFÍSICA		Tópicos dos conteúdos nos planos de ensino	-	Mecânica	Termologia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biofísica Molecular	Moléculas Orgânicas	-														
	Água	-														
Biofísica das Membranas		Bioeletrogênese														
Biofísica Celular		-														
Bioeletricidade		Bioeletrogênese														
Biomagnetismo		-														
Bioacústica		-														
Biotermologia		Calor														
Biomecânica		-														
Bio-óptica		-														
Biofísica das Radiações		Radiação														
Biofísica dos Sistemas		-														
Biofísica Ambiental		Meio Ambiente														
Métodos e técnicas de estudo de Biofísica		Métodos biofísicos de estudo														
		Imagens médicas														

Ausência de conteúdos correspondentes

Não há correspondência direta com os conteúdos de Física

Não há correspondência direta com os conteúdos de Biofísica

Não há correspondência direta com os conteúdos de Física e Biofísica

Há correspondência direta entre os conteúdos programáticos de Física e Biofísica

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Com relação à Bioacústica, a mesma subsidia o Biólogo compreender como os seres vivos produzem e reagem aos sons emitidos e captados do ambiente, tais como: os fenômenos de ecolocalização (morcego e golfinhos, p. ex.), na busca por alimentos (pica-pau), em rituais de acasalamento (aves em geral) e comunicação (coaxar dos sapos e rãs) (HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004); inclusive dos efeitos biológicos dos ultrassons, e as evidências encontradas pela ausculta pulmonar e cardíaca, úteis para diagnóstico na medicina humana e veterinária (DURÁN, 2003; GARCIA, 1998). Pode ser considerada importante para o desenvolvimento de inovações tecnológicas relacionadas que se utilizam o som, como a imagens de ultrassom e o ouvido biônico.

De igual modo, o estudo da Bio-óptica serve para que o Biólogo, além de compreender como se dá o processo de construção da visão, perceba a variedade de receptores de estímulos visuais ou luminosos, e a complexidade que envolve o processo de formação de imagens, principalmente nos vertebrados cujos olhos compostos apresentam uma ampla variedade de alcance, formação de imagens e funções a depender do grupo (ORR, 1986; HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004).

Em parte, essas duas subáreas da Biofísica mereceriam receber, ao menos, um pouco mais de atenção pelo fato do programa de Biofísica ter mencionado tecnologias como fotografia e ultrassom, pertencentes à carga horária prática da formação. Uma vez que comportam informações úteis para os Biólogos em formação inicial interessados em seguir qualquer um das formações específicas ofertadas pela instituição (Biotecnologia, Parasitária ou Ambiental).

Também observamos que dentre os conteúdos vivenciados em Biofísica alguns deles foram incluídos sem ter nenhum fundamento físico em Física Moderna (Teoria da Relatividade, Teoria Quântica e Física Nuclear) pelo componente Física para Biólogos. Tais informações básicas seriam interessantes e importantes para a compreensão, em especial, dos elementos do conteúdo de “Radiações”, alguns métodos de estudo biofísico (a exemplo da espectrofotometria) e técnicas de produção de imagens médicas (fotografia, Raio-X, termografia e tomografia). Isso decorre, como veremos mais adiante, de uma possível manobra na divisão do conteúdo de Radiação entre os componentes curriculares aqui analisadas.

Outro aspecto da Física que escapa da formação do Biólogo são aqueles relativos à Cinemática e Teoria da Relatividade. A primeira está voltada para o estudo do deslocamento dos corpos sem relacioná-lo as causas que lhe deram origem (FEYNMAN, 2008), e que na Biologia podem ser aplicadas para estudar os fatores que interferem na velocidade das reações

enzimáticas (cinética enzimática) e no deslocamento das moléculas ionizadas na aplicação da eletroforese. Enquanto, uma base em Teoria da Relatividade auxiliaria ao futuro Biólogo compreender os processos de formação dos corpos celestes e do universo, hoje empregados no campo da Astrobiologia (FRIAÇA, 2010).

Tal situação expõe uma das fragilidades básicas do Ensino de Biofísica: o graduando após chegar à Universidade tem pouco conhecimento prévio para lidar e identificar nos fenômenos biofísicos os seus fundamentos físicos. Logo, não há um vínculo entre teoria e prática, na verdade, o estudante vê a técnica ou fenômeno, mas não é capaz de descrevê-lo em termos físicos e restringe a apenas citar seus resultados, sem correlacionar com as variáveis biológicas envolvidas. Argumento semelhante também foi apresentado pelo professor desta instituição, quando alega que:

[...] O aluno chega na universidade sem uma base adequada, suficiente. Eu estou falando de Física, mas se aplica a outros ramos também. [...] Então é necessário dar-lhes uma complementação. É difícil imaginar que alguém os consiga terminar uma graduação na área de Saúde sem o mínimo de conhecimento da Física. Agora, repito, é uma Física direcionada. [...] deve ser uma abordagem não só qualitativa, mas conceitual. Para ele entender os princípios conceituais daquele fenômeno físico. [...] O lado conceitual é mais importante ([P3Q4a]J4).

Aqui cabe explicar que grande parte dos professores do Instituto de Ciências Biológicas da UPE são oriundos dos cursos da área de Saúde, como é o caso de P3, médico por formação. Disso decorre do professor entrevistado direcionar suas considerações apenas vinculadas à área da Saúde e numa abordagem conceitual em detrimento de aspectos matemáticos.

Um exemplo disso é o conteúdo “Radiação”, o qual é de suma importância para compreender a influência da radiação natural e artificial, pois radiação nada mais é que a propagação de energia sob várias formas, que podem ser representadas por dois grupos: corpuscular ou eletromagnética; e que a depender de sua frequência de oscilação eletromagnética, pode ser ionizante ou não (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

No tópico “Radiação” no plano de Biofísica há menção a conceitos, tipos, noções de unidades, no entanto, não há correspondência direta com a Física. Isto evidencia que cabe ao professor de Biofísica estabelecer uma relação entre esses campos, o professor deve suprir uma necessidade de cunho conceitual de Física, quem sabe até mesmo de uma base física não construída durante o Ensino Médio, para dar prosseguimento à sua programação.

Em minha experiência como professor tanto do Ensino Médio como dos componentes curriculares Física para Biólogos e Biofísica numa faculdade privada do Recife (FAFIRE),

observo que os bacharelandos em Ciências Biológicas possuem verdadeiras lacunas em sua formação básica, tais como:

- Compreender a definição operacional e o significado das grandezas físicas mais importantes;
- Saber ler e interpretar escalas e gráficos envolvendo princípios físicos e biológicos;
- Reconhecer que a medida de uma grandeza física, biológica, tem sempre um grau de incerteza ser capaz de estimar seu erro em situações simples;
- Estimar a ordem de grandeza em situações que envolvam Física e Biologia;
- Compreender a importância dos modelos simplificados e sua utilidade na análise de situações complexas.

Os livros do Ensino Médio de Física têm nos mostrado uma visão deformada de Ciência e sua contribuição maior ainda é servir de instrumento de preparação de exercícios de vestibulares. “A maioria dos livros que circulam nas escolas, apresentam os conteúdos como conceitos estanques, dando o caráter de ciência acabada e imutável à Física” (ROSA; ROSA, 2005, p. 2). Ou seja, transmitem a ideia de uma ciência perfeita regida por um método único de desenvolvimento científico (CACHAPUZ et al., 2011).

Tais considerações, leva-nos a crer que devemos desestimular a memorização de fórmulas e suas aplicações em exercícios numéricos, artificiais que não traduzem a realidade dos estudos físicos. Já no caso do processo formativo do bacharelando em Ciências Biológicas, o processo de ensino e aprendizagem tornar-se-á mais significativo a partir de situações onde a Física possa ser aplicada no fenômeno biológico, possibilitando que as estimativas envolvidas nesta relação estejam dentro de um parâmetro aceitável.

Mas, para que seja desenvolvida uma estrutura de pensamento complexo, faz-se necessário complementar sua formação com elementos teóricos relativos à Física Moderna, tais como Teoria da Relatividade, Teoria Quântica e Física Nuclear nos conteúdos programático de Física. Uma vez que, foram essas novas teorias que, historicamente, introduziram alguns dos princípios do pensamento complexo como incerteza, dualidade entre matéria e energia e recursividade (MARIOTTI, 2000).

Entretanto, devemos nos lembrar que por limitações de carga horária (45 horas), fica difícil ao docente de Física para Biólogos, num sistema onde a mesma não é reconhecida como pré-requisito de Biofísica – uma ciência que surgiu da interseção entre Física e Biologia –, implementar uma grande diversidade de informações do campo da Física. Mas apesar disso, curiosamente, ao observamos a descrição dos conteúdos explorados em Física para

Biólogos notamos existir casos que particularmente são de interesse do componente Biofísica presente em cada um dos tópicos elencados do programa, a saber:

- Em *Mecânica*, é citado o caso do voo de animais e da escala biológica, que estuda, por exemplo, os movimentos, a resistência muscular e a proporção dos animais que se configura como objeto de estudo da Biomecânica (DURÁN, 2003);
- Em *Termologia*, o exemplo tomado é o da composição gasosa da biosfera e o tema energia e o corpo humano (obtenção e gerenciamento do gasto de energia corporal: alimentação, respiração, excreção) que corresponde a um dos fenômenos de interesse, respectivamente da Biofísica Ambiental (SILVA, 2008) e da Biotermologia (GARCIA, 1998);
- Em *Eletricidade*, são explorados o conteúdo da concentração iônica celular, que poderia ser explorado pelo programa de Biofísica atinente à Biofísica Celular, e a condutância elétrica da membrana celular, fenômenos importantes para se compreender o fluxo de íons entre o meio interno e externo da célula (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982). Tais informações são retomadas no estudo da “Biofísica das Membranas” ao abordar o potencial de repouso e ação; e
- Em *Eletromagnetismo* são explorados os casos da orientação magnética de abelhas, pombos e bactérias magnéticas através do campo geomagnético, os quais poderiam ter continuidade em Biomagnetismo no programa de Biofísica (DURÁN, 2003).

Isso ocorre provavelmente porque, segundo o PPC do curso (UPE, 2010), a Física não apresenta nenhum vínculo com a Biofísica por estar enquadrada na formação do bloco de Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra, tal como recomenda das DCN para os cursos de Ciências Biológicas (BRASIL, 2001).

Porém, a análise evidencia haver, sim, uma necessidade de relacionar os componentes curriculares, em razão dos conteúdos da Física para Biólogos se apropriaram de fenômenos biológicos de tal forma que acarretou, inclusive, em ausência de temas no programa de Biofísica, uma vez que foram estudadas em momento anterior.

Prova disso, é que no programa de Biofísica, de acordo com a base física mencionada, deixa de explorar aspectos da Biofísica Molecular, Celular, dos Sistemas, Biomagnetismo e da Biomecânica por, de algum modo, estarem presentes no plano de Física para Biólogos.

Como exemplo, dentre os subtópicos de “Mecânica”, em especial, os temas envolvidos na hidrodinâmica poderiam ter sido aproveitado em Biofísica para o estudo das moléculas orgânicas, enquanto que os aspectos da hidroestática e hidrodinâmica (também presentes

neste) serviriam de base para o estudo da Biofísica Molecular da água, ao ser explorado o deslocamento da seiva em árvores, ou mesmo da dinâmica da circulação sanguínea (tema de interesse da Biofísica da circulação). Enquanto que, no subtópico de “Mecânica” os elementos da dinâmica (sólidos) e estática facilitaria o estudo da Biomecânica ao tratar dos modelos de deslocamento de diferentes espécies (a marcha, o vôo, o correr) (OKUNO, CLADAS; CHOW, 1982). Tais ausências em Biofísica, em parte, causa certa estranheza já que na ementa de Biofísica contida no Plano de Ensino prevalece o foco no humano e, portanto, com vista para contribuir no Ensino de Fisiologia, como ressalta Corso (2009).

Por certo, o reconhecimento da intersecção entre os componentes curriculares poderia evidenciar mais claramente a perspectiva interdisciplinar mencionada no PPC do curso da instituição já que se trata de disciplinas que comungam interesses e são complementares. Disso, resultaria no fortalecimento, inclusive, do desenvolvimento do pensamento sistêmico-complexo dos saberes biológico citados por Brayner-Lopes (2015).

De acordo com o quadro 8, nota-se que, dentre os tópicos do programa de Biofísica, muitos deles dialogam com aqueles vistos em Física para Biólogos, indicando possíveis temas de interesse aos eixos da formação específicas do curso da UPE que essas disciplinas priorizam questões relativas:

- À condução do impulso nervoso (“Eletricidade” → “Bioeletrogênese”), pois em geral todas as células podem ser consideradas verdadeiras “pilhas elétricas” em razão delas produzirem diferenças de potencial elétrico (DDP) importantes para o estudo dos fenômenos da Fisiologia como o potencial de repouso, de ação e comunicação celular (HENEINE, 1991; MOURÃO JÚNIOR; ABRAMOV, 2009).
- À produção de calor corporal (“Termologia” → “Calor”) quando inicialmente se estuda a noção de variação de temperatura a nível global e corporal e, novamente, volta-se aos efeitos dessa variação no corpo humano no programa de Biofísica (GARCIA, 1998).
- À relação entre campo eletromagnético e alguns tipos de radiações (“Eletromagnetismo” → “Radiação”), em razão deles se constituírem uma base teórica útil para a compreensão do funcionamento de diferentes equipamentos médicos (GARCIA, 1998), e explorados em Biofísica na parte prática “Imagens Médicas” (ultrassom, radiografia, termografia e outros); e
- Ao fluxo de energia na biosfera (“Mecânica” e “Termologia” → “Meio Ambiente”), mas especificamente aos fenômenos relacionados à composição gasosa, o que possibilita dialogar com os temas tratados pela Biofísica Ambiental. Uma vez que,

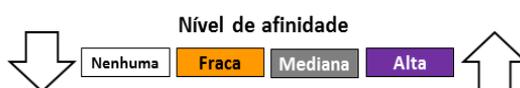
conforme Okuno, Caldas e Chow (1982, p. 112), “concomitante ao fluxo de energia, existem também fluxos de matéria, nos ciclos hídricos, de carbono, oxigênio, nitrogênio etc.”.

Tais temas esclarecem o interesse da Biofísica não só para as questões voltadas ao corpo humano, mas também traz uma perspectiva ambiental, à semelhança da experiência relatada por Corso (2009). E assim, evidenciando haver certo grau de articulação com o programa da disciplina de Física para Biólogos ainda que, talvez, não intencional em razão da proposta de formação ser sem pré-requisito.

Se a Biofísica é uma ciência interdisciplinar entre Física e Biologia, a relação dos conteúdos do programa desses componentes curriculares, de algum modo, precisa refletir esta interdisciplinaridade, e a através do quadro 9 buscamos entender o significado do equilíbrio entre estas ciências no programa de Biofísica de forma sintética classificando-os como: nenhuma, fraca, mediana e alta.

Quadro 9 – Nível de afinidade dos conteúdos do Plano de Ensino de Biofísica da UPE.

CONTEÚDOS DO PLANO DE ENSINO DE BIOFÍSICA	FÍSICA	BIOLOGIA	INDÍCIOS DE INTERAÇÃO
Radiação			Pluridisciplinar
Bioeletrogênese			Interdisciplinar
Calor			Interdisciplinar
Meio ambiente			Interdisciplinar



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

A partir do grau de afinidade dos subtópicos listados para cada conteúdo, observa-se que, em geral, há um equilíbrio de informações físicas e biológicas no programa de Biofísica. No caso de “Radiações”, o docente se apropria de fundamentos físicos para introduzir a Biofísica das Radiações e, assim, preencher possíveis lacunas da eventual formação em Física para Biólogos, ou ainda para garantir o bom prosseguimento deste tópico da formação que será de extrema importância para o estudo dos conteúdos da formação prática.

Prosseguindo nossa análise, verificamos que os conteúdos: “Bioeletrogênese”, “Calor” e “Meio Ambiente” sugerem indícios de interdisciplinaridade, pois elencam conceitos que se interligam e convergem numa relação de notório equilíbrio e relevância entre as Ciências

Físicas e Biológicas. Conforme Nicolescu (1999, p. 53): “[...] a interdisciplinaridade ultrapassa as disciplinas, mas sua finalidade também permanece inscrita na pesquisa disciplinar”. Com isso, o objeto sairá assim enriquecido com a convergência dialógica de várias disciplinas, embora, ocorra a preservação de elementos que dizem respeito à finalidade disciplinar, num processo complexo, que culmina numa fecunda contribuição pluridisciplinar. Situação diferente daquela vivenciada no conteúdo “Radiações” que possui alta afinidade com as informações físicas caracterizando como um momento formativo pluridisciplinaridade.

Com relação aos conteúdos relativos à formação prática, segundo o PPC da UPE do curso em questão, um terço da carga horária (20 das 60 horas) deve ser destinada para essa finalidade. No Plano de Ensino de Biofísica analisado os conteúdos “Métodos Biofísicos de estudo” e “Imagens médicas” são direcionados para esse propósito, os quais encontram forte correspondência com os conteúdos de “Mecânica”, “Termologia” e “Eletricidade” do programa de Física para Biólogos. Trata-se, em sua maioria, de métodos presentes em capítulos especiais de Garcia (1998) e Heneine (1991), que constam na lista de referências do Plano de Ensino de Biofísica da UPE (ver anexo C).

O que utiliza uma base mecânica é a “Centrifugação”. Esse é um método que possibilita a separação de componentes de uma amostra (solução biológica) por meio de rotação (força centrípeta). Sendo, portanto, relacionado com o conteúdo de hidrodinâmica dada à composição aquosa dos seres vivos, a exemplo do tecido sanguíneo cujas informações podem ser obtidas por meio do hematócrito⁷.

O que exige uma base Física de termologia com radiações é a técnica de “Termografia”, cuja imagem é obtida a partir da radiação infravermelho provenientes de diferentes áreas corporais (órgãos), e assim detectar a variação de temperatura (GARCIA, 1998), podendo ser utilizado para diagnósticos de tumores da mama, pelo fato das células tumorais produzirem maiores índices de temperaturas do que o esperado.

Por ter elencado algumas técnicas laboratoriais que se utilizam de eletricidade, era de se esperar que os conteúdos de “Eletricidade” (especialmente eletrodinâmica e eletromagnetismo) desenvolvidos tanto em Física para Biólogos com Biofísica contribuíssem para a compreensão dos processos de formação de imagens correspondendo à “Radiografia”, “Densitometria”, “Ressonância Nuclear Magnética” e “Tomografia”. Sendo as duas últimas também relacionadas com a Física Nuclear, por fazerem parte de exames radiológicos. Aqui

⁷ Trata-se de um exame rápido e viável para emergências hospitalares, capaz de informar a quantidade de glóbulos vermelhos (hemácias), seu volume e tamanho para um possível diagnóstico a partir de uma pequena amostra de sangue.

destacamos duas técnicas laboratoriais de suma importância para as atividades de pesquisa do Biólogo presentes no programa de Biofísica, a saber: a eletroforese e a espectrofotometria.

A “Eletroforese” é uma técnica de separação de moléculas baseada na migração diferenciada de compostos iônicos ou ionizáveis por um campo elétrico (TAVARES, 1996). O que implica dizer que os componentes biológicos, como o DNA ou mesmo as proteínas, quando submetidas a esse procedimento são separadas pelo seu peso molecular graças à afinidade com o campo elétrico utilizado. Sendo, por isso, necessário certo conhecimento em Eletricidade, a qual foi tratada em Física para Biólogos. Trata-se de uma das técnicas amplamente empregadas para se realizar o estudo de biomoléculas em pesquisas de bioprospecção⁸, bem como nas atividades de Genética Forense⁹, e importantes para os que escolherem a formação específica em Biologia Parasitária e, especialmente, Biotecnologia.

Enquanto que na técnica de “Espectrofotometria” (seja ela de absorção ou emissão) o principal elemento físico envolvido é a luz, sendo ela possivelmente tratada na disciplina de Biofísica no conteúdo de “Radiações”. Uma vez que a espectrofotometria é uma técnica que se utiliza do espectro radiante para inspecionar sistemas biológicos, em especial na forma de soluções, para identificar a qualidade e a quantidade dos componentes contidas nesses sistemas (HENEINE, 1991).

Importa destacar que o tema luz também é explorado no conteúdo “Meio ambiente” em Biofísica pelo fato de que a partir da luz solar toda a energia envolvida em “[...] processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre é proveniente do sol, de modo que uma parte importante da biofísica ambiental envolve fenômenos de dispersão, transporte e estocagem de energia sob as formas térmica, química ou mecânica” (SILVA, 2008, p. 65). Constituindo, assim, matéria de interesse principalmente para os futuros Biólogos que optarem pela formação específica em Biologia Ambiental.

Nesses conteúdos, é possível detectar que os fundamentos físicos que envolvem as diferentes técnicas, sejam elas de práticas de laboratório (por exemplo: espectrofotometria, centrifugação e eletroforese) ou de obtenção de imagens médicas (p. ex.: radiografia e ecografia), pressupõem que sejam enfocadas em humano tendo em vista que a ementa da disciplina no Plano de Ensino privilegia as “[...] correlações físico-biológicas na dinâmica do organismo humano”.

⁸ Referem-se às pesquisas que visam explorar da biodiversidade de certa região os seus recursos genéticos e bioquímicos de interesse comercial.

⁹ Área do conhecimento que emprega os conhecimentos e técnicas de Genética e de Biologia Molecular na produção de evidências criminais, auxiliando as atividades jurídicas.

Apesar disso, durante a entrevista ao ser questionado sobre o quê ele espera que bacharelado alcance ao final da sua formação, P3 demonstra ser necessário ao futuro Biólogo compreender os fundamentos da Biofísica numa perspectiva instrumental na busca por soluções de problemas que este profissional venha se deparar, conforme o trecho a seguir:

Eu espero que ele saia preparado para o seguinte: ao se defrontar com um problema, e procurar a solução, ou as soluções, ele seja capaz de se lembrar que existem aquelas técnicas. Eles podem até não estar preparados para fazê-los de imediato, mas reconhecer dentro do problema que ele tem, quais possíveis técnicas físicas ou biofísicas, no caso, seriam capazes de ajudá-lo a resolver o problema. Uma vez identificada a técnica, ele vai estudar a técnica, vai para o laboratório, vai aplicar [...] Então o conhecimento geral, genérico das técnicas de biofísica, de análise, de tratamento, de terapia, de diagnóstico, do que for, são fundamentais para que ele tenha essa visão de Biofísica para saber qual é a possível resposta para o problema que ele tem. Aí então ele aperfeiçoa, identifica e resolve ([P3Q5]P).

Tal afirmação revela uma perspectiva formativa amparada naquilo que os estudiosos de Didática denominam de Tecnicismo. Trata-se de uma postura didático-pedagógica preocupada na aquisição de habilidades, atitudes e conhecimentos específicos; úteis e necessários para sua prática profissional, que o possibilite se integrar a máquina do sistema social global (LUCKESI, 1994). O que de algum modo reflete o pensamento da Ciência Moderna quando se imaginava (e alguns assim ainda imaginam) o sistema social ser igualmente regido pelas mesmas leis naturais observadas nos fenômenos da natureza (CAPRA, 2006).

Com isso, entendemos que do ponto de vista da instituição, a disciplina Biofísica da UPE fica limitada aos problemas de natureza médica, explorando muito pouco suas implicações nas Ciências Biológicas como um todo. Uma causa provável dessa situação pode ser decorrente da formação do docente ser voltada na área de Saúde, limitando-o a explorar sobremaneira os aspectos humanos e parcialmente alguns elementos biológicos em geral, como podemos constatar pelas características dos planos de ensino e mesmo de suas falas durante a entrevista. O que talvez possa ser um fator impactante negativo no processo de formação da identidade do bacharelado como Biólogo, e culminar num processo de evasão.

3.2 UFPE: componente curricular condensado com os conteúdos de Física

Antes de tecermos algumas considerações sobre as falas dos professores da UFPE e a composição da formação em Física e Biofísica no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, convém, tal como procedemos na análise da UPE, entendermos o contexto em que esses docentes atuam com base nas descrições presentes no Projeto Pedagógico do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas (UFPE, 2010).

Historicamente o curso de BCB da UFPE se confunde com a história da própria instituição fundada em 1950, e mesmo com as modificações que o curso de Ciências Biológicas passou ao longo desses anos no Brasil.

Inicialmente o curso de BCB da referida instituição foi denominado como História Natural vindo a ser reconhecido pelo Decreto nº 44.051/58, em 22 de julho de 1958, com publicação no Diário Oficial da União em 04 de outubro de 1958. Tinha por objetivo contribuir para a formação de profissionais tanto no âmbito das pesquisas como para o ensino no 3º grau (Ensino Superior), 2º grau (Ensino da Biologia) e no 1º grau (Ensino de Ciências Físicas e Biológicas).

Tempos após, o então Conselho Federal de Educação (CFE – hoje denominado por Conselho Nacional de Educação – CNE) outorgou mudanças que separava o bacharel (Biólogo, pesquisador) do licenciando (professor de Ciências e Biologia) aprovado pela minuta de resolução presente no Parecer nº 107 de 1970 e sua respectiva resolução, estabeleceu o currículo mínimo do curso de Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado), o que implicou em mudanças no campo de atuação profissional: o Licenciando para o exercício do magistério (3º, 2º e 1º grau), e o Bacharel para as pesquisas nas diversas áreas das Ciências Biológicas.

No entanto, em 1994 uma nova reforma curricular em Ciências Biológicas foi feita na UFPE, a qual passou a vigorar dois perfis no Curso: o perfil da Licenciatura e do Bacharelado – que caracterizou o modelo 3 + 1. Esses dois perfis possuíam uma estrutura curricular básica comum tendo por diferenças as disciplinas específicas para cada perfil. E a partir de 1996 esses perfis foram transformados em cursos independentes, passando a ter estrutura curricular, vestibular e horário de funcionamento distinto. O Bacharelado passou a ser ofertado no período diurno, enquanto a Licenciatura no período noturno.

Ainda com relação ao histórico, o PPC do curso de BCB traz uma pertinente consideração quanto a uma avaliação externa realizada em 1996, conforme o trecho a seguir:

Em dezembro de 1996, o Curso foi avaliado por uma comissão externa formada pelos Profs. Tânia Maria Muniz de Arruda Falcão da Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, José Luiz Bezerra do Centro de Pesquisa do Cacau- CEPLAC – Bahia e Oswaldo Fidalgo do Instituto de Botânica de São Paulo. No que diz respeito ao currículo, a comissão indicou os seguintes problemas:

- Básico inadequado, com uma grande supervalorização pelo Centro de Ciências Biológicas dos Cursos da área de saúde em detrimento do Curso de Ciências Biológicas.
- Alto índice de evasão, gerado pelo básico similar aos Cursos da área de saúde (o que leva a falta de identificação do aluno com o currículo de Ciências Biológicas) e pela possibilidade de transferência interna para Cursos na área de saúde.
- Distribuição das disciplinas nos 8 semestres do Curso inadequada. A comissão sugeriu uma reforma substancial.

Como um resultado do seu planejamento, o Centro de Ciências Biológicas iniciou estudos visando uma reformulação do currículo do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas. Esta reforma teve como finalidades básicas:

- Tornar o currículo do Curso mais atrativo, criando um ciclo básico diferenciado em relação aos Cursos das áreas de saúde visando colocar o aluno desde o início diante da diversidade de ênfases em Ciências Biológicas. Idealmente, esta mudança atuaria de forma a evitar a alta porcentagem de evasão registrada entre os alunos do primeiro ano de Curso.
- Modernizar as disciplinas, ajustando-as a evolução dos conceitos e práticas nas Ciências Biológicas.
- Dar oportunidades para que os alunos iniciem um processo de especialização já dentro do Curso de graduação, através da criação de ênfases associadas aos Cursos de pós-graduação existentes atualmente na Universidade Federal de Pernambuco.

Como resultado desta avaliação, uma comissão composta por representantes de todos os departamentos do CCB e representante discente foi formada. A comissão trabalhou por diversos meses, estudando currículos de vários Cursos do Brasil e exterior, ouvindo alunos, consultando o Conselho Regional de Biologia, promovendo reuniões abertas para discutir as propostas, entre outras atividades. Como resultado, uma nova estrutura curricular foi elaborada e implementada a partir do primeiro período de 2000 (UFPE, 2010, p. 9-10).

É interessante destacar que dessas observações, realizadas pela comissão externa ao BCB da UFPE, o grande problema detectado foi o fato do curso não ter identidade própria a tal ponto que o mesmo se confundia com os da área de Saúde, gerando problemas como evasão.

Aqui cabe comentar a relação currículo e identidade. Malta (2013) comenta que na perspectiva crítica e pós-crítica, características da contemporaneidade, o currículo transforma-se num objeto complexo quando se leva em consideração aspectos ético e moral em sua estrutura, os quais traduzem as relações entre o saber, a identidade e o poder.

Neste caso em especial, na época em que fora avaliado, o curso estava subjacente aos interesses dos cursos ofertados pela área de Saúde. Essas afirmações são baseadas na lógica de Silva (2007) quando ressalta ser o currículo também uma questão de identidade.

O que supomos ser a mesma problemática detectada hoje na UPE, ao menos no âmbito do componente Biofísica quando direciona sua formação para o organismo humano, é provavelmente ainda presente no curso de BCB da UFPE como podemos constatar em um dos objetivos do Plano de Ensino do componente Física e Biofísica: “Ensino de conceitos biofísicos básicos para alunos de: Bacharelado em Ciências Biológicas, Biomedicina, Farmácia, Nutrição, Enfermagem, Fisioterapia, Terapia Ocupacional” (conferir no anexo C).

Como resultado das mudanças realizadas, a nova proposta curricular estabeleceu uma carga horária total de 3.255 horas, das quais: 2.850 horas são dedicadas os componentes curriculares obrigatórios (inclusos 180 horas de estágio obrigatório e 60 horas de Trabalho de Conclusão de Curso – TCC) e 405 horas para os componentes curriculares eletivos e/ou atividades complementares distribuídos em 8 (oito) períodos. Desse total, 60 horas são dedicadas ao estudo de Física e Biofísica: um componente curricular obrigatório ofertada no primeiro período com carga horária semanal de igual a 4 (quatro) horas distribuída igualmente para formação teórico e prática.

Trata-se de uma proposta de formação diferente daquele adotado pela UPE, pois os conteúdos de Física e de Biofísica foram condensados. Mas que compartilha de um mesmo problema: esse tipo de conhecimento não está relacionado com qualquer outro componente presente na matriz curricular e, portanto, não favorece o desenvolvimento do pensamento articulador como ambos os cursos pretendem desenvolver.

Afinal, trata-se de um dos aspectos do perfil do Bacharel em Ciências Biológicas mencionados nas DCN para o referido curso presentes no Parecer CNE/CES nº1.301 (BRASIL, 2001, p. 3) quando alega que este deverá ser: “Apto a atuar multi e interdisciplinarmente, adaptável à dinâmica do mercado de trabalho e às situações de mudança contínua do mesmo”.

Em parte, esta articulação de conhecimento se faz presente nas intenções dos docentes quanto aos elementos essenciais para a formação do Biólogo. Ao ser questionado sobre esse tema, o docente P1 menciona a necessidade de se ter uma base de conhecimentos na área de Ciências Exatas, como mostra o trecho a seguir:

[...] é um elemento indispensável que você tenha uma base de conhecimento na área de Ciências Exatas. Isso ajuda bastante na formação das pessoas que querem lidar

com Biofísica. Tanto no início se quer seguir a carreira acadêmica, quanto no decorrer dependendo da área da Biofísica que você quer atuar ([P1Q1a]A1).

Em sua fala ressalta também a importância dessa base para os interessados em prosseguir a carreira acadêmica na linha de pesquisa da Biofísica, sendo que hoje na Universidade Federal do Rio de Janeiro (Campus Xerém – Duque de Caxias) já existe um curso de Bacharelado em Ciências Biológicas especializado em Biofísica. Ao passo que o docente P2 cita como exemplo a Informática e Física, justificando ser essa necessidade de articulação de conhecimento própria da Biologia da atualidade, e buscar elementos, tal como podemos constatar na sua fala. Observe:

[...] Ele vai ter que saber de informática, ele vai ter que saber de algumas leis físicas para poder aplicar ali para estudar a estrutura tridimensional da proteína [...] você vai ter que saber de física, então a gente saiu daquela biologia descritiva, que era muito mais decorada, muito mais de saber os nomes, para uma coisa que agora está muito mais necessitando dessa interface com outras ciências ([P2Q3b]A2).

Nesse sentido, P2 reforça a ideia de P1. Cita a importância da Física e da Informática, no estudo tridimensional de estruturas proteicas e também evidência a necessidade de um conhecimento interdisciplinar ao colocar a interface com outras ciências, abolindo a ideia da Biologia Descritiva. Além dessa articulação com outras áreas, o docente P2 também mencionou outros elementos, que de certo modo também contempla essa questão, tais como: maior investimento do bacharelado no “ciclo básico” e que o mesmo busque desenvolver hábitos de cunho científico como a realização de leituras complementares e realização de formação complementar como iniciação científica e intercâmbio, como se pode ler nos trechos a seguir.

[...] Eu acredito que o Bacharel em Ciências Biológicas na sua formação, ele precisa dar uma atenção ao ciclo básico, principalmente as disciplinas básicas. A Biofísica, a Bioquímica, a Fisiologia, Citologia, Histologia, todo esse ciclo básico. [...] Eles têm um auto-engano de que aquele assunto básico pode não ter relação com o seu ciclo profissional ([P2Q1b]B1).

[...] Então dentro da graduação, eu acredito que uma das coisas mais importantes na graduação de um Bacharel de Ciências Biológicas na contemporaneidade é não desconsiderar as disciplinas, mesmo que elas não tem a ver com seu ciclo profissional. Por que a complexidade, os problemas que se apresentam no mundo atual, não são só de uma disciplina ([P2Q1c]B2).

[...] Fora isso, as leituras, que você deve ter que ajudam muito na formação. Por exemplo, se você só ficar restrito ao que o professor ensina e o que a universidade ensina você vai estar limitado. Você vai estar muito limitado, porque você vai estar sempre pensando em passar nas disciplinas ([P2Q1e]C1).

[...] Dentro da trajetória acadêmica e profissional, eu acredito que foi muito importante à experiência e iniciação científica. A pesquisa científica. Ter contato com a experiência científica. Se não fosse por isso, eu não teria hoje a formação que eu tenho e a forma científica de pensar que hoje eu tenho. Se eu fosse depender das disciplinas e da grade curricular que eu tive no meu curso para fazer esses elos com a minha profissão, eu teria sido insuficiente ([P2Q1d]D1).

[...] E depois, no doutorado, eu fiz um sanduíche na Inglaterra, que me ajudou também a ver como se pesquisava lá fora. Como era a visão do pessoal lá fora, então eu acho fundamental uma experiência no exterior ([P2Q1f]D2).

Embora o desenvolvimento de hábitos científicos e, como bem comenta Fava-de-Moraes e Fava (2000), a iniciação científica e intercâmbio, seja ela a nível nacional como no exterior, possam auxiliar o bacharelado a melhor se posicionar quanto à escolha do seu local de atuação profissional de sua fala chama-nos à atenção a ênfase ao “ciclo básico”.

A menção ao “ciclo básico”, que pode ser uma referência às disciplinas do primeiro ano de curso talvez pouco considerada de pouco valor pelos estudantes, permite-nos, dentro dos contextos aqui avaliados, levantar a seguinte questão: “Por que a Biofísica não é considerada como pré-requisito, ao menos como sugere Corso (2009), de Fisiologia?” Tal situação não acontece, por exemplo, com Bioquímica, Genética e Biologia Celular, os quais são elencados como pré-requisitos de outros componentes em ambos os cursos, sendo eles também considerados como parte do “ciclo básico” mencionado por P2. Essa é uma questão a se pensar, pois afinal, que importância tem para um Biólogo estudar Física e Biofísica? Qual a sua contribuição?

Com base nessa pergunta, o docente P1 destaca a possibilidade de a Biofísica vir a ser uma possível fonte de renda segundo a seguinte resposta:

Bem, a Biofísica na minha maneira de entender, tem contribuído bastante para o pessoal na área de Ciências Biológicas e também no contexto científico como um todo. Só para a gente ter uma ideia, vários prêmios Nobel são relacionados à área de Biofísica. [...] aqui nas aulas que a gente dá na área de graduação para o pessoal das Ciências Biológicas, a gente dá exemplos. [...] para eles saberem que, como Biólogos, eles podem também trabalhar com coisa aplicada que pode gerar algum produto no futuro e gerar alguma fonte de renda ([P1Q2a]F).

Enquanto, que o docente P2 atribui ser a Biofísica uma facilitadora no desenvolvimento de uma visão interdisciplinar, como se pode ler:

Bom, a contribuição da Biofísica que eu acho relevante é a visão interdisciplinar, é a visão de que na Biofísica você pode reunir vários conhecimentos. De certa forma, várias áreas de conhecimento, então, por exemplo, a Matemática, a Física, a Química, a Computação, tudo isso permeia no estudo da Biofísica. [...] Então, assim,

a contribuição da Biofísica para o Biólogo, como eu vejo, é essa a possibilidade dele utilizar de outros conhecimentos, não só Biologia ([P2Q2a]G).

Vislumbrar a Biofísica com um olhar empreender, como cita o docente P1, não é de um todo prejudicial, mas transmite a sensação que sua prática tende a se basear numa prática utilitarista do conteúdo, portanto próximo de um viés pragmático, onde a prática é o seu critério de validação da teoria (MOREIRA, 2017).

No que tange à visão interdisciplinar, é importante destacar que, particularmente para as Ciências Biológicas, este posicionamento é significativo em razão daquilo que Brayner-Lopes (2015) comenta acerca do pensamento sistêmico-complexo necessário para a compreensão dos fenômenos biológicos. Porém, salientamos que a interdisciplinaridade é uma tendência que corresponde a uma nova consciência (FAVARÃO et al., 2004), e essa diferença de postura de P2 para P1 talvez se deva ao tempo de experiência enquanto docente universitário entre eles e mesmo de geração.

Quanto ao Ensino de Física para o curso de BCB, os docentes da UFPE, assim como da UPE, sugerem que a maior contribuição da Física para um Biólogo é o seu repertório tecnológico, como se pode observar nos seguintes trechos:

Em relação ao aspecto científico, o pessoal da Física tem uma contribuição imensa em todas as áreas do conhecimento. Inclusive na Biofísica, o pessoal da Física tem feito ferramentas e teorias, principalmente ferramentas, de aplicação para desenvolver, por exemplo, os microscópios de força atômica ([P1Q3c]I1).

Eu acho que está um pouco mais discutível, por que é aquela questão da Biomecânica que eu falei e as questões da Termodinâmica, das Radiações. Então, de certa forma, eu vejo que o Biólogo, ele pode utilizar-se das Leis Físicas, principalmente na contemporaneidade, porque temos hoje muito mais necessidade talvez do que o Biólogo do passado, aquele Biólogo do passado que era taxonomista, botânico, classificava as coisas. Era uma Biologia Descritiva, de classificar ([P2Q3a]I2).

Com relação à primeira fala, nota-se que na relação entre Física e Biofísica o suporte técnico é mais enfatizado com vistas de que os Físicos, atualmente, “[...] tem papel importante na formação de recursos humanos nas diferentes áreas da saúde, dada a quantidade de conhecimento em Física existente na tecnologia médica atual” (CHAVES; SHELLARD, 2005 p. 156). Ao passo que na fala de P2 destaca-se o uso do conjunto teórico para impulsionar a Biologia para além da mera descrição vivida por muito tempo quando ainda estava em processo de definição (MAYR, 1998). São declarações que de certo modo encontra relação com a fala de Nicolescu (1999, p. 52, destaque do autor) ao se referir a interdisciplinaridade como um estado de “[...] *transferência de métodos de uma disciplina para outra*”, sendo para

P1 num grau de aplicação, implicado com o surgimento de novas técnicas biofísicas, e P2 no grau que produz novas disciplinas, atingindo o que ele denomina de *big-bang* disciplinar, da qual a Biofísica é exemplo.

Outro aspecto que diferencia a opinião desses docentes de Biofísica da UFPE está na forma que compreende qual deveria ser a relação dos programas e disciplinas de Física e Biofísica para formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade, independente da proposta formativa adotada pela Instituição – isso porque nem sempre os docentes concordam com as decisões tomadas por um coletivo de sujeitos que elaboraram o curso. E isso fica claro quando ambos defendem posições diferentes, conforme podemos ler nas seguintes opiniões:

Aqui na universidade é uma disciplina só, Física e Biofísica. E há dois ou três anos atrás quando teve uma reforma do curso a gente propôs que houvesse uma divisão. Que houvesse uma disciplina de Física Básica e que isso fosse antes da disciplina de Biofísica. E que já foi na visão de que os alunos vinham com uma deficiência. E aí, essa disciplina de Física Básica, que fosse oferecida no primeiro período, corrigiria isso e eles assistiriam às aulas de Biofísica no segundo período. [...] E essa coisa só vingou em Licenciatura em Biologia. Para o Bacharelado em Biologia não vingou [...] Apesar de a gente ter justificado que é um débito relevante ([P1Q4a]M1).

Penso que as disciplinas devam ser integradas e, principalmente, ensinadas em contexto. [...] Mas os Biólogos lidam com sistemas complexos, que são os seres vivos. Mas mesmo para os seres vivos, as Leis da Física, ou melhor, da físico-química, se aplicam para o entendimento da vida, de como provavelmente ela surgiu, e como evoluiu. [...] Então, se a disciplina integrasse Física e Biofísica e contextualizasse problemas da Biologia [...] poderia atrair mais a atenção dos estudantes para os conteúdos da disciplina ([P2Q4b]L).

Respondendo, em parte, o questionamento anteriormente levantado por P1, de acordo com o que ele declarou, esta tentativa não obteve êxito no momento de reorganização da matriz curricular, restringindo sua atuação a pouca carga horária para construir uma base física e, junto com ela, desenvolver informações Biofísicas.

Ao passo que P2 sugere a proposta vigente no curso: de disciplinas integradas, quando menciona “[...] se a disciplina integrasse Física e Biofísica [...]”. Além disso, ele toma como foco a visão interdisciplinar da Biofísica, considerando-a como uma ciência que tem área de fronteira abrangente possibilitando o diálogo com outras ciências, tais como: Química, Matemática, Computação, Física e Biologia citadas por ele anteriormente. Esse posicionamento é coerente com a fala de Fazenda (2006, p. 43) quando alega ser a interdisciplinaridade “[...] uma exigência natural e interna das Ciências, no sentido de uma melhor compreensão da realidade que elas nos fazem conhecer. Impõe-se tanto à formação do

homem como às necessidades de ação”. Além de mencionar certa preocupação com um ensino contextualizado capaz de articular estas informações desenhadas especificamente para o curso de BCB, a qual encontra apoio nos argumentos de Moreira (2017) sobre o processo de contextualização.

Com relação à esta colocação de P2, questionamo-nos sobre a viabilidade desta proposta em termos de carga horária e também das dificuldades citadas por P1 e mesmo por ele próprio, como podemos constatar nestas falas:

Em relação à Física, o que a gente nota nos alunos da área de Saúde em geral, [...] vem com uma bagagem de conhecimentos básicos de Física e de Matemática que deixam a desejar. Então, isso gera, na minha maneira de ver, algo a desejar para quem ministra a aula de Biofísica e que em algumas situações precisa utilizar as ferramentas da Matemática e até alguns conceitos de Física. Porque você dá uma parada na aula para introduzir aquele conceito que o pessoal não traz do Ensino Médio. E isso eu vejo que é uma dificuldade. Então, eu acho que se houvesse uma formação mais adequada do pessoal em relação à Física mesmo lá no Ensino Médio, isso seria algo que iria contribuir bastante no avanço e desenvolvimento do pessoal que vai fazer o curso de bacharelado ([P1Q3a]J1).

Aí você fala de alteração do campo elétrico através da membrana, a maioria dos meninos de graduação, por exemplo, não lembram desse conceito de campo elétrico e força elétrica. E quando lembra, lembra aquele conceito única e exclusivamente sem nenhuma contextualização, então aí a gente tem que às vezes recapitular aquilo e introduzir para adaptar a condição biológica que tem algumas nuances. O conceito continua vago, mas você faz uma adaptação ([P1Q3b]J2).

Mas o maior problema do ensino acadêmico hoje em dia, no meu ponto de vista, é a falta de contexto. Isso afasta os Biólogos das áreas Exatas por acharem que aqueles conteúdos não lhe servem mais ([P2Q4a]J3).

Como podemos observar, as dificuldades mencionadas referem-se aos obstáculos por eles encontrados na condução do processo de ensino-aprendizagem no componente de Física e Biofísica quanto a dois aspectos: uma deficiência em Física e Matemática oriunda da Educação Básica pontuada pelo docente P1, ao que nos parece, de uma proposta pedagógica que seja significativa e suficientemente justificável para a formação do Biólogo contemplar as Ciências Exatas. Trata-se de dificuldades que se complementam as pontuadas por P3 da UPE sugerindo que a formação básica nessas ciências precisa melhorar. E, para os docentes P1 e P2 esta situação se agrava quando levamos em consideração a dinâmica os quais trabalham: dividir às 60 horas de carga horária de Física e Biofísica com outros docentes, como nos foram confidenciados. Observe:

A disciplina aqui, a operacionalidade, participam de 7 a 8 professores, dependendo do semestre. E uma das coisas que eu vejo como negativo nisso é que às vezes você

não convive um maior tempo com o aluno. No meu caso, por exemplo, que sou responsável pelo segundo bloco todinho de teoria, eu dou cinco aulas, que é o máximo de aulas que eu consigo lá. Então às vezes na primeira, na segunda e na terceira eu até lembro do nome de alguém, numa turma média de cinquenta a sessenta alunos. E depois pronto, eu não vejo mais aquele pessoal e entra outro professor que vai dar aula, então eu acho que isso é um ponto negativo. A gente não convive mais com o aluno para saber assim, as necessidades mais direcionadas de cada um. Eu já dei aula também em outra universidade federal, que eu peguei a disciplina de biofísica toda e eu vi que era uma coisa extremamente positiva, por que você impõe o aluno, você impõe o ritmo ([P1Q4b]K1).

[...] um dos problemas do programa, que eu vejo, é que vários professores ministram a mesma disciplina. Fica difícil para um único professor avaliar qual foi à evolução do conhecimento desses alunos. Por quê? Porque você tem um contato com esses alunos durante um certo período do semestre, e você leciona o seu conteúdo e se afasta, encerra, para que outro professor entre. E é o que a gente chama aqui na universidade de disciplina ministrada por vários professores ([P2Q5a]K2).

Diante dessa situação profissional, realizar o acompanhamento e o ritmo da turma para melhor direcionar suas atividades de fato é inexistente em condições onde muitos sujeitos interferem no processo formativo. Isso é uma prática que, provavelmente, visa proporcionar aos formandos contato com os especialistas, dentro de um contexto formativo que deve ser amplo e genérico. O que em grande medida explica, em particular, as queixas de P2 quanto à falta de contextualização no Ensino de Biofísica.

Desse primeiro contato com o contexto formativo em Biofísica UFPE, entendemos que a adoção de uma proposta que integra os conteúdos de Física como um único momento formativo, e sem relação com quaisquer outros componentes curriculares do curso, dá-nos a impressão de que a Biofísica é interpretada mais como um conjunto de técnicas laboratoriais, ao invés de um conhecimento de cunho interdisciplinar importante para compreender a dinâmica dos fatores físicos sobre o processo evolutivo das espécies em dimensão molecular e macroscópica (SCHRÖDINGER, 1990).

3.2.1 As ementas do curso da UFPE

Diferentemente do que observamos na UPE, o texto da ementa presentes tanto no PPC como no Plano de Ensino do componente Física e Biofísica não é composto por um texto corrido, e, sim, por uma série de tópicos, conforme apresenta o quadro 10. Além disso, os seus enunciados também são praticamente iguais, porém conservam entre si pontos de proximidade.

Quadro 10 – Ementas de Física e Biofísica da UFPE.

DOCUMENTO	FÍSICA E BIOFÍSICA
PPC	Propriedades físico-químicas da água e soluções; Métodos biofísicos de análise; Biofísica celular e molecular; Processamento de informações do sistema nervoso; Radioatividade: propriedades, características e aplicações.
PLANO DE ENSINO	Introdução a Biofísica; Água e soluções; Biofísica Molecular; Biofísica de Membranas; Comunicação Celular; Transdução Celular; Noções de Física das Radiações; Radioatividade; Efeitos biológicos das Radiações; Phmetria; Centrifugação; Cromatografia; Fotocolorimetria; Eletroforese; Diálise.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Ao tentarmos fazer um paralelo entre as ementas do PCC e do Plano de Ensino, inferimos que o texto no primeiro é um índice geral, enquanto no segundo são apresentadas os seus desdobramentos, uma vez que a quantidade de elementos nesta última é maior que a do PCC. A partir disso, entendemos existir as seguintes relações:

- “Propriedades físico-química da água” → “Água e soluções”;
- “Métodos biofísicos de análise” → todo bloco de formação prática (“Phmetria; Centrifugação; Cromatografia; Fotocolorimetria; Eletroforese; Diálise”);
- “Biofísica celular e molecular” → “Biofísica Molecular; Biofísica de Membranas; Comunicação Celular”;
- “Processamento de informações do sistema nervoso” → “Comunicação Celular; Transdução Celular”;
- “Radioatividade: propriedades, características e aplicações” → “Noções de Física das Radiações; Radioatividade; Efeitos biológicos das Radiações”.

Diante dessa apresentação, a análise fica restrita a algumas inferências que nos permite entender os temas priorizados na disciplina. Segundo o texto presente no PPC, a disciplina contempla elementos voltados, sobretudo, para Biologia Molecular e Celular acompanhada de métodos biofísicos de análise aplicados ao estudo de soluções biológicas e, em especial, a Radiobiologia; através da ementa do plano de ensino, isso fica mais evidente.

Através dessa seleção de conteúdos, o componente curricular em questão pode ser interpretado como algo que objetiva ensinar conceitos básicos restritos à compreensão de aspectos teóricos e técnicos úteis ao Biólogo em suas atividades experimentais com ênfase nas áreas mencionadas. Limitando, assim, a grande possibilidade de contribuição da Biofísica para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas quanto à interpretação de fenômenos de dimensões macroscópicas que resultam na impulsão de um guepardo para atingir uma

velocidade de 110-120 km/h incrível, ou mesmo a percepção das aves migratórias em razão das mudanças atmosféricas.

Portanto, ao restringir o Ensino de Biofísica para um curso de BCB às técnicas talvez seja um forte indicativo do provável vínculo ainda existente do curso com os da área da Saúde, como havíamos constatado num dos objetivos do componente curricular e na fala de P1, e também de P3 da UPE. Mesmo cientes de que essa seja uma das áreas de atuação do Biólogo, segundo o Conselho Federal de Biologia (CFBio) por meio da Resolução nº 227, de 18 de agosto de 2010, além de Meio Ambiente e Biodiversidade, e Biotecnologia e Produção.

Essa crítica se deve ao fato de que um dos primeiros princípios estabelecidos pelas DCN para os cursos de Ciências Biológicas quanto ao perfil do Bacharel é que ela seja generalista (BRASIL, 2001). Ou seja, deverá possibilitar ao estudante uma formação básica, ampla e sólida visando o pleno exercício de suas atividades profissionais, mas sem prescindir de uma noção da complexidade existente dos fenômenos físicos atuantes sobre o processo evolutivo dos seres vivos nos diferentes níveis de organização biológica (átomo > molécula > organela > célula > tecido > órgão > sistema > organismo > população > comunidade > ecossistema > biosfera > átomo).

3.2.2 Relação entre os conteúdos de Física e Biofísica da UFPE

Apesar da formação em Biofísica ser condensada com a formação em Física, foi possível verificar que no Plano de Ensino existem momentos bem definidos voltados onde se abordam conhecimentos de natureza Física, a saber: “Água e soluções”; “Noções de Física das Radiações” e “Radioatividade”. Sendo a primeira também constituinte do currículo de Biofísica Molecular por apresentar informações relevantes à interação da água na composição e manutenção de estruturas vivas. A partir disso, estabelecemos as relações entre esses conteúdos e os correspondentes ao currículo em Biofísica representada no quadro 11.

Assim como ocorre na UPE no componente Biofísica, o primeiro conteúdo previsto no Plano de Ensino de Física e Biofísica da UFPE é “Introdução à Biofísica”, a qual não foi considerada na análise de correspondência por se tratar de uma generalização e apresentação das informações que irão compor as atividades daquele momento formativo. Porém, salientamos que na descrição dos seus conteúdos, evidencia-se aquilo que as ementas já sinalizavam: o direcionamento das atividades ali desenvolvidas para Biofísica Molecular e

Quadro 11 – Correlação dos conteúdos a partir do Plano de Ensino de Física e Biofísica da UFPE

ELEMENTOS DA BIOFÍSICA		ELEMENTOS DA FÍSICA	Mecânica			Termologia	Óptica	Ondulatória			Eletricidade		Física Moderna				
			Cinemática	Estática	Dinâmica			Oscilações	Ondas	Ondas Sonoras	Eletroestática	Eletrodinâmica	Eletrromagnetismo	Teorias da Relatividade	Teoria Quântica	Física Nuclear	
Biofísica Molecular	Moléculas Orgânicas	Biofísica Molecular	-	-	Água e soluções	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Água	Água e soluções	-	-	Água e soluções	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biofísica das Membranas	Biofísica das membranas	Biofísica das membranas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biofísica Celular	Comunicação celular	Comunicação celular	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bioeletricidade	Biofísica de membranas	Biofísica de membranas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biomagnetismo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bioacústica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biologia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biomecânica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio-óptica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biofísica das Radiações	Efeitos biológicos	Efeitos biológicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biofísica dos Sistemas	Transdução celular	Transdução celular	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biofísica Ambiental	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Métodos e técnicas de estudo de Biofísica	Phmetria	Phmetria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Centrifugação	Centrifugação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cromatografia	Cromatografia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fotocolorimetria	Fotocolorimetria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Eletroforese	Eletroforese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dialise	Dialise	Dialise	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ausência de conteúdos correspondentes



Não há correspondência direta com os conteúdos de Física



Não há correspondência direta com os conteúdos de Biofísica



Há correspondência direta entre os conteúdos programáticos de Física e Biofísica

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

Celular, Radiobiologia e diferentes procedimentos laboratoriais, como podemos constatar pela lista de obras citadas como referências básicas do componente curricular.

Esta “mensagem” de introdução esclarece para nós que um grande repertório dos conhecimentos físico e que poderiam dialogar com a Biologia deixam de ser preterido em virtude das informações técnicas laboratoriais, à semelhança do que observamos no curso da UPE. Isso fica patente quando ao olharmos para o quadro 11, vemos que há um grande conjunto de informações físicas e biofísicas não contempladas como, por exemplo, a relação entre Óptica/Bio-óptica também não contemplada pela UPE.

Porém, nessa proposta formativa alguns “sacrifícios” foram feitos devido à relação currículo/carga horária. Isso porque tal proposta compromete a formação generalista que lhes possibilite explorar os diversos segmentos presentes na Biofísica, e até mesmo temas importantes para os posteriores estudos sejam eles na Fisiologia como também na Ecologia, Anatomia e no estudo dos diferentes grupos de seres vivos, tais como:

- *Equilíbrio* (Estática/Biomecânica): trata-se de um conceito físico no qual um corpo é submetido à ação de um conjunto de força mantendo-se em equilíbrio (estático e dinâmico). Um exemplo disso são os beija-flores, cujo voo permite ao mesmo permanecer parado em razão dos diversos fatores físicos e estruturais de sua anatomia como distribuição da massa corporal, a resistência mecânica (DURÁN, 2003), ou até mesmo do equilíbrio do peixe na coluna d’água, que o permite permanecer na vertical e não deitado.
- *Calor corporal* (Termologia/Biotermologia): trata-se de um dos temas que objetiva entender o processo de termorregulação seja por influencia direta das condições ambientais como decorrentes do próprio movimento corporal às diversas situações (respirar, correr, movimento dos órgãos internos, fluxo sanguíneo, etc.), cuja fonte de energia provém da alimentação complementada pela respiração (GARCIA, 1998; SILVA, 2008).
- *Bioclimatologia e Mecanismos de Adaptação* (Termologia/Biofísica Ambiental): o primeiro se refere ao estudo das leis da termodinâmica que possibilita ao Biólogo inferir sobre as mudanças climáticas, pensar em ações de manejo e bem-estar animal, assim como realizar estudos sobre desmatamentos e queimadas com imagens de satélite utilizando-se de técnica através do infravermelho. Além disso, compromete entender as bases físicas presentes nas estratégias que os animais usam para absorver ou refletir a luz que incide sobre sua superfície corporal (MOURÃO JÚNIOR; ABRAMOV, 2009; SILVA, 2008).

- *Astrobiologia* (Teoria da Relatividade/Biofísica Ambiental): Embora, esse seja um ramo novo na Biologia, apresenta como objetivo o estudo da origem, distribuição, evolução e a busca da vida no Universo, constituindo uma área interdisciplinar, pois necessita, além da Biologia, de conhecimentos físicos, químicos e matemáticos capazes de constituir um olhar relativístico que lhe dê suporte na interpretação dos fenômenos em estudo (FRIAÇA, 2010). A qual está conectada com o estudo da origem do Universo e, conseqüentemente, da vida.

Tendo isso em vista, notamos que a compreensão de fenômenos de ampla repercussão não se inicia em componentes, conforme os próprios docentes, que compõem o “ciclo básico” do curso tal como é a Biofísica. Ficando, assim, essa construção relegada para outros espaços formativos gerando “vazios” conceituais que minimizam a importância dos conhecimentos físicos e biofísicos, mesmo percebendo que a base física do programa esteja coerentemente alinhada com os elementos biofísicos elegidos, conforme o quadro 11 ilustra.

Apesar disso, alguns elementos físicos são solicitados para melhor compreender os fenômenos envolvidos na Biofísica dos Sistemas, em especial, referentes ao sistema sensorial representado no Plano de Ensino como “Receptores sensoriais como transdutores biológicos” (ver em anexo D). Desse modo, atribuímos uma relação com Termologia, Óptica e Ondulatória (ondas sonoras), mas não com a Biotermologia, Bio-óptica e Bioacústica em razão do foco ser direcionado aos mecanismos de comunicação celular advindas do meio ambiente e que são variados e diversificados (DURÁN, 2003; GARCIA, 1998).

Outro conhecimento físico ausente nessa formação básica e que é solicitada para compreender as questões relativas à membrana celular, célula e potencial elétrico são referentes ao bloco de Eletricidade, tão importante para grande parte dos conteúdos relativos à Biofísica e as técnicas de estudo por ela também utilizadas. Ainda sobre a formação em Eletricidade, notamos que em “Noções de Física das Radiações” é explorado o conceito de campo eletromagnético, e que poderia ser estendida para se abordar noções sobre Biomagnetismo e Magnetobiologia, úteis, por exemplo, para alguns seres vivos no momento do seu deslocamento como as formigas e bactérias magnéticas (ARAÚJO et al., 1999; BLAKEMORE, 1975) e estudos de migração de aves influenciadas pelo geomagnetismo.

Mesmo valorizando o conhecimento sobre as radiações, notamos a ausência de elementos concernentes à Radioproteção. Uma vez que, esse tipo de conhecimento torna-se relevante para todo profissional que pretende lidar com material radioativo em sua atividade laboral, e que poderia ser consideradas tendo em vista a carga horária dedicada para as práticas em laboratórios e mesmo referentes às radiações; bem como devido à limitação da

carga horária, ainda que no plano constem três conteúdos envolvendo a Física Nuclear. Além disso, informações como Radioatividade Natural não são explorados (OKUNO, 2013).

A partir dessas relações entre os conteúdos notamos que há um consenso quanto ao papel da formação em Física e Biofísica ser genericamente voltada para preparação do Biólogo quanto uma formação das técnicas experimentais. Isso decorre porque parte de suas atribuições profissionais é o de emitir relatórios técnicos e laudos (BRASIL, 2001).

De maneira geral, o tipo de correspondência necessariamente não expressa o tipo de afinidade existente entre os conteúdos de Biofísica, para isso recorreremos ao quadro 12. A partir dos resultados que ele nos fornece, notamos que há momentos da formação em Biofísica verdadeiramente encontra-se em estado de equilíbrio, e reafirmando a coerência do planejamento curricular.

Quadro 12 – Nível de afinidade dos conteúdos de Biofísica da UFPE.

CONTEÚDO DO PLANO DE ENSINO DE BIOFÍSICA	FÍSICA	BIOLOGIA	INDÍCIOS DE INTERAÇÃO
Água e soluções	Alta	Fraca	Pluridisciplinar
Biofísica Molecular	Fraca	Alta	
Biofísica de membranas	Mediana	Mediana	Interdisciplinar
Comunicação celular	Mediana	Mediana	
Transdução celular	Mediana	Mediana	
Efeitos biológicos das radiações	Mediana	Alta	Pluridisciplinar



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

No entanto, nele também é possível enxergar que: apesar de existir correspondências elas possuem maior afinidade pelas informações biológicas na formação concernente à “Biofísica Molecular” e em “Efeitos biológicos das radiações”; há mais afinidade pelos conceitos físicos para o bloco “Água e soluções”.

Assim sendo, diante deste conjunto de relações é de se esperar que o bacharelado, ao final da formação, compreenda os conceitos básicos sobre Biofísica, e tal como prescreve os objetivos do componente e nossas análises, voltados para a realização de pesquisas de cunho molecular, celular e da radiologia valendo-se de procedimentos matemáticos. Contudo, ao fazermos esse questionamento aos docentes P1 e P2 responderam:

Bem, eu espero que ele tenha aprendido de maneira consolidada, primeiro o que é a Biofísica, quais as ferramentas que a Biofísica lança a mão para entender os eventos que ocorrem nos sistemas vivos, tanto a nível molecular quanto a nível celular, quanto a nível macro – o organismo como um todo ([P1Q5]N).

[...] Então assim, o que eu espero que pelo menos ele aprenda, na disciplina ministrada por vários professores, é que isso é importante para a formação dele (o ciclo básico). A principal coisa que esse aluno deve entender é que a disciplina do básico pode ter importância para ele no futuro profissional. Que ele fará esse *link* no futuro se ele entender a importância de se entender a parte molecular de uma célula, no transporte de íons numa célula, os canais de membrana. Que isso é interessante de se conhecer, e não só conhecer o organismo como um todo. [...] Por que como a gente está discutindo o tempo todo aqui sobre contemporaneidade é aquela velha questão (e atual): de que as coisas mudam, mas agora elas não só mudam, elas mudam de maneira acelerada. [...] Então, o aluno precisa saber integrar esses conhecimentos ao cursar a disciplina ([P2Q5b]O).

Em seus discursos notamos haver certa sintonia: que as ferramentas, técnicas e procedimentos de estudos utilizados pela Biofísica bem como os seus conceitos básicos sejam compreendidas constituindo, dessa maneira, numa base que o possibilite exercer atividades científicas seja a nível molecular, celular ou como um organismo como um todo. No entanto, P2 vai além e afirma que diante dos eventos da contemporaneidade, este sujeito necessita estar ciente da transitoriedade das coisas e buscar estabelecer *links* com as demais disciplinas.

Sobre os consensos identificados, é preciso compreender que, dentro da proposta na qual foi pensada e do seu vínculo com os cursos da área da Saúde, o componente Física e Biofísica para os bacharelados em Ciências Biológicas fica restrita aos aspectos técnicos, que poderiam até ser à base de um novo componente curricular de Física Experimental à semelhança do que ocorre com o componente curricular Química Experimental do 1º período, e que serviria de pré-requisito para Biofísica (uma disciplina própria).

Outro ponto que merece destaque é a fala de P2 quanto aos *links*. Trata-se de uma posição coerente quanto à existência de sua compreensão sobre interdisciplinaridade, mas que operacionalmente não é estimulado pela instituição tal como ocorre com a UPE. Assim sendo, entendemos que há certa insatisfação quanto à proposta formativa hoje vigente para a formação em Biofísica no curso do BCB da UFPE.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Realidade não é apenas uma construção social, o consenso de uma coletividade, um acordo intersubjetivo. Ela também tem uma dimensão transubjetiva, na medida em que um simples fato experimental pode arruinar a mais bela teoria científica.

(NICOLESCU, 1999, p. 31).

De tudo que foi dito até o presente momento é preciso esclarecer um dos maiores obstáculos da nossa empreitada investigativa, e que não foram a recolha dos documentos e nem a realização das entrevistas, mas sim o material bibliográfico e de produções acadêmicas sobre o Ensino de Biofísica. Pontuamos essa questão mediante o esforço que fora feito para apresentar ao leitor desta dissertação subsídios que fossem de fácil compreensão e entendimento quanto aos temas presentes na fundamentação sobre Biofísica.

As investigações nesse campo de pesquisa científica bruto da Biofísica encontram-se anos-luz da sua prática de ensino e, por consequência, da prática docente. Razão essa que nos levou a desbravar esse campo de investigação, pois nos tempos em que vivemos não se podemos mais nos conformar com uma prática profissional limitada ao domínio do conteúdo e da técnica, e não levarmos em conta a transitoriedade das nossas concepções e tampouco as incertezas decorrentes de nossas ações.

Assim entendemos que o Biólogo da contemporaneidade precisa ter ciência da dinâmica que rege a biodiversidade os pontos de conexão das Ciências Biológicas com as demais áreas do conhecimento, em espacial, com as suas ciência-irmãs: a Física e a Química. Em caso específico, voltamo-nos para um desses pontos que é a Biofísica: A ciência que estuda os fatores físicos presentes e em interação com a manifestação complexa que permite a vida. E em função disso, entendemos ser importante ao Biólogo, quando em formação inicial, munir-se desse olhar sobre a vida, de tal modo que seja enriquecedora na sua caminhada enquanto admirador e defensor das mais variadas formas de vidas. Pois, ao Biólogo não cabe julgar quem vive ou morre, mas cabe-lhe nos anunciar sua beleza, ainda que espantosa aos nossos olhos.

Investigar os cursos citados foi uma experiência valiosa, tanto pelos aspectos históricos ali encontrados, quanto pelo esforço das instituições em proporcionar o melhor que elas podem fazer ante as imposições legais ainda serem criativas. Apesar disso, quando caminhávamos na coleta e análise dos dados, tivemos dificuldades em obter os documentos

como o PPC do curso, talvez por ele ser visto como uma “coisa de educação” que merece menos atenção do que uma produção acadêmica.

Ao passo que durante as entrevistas, ficou patente a carência de uma noção a respeito dos cuidados quanto ao processo de ensino-aprendizagem daqueles docentes, e por certo os demais dos cursos de BCB, muito provavelmente devido ao seu histórico formativo. Tais condições poderiam ser contornadas por meio de ações formativas continuadas, inclusive, capaz de ajudá-los a enxergar o Bacharel em Ciências Biológicas como um futuro Biólogo que não pode ser limitado pelo privilégio dado aos cursos da área da Saúde restringindo sua formação às técnicas e teorias físicas aplicadas ao corpo humano em detrimento do desenvolvimento de um olhar complexo sobre a natureza em toda sua plenitude.

Um dos grandes obstáculos do Ensino da Biofísica, por se tratar de uma área de conhecimento de natureza interdisciplinar, está na formação deste docente, o qual precisa saber lidar com os variados fenômenos biofísicos, além de possui grande sensibilidade e conhecimento para transitar entre as disciplinas Física e Biologia. Uma vez que a formação em Física oriunda da Educação Básica tende a ser deficiente, em especial para aqueles que ingressam no curso de BCB, resultando em grandes desafios para os docentes de Biofísicas.

Quanto às propostas formativas analisadas, a da UPE poderia ser mais bem proveitosa se houve um explícito diálogo entre os componentes Física para Biólogos e Biofísica, uma vez que elementos diversos são explorados, necessitando melhor definir as atribuições de cada componente, de modo a evitar confusões entre os seus conteúdos. Ao passo que na UFPE, a proposta de disciplinas condensadas possibilita certa coerência entre os conteúdos elencados, porém limitada a investir em procedimentos técnicos laboratoriais.

Os resultados também sugerem ser preciso que os docentes saiam da sua “zona de conforto”, e busque propor momentos formativos que estejam alinhados ao perfil profissional ao qual o curso de BCB se volta, desprendendo-se um pouco da área da Saúde. Tal apontamento recai sobre a função do Núcleo Docente Estruturante (NDE) de ambos os cursos, e que precisam propor espaços formativos articulados entre si, de tal forma que isso não seja uma iniciativa a ser tomada pelo estudante, antes seja um estímulo para ele e os docentes.

Por último, sentimo-nos realizados em poder contribuir para o desenvolvimento do Ensino de Biofísica, convocando, assim, pesquisadores interessados na formação de qualidade do Biólogo e profissionais relacionados à Biofísica para ampliar as discussões sobre essa área que carece de atenção para se consolidar como um campo investigativo.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-AVALOS, DANIEL et al. *Isolation of magnetic nanoparticles from Pachycondyla marginata ants*. *Journal of Experimental Biology*, Cambridge, Inglaterra, v. 202, n. 19, p. 2687-2692, 1999.
- ALBERTS, B. et al. **Fundamentos da biologia celular**: uma introdução à biologia molecular da celular. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. 2. ed. 2. tiragem. São Paulo: Editora Pioneira, 2000.
- ARAÚJO, A. Física e biologia: possíveis limites de demarcação conceitual. *Trans/Form/Ação*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 19-31, 2006.
- ARAÚJO, D. B. et al. Biomagnetismo nova interface entre a Física e a Biologia. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 26, n. 24, p. 74-88, 1999.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1994.
- BARROS, H. G. P.L.; ESQUIVEL, D.M.S. Interação do campo magnético da Terra com os seres vivos: história da sua descoberta. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 312-316, set. 2000.
- BAUMAN, Z. **Modernidade líquida**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.
- BEHRENS, M. A. **Paradigma da complexidade**. Metodologia de projetos, contratos didáticos e portfólios. Petrópolis, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2006.
- _____; OLIVARI, A. L. A evolução dos paradigmas na educação: do pensamento científico tradicional a complexidade. *Diálogo Educacional*, Curitiba, v. 7, n. 22, p. 53-66, set./dez. 2007.
- BERGER, P. L.; LUCKMANN, T. **A construção social da realidade**. 21. ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2002.
- BLAKEMORE, R. P. *Magnetotactic Bacteria*. *Science*, Estados Unidos, New Series, v. 190, n. 4212, p. 377-379, out. 1975.
- BOHR, N. **Física Atômica e conhecimento humano**: ensaios 1932-1957. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.
- BRANDÃO, C. R. **O que é Educação**. São Paulo: Brasiliense, 2001.
- BRASIL. **Descrição da área e padrões de qualidade dos cursos de graduação em ciências biológicas**. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Superior. Brasília: MEC/SES, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/padbiol.pdf>> Acesso em: 30 maio 2017.
- BRASIL. **Parecer CNE/CES n.º 1.301/2001, de 06 novembro de 2001**. Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de ciências biológicas. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação. Brasília: CNE/CES, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

BRAYNER-LOPES, F. M. **Formação de docentes universitários: um complexo de interações paradigmáticas**. 2015. 260 p. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BULLOCK, T. H. et al. Aspectos do uso da descarga do órgão elétrico e eletrorrecepção nos Gymnotoidei e outros peixes amazônicos. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 9, n. 549-572, 1979.

BURNS, E. Mc N. **História da civilização ocidental**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1986. (Volume I: Do homem das cavernas até a bomba atômica).

CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução Newton Roberval Eicheberg. 10. reimpr. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARDOSO, Clodoaldo. **A canção da inteireza: uma visão holística da educação**. São Paulo: Summus, 1995.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. 5. ed. São Paulo: Moderna, 1994. (Coleção Polêmica).

CHAVES, A.; SHELLARD, R. C. **Física para o Brasil: pensando o futuro**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

CHEVARRIA, D.G.; GOMES, F.C.R. Relação entre observador e realidade nos paradigmas positivista, interpretativista e complexo: e aí juiz, foi ou não foi pênalti?. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE EPISTEMOLOGIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA DA ADMINISTRAÇÃO, 3. 2013, Florianópolis. **Atlas eletrônico...** Florianópolis: UFSC, 2013.

COIMBRA, D. et al. A física determinando como o golfinho pesca. **Física na Escola**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 27-29, 2007.

CONSELHO FEDERAL DE BIOLOGIA – CFBio. **Lei n. 6684. Lei nº 6.684, de 3 de setembro de 1979**. Regulamenta as profissões de Biólogo e de Biomédico, cria o Conselho Federal e os Conselhos Regionais de Biologia e Biomedicina, e dá outras providências. Brasília: CFBio, 1979.

_____. **Parecer CFBio nº 01/2010, de 30 de setembro de 2009**. GT Revisão das áreas de atuação – Proposta de requisitos mínimos para o Biólogo atuar em pesquisa, projetos, análise perícias, fiscalização, emissão de laudos, pareceres e outros serviços nas áreas de meio ambiente, saúde e biotecnologia. Brasília: CFBio, 2009.

CORSO, G. Os conteúdos das disciplinas de biofísica e a física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 1-4, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v31n2/18.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

COUTINHO, M. C.; KRAWULSKI, E.; SOARES, D. H. P. Identidade e trabalho na contemporaneidade: repensando articulações possíveis. **Psicologia & Sociedade**, v. 19, n. esp., p. 29-37, 2007.

D'AMBRÓSIO, U. **Transdisciplinaridade**. São Paulo: Palas Athena, 1997.

DELORS, J. et al. **Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI**. Educação: um tesouro a descobrir. São Paulo: UNESCO, 1999.

DENCKER, A. de F. M. **Pesquisa e interdisciplinaridade no ensino superior**: uma experiência no curso de turismo. São Paulo: Aleph, 2002.

DISALVO, E. A. **La biofísica como base innovadora de la nanobiotecnología**. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Santiago del Estero, Argentina: UNSE/FAA, 2017. Disponível em: <<http://faa.unse.edu.ar/pdf/Biofisica-Disalvo.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

DUARTE, R. **Pesquisa qualitativa**: reflexões sobre o trabalho de campo. Caderno de Pesquisa, n. 115, p. 139-154, março/2002

DURÁN, J.E.R. **Biofísica**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

EINSTEIN, A. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008.

ERICKSON, F. Descrição Etnográfica. In: MATTOS, C. L. G. de. (Trad.). **Etnografia na Educação** – Textos de Frederic Erickson. Rio de Janeiro: 2004, p. 3-68.

FAVA-DE-MORAES, F.; FAVA, M. A iniciação científica: muitas vantagens e poucos riscos. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 73-77, jan./mar. 2000.

FAVARÃO, N.R.L. et al. Importância da interdisciplinaridade no Ensino Superior. **EDUCERE – Revista da Educação**. v. 4, n. 2, p. 103-115, jul./dez, 2004.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade**: qual o sentido? São Paulo: Paulus, 2006.

_____. (Org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 1996.

_____. **Interdisciplinaridade**: um projeto em parceria. 5.ed. São Paulo: Loyola, 2002.

FEYNMAN, R. P. **Lições de Física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008 (volume I).

_____. **Sobre as leis da física**. Tradução de Marcel Novaes. Revisão técnica de Nelson Studart. Rio de Janeiro: Contraponto, Editora PUC-Rio, 2012.

FINO, C. N. Inovação Pedagógica: significado e campo (de investigação). In: MENDONÇA, A.; BENTO, A. V. (Orgs.). **Educação em tempo de mudança**: discurso e práticas. Funchal, Portugal: Grafimadeira, 2008.

FREIRE, P. Educação: o sonho possível. In: BRANDÃO, C. R. (Org.). **O educador**: vida e morte. 2. ed. Rio de Janeiro: Graal, 1982, p. 89-101.

FRIAÇA, A. C. S. Subjetividade no reconhecimento da vida no universo. **Revista Brasileira de Psicanálise**, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 93-101, 2010. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbp/v44n3/a10.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

GADOTTI, M. **Qualidade na educação**: uma nova abordagem. Florianópolis, SC: COEB – Congresso de Educação Básica: Qualidade na Aprendizagem, 2013. Disponível em: www.pmf.sc.gov.br/.../14_02_2013_16.22.16.85d3681692786726aa2c. Acesso em: 30 de setembro de 2015.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 1998.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, L. B. et al. As origens do pensamento sistêmico: das partes para o todo. **Pensando famílias**, v. 18, n. 2, p. 3-16, 2014.
- HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade**. Tradução de Tomaz Tadeu da Silva e Guacira Lopes Louro. 12 ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2015.
- HARVEY, D. **Condição pós-moderna**: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. 9. ed. São Paulo: Editora Loyola, 2000.
- HENEINE, I. F. **Biofísica básica**. 2. reimp. Rio de Janeiro: Atheneu Editora, 1991.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY (ISB). **What is biometeorology?**. Disponível em: <http://biometeorology.org/what_is_bm/index.cfm> Acesso em: 23 jun. 2017.
- JUNQUEIRA, L.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.
- KLEIN, J. T. Ensino Interdisciplinar: didática e teoria. In: FAZENDA, I.C.A. (Org.). **Didática e Interdisciplinaridade**. Campinas, São Paulo: Papyrus, 2014.
- KUHN, T. **As estruturas das revoluções científicas**. 12. ed. Tradução de Beatriz Vianna Boira e Nelson Boeria. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- _____. **As estruturas das revoluções científicas**. 3. ed. Tradução de Beatriz Vianna Boira e Nelson Boeria. São Paulo: Perspectiva, 1994.
- LARA, T. A. **Caminhos da razão no ocidente**: a filosofia ocidental do renascimento aos nossos dias. 4. ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1991.
- LENOIR, Y. Didática e Interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável. In: FAZENDA, I.C.A. (Org.). **Didática e Interdisciplinaridade**. Campinas, São Paulo: Papyrus, 2014.
- LIMA, G. L. et al. Nano e microrrobótica com bactérias flageladas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 11., Fortaleza, 2013. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: UFC, 2013 Disponível em: <<http://www.sbai2013.ufc.br/pdfs/5094.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2016.
- LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º grau. Série formação do professor).
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. **A pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo- SP: EPU, 1986.
- LUKE, H. **Pedagogia da interdisciplinaridade**. Fundamentos teórico-metodológicos. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2001.
- MACHADO, A. **Literatura, ciência e natureza**. Entrevista concedida a Cláudio Teles e Roberto Carvalho. *Presença Pedagógica*, v.2, n.7, p. 5-13, 2007.

MALTA, S.C.L. Uma abordagem sobre currículo e teorias afins visando à compreensão e mudança. **Espaço do Currículo**, v. 6, n. 2, p. 340-354, mai./ago. 2013.

MALUCELLI, V. M. P. B. A prática profissional no curso de biologia. **Estudos de Biologia**, Paraná, v. 34, n. 82, p. 83-91, 2012.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARGATO, B. et al. Propriedades magnéticas de organismos magnetotáticos: um trabalho multidisciplinar. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 347-353, 2007.

MARIOTTI, H. **As paixões do ego: complexidade, política e solidariedade**. São Paulo: Palas Athenas, 2000.

_____. Complexidade e pensamento complexo: breve introdução e desafios actuais. **Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar**, v. 23, n. 6, p. 727-31, 2007.

_____. Complexidade não é pensamento sistêmico. **Revista BSP**, São Paulo, v. 4, n. 1, maio 2013. Disponível em: <http://www.humbertomariotti.com.br/imagens/trabalhosfoto/552013_complexidade%20e%20ops_port.pdf>. Acesso em: 31 maio 2017.

_____. Reduccionismo, “holismo” e pensamentos sistêmico e complexo. (Suas consequências na vida cotidiana). In: RÖSING, T. M. K. et al. (Orgs.). **Edgar Morin: religando fronteiras**. Passo Fundo, Rio Grande do Sul: Editora UFP, 2004, p. 115-128.

MARQUES, R. V.; FABIÁN, M. E. Monitoramento de morcegos insetívoros com utilização de equipamentos detector de ultra-sons em áreas de floresta ombrófila mista. **Chiroptera Neotropical**, Brasília, v. 16, n. 1, supl., p. 122-123, abr. 2010.

MARTINS, M. F.; SILVA, M. S. O discurso da ciência na contemporaneidade: heterogeneidade e descontinuidade. **Revista Científica Ciência em Curso**, Palhoça, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 37-41, 2012.

MAYR, E. **Desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Tradução de Ivo Martinazzo, Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.

MINAYO, M. C. de S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1996.

MORAES, M. C. **O paradigma educacional emergente**. Campinas: Papirus, 1997.

_____. Sistêmico. In: FAZENDA, I. (Org.). **Dicionário em construção: interdisciplinaridade**. São Paulo: Editora Cortez, 2001, p. 33-34.

MOREIRA, C. H. P. M. **A contextualização no âmbito da prática como componente curricular de genética**. 2017. 187f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências e Matemática) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane Lisboa. 5 ed. Porto Alegre: Editora Sulina, 2015.

_____. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.

- MOTTA, F. C. P. **Teoria das Organizações: evolução e crítica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- MOURÃO JÚNIOR, C. A.; ABRAMOV. D. M. **Curso de Biofísica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.
- NASCIMENTO JÚNIOR, A. F.; SOUZA, D. C. Um olhar sobre o estudo dos seres vivos na idade média: temas fundamentais da biologia na filosofia da natureza. **Theoria – Revista Eletrônica de Filosofia**, v. 3, n. 6, p. 20-38, 2011.
- NELSON, P. C. **Física biológica: energia, informação, vida**. Tradução de Antonio Francisco Dieb Paulo. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. Tradução de Lucia Pereira de Souza. 3. ed. São Paulo: TRIOM, 1999.
- OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-199, 2013.
- _____; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.
- OLIVA, A. **Filosofia da ciência**. 3 ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010.
- OLIVEIRA, I. B. et al. Avaliação das percepções e expectativas de bacharelados em Biologia: perfil e regulamentação profissional. **Estudos em Avaliação Educacional**, v.18, n. 36, p. 167-180, jan./abr. 2007.
- OLIVEIRA, J. F. de et al. *Ant antennae: are they sites for magnetoreception?*. **Journal of the Royal Society Interface**, Londres, Inglaterra, n. 7, p. 143–152, 2010.
- ORR, R. T. **Biologia dos vertebrados**. São Paulo: Roca, 1986.
- PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 424-438, dez. 2008.
- PIRES, M. F. de C. Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino. **Interface**, Botucatu, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 173-182, fev. 1998.
- RODITI, I. **Dicionário Houaiss de Física**. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2005.
- ROSA, C. W.; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.
- ROSA, V.L. Promovendo a profissionalização do biólogo: inserção da disciplina “Ética e Legislação Profissional” no curso de Ciências Biológicas da UFSC. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 7., 2000, **Anais eletrônicos...** São Paulo, 2000, p. 62-64.
- SANTOS FILHO, G. M. dos. Teoria da relatividade e a história da ciência. **Jornal da USP**, São Paulo, nº 595, abril 2002
- SANTOS, B. S. **Pela mão de Alice: o social e o político na pós-modernidade**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

_____. **Um discurso sobre as ciências**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

SANTOS, H. C. O.; AMARAL, W. N. do. **A história da ultrassonografia no Brasil**. Goiânia: Contato Comunicação, 2012.

SCHENBERG, M. **Pensando a física**. 5. ed. São Paulo: Landy Editora, 2001.

SCHNEIDER, D. *Insect antennae*. **Annual Review of Entomology**, v. 9, p. 103-122, 1964.

SCHRÖDINGER, E. A nossa imagem da matéria. In: BORN, M. et al. **Problemas da Física Moderna**. São Paulo: Perspectiva S.A., 1990.

_____. **O que é vida?** O aspecto vivo da célula seguido de *Mente e matéria* e *Fragmentos autobiográficos*. Tradução de Jesus Paula Assis e Vera Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.

SILVA, R. G. da. **Biofísica ambiental**: Os animais e seu ambiente. Jaboticabal, SP: Funep, 2008.

SILVA, T. T. da. **Documentos de Identidade**: uma introdução às teorias do currículo. 2 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOMETEOROLOGIA (SBBIOMET). **Página inicial da Sociedade Brasileira de Biometeorologia**. Disponível em: <<http://www.sbbiomet.org.br>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

TAVARES, M. F. M. Eletroforese capilar: conceitos básicos. **Química Nova**, v. 19, n. 2, p. 173-181, 1996.

THIESEN, J. da S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 39, set./dez. 2008.

TRINDADE, M. J. G. A magnetoencefalografia: aplicações clínicas. **Acta Médica Portuguesa**, Portugal, n. 17, p. 231-240, 2004.

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO (UPE). **Projeto pedagógico do curso de bacharelado em ciências biológicas**: modalidade presencial. Instituto de Ciências Biológicas. Recife: ICB/UPE, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE). **Projeto pedagógico do curso de ciências biológicas**: bacharelado. Recife: CCB, 2010.

VASCONCELOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico**: novo paradigma da ciência. Campinas: Papyrus, 2002.

VERGNAUD, G. A teoria dos campos conceituais. In: BRUN, J. (Dir.). **Didática das matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa, Portugal: Instituto Piaget, 1996, p. 155-191.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005.

APÊNDICE A – TCLE para o docente de Biofísica da UPE



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO – ÊNFASE NO ENSINO DE FÍSICA



Eu, _____, professor
(a) da disciplina Biofísica do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade de Pernambuco (UPE), afirmo que estou esclarecido (a), consciente e de pleno acordo para autorizar o Professor *Gilson Barros da Rocha*, aluno do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da UFRPE, a gravar, descrever, analisar, interpretar e tornar públicas minhas palavras e ações resultantes da entrevista por mim concedida no intuito de colaborar com a formação do pesquisador em comum acordo por mim, o qual visa obter dados relativos à sua pesquisa para conclusão de Mestrado. Mediante acordo com o pesquisador, minha identidade será preservada.

Concedente

(assinatura e carimbo)

Recife, ____ de _____ de 2017.

APÊNDICE B – TCLE para os docentes de Física e Biofísica da UFPE**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO – ÊNFASE NO ENSINO DE FÍSICA

Eu, _____, professor
(a) da disciplina Física e Biofísica do Departamento de Biofísica e Radiobiologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), afirmo que estou esclarecido (a), consciente e de pleno acordo para autorizar o Professor *Gilson Barros da Rocha*, aluno do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da UFRPE, a gravar, descrever, analisar, interpretar e tornar públicas minhas palavras e ações resultantes da entrevista por mim concedida no intuito de colaborar com a formação do pesquisador em comum acordo por mim, o qual visa obter dados relativos à sua pesquisa para conclusão de Mestrado. Mediante acordo com o pesquisador, minha identidade será preservada.

Concedente

(assinatura e carimbo)

Recife, ____ de _____ de 2017.

APÊNDICE C – Roteiro de Entrevista**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO – ÊNFASE NO ENSINO DE FÍSICA****ROTEIRO PARA A ENTREVISTAR O(A) FORMADOR(A)**

1. Perante sua graduação, trajetória acadêmica e profissional, quais os “elementos” que você coloca em ação e julga essenciais para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade?
2. Quais as contribuições de Biofísica são relevantes para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade?
3. Quais as contribuições de Física são relevantes para a formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade?
4. Na sua visão, como deveriam se relacionar os programas e as disciplinas de Física e Biofísica para formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade?
5. Com relação aos alunos, no final da disciplina Biofísica, o que você espera que o aluno alcance para atender a necessária formação do Bacharel em Ciências Biológicas na contemporaneidade?

APÊNDICE D – Unidades de contextos utilizados na análise de conteúdo

ELEMENTOS ESSENCIAIS PARA A FORMAÇÃO DO BIÓLOGO

CATEGORIA	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓDIGO
Ter conhecimento de outras áreas	[...] é um elemento indispensável que você tenha uma base de conhecimento na área de Ciências Exatas. Isso ajuda bastante na formação das pessoas que querem lidar com Biofísica. Tanto no início se quer seguir a carreira acadêmica, quanto no decorrer dependendo da área da Biofísica que você quer atuar.	[P1Q1a]A1
	[...] Ele vai ter que saber de informática, ele vai ter que saber de algumas leis físicas para poder aplicar ali para estudar a estrutura tridimensional da proteína [...] você vai ter que saber de física, então a gente saiu daquela biologia descritiva, que era muito mais decorada, muito mais de saber os nomes, para uma coisa que agora está muito mais necessitando dessa interface com outras ciências.	[P2Q3b]A2
Formação básica sólida	[...] Eu acredito que o Bacharel em Ciências Biológicas na sua formação, ele precisa dar uma atenção ao ciclo básico, principalmente as disciplinas básicas. A Biofísica, a Bioquímica, a Fisiologia, Citologia, Histologia, todo esse ciclo básico. [...] Eles têm um auto-engano de que aquele assunto básico pode não ter relação com o seu ciclo profissional.	[P2Q1b]B1
	[...] Então dentro da graduação, eu acredito que uma das coisas mais importantes na graduação de um Bacharel de Ciências Biológicas na contemporaneidade é não desconsiderar as disciplinas, mesmo que elas não tem a ver com seu ciclo profissional. Por que a complexidade, os problemas que se apresentam no mundo atual, não são só de uma disciplina.	[P2Q1c]B2
Hábitos de cunho científico	[...] Fora isso, as leituras, que você deve ter que ajudam muito na formação. Por exemplo, se você só ficar restrito ao que o professor ensina e o que a universidade ensina você vai estar limitado. Você vai estar muito limitado, porque você vai estar sempre pensando em passar nas disciplinas.	[P2Q1e]C1
	Eu acho que o principal elemento e que deve ser encubado no aluno de graduação de Biológicas, é a curiosidade. A partir do momento que você desperta a curiosidade no estudante de biologia, de outras áreas, mas biologia principalmente, essa curiosidade pode levá-lo a pesquisar.	[P3Q1e]C2
Formação complementar	[...] Dentro da trajetória acadêmica e profissional, eu acredito que foi muito importante à experiência e iniciação científica. A pesquisa científica. Ter contato com a experiência científica. Se não fosse por isso, eu não teria hoje a formação que eu tenho e a forma científica de pensar que hoje eu tenho. Se eu fosse depender das disciplinas e da grade curricular que eu tive no meu curso para fazer esses elos com a minha profissão, eu teria sido insuficiente.	[P2Q1d]D1
	[...] E depois, no doutorado, eu fiz um sanduíche na Inglaterra, que me ajudou também a ver como se pesquisava lá fora. Como era a visão do pessoal lá fora, então eu acho fundamental uma experiência no exterior.	[P2Q1f]D2
Reconhecer o papel da tecnologia na pesquisa	[...] o elemento fundamental que ele veja é o papel da tecnologia no desenvolvimento de toda a Ciência Biológica. O que eu chamo de tecnologia? Os instrumentos físicos que utiliza-se para fazer pesquisas na área da Bioquímica, na Anatomia.	[P3Q1f]E

CONTRIBUIÇÕES DA BIOFÍSICA NA FORMAÇÃO DO BIÓLOGO

CATEGORIA	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓDIGO
A Biofísica como possível fonte de renda	Bem, a Biofísica na minha maneira de entender, tem contribuído bastante para o pessoal na área de Ciências Biológicas e também no contexto científico como um todo. Só para a gente ter uma ideia, vários prêmios Nobel são relacionados à área de Biofísica. [...] aqui nas aulas que a gente dá na área de graduação para o pessoal das Ciências Biológicas, a gente dá exemplos. [...] para eles saberem que, como Biólogos, eles podem também trabalhar com coisa aplicada que pode gerar algum produto no futuro e gerar alguma fonte de renda.	[P1Q2a]F
Desenvolver uma visão interdisciplinar	Bom, a contribuição da biofísica que eu acho relevante é a visão interdisciplinar, é a visão de que na Biofísica você pode reunir vários conhecimentos. De certa forma, várias áreas de conhecimento, então, por exemplo, a Matemática, a Física, a Química, a computação, tudo isso permeia no estudo da Biofísica. [...] Então assim, a contribuição da Biofísica para o Biólogo, como eu vejo, é essa a possibilidade dele utilizar de outros conhecimentos, não só Biologia.	[P2Q2a]G
A influência da tecnologia nas pesquisas em Biofísica	[...] São essas tecnologias [microscópio eletrônico e difração de raio-x] que se deve colocar como um ponto a se fixar e prezar do aluno. E através disso é onde irá se desenvolver o estudo da Biofísica. O uso de instrumentos físicos e o efeito de agentes físicos. E isso é o que tem que se ver na Biofísica.	[P3Q1g]H1
	[...] perceber que as novas tecnologias estão surgindo a cada dia e quando você tem novas tecnologias, você tem novas pesquisas, com novas respostas.	[P3Q2]H2

CONTRIBUIÇÕES DA FÍSICA NA FORMAÇÃO DO BIÓLOGO

CATEGORIA	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓDIGO
Oferece teorias e ferramentas	Em relação ao aspecto científico, o pessoal da Física tem uma contribuição imensa em todas as áreas do conhecimento. Inclusive na Biofísica, o pessoal da Física tem feito ferramentas e teorias, principalmente ferramentas, de aplicação para desenvolver, por exemplo, os microscópios de força atômica.	[P1Q3c]I1
	Eu acho que está um pouco mais discutível, por que é aquela questão da Biomecânica que eu falei e as questões da Termodinâmica, das Radiações. Então, de certa forma, eu vejo que o Biólogo, ele pode utilizar-se das Leis Físicas, principalmente na contemporaneidade, porque temos hoje muito mais necessidade talvez do que o Biólogo do passado , aquele Biólogo do passado que era taxonomista, botânico, classificava as coisas. Era uma Biologia Descritiva, de classificar.	[P2Q3a]I2
	[...] Eu acho que hoje, estamos mais uma vez no século da física, então nos anos 50 para cá, embora tenha surgido antes, houve uma aceleração do papel da Física nesse processo através de metodologias, conhecimentos e técnicas físicas, nós estamos descobrindo cada vez mais o universo biológico. Então todos esses aspectos da Física foram importantes nessa contribuição. Caberá cada um na sua área de trabalho, de pesquisa, tirar proveito desses novos conhecimentos do universo físico.	[P3Q3]I3

RELAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES FÍSICA E BIOFÍSICA

CATEGORIA	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓDIGO
Disciplinas independentes, porém vinculadas	<p>Aqui na universidade é uma disciplina só, Física e Biofísica. E há dois ou três anos atrás quando teve uma reforma do curso a gente propôs que houvesse uma divisão. Que houvesse uma disciplina de Física Básica e que isso fosse antes da disciplina de Biofísica. E que já foi na visão de que os alunos vinham com uma deficiência. E aí, essa disciplina de Física Básica, que fosse oferecida no primeiro período, corrigiria isso e eles assistiriam às aulas de Biofísica no segundo período. [...] E essa coisa só vingou em Licenciatura em Biologia. Para o Bacharelado em Biologia não vingou [...] Apesar de a gente ter justificado que é um débito relevante.</p>	[P1Q4a]M1
	<p>Agora, repito, é uma física direcionada. [...] deve ser uma abordagem não só qualitativa, mas conceitual. Para ele entender os princípios conceituais daquele fenômeno físico. Para então no segundo momento, aí sim se aprofundar. [...] O lado conceitual é mais importante. [...] Então eu acho recomendável que haja um ensino de física, relembrando os conceitos básicos de forma mais qualitativa do que quantitativa para que haja a compreensão dos conceitos. A quantificação seria uma etapa posterior aos conceitos para os mais interessados. E após essa base de Física, então, sim, ele estaria apto para ter um melhor aprendizado de Biofísica como disciplinas. Seriam duas disciplinas ou, na pior das hipóteses, dois módulos. Mas, idealmente, duas disciplinas.</p>	[P3Q4c]M2
Disciplinas integradas	<p>Penso que as disciplinas devam ser integradas e, principalmente, ensinadas em contexto. [...] Mas os Biólogos lidam com sistemas complexos, que são os seres vivos. Mas mesmo para os seres vivos, as leis da física, ou melhor, da físico-química, se aplicam para o entendimento da vida, de como provavelmente ela surgiu, e como evoluiu. [...] Então, se a disciplina integrasse Física e Biofísica e contextualizasse problemas da Biologia [...] poderia atrair mais a atenção dos estudantes para os conteúdos da disciplina.</p>	[P2Q4b]L

DIFICULDADES PARA O ENSINO DE BIOFÍSICA

CATEGORIA	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓDIGO
Obstáculos para o processo de ensino-aprendizagem	Em relação à Física, o que a gente nota nos alunos da área de Saúde em geral, [...] vem com uma bagagem de conhecimentos básicos de Física e de Matemática que deixam a desejar . Então, isso gera, na minha maneira de ver, algo a desejar para quem ministra a aula de Biofísica e que em algumas situações precisa utilizar as ferramentas da Matemática e até alguns conceitos de Física. Porque você dá uma parada na aula para introduzir aquele conceito que o pessoal não traz do Ensino Médio . E isso eu vejo que é uma dificuldade. Então, eu acho que se houvesse uma formação mais adequada do pessoal em relação à Física mesmo lá no Ensino Médio , isso seria algo que iria contribuir bastante no avanço e desenvolvimento do pessoal que vai fazer o curso de bacharelado .	[P1Q3a]J1
	Aí você fala de alteração do campo elétrico através da membrana, a maioria dos meninos de graduação, por exemplo, não lembram desse conceito de campo elétrico e força elétrica. E quando lembra, lembra aquele conceito única e exclusivamente sem nenhuma contextualização, então aí a gente tem que às vezes recapitular aquilo e introduzir para adaptar a condição biológica que tem algumas nuances. O conceito continua vago, mas você faz uma adaptação.	[P1Q3b]J2
	Mas o maior problema do ensino acadêmico hoje em dia, no meu ponto de vista, é a falta de contexto. Isso afasta os Biólogos das áreas Exatas por acharem que aqueles conteúdos não lhe servem mais.	[P2Q4a]J3
	[...] O aluno chega na universidade sem uma base adequada, suficiente. Eu estou falando de Física , mas se aplica a outros ramos também. [...] Então é necessário dar-lhes uma complementação . É difícil imaginar que alguém os consiga terminar uma graduação na área de Saúde sem o mínimo de conhecimento da Física . Agora, repito, é uma Física direcionada . [...] deve ser uma abordagem não só qualitativa, mas conceitual . Para ele entender os princípios conceituais daquele fenômeno físico . [...] O lado conceitual é mais importante.	[P3Q4a]J4
	[...] Em tese, um programa de Física deveria ser dispensado para o aluno de graduação já que , como eu repito, em tese, ele já viu isso no ensino médio . Na realidade, ele viu de uma forma deficiente, de forma pouco eficaz , não se interessou. E a realidade é que ao chegar para o estudo de Biofísica, por exemplo, a base dele de Física é insuficiente .	[P3Q4b]J5
Dificuldade em dividir a disciplina de Física e Biofísica com outros professores	A disciplina aqui, a operacionalidade, participam de 7 a 8 professores, dependendo do semestre. E uma das coisas que eu vejo como negativo nisso é que às vezes você não convive um maior tempo com o aluno . No meu caso, por exemplo, que sou responsável pelo segundo bloco todinho de teoria, eu dou cinco aulas, que é o máximo de aulas que eu consigo lá. Então às vezes na primeira, na segunda e na terceira eu até lembro do nome de alguém, numa turma média de cinquenta a sessenta alunos. E depois pronto, eu não vejo mais aquele pessoal e entra outro professor que vai dar aula, então eu acho que isso é um ponto negativo. A gente não convive mais com o aluno para saber assim, as necessidades mais direcionadas de cada um. Eu já dei aula também em outra universidade federal, que eu peguei a disciplina de biofísica toda e eu vi que era uma coisa extremamente positiva, por que você impõe o aluno, você impõe o ritmo .	[P1Q4b]K1
	[...] um dos problemas do programa, que eu vejo, é que vários professores ministram a mesma disciplina. Fica difícil para um único professor avaliar qual foi à evolução do conhecimento desses alunos . Por quê? Porque você tem um contato com esses alunos durante um certo período do semestre, e você leciona o seu conteúdo e se afasta, encerra, para que outro professor entre. E é o que a gente chama aqui na universidade de disciplina ministrada por vários professores.	[P2Q5a]K2

O QUE SE ESPERA DO ESTUDANTE AO FINAL DA FORMAÇÃO EM BIOFÍSICA

CATEGORIA	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓDIGO
Compreender os eventos biofísicos em diferentes dimensões	Bem, eu espero que ele tenha aprendido de maneira consolidada, primeiro, o que é a Biofísica, quais as ferramentas que a Biofísica lança a mão. Para entender os eventos que ocorrem nos sistemas vivos , tanto a nível molecular quanto a nível celular, quanto a nível macro – o organismo como um todo.	[P1Q5]N
Articular diferentes conhecimentos para atuar profissionalmente	[...] Então assim, o que eu espero que pelo menos ele aprenda, na disciplina ministrada por vários professores, é que isso é importante para a formação dele (o ciclo básico). A principal coisa que esse aluno deve entender é que a disciplina do básico pode ter importância para ele no futuro profissional , que ele fará esse <i>link</i> no futuro se ele entender a importância de se entender a parte molecular de uma célula, no transporte de íons numa célula, os canais de membrana. Que isso é interessante de se conhecer, e não só conhecer o organismo como um todo. [...] Por que como a gente está discutindo o tempo todo aqui sobre contemporaneidade é aquela velha questão (e atual): de que as coisas mudam, mas agora elas não só mudam, elas mudam de maneira acelerada. [...] Então, o aluno precisa saber integrar esses conhecimentos ao cursar a disciplina.	[P2Q5b]O
Compreender os fundamentos da Biofísica	Eu espero que ele saia preparado para o seguinte: ao se defrontar com um problema, e procurar a solução, ou as soluções , ele seja capaz de se lembrar que existem aquelas técnicas. Eles podem até não estar preparados para fazê-los de imediato, mas reconhecer dentro do problema que ele tem, quais possíveis técnicas físicas ou biofísicas no caso, seriam capazes de ajudá-lo a resolver o problema . Uma vez identificada a técnica, ele vai estudar a técnica, vai para o laboratório, vai aplicar [...] Então o conhecimento geral, genérico das técnicas de biofísica, de análise, de tratamento, de terapia, de diagnóstico, do que for, são fundamentais para que ele tenha essa visão de Biofísica para saber qual é a possível resposta para o problema que ele tem. Aí então ele aperfeiçoa, identifica e resolve.	[P3Q5]P

**ANEXO A – Ementas dos componentes curriculares Física e Biofísica da UPE e UFPE
contidas no PPC**

EMENTAS DO PPC – UPE

Ementa de **Física para Biólogos** (2º período – obrigatória – não tem pré-requisito – 45h)

Física para Biólogos													
Carga horária: T			P			Total	Créditos: T			P			Total
45			-			45	3			-			3
Ementa: Disciplina que possibilita uma visão integrada dos fenômenos biológicos, tendo suporte a física.													
Bibliografia: BÁSICA: <ul style="list-style-type: none"> Okuno, E., Caldas, I.L. & Chow, c. – Física p/ Ciências Biológicas e Biomédicas. Ed. Habla. 													

Fonte: UPE, 2010, p. 49.

Ementa de **Biofísica** (3º período – obrigatória – não tem pré-requisito – 60h)

Biofísica													
Carga horária: T			P			Total	Créditos: T			P			Total
30			30			60	2			1			3
Ementa: Abordagem física de temas relacionados ao estudo dos seres vivos													
Bibliografia: BÁSICA: <ul style="list-style-type: none"> Compri-Nardy, M., Stella, M. B. & Oliveira, C.: PRÁTICAS DE LABORATÓRIOS EM BIOQUÍMICA E BIOFÍSICA, Ed. Guanabara, 1ª. edição, 2009. Garcia, E. A C. : BIOFÍSICA, Sarvier, 2ª. edição, 2005. Mourão Jr., C. A. & Abramov, D. M. : CURSO DE BIOFÍSICA, Ed. Guanabara, 1ª. edição, 2009. COMPLEMENTAR: <ul style="list-style-type: none"> Bagnato, V. S.: LASER E SUAS APLICAÇÕES EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Ed. Livraria da Física, 1ª. edição, 2008. Cassia-Moura, R.: THE QUEST FOR ION CHANNEL MEMORY USING A PLANAR BLM, em Planar Lipid Bilayers and their Applications, HT Tien & A Ottova-Leitmannova (eds), Elsevier, London, 2003. Heneine, I.F. : BIOFÍSICA BÁSICA, Livraria Atheneu, 2ª. edição, 2004. Okuno, E. , Caldas, I.L. & Chow, C. : FÍSICA PARA CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E BIOMÉDICAS, Ed. Harbra, 2ª. Edição, 1986. Oliveira, J.: BIOFÍSICA PARA CIÊNCIAS BIOMÉDICAS, Editora EDIPUCRS - PUCRS, 3ª Edição, 2009. 													

Fonte: UPE, 2010, p. 52.

EMENTA DO PPC – UFPE

Ementa de **Física e Biofísica para Biólogos** (1º período – obrigatória – 60 horas - condensada).

BR011- FÍSICA E BIOFÍSICA	OBRIG	30	30	60	3.0
PRÉ-REQUISITO:	Não há Pré-Requisito para esse Componente Curricular.				
CO-REQUISITO:	Não há Co-Requisito para esse Componente Curricular.				
REQUISITO DE CARGA HORÁRIA:	Não há Requisito de Carga Horária para esse Componente Curricular.				
EQUIVALÊNCIA:	Fórmula: BR260				
BR260- BIOFÍSICA					
EMENTA:	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA E SOLUÇÕES; MÉTODOS BIOFÍSICOS DE ANÁLISE; BIOFÍSICA CELULAR E MOLECULAR; PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES DO SISTEMA NERVOSO; RADIOATIVIDADE: PROPRIEDADES, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES.				

Fonte: UFPE, 2010.

ANEXO B – Plano de Ensino de Física para Biólogos da UPE (semestre 2016.1)



PLANO DE DISCIPLINA
CURSO C. BIOLÓGICAS



IDENTIFICAÇÃO	
DISCIPLINA	Física para Biólogos
PERÍODO	2016.1
CARACTERÍSTICAS	<input checked="" type="checkbox"/> OBRIGATORIA / <input type="checkbox"/> ELETIVA
	<input checked="" type="checkbox"/> FORMAÇÃO COMUM / <input type="checkbox"/> BIOTECNOLOGIA
	<input type="checkbox"/> BIOLOGIA PARASITÁRIA / <input type="checkbox"/> BIOLOGIA AMBIENTAL
PRÉ- REQUISITOS	[Nenhum]
CARGA HORÁRIA	[45] SEMESTRAL / [02] SEMANAL
CRÉDITOS	[3] TEÓRICOS / <input type="checkbox"/> PRÁTICOS
PROFESSOR RESPONSÁVEL:	
PROFESSORES COLABORADORES:	
EMENTA: Abordagem dos aspectos físicos nos processos biológicos, abrangendo os fenômenos biomecânicos, elétricos, magnéticos e energéticos.	
OBJETIVOS:	
GERAL: Propiciar a aplicação da Física ao estudo dos fenômenos biológicos possibilitando suas interpretações através de modelos.	
ESPECÍFICOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Descrever situações físicas que envolvam cálculos e suas respectivas aplicações na área biológica, possibilitando a obtenção de valores numéricos que traduzem a realidade. 	



PLANO DE DISCIPLINA
CURSO C. BIOLÓGICAS



CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (TEÓRICO/PRÁTICO):

- **Mecânica:** As Leis de Newton; Movimento plano com trajetórias curvas; Trabalho; Energia mecânica; Voo de animais e escala biológica; Pressão; Princípio de Pascal; Princípio de Arquimedes; Fluidodinâmica; Tensão superficial; Capilaridade; Efeitos físicos da variação da pressão de fluidos.
- **Termologia:** Escalas termométricas; Calorimetria; Estudo dos gases; Composição gasosa da biosfera; A energia e o corpo humano (termodinâmica).
- **Eletricidade:** A carga elétrica; Corrente elétrica; Lei de Ohm; Capacitores; Concentração iônica dentro e fora da célula; Condutância elétrica da membrana celular.
- **Eletromagnetismo:** Campo magnético e força magnética; Geomagnetismo; Orientação magnética de abelhas e pombos; Bactérias magnéticas e campos eletromagnéticos.

METODOLOGIA:

- Aulas expositivas dialogadas com a utilização de recursos audiovisuais;
- Atividades em grupo e individual envolvendo resolução de situações problemas;
- Seminários;
- Análise de textos científicos.

AVALIAÇÃO:

- Ao longo do curso as avaliações serão realizadas e consistirá em uma prova escrita individual, avaliação presencial em grupo (seminários) e trabalhos extra-sala.



PLANO DE DISCIPLINA
CURSO C. BIOLÓGICAS



RECURSOS NECESSÁRIOS:

RECURSOS HUMANOS:

Professor com formação e capacitação.

MATERIAL DIDÁTICO (EQUIPAMENTOS/CONSUMO):

- Lousa e pincel;
- Data show;
- Vídeo.

BIBLIOGRAFIA:

BÁSICA:

- DURAN, J. E. A. Biofísica. RJ: Editora Pretence Hall, 2003.
- OKUNO, E; CALDAS, I. L.; CHOW, C. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. São Paulo: Editora Harbra Ltda. 2002.
- SILVA, Roberto Gomes da. Biofísica ambiental: Os animais e seu ambiente. Jaboticabal, SP: Funep, 2008.

COMPLEMENTAR:

- GARCIA, Eduardo A. C. Biofísica. São Paulo: Sarvier, 2002.
- HEINENE, Ibrahim F. Biofísica Básica. São Paulo: Atheneu Editora, 2008.
- MOURÃO JR, C. A. Curso de Biofísica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

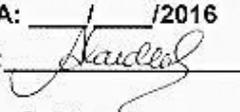
PROFESSOR (A)

DATA: ____/____/2016

ASS: _____

COORDENADOR (A)

DATA: ____/____/2016

ASS: 

Profª Ana Mª de Azevedo
Coordenadora de Curso
de Ciências Biológicas - ICB/UPE
Mat. 72664

ANEXO C – Plano de Ensino de Biofísica da UPE (semestre 2016.1)


PLANO DE DISCIPLINA
CURSO C. BIOLÓGICAS


IDENTIFICAÇÃO	
DISCIPLINA	Biofísica
PERÍODO	2016.1
CARACTERÍSTICAS	<input checked="" type="checkbox"/> OBRIGATÓRIA / <input type="checkbox"/> ELETIVA
	<input checked="" type="checkbox"/> FORMAÇÃO COMUM / <input type="checkbox"/> BIOTECNOLOGIA
	<input type="checkbox"/> BIOLOGIA PARASITÁRIA / <input type="checkbox"/> BIOLOGIA AMBIENTAL
PRÉ- REQUISITOS	[Nenhum]
CARGA HORÁRIA	[60] SEMESTRAL / [02] SEMANAL
CRÉDITOS	[2] TEÓRICOS / [1] PRÁTICOS
PROFESSOR RESPONSÁVEL:	
PROFESSORES COLABORADORES:	
EMENTA: Abordagem dos aspectos físicos nos processos biológicos, compreendendo fenômenos elétricos celulares, troca de calor corporal com o meio ambiente, correlações físico-biológica na dinâmica do organismo humano.	
OBJETIVOS:	
GERAL: Permitir que os estudantes compreendam que a Biofísica ocupa várias áreas do conhecimento, estabelecendo uma ligação direta com a Biologia e a Física.	
ESPECÍFICOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Discutir as radiações e suas interações com os sistemas biológicos. • Explicar a origem dos potenciais elétricos e a condução do impulso nervoso. • Identificar os fenômenos termodinâmicos. • Compreender a Biofísica dos sistemas. • Relacionar a Biofísica com o meio ambiente. • Contribuir para que os alunos tenham maior motivação para o aprendizado do tema em questão e para o processo ensino-aprendizagem de Biofísica. 	

— Biologia — Física — Física + Biologia



PLANO DE DISCIPLINA
CURSO C. BIOLÓGICAS



CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (TEÓRICO/PRÁTICO):

Formação Teórica:

- **Introdução a Biofísica:** O que é Biofísica?; Física para o estudo da Biofísica; Instrumental Biofísico; Física médica.
- **Radiação:** conceito, tipos, noções de unidade, efeitos biológicos das radiações, mecanismo de restauração celular, radioproteção, noções de radioterapia.
- **Bioeletrogênese:** Membranas biológicas; Potencial de repouso; Potencial de ação; Lasers e seu uso diagnóstico/clínico.
- **Calor:** Biatermologia; Estudo da temperatura corporal; Entropia Biológica; Termoterapia.
- **Meio Ambiente:** Transformação de energia na biosfera; Fluxo de energia na biosfera; Entropia ambiental.

Formação Prática:

- **Métodos Biofísicos de estudo:** Espectrofotometria; Centrifugação, Eletroforese; Phmetria.
- **Imagens Médicas:** Fotografia; Radiografia; Ecografia; Ressonância Magnética Nuclear; Termografia; Tomografia; Densitometria.
-

METODOLOGIA:

- Aulas expositivas dialogadas com a utilização de recursos audiovisuais;
- Atividades em grupo e individual envolvendo resolução de situações problemas;
- Seminários;
- Análise de textos científicos.

AVALIAÇÃO:

- Ao longo do curso as avaliações serão realizadas e consistirá em uma prova escrita individual, avaliação presencial em grupo (seminários) e trabalhos extra-sala.



PLANO DE DISCIPLINA
CURSO C. BIOLÓGICAS



RECURSOS NECESSÁRIOS:

RECURSOS HUMANOS:

Professor com formação e capacitação.

MATERIAL DIDÁTICO (EQUIPAMENTOS/CONSUMO):

- Lousa e pincel;
- Data show;
- Vídeo.

BIBLIOGRAFIA:

BÁSICA:

- DURÁN, J.E.A. Biofísica. Editora Prentice Hall, 2003.
- GARCIA, Eduardo A. C. Biofísica. São Paulo: Sarvier, 2002.
- HEINENE, Ibrahim F. Biofísica Básica. São Paulo: Atheneu Editora, 2008.
- LANDOWNE, David. Fisiologia Celular. Rio de Janeiro: Mcgraw-Hill Interamericana do Brasil, 2007.
- MOURÃO JR, C. A. Curso de Biofísica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.
- SILVA, Roberto Gomes da. Biofísica ambiental: Os animais e seu ambiente. Jaboticabal, SP: Funep, 2008.

COMPLEMENTAR:

- AUGUSTO, João de Vianey. Conceitos Básicos de Física e proteção radiológicas. São Paulo: Atheneu Editora, 2009.
- GARCEZ, Aguinaldo Silva. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na odontologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- NATURE (<http://www.nature.com>)
- SCIENCE (<http://sciam.com>)
- SCIENTIFIC AMERICAM (<http://www.sciencemag.org>)

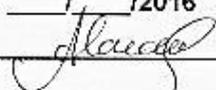
PROFESSOR (A)

DATA: ___/___/2016

ASS: _____

COORDENADOR (A)

DATA: ___/___/2016

ASS: 

Prof.ª Ana Maria de Azevedo
Coordenadora do Curso
de Ciências Biológicas - ICB-UPE
Tel. 72664

ANEXO D – Plano de Ensino de Física e Biofísica da UFPE (semestre 2016.1)

— Biologia
 — Física
 — Física + Biologia



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS ACADÊMICOS
DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DO ENSINO

PROGRAMA DE COMPONENTE CURRICULAR

TIPO DE COMPONENTE (Marque um X na opção)

<input checked="" type="checkbox"/> Disciplina	<input type="checkbox"/> Estágio
<input type="checkbox"/> Atividade complementar	<input type="checkbox"/> Prática de ensino
<input type="checkbox"/> Monografia	<input type="checkbox"/> Módulo

STATUS DO COMPONENTE (Marque um X na opção)

OBRIGATORIO ELETIVO OPTATIVO

DADOS DO COMPONENTE

Código	Nome	Carga Horária Semanal		Nº de Créditos	C. H. Global	Período
		Teórica	Prática			
BR011	FÍSICA E BIOFÍSICA	2	2	3	60	1

Pré-requisitos	Co-Requisitos	Requisitos C.H.	
----------------	---------------	-----------------	--

EMENTA

Teoria

1. Introdução a Biofísica	2. Água e Soluções	3. Biofísica Molecular	4. Biofísica de Membranas
5. Comunicação Celular	6. Transdução Celular	7. Noções de Física da Radiação	8. Radioatividade
9. Efeitos Biológicos das Radiações			

Prática

10. Phmetria	11. Centrifugação	12. Cromatografia	13. Fotocolorimetria	14. Eletroforese	15. Diálise
--------------	-------------------	-------------------	----------------------	------------------	-------------

OBJETIVO(S) DO COMPONENTE

- Ensino de conceitos biofísicos básicos para alunos de: Bacharelado em Ciências Biológicas, Biomedicina,
- Farmácia, Nutrição, Enfermagem, Fisioterapia, Terapia Ocupacional;
- Aspectos elementares do método científico;
- Uso de calculadora científica e rudimentos de matemática de laboratório

METODOLOGIA

- Aulas expositivas de teoria e aulas práticas de laboratório.
- Obs: para as aulas práticas, cada turma é subdividida em duas subturmas.

AVALIAÇÃO

- 03 provas parciais, 2ª chamada e prova final. Todas as provas envolvem questões das aulas teóricas e das aulas práticas.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1.1- Definição de Biofísica e sua inclusão no esquema de K Dahnert; 1.2- Aplicações diretas (radiações, biomecânica, etc.) e indireta (método científico), instrumentação, modelos físico-químicos, técnicas de laboratório, etc; 1.3- Informações gerais sobre a disciplina (programa, critério de avaliação, 2ª chamada, práticas, equipe de professores, calendário de aulas e provas, critério de aprovação, revisões de prova, etc.);

2.1- Importância biológica da água: a água como solvente; 2.2- Propriedades físicas: macroscópicas e microscópicas; 2.3- Estrutura (estados físicos); 2.4- Pontes de hidrogênio; 2.5- Soluções (conceito); 2.6- Força iônica; 2.7- Preparo de soluções; 2.8- Diluições; 2.9- Solução tampão

3.1- Relação entre estrutura molecular e atividade biológica; 3.2- Interação de biomoléculas com a célula (íons, proteínas, lipídeos); 3.3- Mecanismo de ação molecular; 3.3.1- A membrana biológica; 3.3.2- Organelas celulares e organização do núcleo. Controle do código genético; 3.3.3- Síntese protéica; 3.3.4- Alteração na formação do sistema celular;



Univer. Fed. de Pernambuco
 Centro de Ciências Biológicas
 Coordenação de Curso

— Biologia — Física — Física + Biologia

4.1- Introdução ao mecanismo de transporte através de membranas: difusão, migração iônica, fluxos induzidos por gradientes eletroquímicos;
 4.2- Canais iônicos, carregadores, atp-ases transportadoras; 4.3- potencias bioelétricos: bases iônicas dos potenciais de repouso e de ação;

5.1- O sistema nervoso e sua função integradora; 5.2- Processamento da informação no sistema nervoso; 5.2.1- Condução axonal: características, mecanismo, codificação da informação; 5.2.2- Transmissão sináptica: receptores, mecanismo, papel dos neurotransmissores, potenciais pos-sinápticos; 5.2.3- Integração da informação: significado, mecanismos, somação espacial e temporal;

6.1- Interação organismo-ambiente; 6.2- Conversão da energia ambiental em mensagem neural; 6.3- Receptores sensoriais como transdutores biológicos; 6.4- Mecanismo de transdução

7.1- Definição de radiação corpuscular e eletromagnética; 7.2- O espectro eletromagnético; 7.3- Teoria dos quanta; 7.4- ondas de matéria; 7.5- Microscópio eletrônico; 7.6- O átomo nuclear de Rutherford. estrutura atômica

8.1- Ionização e excitação; 8.2- Partículas alfa e beta (+/-); 8.3- Radiação alfa e gama; 8.4- Captura eletrônica; 8.5- Conversão interna; 8.6- Desintegração radiativa; 8.7- Leis do decaimento; 8.8- Nuclídeos; 8.9- Famílias radiativas; 8.10- Unidades de radiação; 8.11- Radioensaios; 8.12- Radiodiagnósticos; 8.13- Radioterapia; 8.14- Radioimunodiagnóstico; 8.15- Radioimunoterapia

9.1- Classificação da radiações (atômicas, uv e iv); 9.2- Espectro eletromagnético; 9.3- Leis fundamentais da radiobiologia; 9.4- Efeitos diretos e indiretos das radiações; 9.5- Ação da radiações ionizantes e uv sobre dna; 9.6- Mecanismo de excitação celular; 9.6.1- Fotorestauração enzimática; 9.6.2- Restauração por excisão; 9.7- Fundamentos de radiopatologia humana; 9.8- Efeitos imediatos da radiação ionizante: doença aguda da radiação/ síndromes; 9.9- Efeitos tardios da radiação: carcinogênese, duração de vida, efeitos sobre o desenvolvimento embrionário.

10.1. Origem e significado do pH 10.2. Eletrólitos 10.3. Teoria de Bronsted-Lowry para ácidos e bases 10.4. Constante de ionização 10.5 Dissociação da água 10.6 Sistemas tampão 10.7 Cálculo do pH de soluções tampão 10.8 Tampões biológicos 10.9. Determinação do pH 10.10. Método colorimétrico 10.11. Método eletrométrico ou potenciométrico

11.1. Força. Força centrífuga. 11.2. Trabalho 11.3. Atrito 11.4. Viscosidade 11.5. Densidade 11.6. Svedberg 11.7. Tipos de centrífuga
 11.8. Força G e rotação por minuto 11.9. Ultracentrifugação e normas de segurança

12.1 Histórico 12.2 Princípios 12.3 Cromatografia por partição 12.4 Cromatografia por partição em coluna 12.5 Suportes para cromatografia de partição: 12.6 Cromatografia sobre papel 12.7 Cromatografia circular 12.8 Os papéis para cromatografia. 12.9 Cromatografia em camada fina ou cromatografia em camada delgada (CCD) 12.11. Técnica 12.12. Cálculo do Rf 12.13. Cromatografia em camada fina centrífuga 12.14. Cromatografia de adsorção 12.15. Fatores dos quais dependem as separações 12.16. Outros exemplos de métodos cromatográficos 12.17 Cromatografia de exclusão 12.18 Tipos de géis: Géis de dextrano, Géis de poliacrilamida, Géis de ágar e agarose 12.19 Cromatografia por bioafinidade

13.1 Fundamentos teóricos 13.2 Fotocolorímetro 13.3 Fonte de luz 13.4 Filtro 13.5 Cubeta 13.6 Fotocélula 13.7 Miliamperímetro
 13.8 Espectrofotômetro 13.10 Utilização do fotocolorímetro 13.11 Aspecto externo do fotocolorímetro 13.14 Seletor de filtro 13.15 Porta-cubetas 13.16 Botões de calibração 13.17 Mostrador de leitura 13.18 Relação matemática entre absorbância e transmitância

14.1. Definição: 14.2. Princípio: 14.3. Fatores que condicionam a velocidade da migração eletroforética: densidade de carga elétrica livre, potencial elétrico aplicado, raio da partícula, viscosidade do meio. 14.4. Propriedades eletroquímicas das proteínas: o ponto isoeletrico. 14.5. Métodos eletroforéticos 14.6. Eletroforese sem suporte (eletroforese livre) 14.7. Eletroforese em suporte 14.8. Eletroforese em suporte sólido: acetato de celulose
 14.9. Eletroforese em suporte semi sólido: agar, agarose e poliacrilamida 14.10. Eletroforese em gel de poliacrilamida na presença de dodecil sulfato de sódio (egpa-sds). 14.11. Focalização isoeletrica ou eletrofocalização (fi) 14.12. Eletroforese de alta voltagem 14.13. Imunoeletroforese e aplicações

15.1. Fundamentos teóricos: difusão 15.2. Primeira e segunda lei de Fick 15.3. Fatores que podem influir no processo de diálise: temperatura, intensidade de gradiente e área de contato. 15.4. Formas de diálise 15.5. Por troca simples 15.6. Por concentração 15.7. Por equilíbrio (utilizado para fins de diálise renal) 15.8. Aplicações; purificação de proteínas.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- Biofísica. F L Vieira – G Malnic Ed Guanabara Koogan Rio de Janeiro (1981)
- Bases da Biologia Celular e Molecular E P D de Robertis - E. M. F. de Robertis Ed Guanabara Koogan RJ (1993)
- Biologia Celular e Molecular L C U Junqueira – J Carneiro Ed. Guanabara Rio de Janeiro (1987)
- Física para Ciências Biológicas e Biomédicas E Okuno – I L. Caldas – C Chow Ed Harbra São Paulo (1982)
- Radiobiologia e Fotobiologia R A Gomes Ed Guanabara Koogan Rio de Janeiro (1986)
- Técnicas e Operações Unitárias em Química Laboratorial. A J L Pombeiro Ed Fund Calouste Gulbenkian, Lisboa (1991)

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- Centro Internacional de Física da Matéria Condensada-Universidade de Brasília-School on Biophysics/February 6-10, 1995-What is Biophysics? S. Mascarenhas-USP;
- Princípios de Biofísica Moacyr de A. Carneiro Leão.
- Biofísica Básica. I. F. Heneine Ed. Atheneu, São Paulo (1993)
- Matemática de Laboratório Aplicações Médica e Biológica M J Campbell – J B Campbell Ed. Roca, São Paulo (1986)
- Métodos Físicos de Análise A B Hargreaves Ed. Guanabara Koogan Rio de Janeiro (1979)
- Princípios de Bioquímica A Lehninger Ed Sarvier São Paulo (1980)
- Química L M Quagliano – J L Vallarino Ed. Guanabara Dois Rio de Janeiro (1979)

DEPARTAMENTO A QUE PERTENCE A DISCIPLINA

Biofísica e Radiobiologia

HOMOLOGADO PELO COLEGIADO DE CURSO

ASSINATURA DO CHEFE DO DEPARTAMENTO

Estu. Castro
 Univer. Fed. de Pernambuco
 Centro de Ciências Biológicas
 Coordenação de Curso
 UFPE

ASSINATURA DO COORDENADOR DO CURSO OU ÁREA

Prof. Jovellina S. Almeida Cortez
 Coordenadora de Curso
 Centro de Ciências Biológicas
 UFPE
 21011-900/19