



# Proposta de atividades com materiais alternativos na educação básica e superior

Milena Pinheiro Barbosa<sup>1</sup>,  
João Gabriel Machado da Silva<sup>2</sup>,  
Vicente Ferrer Pureza Aleixo<sup>1</sup> e  
Carlos Alberto Brito da Silva Jr<sup>1</sup> #

<sup>1</sup>Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil.

<sup>2</sup>Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

## RESUMO

O artigo propõe dez experimentos com materiais simples que abordam os conteúdos de biofísica e suas aplicações no dia-a-dia para 24 alunos e três professores do Ensino Médio de uma escola pública de Belém-PA. O objetivo era facilitar a aprendizagem da biofísica por meio de um projeto que envolvesse atividades experimentais, divulgação e popularização na educação básica e superior. Foram propostos três encontros com quatro horas de duração, baseados na metodologia dos três momentos pedagógicos (3MP) e com aplicação de questionários de caráter quanti-qualitativo. Os resultados por meio de dados estatísticos e notas (diários) de campo mostraram a evolução dos alunos após a aplicação da metodologia por meio de quatro categorias. Os três professores entrevistados possuíam pós-graduação na área de ensino, o que lhes permitiu melhor domínio sobre os conteúdos e experimentos. Os professores não conheciam a metodologia 3MP, mas acharam a metodologia, as estratégias e os recursos satisfatórios, por proporcionarem maior aplicabilidade de conteúdos e conceitos da Física de uma forma interdisciplinar. Por fim, os experimentos foram expostos e aprovados em outras escolas e nos cursos de especialização em ciências e física da UFPA.

**Palavras-chave:** experimentos; materiais simples; biofísica; 3MP; educação básica

## 1. Introdução

Segundo Oliveira e Silva [1], a área das ciências naturais (biologia, física e química) propicia um ambiente de inovação pedagógica, pois “[...] somos desafiados a encarar paradoxos e buscar o desconhecido, através do diálogo estabelecido entre as diferentes áreas, numa proposta que contempla o estudo de temáticas problematizadas e contextualizadas, favorecendo a vivência de abordagens interdisciplinares”.

Entretanto, a maneira como os professores, que muitas vezes não possuem formação na área abordam os conteúdos (conceitos e leis fundamentais) em sala de aula sem estabelecer vínculos entre esses conhecimentos (interdisciplinaridade) com os alunos, sem dominar metodologias (estratégias e recursos didáticos existentes) nem contextualizar com fins científicos, tecnológicos, históricos e cotidianos. Tudo isso dificulta no entendimento e o aprendizado dos alunos [2].

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) do Ensino Médio para a disciplina de física apresentam sugestões de organização programática como subsídio ao professor em sua prática pedagógica, evidenciando a necessidade do estudo abrangente e complementar das diversas áreas do conhecimento. Diferentemente do modelo de experimentação tradicional, [3] o documento apresenta alguns vínculos que a física tem com outras ciências, expondo competências relacionadas principalmente com a investigação e a compreensão dos fenômenos físicos; a utili-

zação da linguagem física e de sua comunicação; e a contextualização histórica e social [46].

Nas universidades do país, a disciplina Biofísica tem caráter obrigatório ou optativo nos cursos de saúde, biologia, física e ciências naturais deve estar adaptado à realidade de cada curso e região [7, 8] cumprindo metas pedagógico-didáticas, explorando as competências e habilidades previstas nos PCNs de Ciências do Ensino Médio [9] numa abordagem disciplinar e interdisciplinar, isto é, numa perspectiva integradora, com aprofundamento dos saberes propiciado pelos conteúdos tecnológicos e práticos de cada disciplina [6].

Cauduro e Lüdker [2] apontam vários problemas com a disciplina de Biofísica, dentre os quais destacamos alguns deles: (1) baixo número de artigos publicados sobre o tema ensino de Biofísica voltado para a sala de aula e (2) baixo número de pesquisadores envolvidos com o tema.

Dessa forma, a busca por novas metodologias para aprendizagem realmente efetiva e significativa é uma proposta para se ensinar ciências nos dias de hoje. Aguçar a curiosidade dos alunos e estimulá-los a buscar caminhos, respostas e perguntas é a principal motivação no desenvolvimento deste trabalho.

A Ref. [10] relata o processo de elaboração de um *website* com materiais diversificados sobre os temas (hidrostática, hidrodinâmica e leis de escalas na biologia) baseados na metodologia da aprendizagem baseada em problemas (ABP) com o objetivo de instrumentalizar o professor para o ensino de biofísica

**Aguçar a curiosidade dos alunos e estimulá-los a buscar caminhos, respostas e perguntas é a principal motivação no desenvolvimento deste trabalho**

Autor de correspondência. E-mail: cabsjr@ufpa.br.

ca aplicada ao curso de enfermagem. A avaliação feita por professores de física e biologia indicou que o material é adequado.

Nesse contexto, o Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências com Ênfase em Física da UFPA (GPECF) tem buscado contribuir com a formação de educadores da Educação Básica, na região metropolitana de Belém-PA, por meio de minicursos (30 professores da SEMED), oficinas, feiras, cursos de capacitação (duas turmas de 30 professores cada) e especialização (três turmas de 50 professores cada), propondo atividades didático-pedagógicas nas áreas de ciências naturais (biofísica, física) por meio de teorias de aprendizagem, metodologias e recursos diversos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo propor uma abordagem diferenciada com base em dez experimentos simples [Fig. 1(a-j)], como ferramenta didática para ensinar biofísica (biomecânica, fluidos em sistemas biológicos, bioeletricidade, biofísica da audição e da visão) por meio da metodologia dos três momentos pedagógicos (3MP). A interdisciplinaridade dos conteúdos da física (mecânica, ondas, óptica, eletricidade) com a biologia (sistemas circulatório, respiratório, nervoso) é feita de forma significativa e contextualizada fazendo com que os alunos e professores percebam que o conhecimento científico faz parte da construção do mundo e, portanto, está no nosso dia-a-dia. Além disso, este trabalho busca divulgar o ensino da biofísica, democratizando o conhecimento científico nas escolas da região metropolitana de Belém-PA por meio de atividades, oficinas e eventos, como feiras vocacionais e de ciências.

Para um resultado de caráter quantitativo sob a ótica da abordagem metodológica dos 3MP foram aplicados os Questionários I (teste inicial) e II (depois da oficina) para os alunos e professores de uma escola pública de Belém-PA, foram então analisados e discutidos. Ressaltamos que o Questionário I (teste inicial) foi aplicado no primeiro encontro antes de se iniciarem as atividades.

## 2. Fundamentação teórica

A fundamentação teórica para se ensinarem os conteúdos de biofísica e produzirem os experimentos deu-se por meio de revisão bibliográfica usando livros, artigos e sites baseados nos problemas da biofísica, como a investigação das partes e dos sistemas do corpo humano e; das radiações e seus efeitos, bem como das aplicações no dia-a-dia na área, que são mais atrativas para aplicar os conceitos de física, mesmo que fundamentados no senso comum e depois com aprofundamento dos saberes.

O estudo da biofísica não é novo; surgiu em meados do século XIX, quando os princípios físicos da mecânica newtoniana começaram a ser aplicados às ciências biológicas; e desempenha um importante papel nos avanços científicos e tecnológicos, bem como na área de ensino de ciências, pois para a maio-

ria dos alunos das áreas das ciências biológicas, da saúde e da vida, ainda não são claras as razões pelas quais devemos estudar física [8, 11].

A análise dos aspectos biomecânicos dos movimentos do corpo humano, animais e máquinas simples como a alavanca remontam aos estudos de Aristóteles (pai da cinesiologia), Leonardo da Vinci e Arquimedes, respectivamente. Esses estudos podem, em parte, explicar o funcionamento da mão e do braço hidráulico [12, 13]. Toigo [14] aponta que os PCNs e a aplicação prática no cotidiano de atividades físicas justificam a importância da inclusão dos conteúdos de biomecânica nas aulas de Educação Física nas séries iniciais do Ensino Fundamental.

O estudo das ondas e da acústica remonta aos gregos antigos que construíam seus teatros usando conchas acústicas e no século XVIII mapearam a estrutura básica do ouvido humano e como o som era

transmitido pelo canal auditivo fazendo vibrar o tímpano. Isso deu origem à biofísica da audição ou bioacústica, tornando possível entender o funcionamento do ouvido; ao experimento voz que vibra que gera as figuras de Lissajous, e ao estetoscópio [8, 11]. Moreira e Romeu [15] ensinaram acústica para duas turmas do 2º ano do Ensino Médio da rede pública por meio de instrumentos musicais de baixo custo. Rui e Steffani [16] usaram o recurso didático de um

**O estudo da biofísica não é novo e surgiu quando os princípios físicos da mecânica newtoniana começaram a ser aplicados às ciências biológicas. Mas, para a maioria dos alunos das áreas das ciências biológicas, da saúde e da vida, ainda não são claras as razões pelas quais devemos estudar física**

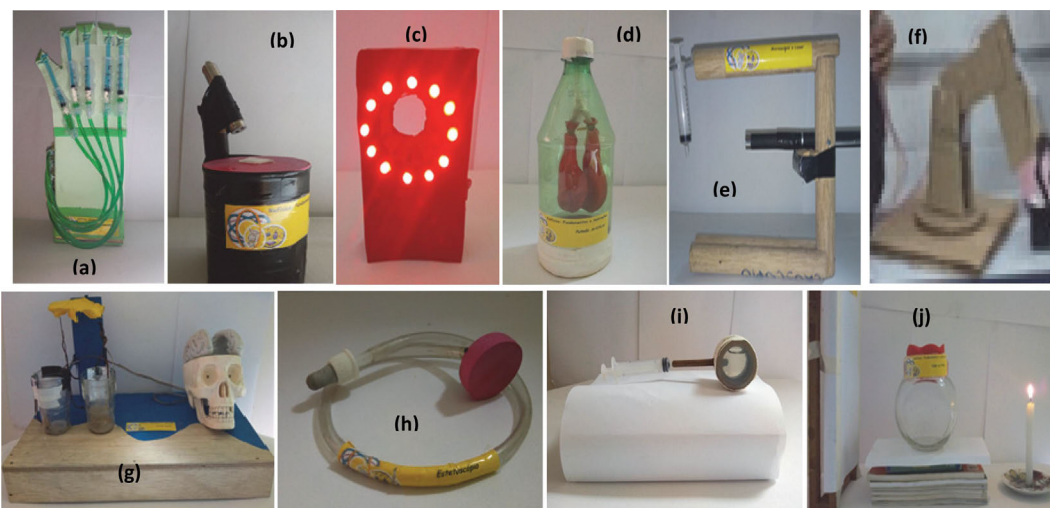


Figura 1 - Experimentos (a) mão hidráulica; (b) voz que vibra; (c) escaneador de veias; (d) pulmão artificial; (e) microscópio a laser; (f) braço hidráulico; (g) ouvido humano; (h) estetoscópio caseiro; (i) retina; (j) visão na folha.

painel sobre a audição humana. Bastos e Mattos [17] apresentaram evidências de que os conhecimentos da física podem ser usados como critérios para compreensão de aspectos de uma saúde auditiva.

A óptica (do grego significa visão) quando aplicada ao estudo do olho humano é denominada biofísica da visão. Na Antiguidade, os gregos tentaram entender o mecanismo da visão e o que havia no espaço compreendido entre os olhos e os objetos que vemos sem aprofundar as ideias sobre a natureza da luz. Mas foi Al-Hazen, em 1025, que elaborou o modelo atual da visão, em que a luz do Sol ou de outra fonte luminosa é refletida pelos objetos e entra em nossos olhos e assim conseguimos enxergar. Foi ele que baseado no estudo da visão obteve imagens com câmera escura, precursoras das câmeras fotográficas, sem lentes [18, 19]. A biologia surge em 1590, com o advento do microscópio óptico por Z. Jansen que foi melhorado e efetivamente utilizado no século XVII [20]. Perez e cols. [21] trabalhou o experimento do microscópio caseiro sob o ponto de vista do movimento browniano com materiais de baixo custo.

No estudo com fluidos (repouso e movimento) destacam-se as descobertas feitas por Arquimedes, Stevin, Torricelli, Pascal e Bernoulli, entre outros. Com isso, é possível estudar o sistema circulatório como um circuito hidráulico, em que o sangue é o fluido que escoa ou não pelas veias, artérias e vasos sanguíneos (sistema cardiovascular) complemento para o entendimento do funcionamento da mão e do braço hidráulico. O ar também é um fluido e, portanto, é estudado no sistema respiratório que tem como principal função garantir as trocas gasosas com o ambiente, garantindo a oxigenação do sangue e a eliminação do CO<sub>2</sub>, necessárias para as reações metabólicas e para a produção da voz. No pulmão ao entrar (inspiração) e sair (expiração) ao ocorre expansão (contração) do diafragma, semelhante a esticar (comprimir) uma mola o que torna possível utilizarmos a lei de Hooke, que está relacionada com a elasticidade e a deformação dos corpos ocasionada pela força ou encher

(esvaziar) um balão usando a lei dos gases que é estudada na física [8, 18, 20]. Lüdke e Cauduro [22] propõem um experimento hemodinâmico (equivalente à hidrodinâmica se o líquido fosse água e não o sangue) em sala de aula para ensinar a biofísica da circulação arterial.

A eletricidade tem suas bases na Antiguidade, com Tales de Mileto ao estudar as propriedades do âmbar. Em 1550, G. Cardano estudou as propriedades medicinais do âmbar. Em 1799, A. Volta derruba a teoria da eletricidade animal de L. Galvani, proposta em 1786, em que um fluido elétrico corre do corpo a partir do cérebro através dos nervos até os músculos, onde é transformado em movimento. A bioeletricidade estuda os potenciais e correntes elétricas que ocorrem devido a uma diversidade de processos biológicos nos organismos vivos, como nas enguias e peixes elétricos. Assim, é possível explicar o sistema circulatório como um circuito elétrico, pelo qual a informação entra nos ouvidos e chega ao cérebro [8, 11, 18].

Com base em física moderna, é possível estudar a física da radiação que tem aplicações em biologia, medicina e biomedicina por meio do funcionamento dos microscópios eletrônicos (propriedades ondulatórias do elétron), aparelhos de raios X e tomografia computadorizada, bem como o uso do laser e da medicina nuclear em diagnose, tratamento e estudo de doenças. Os efeitos físicos da radiação (ionizantes e não-ionizantes) com a matéria são instantâneos, enquanto os efeitos biológicos podem ser de curto (horas e semanas), médio (meses) e longo (anos) prazos [8]. Assim, foi proposto o experimento do escaneador de veias.

Os tópicos e conteúdos de biofísica abordados por meio dos dez experimentos foram: movimento, biomecânica e elasticidade; ondas mecânicas, som, bioacústica e comunicação sonora; óptica física e geométrica; biofísica da visão e instrumentos ópticos; fluidos e lei dos gases no sistema respiratório; bioeletricidade através do transporte de íons e potenciais de ação no sistema nervoso; interação da radiação com a

matéria.

### 3. Metodologia

Recentemente, oficinas temáticas foram desenvolvidas por Rodrigues cols. [23] para o ensino de eletroquímica (pilhas e baterias) com base na metodologia dos três momentos pedagógicos (3MP) e Barbosae cols. [24] para o ensino de biofísica com base na abordagem baseada em problemas (ABP).

Segundo Delizoicov e Angotti [25], a metodologia baseada nos 3MP constitui uma abordagem de aprendizagem dos alunos como sujeitos da pesquisa na perspectiva de potencializar e trazer para a sala de aula, proposto pelo professor um ensino mais contextualizado e interdisciplinar mediado por um (inicial) ou mais (que podem surgir) problemas. As etapas dessa metodologia são mostradas a seguir com foco em dez experimentos de biofísica e questionários, em três encontros nas aulas de Ciências com duração de 4h cada, aplicados para 24 alunos e 3 professores do 1º ao 3º ano do Ensino Médio da E.E.E. F.M Dr. Ulysses Guimarães, localizada no centro de Belém-PA, e posteriormente aplicadas em outras escolas da região metropolitana de Belém-PA e no campus de Ananindeua da UFPA nos cursos de especialização em ensino de: (a) física realizado em Ananindeua (2018-2019) e (b) ciências com ênfase em física realizado em Barcarena e Castanhal simultaneamente (2019-2020).

#### 3.1 Etapa I dos 3MP - problematização inicial (PI) para o conhecimento

Na etapa I dos 3MP são apresentadas as questões e/ou situações problematizadoras (aplicação de questionário) reais que os alunos conhecem e vivenciam para discussão, mas eles não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de suficientes conhecimentos científicos da biofísica. Na PI aguçam-se as explicações contraditórias (o professor “problematizador” questiona e lança dúvidas sobre o assunto em vez de responder e fornecer explicações) e localiza as possíveis limitações do conhecimento (identifica os conhecimentos prévios dos estudantes), quando este é confrontado com o conhecimento científico. Esse momento é caracterizado pela compreensão e apreensão da posição dos alunos frente ao tema.

Na etapa I foi aplicada uma aula

inaugural apresentando os tópicos de biofísica, em que foram apresentados dez experimentos que deveriam ser confeccionados pelos alunos. Entretanto, antes do início da aula inaugural foi realizado um teste inicial (aplicado o Questionário I) para mapear os conhecimentos prévios dos alunos acerca desta ciência, para assim introduzirmos os tópicos para apropriação da significação dos conteúdos.

### 3.2. Etapa II dos 3MP - construção/organização do conhecimento (OC)

Nessa etapa, os conhecimentos de biofísica estabelecidos nos conteúdos necessários para a compreensão do tema e da PI são sistematicamente estudados com aprofundamento dos conceitos científicos envolvidos sob a orientação do professor mediante a discussão e por meio das atividades propostas pelos dez experimentos de biofísica produzidos com materiais alternativos fazendo a conexão entre o que o aluno estuda cientificamente em sala de aula e a realidade de seu cotidiano. Esse é o momento em que se faz a construção dos conceitos científicos de forma facilitadora pautada no desafio

lançado na PI.

- Estimular os alunos na confecção dos experimentos em sala de aula;
- Apresentar o material utilizado na confecção dos experimentos;
- Observar e relacionar os tópicos da biofísica com ou sem o auxílio dos experimentos e ações realizadas no dia-a-dia;
- Identificar os fenômenos e conceitos da biofísica em cada experimento;
- Avaliar a construção do conhecimento científico e a interação professor-aluno na utilização dessas práticas nas aulas de biofísica.

### 3.3. Etapa III dos 3MP - elaboração da síntese/aplicação do conhecimento (AC)

A última etapa aborda sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno para analisar e interpretar uma ou mais situações-problema. Seguindo os objetivos traçados pelos 3MP:

- Selecionar os conteúdos/conceitos de biofísica que serão abordados;
- Planejar quatro aulas teórico-práticas com dez experimentos. Para cada prática foi proposta uma situação a

ser observada e discutida. Ver Fig. 1 (a-j);

- Selecionar uma escola para a realização das oficinas;
- Pedir autorização por meio de ofício à direção e ao professor da escola selecionada para realizar as atividades teórico-práticas;
- Desenvolver e registrar a aula na sala por meio de imagens e coleta de dados.

Na Fig. 1 (a-j), são exibidas as imagens dos dez experimentos construídos e apresentados nos três encontros em sala de aula, em oficinas e eventos científicos (feiras de ciências e vocacionais) que abordam os conteúdos de biofísica.

Este é um momento importante para que os alunos encontrem relações entre os temas abordados, não apenas por meio dos conceitos, mas também pelos fenômenos. No entanto, o professor mantém a postura problematizadora, podendo trazer questionamentos não mencionados pelos alunos, como informações e problemas que surgiram no decorrer dos 3MP, além de formalizar alguns conceitos que não foram aprofundados pelos alunos.

Nesta etapa foi feita a orientação da

Quadro 1: Exibe o experimento, material, conteúdo com equações importantes para o estudo e tópicos da biofísica [7–9] via metodologia dos 3MP.

Experimentos de biofísica discutidos nas aulas de física			
Experimento	Material	Conteúdo	Tópicos
1 - Pulmão artificial	1 garrafa pet; 2 bexigas; 1 luva cirúrgica; 1 mangueira de aquário; arame; elástico; fita adesiva.	Sistema respiratório	Fluidos, lei de Hooke na inspiração e expiração, e lei dos gases
		Pressão: $P = F_N/A$ , onde $F_N$ é a força normal à superfície de área $A$ .	
		Expansão pulmonar	
		Pressão pransdiafragmática onde: $P_{di} = P_{db} - P_{pl}$	
2 - Estetoscópio caseiro	1 mangueira de aquário; 1 tampinha de plástico; 1 conta-gotas; 1 bexiga; fita adesiva; tesoura.	lei de Bernoulli	Ondas sonoras, bioacústica e comunicação sonora
		lei de Hooke: $F_x = k \cdot \Delta x$ , onde: $F_x$ é a força elástica que deforma a mola ( $\Delta$ ) ao longo do eixo $x$	
		lei de Boyle-Mariotte, onde: $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$	
3 - Vendo nossa própria voz	caneta laser; lata de molho de tomate; 1 CD; bexiga; fita adesiva; cano PVC.	Tubos acústicos (semiabertos)	Bioacústica, ondas sonoras, Laser e comunicação sonora
		Aparelho auditivo	
		Vibração sonora das ondas longitudinais estacionárias e interferência.	
		Voz humana	
		Som - ondas longitudinais	
		Amplitude, frequência e ressonância	
		Laser - reflexão	

Quadro 1(Continued)

Experimentos de biofísica discutidos nas aulas de física			
Experimento	Material	Conteúdo	Tópicos
		Curvas ou figuras de Lissajous tendo como: $X = A.\text{sen}(a.t + \delta)$ , $Y = B.\text{sen}(b.t)$ , onde: $a$ e $b$ são inteiros, $A$ e $B$ são as amplitudes, $\delta$ é o ângulo e $t$ é o tempo.	
4 - Ouvido humano	1 LED de 3 V; *cérebro de acrílico; MDF 40 cm/40 cm; 1 m de fio elétrico; 7 cm de arame; 2 copos de extrato de tomate; 20 mL de água sanitária; bexiga; papel alumínio; fita isolante.	Aparelho auditivo	Bioacústica, Ondas sonoras e comunicação sonora
		Velocidade do som	
		Amplitude e frequência	
		Ressonância	
		Pressão e impedância acústica	
		“Impulsos nervosos”	
		Corrente elétrica (iônica)	
5 - Mão hidráulica; 6 - braço hidráulico	5 seringas de 3 mL; 5 seringas de 5 mL; corante vermelho; 2 pacotes de mangueira de aquário; 1 folha de papel cartão; 20 cm de papelão; 1 caixa de sapato; cola quente; supercola; elástico; tesoura.	Sistema muscular	Biomecânica, movimento, elasticidade e fluidos
		Força: $F = m.a$	
		Torque (alavancas): $T = F.d$	
		Sistema circulatório	
		Fluxo sanguíneo: $F = \Delta P/R$	
		lei de Poiseuille (vazão)	
		princípio de Pascal: $F_1/A_1 = F_2/A_2$	
7 - Microscópio a laser	2 pedaços de 8 cm de madeira (cabo de vassoura); 8 cm de MDF; 1 seringa de 10 mL; 2 parafusos gancho de leva; caneta a laser (verde); 3 pregos pequenos.	Instrumento óptico - laser	Instrumentos ópticos, óptica geométrica e física, e biofísica da visão
		Lente biconvexa de aumento (gota d'água semiesférica): $A = i/o = (i - F_{ob})/F_{ob} = (i/F_{ob}) - 1$	
		Snell e Descartes - refração	
		Anéis de Fresnel - difração	
		Organismos vivos	
8 - Visão na folha; 9 - Retina	1 vela; 2 folhas de papel; 1 recipiente de vidro (vaso, copo, aquário...); lentes de óculos antigos.	Reflexão	óptica geométrica e física, biofísica da visão e Instrumentos ópticos
		Refração	
		Difração	
		Ondas eletromagnéticas	
		Imagens virtuais e reais	
		Nervo óptico	
		Meios opacos, transparentes e translúcidos	
10 - Escaneador de veias	1 caixa de fósforos grande; bolinha de pingue-pongue; 12 LED's vermelhos de 6 V; 1 quadrado de cortiça (ou papelão); interruptor; 1 porta-pilhas de 4 pilhas; estanho de solda; pasta de solda e cola.	Fenômenos elétricos em organismos vivos	Bioeletricidade, leis de Fick, lei de Nernst-Planck e interação da radiação com a matéria
		Difusão	
		Transporte ativo de íons	
		Ondas eletromagnéticas: Infravermelho	

confeção dos experimentos da oficina por meio de diálogos em sala para avaliar as opiniões sobre um ensino interdisciplinar, olhares tanto dos alunos quanto dos professores de física e biologia do Ensino Médio, pois também foi passado no final das atividades outro teste (Questionário II) para medir o aproveitamento da atividade proposta aos alunos e professores.

Abaixo, é apresentado o **Quadro 1**, com os experimentos, materiais, conteúdos com equações importantes para o estudo e tópicos da biofísica [7–9] através da metodologia dos 3MP.

No 3º encontro (dia da oficina):

- Os 24 alunos foram separados em 4 grupos de 6 pessoas para a confecção e apresentação de 2 experimentos de biofísica por grupo na oficina. Dentre o total de 10 experimentos foram reproduzidos 8, sendo 2 por equipe, e as equipes tiveram 4 horas para realizar as tarefas.
- Após a confecção dos 8 experimentos cada grupo os apresentou, com base nos conceitos da biofísica, para a classe e os 3 professores presentes.
- Após as apresentações foi passado o Questionário II para os alunos e o questionário dos docentes para ser respondido pelos professores.

A seguir, a discussão dos resultados da pesquisa-ação realizada foi organizada a partir de quatro categorias dos 3MP.

#### 4. Resultados e discussão

As atividades na unidade de ensino com 24 alunos e 3 professores do 1º ao 3º ano do Ensino Médio sucederam ao longo de 3 encontros nas aulas de Ciências da seguinte forma: 1º Dia (29/04/2019 de 08h-12h) aula inaugural com o teste inicial de nivelamento (Questionário I) contendo 10 questões (7 objetivas e 3 subjetivas) aos alunos e apresentação dos tópicos de biofísica; no 2º Dia (06/05/2019 de 14h-18h), foi feita a exposição dos conteúdos de biofísica que seriam trabalhados em cada experimento; no 3º Dia (16/05/2019 de 14h-18h) dos 10 experimentos de biofísica com materiais simples de baixo custo foram confeccionados e apresentados pelos alunos apenas 8 sendo dividido 2 experimentos por equipe e o Questionário II (7 objetivas e 3 subjetivas) para os alunos e um questionário para os professores com 7 questões (1 objetiva e 6 subjetivas) foram aplicados ao final das atividades. A diferença das questões

dos questionários I e II está na última questão (10ª questão). Segundo Lüdke e Cauduro [22], a dificuldade reside em selecionar experimentos específicos e de boa reprodutibilidade e implementação, dentro de um orçamento razoável.

No final das atividades foram abertos espaços para exposição e debates com os alunos e professores acerca dos experimentos e os conceitos que eles traziam. Além da confecção dos experimentos pelos alunos, como resultado da pesquisa quanti-qualitativa foram obtidos dados estatísticos e notas de campo durante as atividades experimentais com os alunos e professores.

Para discussão, as respostas dos professores e dos alunos referentes aos questionários a respeito dos conteúdos de biofísica abordados nas atividades experimentais são estruturadas na forma de diário (notas) de campo. Assim, quatro categorias para análise dos resultados foram levadas em consideração para responder ao problema da pesquisa. São elas: curiosidade epistemológica, dialogicidade, aspecto aplicado ao conhecimento científico e compreensão conceitual [26].

#### 4.1. Dados estatísticos da aplicação dos questionários e notas de campo com os alunos e professores

Amostra estatística de dados do Questionário I (teste inicial) e II (depois da oficina) aplicados ao público da oficina e as notas de campo referentes às falas dos alunos e professores da E.E.E. F.M. Dr. Ulysses Guimarães são apresentadas nessa sessão.

**Atividades interdisciplinares dentro da sala de aula despertaram o interesse dos alunos e dos professores, dando maior significado aos conteúdos e ao ensino de Ciências que na física é tão abstrato**

As perguntas dos testes I e II eram subjetivas mostrando o caráter da pesquisa de cunho qualitativo, porém as questões foram corrigidas e foi atribuído valor Certo e Errado, dando-lhes um

cunho quantitativo. Portanto, a pesquisa teve um caráter quanti-qualitativo. As perguntas apresentam conceitos básicos da biofísica, explorando acontecimentos do dia-a-dia, como por exemplo: o andar, o movimento dos braços, o falar, o respirar, para justamente observar o quanto de conhecimento da biofísica os alunos traziam consigo. O que podemos observar é que houve uma melhora qualitativa e quantitativa no aprendizado dos alunos a respeito dos conceitos, leis e fórmulas que regem a biofísica, mostrando que as atividades interdisciplinares dentro da sala de aula despertaram o interesse dos alunos e dos professores, dando maior significado aos conteúdos e ao ensino de Ciências que na física é tão abstrato.

Na Fig. 2, é exibido o resultado da questão 1, aplicada com os 24 alunos da escola investigada que perguntava se os alunos conheciam a ciência interdisciplinar biofísica. No teste inicial (Questionário I), a maioria dos alunos (21 - aproximadamente 87,5%) não conheciam a biofísica e apenas 3 alunos ( $\cong 12,5\%$ ) conheciam. Após as aulas, foi aplicada a mesma pergunta no teste fi-

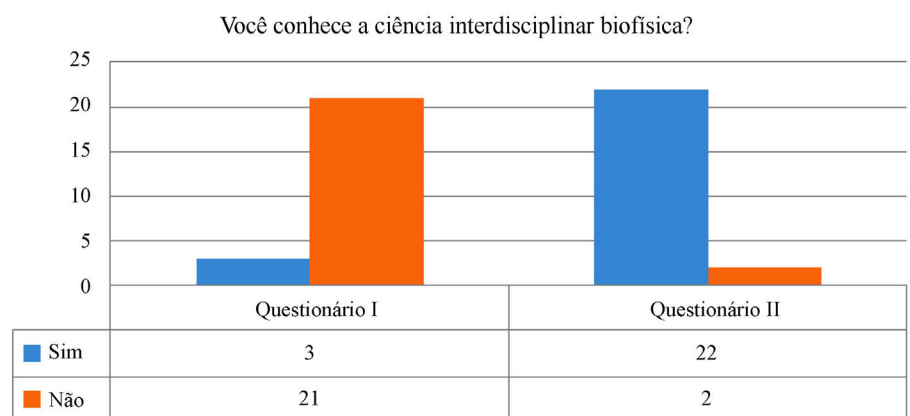


Figura 2 - Quantitativo de alunos que conheciam a ciência denominada biofísica. O Questionário I mostra que poucos alunos conheciam de fato do que se tratava. No Questionário II, percebe-se que a maioria dos alunos compreendeu do que se tratava essa ciência e conseguiu relacionar com o seu cotidiano, dentro das disciplinas de física e biologia ministradas na escola.

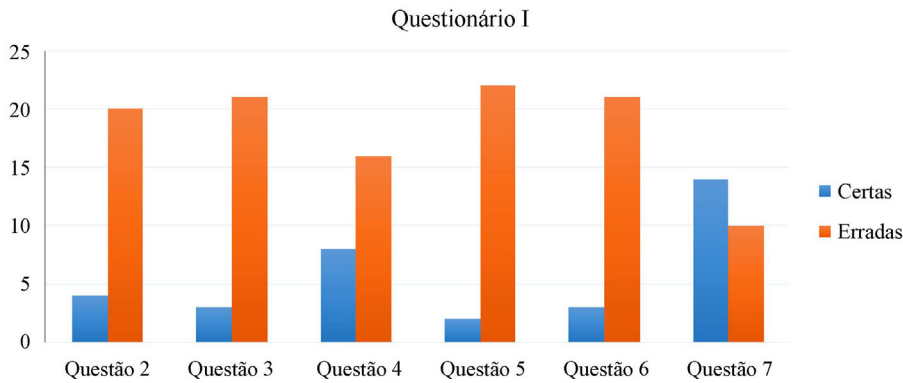


Figura 3 - Quantitativo de erros (retângulo em laranja) e acertos (retângulo em azul) do Questionário I (antes das aulas) nas questões: (2) No processo de respiração, quais características envolvem a biofísica da fonação e o sistema respiratório?; (3) Quais fenômenos da bioacústica são encontrados no estetoscópio?; (4) Quais conceitos estão relacionados ao estudo da voz (ondulatória) dentro da biofísica da fonação?; (5) Quais conceitos são estudados com o movimento do sangue no sistema circulatório?; (6) Qual a classificação dos receptores que captam o som no ouvido humano?; (7) Marcar a alternativa correta referente ao defeito e correção da visão.

nal (Questionário II) para ver se eles tinham compreendido o papel da biofísica no cotidiano. Como resultado, foi obtido que a maioria dos alunos (22, aproximadamente 92%) compreenderam do que se tratava essa ciência e conseguiram relacioná-la com seu cotidiano, dentro das disciplinas de física e biologia ministradas na escola.

Segundo Guimarães e colaboradores [10] “a relação entre biologia e a física torna-se cada vez mais presente e importante no cenário educacional. Esta conexão ocorre constantemente na aplicação de conceitos, técnicas e por meio do uso de aparelhos para exames de diagnóstico, na sua maioria baseados em princípios físicos”. Entretanto, segundo Angotti [27], o ensino de física, biologia e química caracteriza-se “por um conjunto de saberes fragmentados que, embora associados, não são assim discutidos”. Logo, ele propõe o ensino de saberes sistematizados e interligados em qualquer campo do conhecimento, sobretudo nas ciências naturais. A articulação teoria-prática seria detectar o que é relevante e fundamental para a aprendizagem.

Porém, quando o aluno conhece ou tem o contato com a biofísica demonstra uma curiosidade maravilhosa e os motivos desta sedução são incontáveis, podendo estar associados ao mistério da vida, a encontrar a cura de uma doença grave [7].

A Fig. 3 exibe o resultado do teste inicial (Questionário I) das questões 2 até 7 aplicadas aos alunos apontando o quantitativo de erros (retângulo em laranja) e acertos (retângulo em azul)

sendo que os erros foram superiores aos acertos mostrando o pouco conhecimento dos alunos sobre determinados tópicos de biofísica.

A Fig. 4 exibe o bom resultado dos alunos referente à aplicação do Questionário II (mesmas questões do Questionário I da Fig. 2) com a utilização da metodologia dos 3MP nos encontros,

com a realização dos experimentos, em que foi possível orientar os alunos para o ensino significativo dentro de sala de aula. Na PI, os alunos conseguiram fazer questionamentos que os provocaram a buscar saber mais sobre os conceitos de biofísica para resolver o problema com base na análise por meio da curiosidade epistemológica. Na OC, estratégias de ensino interdisciplinar da biofísica, a proposta de experimentos com materiais de baixo custo para explicar fenômenos que entrelaçam conceitos tanto físicos como biológicos além de possibilitar a interação aluno-aluno e aluno-professor baseiam-se na análise por meio da compreensão conceitual e da dialogicidade. Na AC, o aluno foi desafiado a confeccionar o experimento e explicar para a classe os princípios biofísicos do experimento.

Na Tabela 1, é mostrado um resumo do quantitativo das respostas (erros e acertos) nas 7 questões aplicadas aos 24 alunos antes (Questionário I) e depois (Questionário II) dos encontros (das aulas). É observada a notável evolução dos alunos após a metodologia 3MP aplicada na sala de aula nas questões 1, 2, 6 e 7. Nas questões 4 e 5 ocorreu um aumento, porém não tão pronunciado como nas questões anterior-

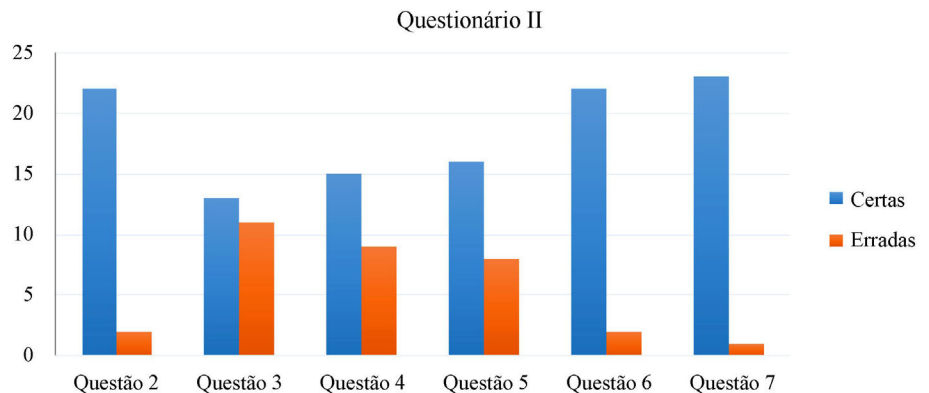


Figura 4 - Quantitativo de erros e acertos do Questionário II (depois dos encontros) das questões 2 até 7 aplicadas no Questionário I (antes dos encontros).

Tabela 1: Resumo do quantitativo de erros e acertos das 7 questões aplicadas aos alunos.

Questão	Questionário I		Questionário II	
	Certo	Errado	Certo	Errado
1	3	21	22	2
2	4	20	22	2
3	3	21	13	11
4	8	16	15	9
5	2	22	16	8
6	3	21	22	2
7	14	10	23	1

## Questionário I

### Aluno A

1. [...] Estuda a física junto com a biofísica [...]
2. [...] O enfermeiro passa o controle na pele e tudo aparece na tela, aparecem umas manchas verdes perto das veias [...]
3. [...] Sim, pois as aulas práticas ajudam a melhorar na compreensão dos assuntos [...]

### Aluno B

1. [...] Eu acho que estuda as leis da física através da matéria orgânica [...]
2. [...] Serve para ver o braço antes de o médico perfurar para tirar sangue [...]
3. [...] Sim, por que é um material divertido para as aulas [...]

### Aluno C

1. [...] A ciência estuda o meio natural e social, abrange o estudo sobre o nosso meio em que vivemos [...]
2. [...] Aparelho de raios-X [...]
3. [...] Sim, porque assim poderíamos ter uma visão ampliada para os assuntos do nosso dia-a-dia e sobre os estudos envolvidos [...]

## Questionário II

### Aluno A

1. [...] Estuda os fenômenos físicos e biológicos do nosso meio [...]
2. [...] Sim, porque ficaríamos cientes do que acontece no nosso redor. Sério, um aprendizado promissor [...]
3. [...] O estetoscópio, pois foi um experimento educacional que propôs como funcionam nossos batimentos cardíacos [...]

### Aluno B

1. [...] Ela estuda os acontecimentos que envolvem física, química e biologia [...]
2. [...] Sim, pois as aulas ficariam mais animadas [...]
3. [...] Ouvindo sua própria voz, por que foi incrível ver as ondas que saíam da nossa voz [...]

### Aluno C

1. [...] Estuda a biologia e a medicina. Estuda os processos físicos, bioquímicos e fisiológicos que ocorrem nos seres vivos [...]
2. [...] Acho que sim, pois a aula seria mais interessante [...]
3. [...] O meu foi visão na folha, pois eu aprendi coisas novas, coisas que eu não sabia sobre a visão [...]

Notas de campo da aplicação do questionário dos 3 professores que participaram no 3º dia da oficina (16/05/2019) referentes às 7 questões que tratam sobre: (1) Qual a sua formação acadêmica?; (2) Você conhece a ciência interdisciplinar biofísica?; (3) O que ela estuda?; (4) Você usa experimentos nas aulas? Por quê?; (5) Qual a principal dificuldade em usar experimentos nas aulas? Por quê?; (6) A oficina de biofísica mostrou-se satisfatória?; (7) Qual a sua opinião sobre os recursos usados nas aulas e na oficina?

### Respostas do professor de Física I

1. [...] Licenciado pleno em física, bacharel em engenharia elétrica, pós-graduação em ensino de física (UFPA\_MPEF) [...]
2. [...] Sim [...]
3. [...] física e biologia numa perspectiva interdisciplinar [...]
4. [...] Sim, facilita o processo de ensino-aprendizagem [...]
5. [...] Os materiais para realização das experimentações [...]
6. [...] Sim, uma vez que utiliza materiais de baixo custo [...]
7. [...] Bons, de forma que ajuda na abstração do discente [...]

### Respostas do professor de Física II

1. [...] Especialização em ensino de física [...]
2. [...] Sim [...]
3. [...] Estuda os conceitos que envolvem a física e a biologia [...]
4. [...] Sim, para poder aprofundar ainda mais o conhecimento e os conceitos vistos na aula didática [...]
5. [...] é a falta de equipamentos oferecidos pela escola [...]
6. [...] mostrou-se satisfatória. Porque faz com que o aluno aprenda mais e aprofunde seus conhecimentos na disciplina [...]
7. [...] São satisfatórios. Pois vêm ajudar o conhecimento dos nossos alunos [...]



## Respostas da professora de Biologia

1. [...] Licenciatura plena em biologia. Especialista em educação [...]
2. [...] Sim [...]
3. [...] biofísica é uma parte da física que estuda interligada com a biologia, dando enfoque nos processos químicos, físicos e biológicos [...]
4. [...] Como sou da área da biologia, geralmente faço os experimentos voltados mais para o campo biológico da saúde [...]
5. [...] Falta de apoio dentro da instituição, mesmo tendo interesse esbarramos nessas dificuldades, falta de material [...]
6. [...] Sim, agora pude observar a importância de se trabalhar junto com as outras disciplinas e fazer com que o aluno perceba que estão interligadas [...]
7. [...] Esses recursos que os alunos utilizaram foram interessantes porque souberam reaproveitar materiais que possivelmente iriam para o lixo, dando assim uma oportunidade de reciclagem de materiais de baixo custo [...].

res. Porém, na questão 3, o quantitativo de acertos e erros ficou quase que equivalente. A questão 3 era de múltipla escolha e continha 5 alternativas. O fato de ela possuir duas alternativas que pareciam equivalentes causou dúvidas nos alunos e por isso foi obtida uma certa equivalência de erros e acertos, pois apenas uma estava correta. Os acertos dos alunos devem-se à participação deles durante os encontros, pois conseguiram sanar suas dúvidas sobre o experimento fazendo questionamentos para a monitora da oficina e os alunos que erraram foram justamente os alunos que menos questionaram e participaram de todos os momentos de explicações de conceitos e teorias da biofísica referentes ao experimento tratado.

Abaixo, são exibidas as notas (diários) de campo, isto é, as falas dos alu-

nos e professores que participaram dessa pesquisa. Notas de campo da aplicação do Questionário I (teste inicial) dos alunos no 1º dia do encontro (29/04/2019) antes de se iniciarem as atividades e do Questionário II dos alunos no 3º dia ao final da oficina (16/05/2019) referentes às 3 últimas questões (8, 9 e 10) que tratam de (8) O que estuda esta ciência?; (9) Descrever o funcionamento do escaneador de veias de acordo com a biofísica e a última questão para o Questionário I: (10) Os alunos queriam que as aulas de Ciências fossem mais interdisciplinares e contextualizadas? Já para o Questionário II a última questão é: (10) Qual experimento despertou sua curiosidade a respeito dos conceitos da biofísica? Por quê?

Dos 24 alunos, foram escolhidas apenas as respostas de 3 alunos (A, B e

C) que mais se destacaram. A escolha das respostas dos 3 alunos que mais se destacaram se deu devido ao alto grau de conhecimento baseado nas leis e teorias científicas adquiridas nas apresentações dos experimentos nos 3 encontros ou no dia a dia. Além disso, as dificuldades demonstradas pelos alunos na compreensão de conceitos e na montagem dos experimentos foram contornadas no 3º dia com a atividade de oficina em grupos. Dessa forma, foi possível trabalhar com os pontos fortes dos alunos em conjunto. Assim, a experimentação mostrou-se uma excelente ferramenta para se trabalhar dentro de sala de aula a cooperação, a interação social e a disseminação de conceitos científicos adquiridos durante a atividade em grupo.

Na Fig. 5 (a-f) são apresentadas as



Figura 5 (a-f) - Exposição, aula, confecção e apresentação dos experimentos de biofísica na E.E.E.F.M. Ulysses Guimarães em Belém-PA pelos seus alunos após a oficina.



Figura 6 - (a) Feira Vocacional do Colégio Salesiano N<sup>a</sup> Sra. do Carmo; (b) Feira do Vestibular do Colégio Sistema (particular); (c) Minicurso para professores do município de Ananindeua (SEMED); (d) Apresentação do recurso didático (experimentos) no VII Encontro Nacional de Ensino de Biologia (VII ENEBIO 2018) em Belém-UFPA.

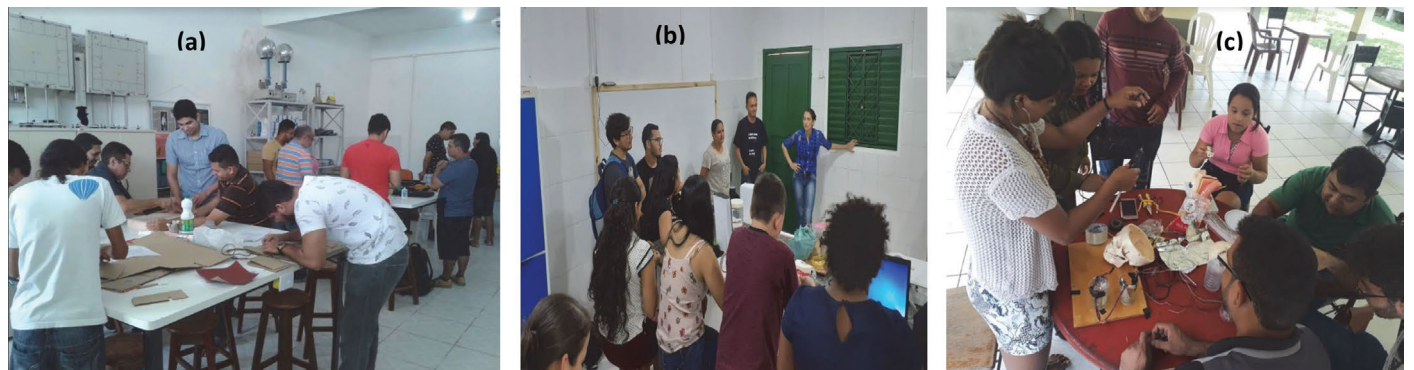


Figura 7 - Produção dos experimentos na disciplina de Fundamentos de Biofísica do curso de especialização em ensino de física em (a) Ananindeua; Ensino de Ciências com Ênfase em Física em (b) Barcarena e (c) Castanhal.

imagens das atividades de biofísica aplicada na E.E.E.F.M. Ulysses Guimarães. A Fig. 6 (a-d) mostra outras apresentações em feiras científicas (vocacional e do vestibular) nas escolas, minicursos para professores e workshops acerca do projeto de biofísica que foi explanado. A Fig. 7 (a-f) exibe a produção e a exposição dos experimentos nos cursos de especialização na disciplina de Biofísica em que o projeto foi apresentado aos alunos.

### 5. Considerações finais

A proposta das atividades por meio da metodologia 3MP em uma abordagem interdisciplinar, contextualizada e significativa dos conceitos e curiosidades relacionadas à física e áreas afins

teve como principal resultado um maior interesse dos alunos pelo estudo da biofísica. Logo, tornaram-se mais participativos e críticos na realização das atividades e em exposições escolares, nas salas de aula ou em feiras científicas e vocacionais a respeito dos conteúdos de física e biofísica. Sendo assim, há uma diferença substancial se o tratamento dos temas for baseado apenas em um conteúdo, biologia ou física. Portanto, faz-se necessário um profissional capacitado que saiba realizar as devidas relações de interdisciplinaridade entre a biologia e a física. A atividade prática também procurou trabalhar a divulgação (o conhecimento) e a aprendizagem dos alunos por meio da exposição dos experimentos.

**há diferença substancial se o tratamento dos temas for baseado apenas em um conteúdo, biologia ou física. Faz-se necessário um profissional capacitado que saiba realizar as devidas relações de interdisciplinaridade entre ambas**

Isso trouxe resultados satisfatórios nas escolas com relação à metodologia 3MP empregada para o professor trabalhar os conteúdos na sala de aula. Essa atividade foi apresentada em eventos internacional (1 MCAA BRAZIL-EUROPE WORKSHOP-BREUW2017) e nacional (VII ENEBIO-2018) numa abordagem baseada em problemas (ABP). Nas turmas em análise neste trabalho (Ensino Médio e especialização) a abordagem foi por meio da 3MP que propiciou maior aprendizado e bastante discussão demonstrando a importância do trabalho na educação básica e superior.

### Agradecimentos

À direção, aos 24 alunos e 3 professores do 1<sup>o</sup> ao 3<sup>o</sup> ano do Ensino Médio da E.E.E.F.M. Dr. Ulysses Guimarães, aos alunos das outras escolas e dos cursos de especialização onde foi aplicada a pesquisa.

## Referências

- [1] G.F.Oliveira e M.F.G. Silva, in: *VIII ENPEC*, UNICAMP, 2011. Disponível em <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0986-2.pdf>.
- [2] P.J. Cauduro, E. Lüdker, *Vivências*, **13**(24), 418 (2017).
- [3] B. Biagini, C. Machado, *Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia*, **7**, 900 (2014).
- [4] Mec-Semtec. PCN+ - Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Física (Mec-Semtec, Brasília, 2002), p. 59. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.
- [5] M.R.D. Kawamura, Y. Hosoume, *Física na Escola*, **4**(2), 22 (2003).
- [6] Brasil, *Parâmetros Curriculares do Ensino Médio - Conhecimento de Física* (MEC, Brasília, 1999).
- [7] G. Corso, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **31**(2), 27031 (2009).
- [8] E. Okuno, L. Caldas, C. Chow, *Física para as Ciências Biológicas e Biomédicas* (Harper & Row do Brasil, São Paulo, 1982).
- [9] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências Naturais* (MEC/SEF, Brasília, 1998).
- [10] F.S.P. Guimarães, A.G. Dickman, A.C.L. Chaves, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **36**(3), 35061 (2014).
- [11] J.E.R. Durán, *Biofísica: Fundamentos e Aplicações* (Person Prentice Hall, São Paulo, 2003).
- [12] A.C. Amadio, M. Duarte, *Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento* (Laboratório de Biomecânica/Efeusp, São Paulo, 1996).
- [13] J. Hamill, K.M. Knutzen, *Bases Biomecânicas do Movimento Humano* (São Paulo, Manole, 2008) 2ª ed.
- [14] A.M. Toigo, *Experiências em Ensino de Ciências*, **1**(3), 58 (2006).
- [15] M.M.P.C. Moreira, M.C. Romeu, *Experiências em Ensino de Ciências*, **14**(2), 199 (2019).
- [16] L.R. Rui, M.H. Steffani, *Experiências em Ensino de Ciências*, **1**(2), 36 (2006).
- [17] P.W. Bastos, C.R. Mattos, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, **9**(3), 1 (2009).
- [18] J.F.M. Rocha, in: *Origens e Evolução das Idéias da Física*, J.F.M. Rocha (org) (EDUFBA, Salvador, 2002), p.182-281.
- [19] B.V.C. Silva, *Revista HOLOS*, **3**, 180 (2009).
- [20] J.I. Osada, *Evolução das Ideias da Física* (Edgard Bluncher, São Paulo, 1972).
- [21] S. Perez, B.F.N. Castro, N.C. Maia, C.S. Nascimento, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **40**(1), e15031 (2018).
- [22] E. Lüdke, P.J. Cauduro, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **35**(3), 35061 (2013).
- [23] R.P. Rodrigues, F.F.A. Silva, W.R. Farias, D.M. Faria, L.M. Vieira, E.C. Resende, *Experiências em Ensino de Ciências*, **14**(1), 240 (2019).
- [24] M.P. Barbosa, E.M.J.C. Pureza, C.A.B. Silva-Jr., in: *Anais do VII Encontro Nacional de Ensino de Biologia (VII ENEBIO)*, Belém, 2018, p. 1.
- [25] D. Delizoicov, J.A. Angotti, *Física* (Cortez, São Paulo, 1990).
- [26] C.F.J.S. Pires, P.C. Ferrari, J.R.O. Queiroz, *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, **6**(3), 29 (2013).
- [27] J.A.P. Angotti, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **15**(1-4), 191 (1993).