UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

UM ESTUDO DA METODOLOGIA DE ROBERT GAGNÉ APLICADA AO ENSINO DE BIOFÍSICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paola Jardim Cauduro

Santa Maria, RS, Brasil.

2014

UM ESTUDO DA METODOLOGIA DE ROBERT GAGNÉ APLICADA AO ENSINO DE BIOFÍSICA

Paola Jardim Cauduro

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Área de concentração em Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências.**

Orientador: Prof. Dr. Everton Lüdke

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática
da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Cauduro, Paola Jardim
Um estudo da metodologia de Robert Gagné aplicada ao ensino de Biofísica / Paola Jardim Cauduro.-2014.
236 p.; 30cm

Orientador: Everton Lüdke
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, RS, 2014

1. Ensino de Biofísica 2. Metodologia instrucional de Robert Gagné 3. Sequências de ensino 4. Avaliação quantitativa 5. Círculos de Cultura I. Lüdke, Everton II. Título.

© 2014
Todos os direitos autorais reservados a Paola Jardim Cauduro. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: paola.pjc@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

UM ESTUDO DA METODOLOGIA DE ROBERT GAGNÉ APLICADA AO ENSINO DE BIOFÍSICA

elaborada por
Paola Jardim Cauduro

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências

Comissão Examinadora:

Everton Lüdke, PhD. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Hermengarda Alves Lüdke, PhD. (PUC-RJ)

Félix Alexandre Antunes Soares, PhD. (UFSM)

Santa Maria, 28 de Março de 2014.

Dedico este trabalho aos meus, pais Luiz e Nadir, por transmitirem valores que levarei em cada etapa da minha vida, por mostrarem que é possível alcançar os objetivos mesmo com inúmeras dificuldades. À minha irmã Aline e meu namorado Éder pelo imenso carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais Luiz Elvino Cauduro e Nadir Jardim Cauduro, por desde cedo acreditarem que a educação seria a única alternativa para uma realidade difícil, me incentivando e acreditando o tempo todo que seria possível.

À minha querida irmã Aline (Nina) e meu cunhado Émerson Bisognin pelo carinho, compreensão e por entenderem minha falta nos últimos anos.

Ao meu namorado Éder Grafemberg pelo amor, carinho e compreensão dedicados. Pelo incentivo e por acreditar em mim. Por me mostrar que existem possibilidades mesmo quando tudo parece ter acabado. Obrigada por me mostrar que a determinação vence qualquer empecilho imposto pela vida.

Ao professor Everton Lüdke pela oportunidade, conselhos e todo conhecimento compartilhado para que esse projeto pudesse ser realizado.

Aos meus afilhados Arthur e Isabella.

Às minhas grandes amigas/irmãs Andriéli Vargas, Marciele Deneux, Eliane Papalia, Rozeane Azevedo, Thaís Ientsen, Susana Back, Fabiana Silva, Janaína Martelli, Etiane Bisognin e Giséli Duarte.

Aos meus amigos/irmãos Jardel Guidolin e Muryel Vidmar.

À minha amiga Silgia Baldivia pelo carinho e por corrigir minha dissertação.

Ao meu amigo/afilhado Alisson Mazzorani pelos trabalhos desenvolvidos e pelos conselhos na elaboração deste trabalho.

À Polly, Dutty, Lella, D'ale, Vitório e Prince pelo amor incondicional e pela companhia durante as escritas.

Às professoras de Biofísica Marlene Cabral (UNIFRA) e Michele Figueiró (UNICRUZ) pelas contribuições.

A todos vocês, meu muito obrigada!

“... E por você, o que posso fazer?”

(Ministro da Educação, Leitão da Cunha)

“... Criar o Instituto de Biofísica, que teria função de implantar a pesquisa na Faculdade de Medicina e trazer para o nosso meio os métodos físicos que despontaram nos centros maiores depois da Segunda Guerra Mundial, e o desenvolvimento dos métodos eletrônicos.”

(Chagas Filho)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

UM ESTUDO DA METODOLOGIA DE ROBERT GAGNÉ APLICADA AO ENSINO DE BIOFÍSICA

AUTORA: PAOLA JARDIM CAUDURO
ORIENTADOR: EVERTON LÜDKE
Data e Local de Defesa: Santa Maria, 28 de Março de 2014.

Cada vez mais se discute a importância de que profissionais de todas as áreas desempenhem seu trabalho de forma mais efetiva com uma capacidade de resolver problemas interdisciplinarmente. A Biofísica é uma dessas áreas que envolvem conhecimentos relacionados e contextualizados de Biologia, Física, Anatomia, Fisiologia, Cinesiologia; e que proporcionam aos profissionais da área da saúde um entendimento mais completo e dinâmico sobre os processos dos sistemas do corpo humano e o funcionamento de aparelhos cada vez mais complexos. A fim de proporcionar melhores condições, investigou-se quais as contribuições da metodologia de Robert Gagné para o ensino de Biofísica, através do planejamento e implementação de sequências de ensino diversificadas em quatro turmas do curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Cada sequência teve um conjunto de eventos externos planejados de acordo com o perfil do fisioterapeuta proposto pelo Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO). As sequências focalizavam, respectivamente, o ensino tradicional, a inserção de revisões de conteúdo de ensino médio e atividades práticas, resolução de problemas e com a inserção de Círculos de Cultura de Freire nos três primeiros eventos externos. Os resultados quantitativos das avaliações mostraram que a turma que recebeu a sequência de ensino com a inserção dos Círculos de Cultura como elemento motivador, apresentou melhores desempenhos para os conteúdos de Radiações Eletromagnéticas, Ultrassografia e Biofísica da Circulação e Respiração, previstos pela ementa da disciplina. Outros fatos constatados foram que os eventos externos como *ganhar a atenção, provocar, avaliar o desempenho* e *melhorar a retenção e a transferência* não puderam ser desenvolvidos com êxito devido a necessidade de instrumentos mais confiáveis de análise motivacional e carga horária que favorecesse sua implementação. Nessas turmas também foram aplicados questionários de interesses e comportamentos, com a finalidade de conhecer melhor como pensam e quais as atitudes com relação à Física Geral e à disciplina de Biofísica. Contudo, o projeto desenvolvido surtiu elementos norteadores de discussões que podem contribuir para que professores de Biofísica consigam desenvolver os trabalhos de forma mais efetiva, utilizando a metodologia instrucional de Gagné com os Círculos de Cultura, permitindo que os alunos se desenvolvam cognitivamente através de uma sequência de eventos externos bem estruturados e baseados nas principais dificuldades deles investigadas em fóruns de debate.

Palavras-chave: Ensino de Biofísica. Metodologia instrucional de Robert Gagné. Sequências de ensino. Avaliação quantitativa. Círculos de Cultura.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Graduate Program in Education Sciences: Chemistry of Life and Health
Universidade Federal de Santa Maria

A STUDY OF THE METHODOLOGY OF ROBERT GAGNÉ APPLIED TO TEACHING OF BIOPHYSICS

AUTHOR: PAOLA JARDIM CAUDURO
ADVISER: EVERTON LÜDKE
Defense Place and Date: Santa Maria, March 28th, 2014.

Increasingly discusses the importance of professionals from all areas perform their work more effectively with an ability to solve interdisciplinary problems. The Biophysics is one such area involving related and contextualized knowledge of Biology, Physics, Anatomy, Physiology, Kinesiology, and that give healthcare professionals a more complete and dynamic understanding of the processes of the human body systems and operating devices increasingly complex. In order to provide the best conditions, we have investigated which are the contributions of Robert Gagné methodology for teaching Biophysics, through planning and implementation of sequences of diverse teaching four classes in the course of Physical Therapy, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Each sequence had a set of external events planned according to the profile of the physiotherapist proposed by the Federal Council of Physical Therapy and Occupational Therapy (COFFITO). The sequences focused, respectively, the traditional teaching, the insertion of content revisions from high school and practical activities, problem solving and inserting Culture Circles of Freire in the first three external events. The quantitative evaluation results showed that the group who received the teaching sequence with the insertion of Culture Circles as motivator showed better performances for the content of Electromagnetic Radiation, Ultrasonography and Biophysics of Circulation and Respiration, provided by the menu of discipline. Other facts were noted that external events such as gaining attention, cause, assess performance and improve retention and transfer could not be developed successfully because of the need for more reliable instruments motivational analysis and workload favoring their implementation. These classes also questionnaires interests and behaviors were applied, in order to better understand how they think and what their attitudes to the General Physics and Biophysics discipline. However, the project developed guiding elements has had discussions that may contribute to teachers of Biophysics able to develop jobs more effectively utilizing instructional methodology with Gagné Culture Circles, allowing students to develop cognitively through a sequence well structured and based on the main difficulties of them investigated in discussion forums external events .

Keywords: Teaching Biophysics, Robert Gagné instructional methodology, teaching sequences, quantitative evaluation, Culture Circles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As fases de um ato de aprendizagem e os processos associados 39
Figura 2 – Esquema da montagem do experimento proposto para o capítulo 6. 84
Figura 3 – Gráfico referente aos exemplos do Livro 1. 87
Figura 4 – Gráfico referente aos exemplos do Livro 2. 88
Figura 5 – Gráfico referente aos exemplos do Livro 4. 89
Figura 6 – Gráfico referente aos problemas do Livro 1. 91
Figura 7 – Gráfico referente aos problemas do Livro 4. 92
Figura 8 – Exemplos de tabelas dos apêndices do Livro 1 (p.460). 94
Figura 9 – Exemplo de abordagem sobre erros do apêndice do Livro 2 (p.710). 95
Figura 10 – Esquema de um circuito amplificador presente nos apêndices do Livro 2 (p. 742). 96
Figura 11 – Traçado básico do eletrocardiograma humano. 99
Figura 12 – Radiômetro utilizado em atividade prática 123
Figura 13 – Equipamento usado na atividade prática sobre a determinação experimental do coeficiente adiabático do ar 124
Figura 14 – Gráfico das médias obtidas pelas turmas referentes à prova 1. 139
Figura 15 – Gráfico das médias obtidas pelas turmas referentes à prova 2. 142
Figura 16 – Gráfico das médias obtidas pelas turmas referentes à prova 3. 145
Figura 17 – Gráfico das preferências encontradas para a questão 23 150
Figura 18 – Gráfico resumo das Médias das Provas para cada Turma 163

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre os artigos da categoria Proposta de abordagem dos conteúdos na disciplina de Biofísica 54
Quadro 2 – Opções apresentadas no questionário utilizando o método Likert. 75
Quadro 3 – Descrição técnica dos livros analisados. 78
Quadro 4 – Organização didática dos livros. 79
Quadro 5 – As atividades práticas propostas para cada capítulo do Livro 4. 83
Quadro 6 – Os apêndices e os capítulos extras dos livros analisados. 93
Quadro 7 – Capítulos e materiais utilizados na disciplina de Biofísica. 97
Quadro 8 – Os eventos internos e externos segundo Gagné. 103
Quadro 9 – Objetivos geral e específicos e os resultados de aprendizagem esperados para a disciplina de Biofísica A. 106
Quadro 10 – Sequência de Ensino planejada para a Turma 1 108
Quadro 11 – Sequência de Ensino para a Turma 2 114
Quadro 12 – Quadro resumo das atividades práticas desenvolvidas na turma 2. 122
Quadro 13 – Sequência de Ensino para a Turma 3 126
Quadro 14 – Sequência de ensino planejada para a turma 4. 131
Quadro 15 – Estrutura dos instrumentos avaliativos empregados nos quatro semestres 136
Quadro 16 – Resultado da análise das questões 10, 11 e 12. 152
Quadro 17 – Resultado da análise das questões 13, 14 e 15. 152
Quadro 18 – Resultado da análise das questões 4, 16, 17 e 28. 153
Quadro 19 – Avaliação dos eventos instrucionais desenvolvidos 164

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Números obtidos em análise ao periódico RBEF 44
Tabela 2 – Números obtidos em análise ao periódico CBEF 45
Tabela 3 – Números obtidos em análise ao periódico *Revista de Enseñanza de la Física*..... 45
Tabela 4 – Números obtidos em análise ao periódico História, Ciências, Saúde – Manguinhos..... 46
Tabela 5 – Dimensão total de artigos publicados entre o período de 2004 e 2013 47
Tabela 6 – Dados referentes à análise dos exemplos do Livro 1..... 86
Tabela 7 – Dados referentes à análise dos exemplos do Livro 2..... 87
Tabela 8 – Dados referentes à análise dos exemplos do Livro 4..... 89
Tabela 9 – Dados referentes à análise dos problemas do Livro 1..... 91
Tabela 10 – Dados referentes à análise dos problemas do Livro 4..... 92
Tabela 11 – Número de indivíduos em cada amostra da pesquisa 137
Tabela 12 – Análise descritiva para a Prova 1- Radiações e Ultrassom..... 138
Tabela 13 – Prova da homogeneidade de variâncias – Prova de Levene 139
Tabela 14 – Resultados ANOVA – análise das variâncias..... 139
Tabela 15 – Teste de múltiplas comparações - LSD 140
Tabela 16 – Análise descritiva para a Prova 2- Sistemas Respiratório e Circulatório 141
Tabela 17 – Prova da homogeneidade de variâncias – Prova de Levene 142
Tabela 18 – Resultados ANOVA - análise das variâncias..... 143
Tabela 19 – Teste de múltiplas comparações LSD..... 143
Tabela 20 – Análise descritiva para a Prova 3- Biofísica da Contração Muscular e Bioeletricidade 144
Tabela 21 – Prova da homogeneidade de variâncias – Prova de Levene 145
Tabela 22 – Resultados ANOVA - análise das variâncias..... 146
Tabela 23 – Teste de múltiplas comparações – LSD..... 146
Tabela 24 – Dados estatísticos descritivos 147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	– Aprendizagem Baseada em Problemas
ANOVA	– Análise da variância
C	– Concordo
CBEF	– Caderno Brasileiro de Ensino de Física
COFFITO	– Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional
CP	– Concordo Plenamente
D	– Discordo
DCG	– Disciplina Complementar de Graduação
DPOC	– Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
DT	– Discordo Totalmente
IBPC	– Institut de Biologie Physico-Chimique
LSD	– Diferença Mínima Significativa
NO	– Não tenho opinião
RBEF	– Revista Brasileira de Ensino de Física
SPSS	– Statistical Package for Social Sciences
UFSM	– Universidade Federal de Santa Maria
UNICRUZ	– Universidade de Cruz Alta
UNIFRA	– Centro Universitário Franciscano

LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES

Anexo A – Ementa da disciplina de Biofísica A (FSC 1067) 183

Anexo B – Questionário validado 185

Apêndice A – Roteiro da atividade prática sobre a determinação do comprimento de onda do laser 189

Apêndice B – Questionário não validado 190

Apêndice C – Lista de exercícios das turmas 1 e 2 192

Apêndice D – Lista de exercícios das turmas 2, 3 e 4 193

Apêndice E – Revisão de Ensino Médio sobre Eletricidade 195

Apêndice F – Revisão de Ensino Médio sobre Magnetismo 197

Apêndice G – Revisão de Ensino Médio sobre Ondas 199

Apêndice H – Revisão de Ensino Médio sobre O uso da Calculadora Científica 201

Apêndice I – Revisão de Ensino Médio sobre Hidrostática 202

Apêndice J – Revisão de Ensino Médio sobre Hidrodinâmica 204

Apêndice K – Revisão de Ensino Médio sobre Mecânica 206

Apêndice L – Revisão de Ensino Médio sobre Termodinâmica 208

Apêndice M – Roteiro para a atividade prática sobre a Medida de Velocidade do Som no Ar 210

Apêndice N – Roteiro para a atividade prática sobre a Determinação da Velocidade do Sangue na Artéria Axilar e Braquial 211

Apêndice O – Roteiro para a atividade prática sobre a Determinação Experimental do Coeficiente Adiabático do Ar 214

Apêndice P – Eletrocardiograma 215

Apêndice Q – Lista de Exercícios da Turma 4 216

Apêndice R – Lista de Exercícios da Turma 4 218

Apêndice S – Lista de Exercícios da Turma 4 219

Apêndice T – Lista de Exercícios da Turma 4 221

Apêndice U – Formulário de auxílio para resolução de lista de Exercícios da Turma 4 223

Apêndice V – Prova 1 224

Apêndice W – Prova 2 228

Apêndice X – Prova 3 233

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 27
1.1 Justificativa 28
1.2 Problema de pesquisa 31
1.3 Objetivos 31
1.4 Introdução teórica 32
2 DESENVOLVIMENTO 41
2.1 Revisão Bibliográfica 41
Caracterização dos periódicos 42
Análise dos Periódicos - O ensino de Biofísica em números 43
Categorização dos Periódicos 47
2.2 Desenvolvimento inicial 57
A disciplina de Biofísica A 57
Estratégias da elaboração do planejamento da sequência de ensino 58
Observações e procedimentos para o levantamento das dificuldades 66
Descrição dos instrumentos de avaliação 70
Investigação dos interesses dos alunos pela Física Geral 74
2.3 A bibliografia sugerida na disciplina de Biofísica A 77
A organização didática e as relações entre Biologia e Física 78
A relevância entre os exemplos 85
A relevância entre os problemas 90
As leituras complementares e os apêndices 93
Os materiais utilizados durante a disciplina 96
2.4 As sequências de ensino e o trabalho de coleta dos dados 101
O papel do professor na abordagem instrucional 101
O planejamento e a estrutura das sequências de ensino 102
2.5 Os dados 135
Instrumentos de avaliação do rendimento dos alunos 135
Análises dos instrumentos de avaliação 136
Análise dos questionários 147
2.6 Discussões 155

3 CONCLUSÕES 169

REFERÊNCIAS 173

ANEXOS 181

APÊNDICES 187

1 INTRODUÇÃO

Essa dissertação se insere na linha de pesquisa Educação Científica: Processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Essa linha de pesquisa é caracterizada pela proposta de realização de trabalhos que busquem consolidar estudos relativos ao campo da didática das ciências, a fim de abordar investigações acerca de problemas do ensino e da aprendizagem das ciências em todos os níveis escolares.

De acordo com os pressupostos estabelecidos por essa linha de pesquisa, o presente trabalho buscou investigar se podemos utilizar a metodologia de Robert Gagné para contribuir na melhora do desempenho dos acadêmicos do curso de Fisioterapia da UFSM durante seu curso na disciplina de Biofísica A. A abordagem interdisciplinar a qual será proposta nesta dissertação visa investigar de que forma pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos acadêmicos através da evolução apresentada pelos mesmos e levar estratégias de ensino que sejam efetivas ao aprendizado dos alunos que a cursam.

A preocupação com o ensino de Biofísica parte do pressuposto que a educação voltada para a área da saúde necessita de uma compreensão que vai além de conceitos relacionados somente com a Biologia, Anatomia e Fisiologia. A educação voltada para a área da saúde é caracterizada pela transmissão de conteúdos desconectados, isolados, sem relação com outras áreas do conhecimento. Essa desvinculação faz com que o ensino tome um formato despotencializado em sua integralidade, visando uma orientação somente pela "doença e pela reabilitação" (CARVALHO; CECCIM, 2006, p. 1).

A fim de investigar sobre o problema de pesquisa, buscando uma solução operacional dentro da escola cognitivista de Robert Gagné, esta dissertação será dividida entre introdução, desenvolvimento e conclusão. Na introdução serão apresentados a justificativa da escolha do tema, o problema de pesquisa identificado, os objetivos propostos e a introdução teórica. No desenvolvimento, fará parte a revisão bibliográfica; o desenvolvimento inicial com a apresentação e o formato da disciplina de Biofísica A, uma revisão sobre como foi feito o levantamento das dificuldades apresentadas pelos alunos e a montagem e elaboração das atividades; a análise das bibliografias sugeridas na ementa da disciplina e a justificativa de não serem utilizadas em sua totalidade durante o curso. Também constarão no

desenvolvimento as sequências de ensino baseadas na metodologia de Robert Gagné; os dados e as análises qualitativa e quantitativa e as discussões dos resultados. Já a última parte foi destinada às conclusões sobre os resultados alcançados pela presente pesquisa.

1.1 Justificativa

Muitas vezes não entendemos o propósito da criação de inúmeras disciplinas dentro dos cursos das universidades brasileiras. Não conseguimos entender se elas vieram apenas para cumprir cargas horárias cada vez mais extensas ou se na verdade é uma tentativa de suprir a necessidade de se fazer relações entre as mais diversas áreas do conhecimento.

O avanço da humanidade em termos de tecnologia e a constante necessidade da melhora da qualidade de vida das pessoas faz com que as diversas profissões estejam dispostas a se adaptar e se reformular, de acordo com as exigências da sociedade. Os cursos de formação inicial buscam na criação de novas disciplinas o desenvolvimento de competências técnicas, que possam ser utilizadas pelos alunos na futura realidade profissional. Imediatamente após serem criadas, essas disciplinas acabam se tornando um desafio para os professores designados para sua administração, que são obrigados a buscarem em outras áreas os conhecimentos, subsídios que complementam aqueles de sua área de formação.

Essa exigência imposta pela sociedade afeta diretamente o ensino das ciências básicas, como por exemplo, a Física e suas aplicações transdisciplinares. Para que o ensino adequado ocorra, mudanças na maneira de abordar conceitos fundamentais também são pertinentes. Essa modificação deve proporcionar aos futuros profissionais uma prática mais ajustada ao contexto em que serão inseridos. No caso das ciências da saúde, que buscam em outras áreas respostas para uma melhor compreensão da vida, o ensino de Física deve proporcionar aos acadêmicos de áreas de ciências da saúde um melhor entendimento e explicação dos processos de saúde-doença nos seres humanos.

Para contemplar essas condições, se torna cada vez mais importante que haja a interação entre as diversas áreas do conhecimento. Torna-se indispensável que a fusão entre os conhecimentos seja feita para que se tenha a melhor compreensão sobre os mais variados temas. Um exemplo dessa interação de conteúdos é a Biofísica, uma área que surge da comunicação interdisciplinar entre duas grandes áreas do conhecimento. As razões pelas quais a Biofísica se faz cada vez mais necessária estão na constante procura pela detecção mais

precoce de doenças, a utilização de aparelhos cada vez mais sofisticados e o encaminhamento para tratamentos mais eficazes e de pessoal com capacidades técnicas para utilizá-los em benefício dos pacientes.

Meu primeiro contato com a disciplina de Biofísica foi quando já havia concluído o curso de Física Licenciatura e havia reingressado na Universidade Federal de Santa Maria, no curso de Física Bacharelado, onde cursava essa disciplina como *Disciplina Complementar de Graduação* (DCG). Como era a única aluna de um curso alheio às áreas de saúde, sempre conversava com o professor sobre a dificuldade que observava entre meus colegas, até mesmo quando recorriam a mim para auxiliar na resolução dos problemas de Física. Em uma das conversas com o professor, comentei sobre essas observações e ele perguntou-me se tinha interesse em realizar uma pesquisa sobre o assunto, tendo em vista que ele é muito extenso e que muitas contribuições podíamos deixar aos próximos estudantes da disciplina ou aos futuros professores de outras áreas que a tenham de ministrar, como uma estrutura pertinente e atividades que contemplem as reais necessidades.

Reforçando as justificativas da importância de estudos relacionados ao ensino de Biofísica, buscaram-se em entrevistas com duas professoras da disciplina de outras instituições de ensino, subsídios que fundamentassem o trabalho a ser desenvolvido. Os objetivos destas entrevistas foram a verificação das maiores dificuldades encontradas tanto pelas professoras, com relação à interdisciplinaridade requerida pela disciplina, quanto pelos alunos com relação à resolução dos exercícios e problemas; as semelhanças entre as disciplinas e a identificação de outros aspectos pertinentes à realização desse estudo. Alguns desses aspectos serão expostos em seções posteriores quando discussões referentes a eles são mais cabíveis.

A professora Marlene Cabral do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) entrevistada tem formação em Física Licenciatura e Física Médica, tendo lecionado a disciplina de Biofísica durante quatro semestres. Os cursos para os quais a disciplina é ofertada são: Farmácia, Terapia Ocupacional, Enfermagem, Odontologia e Física Médica. Embora com formação em Física Médica, ela relatou que encontrava muitas dificuldades em contemplar conteúdos de Biologia nas aulas, entretanto conseguia planejar atividades que pudessem contornar, em parte, esses obstáculos, já que há falta de materiais bibliográficos e didáticos eficazes que auxiliem o professor. Também enfatizou que não tinha conhecimento de que a universidade tivesse práticas que ajudassem a resolver os problemas que permeiam a disciplina. Contudo, ainda enfatizou que muitos estudantes tinham dificuldades com cálculos e com o manuseio da calculadora científica e que disciplinas que antes auxiliavam no

entendimento dos conteúdos de Biofísica, como Física e Matemática Básicas, foram retiradas do currículo desses cursos.

As respostas dadas pela professora Michele Ferraz da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ) mostrou inquietações muito parecidas com as constatadas na entrevista anterior. Ela relatou que, devido à sua formação em Física, inicialmente suas aulas eram mais teóricas do que práticas, com uso recorrente de fórmulas matemáticas, mas sem muitas relações interdisciplinares com conteúdos de Fisiologia e Anatomia. A professora decidiu dar uma ênfase mais teórica às aulas, já que constatou uma dificuldade muito grande por parte dos alunos em resolver problemas que envolviam a Matemática e a falta de materiais para aulas práticas. Também comentou que não tinha conhecimento de que estratégias pudessem ser tomadas pela instituição de ensino para auxiliar na resolução desses problemas.

Desses relatos pode-se ter uma ideia das dificuldades encontradas por profissionais, que são designados a administrar a disciplina de Biofísica, e por estudantes, que num primeiro momento parecem cursá-la em partes. A falta de materiais de apoio e de incentivo das próprias instituições são fortes indícios da pouca atenção dada ao ensino dessa área interdisciplinar, que é ofertada para vários cursos das ciências da saúde. Contudo, isso demonstra que existem problemas e que alguma intervenção deve ser feita a fim de proporcionar, tanto para os estudantes quanto para os professores, que o ensino dessa disciplina seja mais efetivo.

A Biofísica é geralmente estudada em cursos da área das ciências da saúde. Como exemplos, podemos citar os cursos de Biotecnologia, Enfermagem, Fonoaudiologia, Fisioterapia, Medicina e Odontologia. Pode-se perceber que a Física aplicada às Ciências Biológicas apresenta um papel essencial para o desenvolvimento e avanço dessas áreas, pois é cada vez mais visível e necessário o uso de conceitos e métodos básicos desta ciência para a obtenção de dados e diagnósticos mais precisos. É uma disciplina heterogênea, pois se envolve na formação básica de múltiplas profissões de interações diferentes. Sendo assim, funções e estruturas biológicas devem e podem ser investigadas através de técnicas, descrições e mecanismos utilizados pela Física.

A relevância que os conhecimentos relacionados e contextualizados de Biologia e Física proporcionam aos profissionais da área da saúde faz com que mais atenção seja dada ao ensino dessa disciplina. A importância da Biofísica para se entender os processos dos sistemas do corpo humano, o funcionamento de aparelhos cada vez mais complexos, faz com que seu ensino não deveria se tornar superficial e nem individual. Sendo assim, o ensino de Biofísica deve acontecer em consonância com as duas grandes áreas (saúde e ciências naturais e exatas)

para possibilitar uma melhor compreensão da ação terapêutica na fisiopatologia das doenças prevalentes como um todo.

1.2 Problema de pesquisa

O problema que norteia os estudos apresentados nesta pesquisa é o seguinte: *"Podemos usar a metodologia de Robert Gagné como auxílio do processo de ensino e aprendizagem dos estudantes da disciplina de Biofísica A do curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Maria?".*

1.3 Objetivos

Tendo em vista a abordagem interdisciplinar que se propõe a área da biofísica e a importância que apresenta para a o ensino desta disciplina em cursos da área da saúde, a proposta de execução de novos momentos epistemológicos por esta pesquisa, para responder ao problema exposto são:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o ensino de Biofísica;
- Elaborar sequências de ensino diversificadas de abordagem dos conteúdos da ementa da disciplina de Biofísica A, utilizando a metodologia de Robert Gagné;
- Avaliar as respostas dos alunos usando recursos da metodologia qualitativa;
- Avaliar quantitativamente qual proposta de abordagem mostra a maior eficácia no desempenho dos acadêmicos do curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Maria.

1.4 Introdução teórica

Por “Biofísica” entende-se a ciência que utiliza os princípios e leis da Física para entender como funcionam os mecanismos dos sistemas biológicos. Trata os indivíduos como corpos que além de ocuparem lugar no espaço, transformam energia e se modificam à medida que modificam o ambiente. Dessa forma, a Biofísica pode estudar as funções biológicas se baseando em aspectos físicos, ou seja, analisando essas estruturas através dos conhecimentos da Física.

A necessidade de se ter uma compreensão mais detalhada do funcionamento dos mecanismos do corpo humano, fez com que a Biologia buscasse em outras áreas respostas para os problemas que enfrentava. Através de técnicas desenvolvidas por físicos, como por exemplo, de medição e análise experimental, biólogos encontraram nesta relação uma ótima e eficaz oportunidade de aperfeiçoar os conhecimentos que ainda não apresentavam uma total compreensão.

Muitas são as técnicas e procedimentos da Física que a Biologia utiliza em seus estudos e diversas são as subáreas que surgem em função desta relação interdisciplinar. As técnicas abordam conhecimentos de *radiações eletromagnéticas*, que vão desde os equipamentos para tratamentos de doenças como o câncer, como para a detecção de tecidos afetados; *a acústica*, que possibilita o entendimento de como conseguimos ouvir e como os sons são produzidos em nossas cordas vocais; a *termodinâmica* e as trocas energéticas; a *ótica*, que explica como a estrutura ocular permite que enxerguemos, entre outros.

As subáreas que surgem da relação interdisciplinar entre Biologia e Física nos permitem explorar um pouco mais as inúmeras contribuições que podem surgir desta interação. Como exemplos, podem-se citar a *bioeletricidade*, pois “sendo os seres vivos máquinas elétricas é natural que seus elementos produzam e usem eletricidade.” (HENEINE, 2010, p. 213), a *biomecânica*, que pode ser definida como “a aplicação de princípios mecânicos no estudo dos organismos vivos” (HALL, 2000, p. 1). Também se pode mencionar a *biotermologia* que afirma que “os processos básicos que suportam e mantém a vida tem estimulado a curiosidade dos cientistas para o estudo dos mecanismos orgânicos que produzem e que dissipam calor” (GARCIA, 2002, p. 181).

Explorando um pouco mais essa relação interdisciplinar temos a *biofísica das radiações ionizantes* que afirma ser,

> Através do fluxo da energia provinda da luz solar que a vida acontece... É esta energia que permite manter, "fazer funcionar" e reproduzir as estruturas dos seres que chamamos "vivos". Portanto, radiações e vida são dois fenômenos muito interligados (LORETO; SARTORI e SEPEL, 2008, p. 41).

Estes são alguns exemplos de subáreas que surgem para termos uma visão mais aprofundada das possibilidades da ciência biofísica. Não menos importante que as citadas anteriormente, ainda temos a *bioacústica*, a *bio-óptica*, a *biofísica da circulação sanguínea*, a *biofísica da respiração*, etc.

Assim como para outras ciências a interdisciplinaridade é uma exigência que está intrínseca nas bases da biofísica. A mútua relação entre Biologia e Física se faz necessária para uma compreensão mais aprimorada da realidade. Contudo, essa relação não é um "simples encontro de disciplinas" (FAZENDA, 1999, p. 86) e sim uma necessidade imposta pela profissão, que faz com que os indivíduos busquem outros pontos de vista, outras conexões. Nas palavras de Glaser (2005), "biofísica é uma ciência interdisciplinar em algum lugar entre Biologia e Física, como pode ser concluído a partir de seu nome, e é, além disso, conectada com outras disciplinas, como matemática, físico-química e bioquímica" (p. 1).

O conceito de interdisciplinaridade ainda tem uma compreensão um pouco superficial. Segundo FAZENDA (1999): "a indefinição sobre interdisciplinaridade origina-se ainda dos equívocos sobre o conceito de disciplina". (p. 66) Embora as disciplinas sejam uma forma de organizar, definir os objetivos de aprendizagem, planejar as estratégias de abordagem e delimitar os conhecimentos de um determinado campo para um determinado nível de ensino, esse caráter disciplinar, muitas vezes, por apresentar os conhecimentos de forma parcelada dificulta o entendimento de determinado tema como um todo. Sendo assim, para que a compreensão se torne menos fragmentada é necessário que conexões sejam estabelecidas entre as disciplinas.

Ainda sobre a interdisciplinaridade, Fazenda afirma ser "uma exigência natural e interna das ciências, no sentido de uma melhor compreensão da realidade que elas fazem conhecer". (FAZENDA, 1999, p. 86) Ao desafio imposto pela interdisciplinaridade espera-se uma atitude que corresponda, diante de inúmeras alternativas, a reciprocidade, a troca de saberes, para que através do diálogo se possa "conhecer mais e melhor". (FAZENDA, 1999, p. 82) A interdisciplinaridade deve ser abrangente para que inclua a particularidade e a complexidade do real (DEMO, 1998). Japiassu (1976, p.74) complementa afirmado que "a interdisciplinaridade caracteriza-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de interação real das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa".

A atitude interdisciplinar deve proporcionar ao educando possibilidades para que desenvolva a ousadia de buscar, pesquisar e interagir com os colegas, combatendo dessa forma, a competitividade e a individualidade. Em outras palavras, deve envolver capacidades que vão além de apenas treinar e sim que busquem a reflexão do educando sobre si mesmo, fazendo-o autônomo e participante ativo da construção da aprendizagem. Freire (2011) aponta que um ensino descontextualizado, memorístico é incapaz de formar seres críticos, ou seja, seres que utilizam o rigor da crítica para despertar dúvidas em si mesmo, que usam da curiosidade para ir além. O conhecimento vai muito mais além e a aprendizagem não se restringe à sala de aula; ela continua em todos os lugares que o educando estiver e envolve muito mais aspectos de outras áreas que se possa imaginar.

Freire (2011) entende homens e mulheres como seres inacabados e que se transformam à medida que conhecem; à medida que aprendem e ensinam. Não é possível ensinar sem aprender, nem aprender sem ensinar. O processo de aprender pode despertar a curiosidade no aprendiz, o que o faz cada vez mais capaz de criar e criticar. Sendo assim, a curiosidade,

> [...] é a força criadora do aprender de que fazem parte da comparação, a repetição, a constatação, a dúvida rebelde, a curiosidade não facilmente satisfeita, que supera os efeitos negativos do falso ensinar. Esta é uma das significativas vantagens dos seres humanos – a de terem tornado capazes de ir mais além de seus condicionantes (FREIRE, 2011, p. 27).

Sob esta perspectiva, a de que a curiosidade crítica faz com que o ser humano construa e reconstrua o mundo, é que a educação não pode ser caracterizada simplesmente por uma mera apresentação de conceitos desconectados. Não é possível ter uma compreensão ampla sobre determinado assunto se a fragmentação ronda o ensino. É preciso para formar profissionais mais capacitados, que a educação proponha modos de pensar que façam os educandos terem compromissos com sua atuação. Também é preciso ter em mente que "ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção" (FREIRE, 2011, p. 47).

Para que os educandos tenham plena participação no processo de ensino e aprendizagem, deve ser valorizado o diálogo entre professor e alunos. Dialogar deve ser visto como um direito que os educandos têm para expor suas ideias, seus sentimentos e suas visões sobre o mundo, para que assim tenham a oportunidade de contribuir para a construção da própria aprendizagem. Em outras palavras,

> [...] a aprendizagem, ao menos em grande parte, origina-se ou é construída a partir de um discurso coletivo, o cultural, o de senso comum ou o científico, é inquestionável que se valorize a participação comunicativa dos alunos, especialmente a oral, assim como também a escrita" (MORAES (Org), 2000, p. 125).

O diálogo está entre as formas mais comuns de se conseguir ou encaminhar que os educandos tenham a oportunidade de reavaliar seus próprios conhecimentos. É a partir do diálogo que surgem evidências sobre o desenvolvimento cognitivo em que se encontram os educandos. Com essas pistas é possível reestruturar o planejamento para tentar fazê-lo de forma mais eficaz. Segundo Freire (2012),

> Esta é a razão por que não é possível o diálogo entre os que querem a *pronúncia* do mundo e os que não a querem; entre os que negam aos demais o direito de dizer a palavra e os que se acham negados deste direito. É preciso primeiro que os que assim se encontram negados no direito primordial de dizer a palavra reconquistem esse direito, proibindo que este assalto desumanizante continue (FREIRE, 2012, p. 85).

Como mencionado anteriormente, a interdisciplinaridade é um conceito que ainda apresenta dúvidas e se mostra como um desafio tanto para os educadores como para os educandos. Os educadores necessitam buscar em outras áreas do conhecimento subsídios que complementam sua prática e os educandos, justamente por ser um processo ainda confuso em sua totalidade, ficam a mercê de tentativas de relações ainda equivocadas. Sendo assim, para contornar os obstáculos impostos pela interdisciplinaridade requerida pela disciplina de Biofísica em Física e Biologia é necessário que haja um núcleo que deve servir como base para o desenvolvimento de relações interdisciplinares, fazendo do educando um agente ativo deste processo.

O ponto central ou o foco do processo interdisciplinar deve além de possibilitar situações em que o indivíduo possa participar da produção e reconstrução da sua própria aprendizagem, subsídios que forneçam indícios para melhor direcionar o andamento deste processo. O processo de aprendizagem cognitiva foi sistematizado por Gagné (1970), dentre outros autores, que identificou oito tipos ou condições de aprendizagem, pelas quais cada tipo envolve uma série de habilidades que podem ser desenvolvidas, a fim de que juntamente com os conteúdos, possam ampliar as esperanças, as atitudes e valores no indivíduo que aprende. Sendo assim, a metodologia instrucional de Robert Gagné foi escolhida para nortear esse trabalho, pois ela permite que se tenha uma visão geral do processo de aprendizagem, permitindo que estratégias sejam planejadas de tal forma que favoreçam o aprendizado, cumprindo as metas estabelecidas.

É através da aprendizagem e de suas interações que o educando se desenvolve e desenvolve capacidades de explorar, resolver problemas e contribuir para a sociedade. Para que a aprendizagem seja efetiva e possibilite esse conjunto de sentimentos e aptidões, o planejamento do que se quer ensinar deve contemplar também as condições para que o indivíduo desenvolva mudanças em sua performance. Segundo Gagné,

> A compreensão de que a aprendizagem depende, em grande parte, dos acontecimentos que se realizam no ambiente com o qual o indivíduo interage, torna possível encará-la como uma ocorrência que pode ser examinada mais de perto e compreendida mais profundamente. Aprendizagem não é apenas o fato que se dá naturalmente; é, também, um acontecimento que ocorre sob determinadas condições que podem ser observadas (GAGNÉ, 1973, p. 02).

As condições de aprendizagem referem-se a todo o conjunto de estímulos e habilidades externos e internos ao educando que influenciam no processo de ensino e aprendizagem. Para que ocorra a aprendizagem, devem-se considerar as circunstâncias que possibilitem que sejam efetuadas certas modificações no comportamento do educando. Um ambiente que ofereça condições para o desenvolvimento de certas habilidades, certamente fará com que o indivíduo tenha um rendimento satisfatório, ou seja, mostrando capacidades que antes não possuía. Sendo assim, como as condições são fatores que propõem a ocorrência da aprendizagem, todos os elementos a ela associados devem estar incluídos no planejamento didático.

O planejamento didático deve ser capaz de identificar além das condições necessárias e os objetivos, os mecanismos que possibilitem a verificação da aprendizagem. Para apontar as condições que serão oferecidas é preciso levar em consideração as habilidades já aprendidas pelo educando. Essas habilidades iniciais ou condições prévias tem papel importante na escolha das condições, pois cada habilidade aprendida torna mais fácil a compreensão da aprendizagem posterior e consequentemente acarretará mudanças na forma como será abordada. Sendo assim, cada nova habilidade estabelecida no educando se torna a base para a aprendizagem das próximas habilidades, fazendo com que o que se deseja aprender seja adequado a cada nova etapa de aprendizagem.

Gagné (1973) afirma que existem diversos modos de associação durante sequências de aprendizagem e o que se espera em cada etapa pode ser planejado de acordo com objetivos que se deseja alcançar. O processo deve ser o elemento principal no ensino e aprendizagem, pois existem associações individuais, cada educando aprende de uma forma diferente e isso deve ser levado em consideração. Sendo assim, considerando o processo de aprendizagem como o elemento principal de uma relação interdisciplinar, elementos devem ser fornecidos

para que se possa planejar a próxima etapa de aprendizagem, levando-se em conta também os obstáculos de aprendizado que possam acontecer.

A estrutura do processo de ensino e aprendizagem organizada na forma sequencial permite a criação de um modelo de objetivos educacionais, que possa englobar o que realmente se espera como resultado (GAGNÉ, 1970). São as sequências que supõem a efetivação da aprendizagem, pois, é levada em consideração cada alteração que possa ocorrer durante o processo. “A importância de mapear a sequência de aprendizagem é principalmente para evitar erros que surgem quando etapas são omitidas na aquisição de um determinado conhecimento em uma área de conteúdo”. (GAGNÉ, 1970, p. 243). Sendo assim, a estrutura do planejamento deve conter os tipos de aprendizagem, os objetivos, as condições que serão oferecidas para que ocorra a aprendizagem e as habilidades que deverão ser despertadas no educando de tal forma que cada passo da sequência seja requisito para a efetivação da aprendizagem.

As sequências de aprendizagem permitem, através de regras e objetivos da disciplina, a inserção de situações de aprendizagem que colocam o aluno frente a atividades que promovam o seu desenvolvimento intelectual. Sequências de aprendizagem são trajetórias orientadas pelo professor que promovem a busca por objetivos definidos. Ainda assim, salienta Perrenoud (2000),

> As noções de dispositivo e de sequência didáticos chamam a atenção para o fato de que uma situação de aprendizagem não ocorre ao acaso e é engendrada por um dispositivo que coloca os alunos diante de uma tarefa a ser realizada, um projeto a fazer, um problema a resolver (PERRENOUD, 2000, p. 33).

A observação das diferenças que surgem no comportamento dos educandos, anterior e posteriormente a uma situação de aprendizagem proposta, determina a estrutura da próxima etapa de aprendizagem. Em outras palavras, pode-se dizer que a aprendizagem é vista como o controle do comportamento e ato de ensinar por meio das respostas dadas pelo indivíduo, pois leva em consideração que a aquisição de algumas capacidades é fundamental para a aprendizagem de outras capacidades de ordem superior. São essas respostas que determinam, para cada tipo de aprendizagem, quais as instruções que necessitam para completar uma etapa. Contudo, com a observação destas mudanças, podem ser planejadas sequências de ensino nas quais o conteúdo deverá ser adequado aos tipos de aprendizagem, ou seja, continuamente ajustado a partir dos resultados de cada educando, com instruções que possibilitem cumprir cada etapa através do *feedback* adequado (AUSUBEL, 2003).

A aprendizagem ocorre quando "surgem diferenças entre a *performance* que o indivíduo apresenta antes e a que ele mostra após ser colocado em 'situação de aprendizagem". (GAGNÉ, 1973, p. 17) Essa aprendizagem é impulsionada por uma série de estimulações do ambiente, previamente planejadas e adequadas em instruções para cada tipo de aprendizagem. Essa estimulação, segundo Gagné (1980), compõe o *insumo* (*input*) para os processos de aprendizagem e a modificação causada no comportamento humano é o *exsumo* (*output*). É importante ter conhecimento sobre a aprendizagem, pois é somente a partir da observação das mudanças provocadas no educando que é possível ter clareza em relação ao direcionamento e ao tipo de instrução que deverá ser utilizada. Segundo Gagné,

> A fim de planejar eventos externos ao aluno que ativarão e manterão a aprendizagem, deve-se adquirir uma concepção do que ocorre 'dentro da cabeça do aluno'. Isto é o que o conhecimento dos princípios da aprendizagem e da teoria da aprendizagem fornece (GAGNÉ, 1980, p. 3).

Vale ressaltar que um dos fatores mais importantes para a ocorrência da aprendizagem é a motivação. A motivação tem uma relação recíproca e biunívoca com a aprendizagem, quando mais motivado o educando está para aprender determinado tema ou conceito, mais facilmente ocorrerá essa aprendizagem. Porém, deve-se levar em conta que a motivação é algo que não depende somente do ambiente, mas também do reconhecimento por parte do educando, ou seja, é um fator interno também. Para isso, Gil (2012), aponta algumas recomendações que podem ajudar como estímulo para os educandos,

> - procure traduzir a motivação em termos de recompensas capazes de levar o estudante a trabalhar para obtê-las;
> - use os motivos existentes para desenvolver novos motivos nos estudantes;
> - satisfaça a motivação dos estudantes quando o seu comportamento for adequado; [...] (GIL, 2012, p. 87).

A motivação está diretamente associada ao processo de ensino e aprendizagem. Gagné, (1970) identifica várias formas pelas quais o ambiente exerce influência sobre a aprendizagem do educando, sendo a motivação o ponto de partida para o processo de aprendizagem. Como mencionado anteriormente, a primeira delas envolve o estímulo, onde o aluno deve estar motivado e esta motivação pode ser trabalhada pelo professor através de um processo de expectativa, que está relacionada ao fato de que se o aluno alcançar um determinado objetivo, ele terá uma recompensa. A segunda forma ou fase envolve o processo de atenção, onde o indivíduo dará mais atenção para certos estímulos ou objetos estimuladores que o levarão a alcançar o objetivo de aprendizagem proposto. A aquisição envolve a codificação, que é caracterizada pela transformação das informações adquiridas

anteriormente em um estado persistente, que será aprendido e armazenado na fase de retenção. É na fase de rememoração que o que foi aprendido é visto novamente, intensificado para que seja considerado um estado persistente. Na fase de generalização, acompanhada do processo de transferência, é onde o indivíduo deverá aplicar a aprendizagem em diferentes contextos, mostrando seu desempenho na próxima fase, ou seja, a resposta à aprendizagem. Finalmente, no feedback envolvendo o processo de reforço, o aluno recebe a recompensa pelo êxito do processo. Na seção 2.4 serão discutidos os detalhes de cada fase e processo, mas na figura 1 é possível ver um esquema das fases e processos discutidos acima.

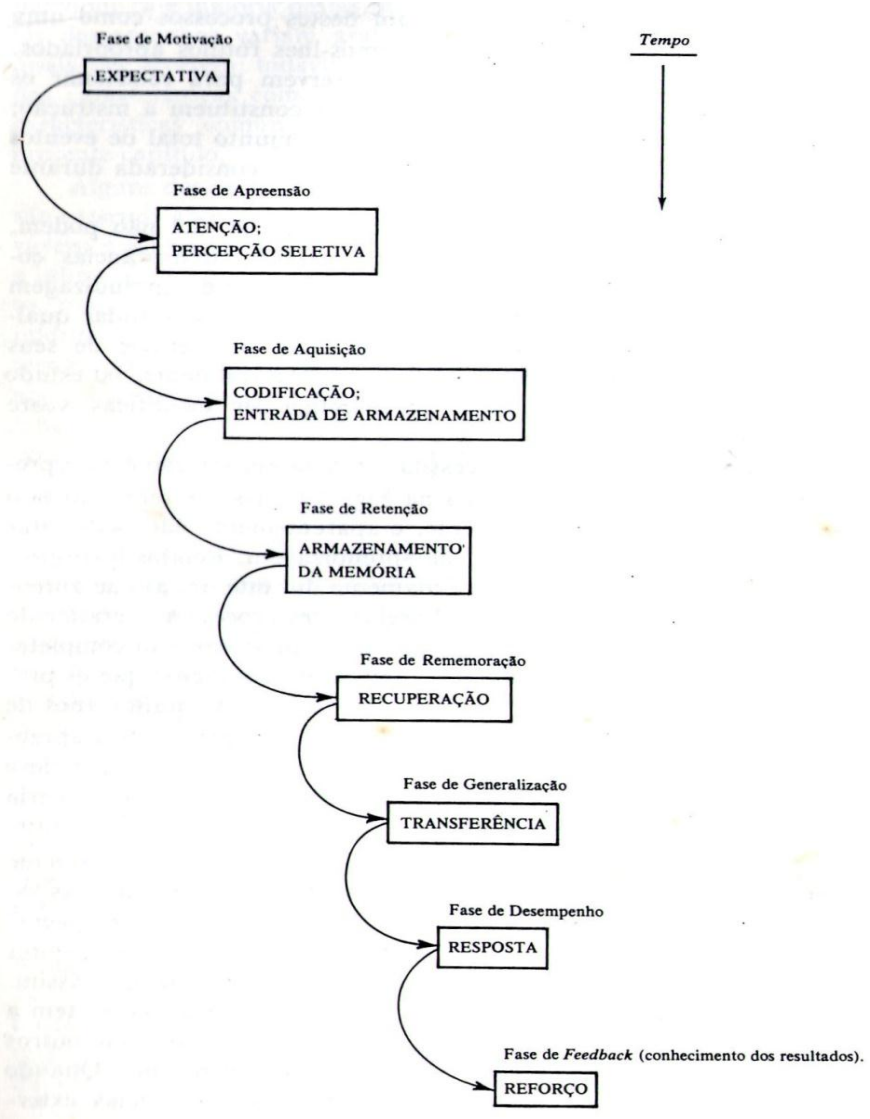


Figura 1 – As fases de um ato de aprendizagem e os processos associados

Fonte: (Retirado do livro Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino, de Robert M. Gagné, 1980, p. 28).

A aprendizagem por hierarquia ou instrucional, onde habilidades mais simples são dependentes de outras habilidades, é uma escolha que pode ajudar no ensino de Biofísica, visto que associações entre várias áreas do conhecimento são necessárias para a compreensão dos sistemas biológicos de uma maneira mais ampla. Levar em consideração que a aprendizagem ocorre por fases e que as habilidades intelectuais dos alunos nas diferentes áreas são combinadas de tal forma que dependem de pré-requisitos, são elementos essenciais que resultam na aprendizagem e integração dos diferentes conceitos abordados. Sendo assim, através desta concepção de aprendizagem, sequências de ensino podem ser planejadas de tal forma que favoreçam o aluno a alcançar os objetivos estabelecidos, nas quais os conteúdos deverão ser adequados aos tipos de aprendizagem.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

A pesquisa didática teve sua elaboração baseada no estudo do tema "O ensino de Biofísica" nas publicações das áreas de pesquisa em Educação e em Ensino. O estudo foi realizado em duzentos e vinte e três (223) periódicos, no período de 2004 a 2013. Destes duzentos e vinte e três periódicos, apenas quatro (4) apresentaram artigos relacionados com o tema em questão.

Primeiramente os periódicos foram selecionados de acordo com os critérios instituídos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Segundo esta organização, a classificação dos periódicos é dada através das áreas de avaliação e pelos estratos que indicam a qualidade da produção intelectual. A classificação é anualmente atualizada. Esses periódicos são dispostos em estratos indicativos da qualidade: A1 representa o estrato mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5 e C com baixa relevância de publicação.

Após a escolha dos periódicos, destacados a seguir, relacionados nas categorias de *ensino e educação,* foram selecionados os artigos que abordavam o assunto *o ensino de Biofísica*. A partir da leitura destes artigos foram elaboradas categorias com a finalidade de agrupá-los através de características semelhantes.

Para tanto, a análise foi composta pela leitura dos índices de publicação dos periódicos; pela contagem do total de artigos publicados, por ano e por periódico; pela leitura dos resumos dos artigos e pela contagem do número total de artigos publicados sobre o *ensino de Biofísica* por periódico e por ano.

Para a coleta das informações contidas nos artigos selecionados foi realizada a leitura de investigação, o agrupamento dos artigos com características semelhantes e a definição dos grupos com essas características.

A caracterização dos artigos selecionados sobre o ensino de Biofísica, publicados em quatro (4) periódicos, foi baseada no procedimento de análise de conteúdo proposto por Bardin (1977). De acordo com essa proposta, uma possível forma de examinar os dados de uma pesquisa é através da análise de conteúdos. A partir dessa análise procuram-se elementos no texto que justifiquem o motivo pelos quais os dados foram reunidos na mesma categoria.

Mas o que seria análise de conteúdo? Segundo a autora a análise de conteúdo hoje seria,

> Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p. 42).

Bardin (1977) aponta as diferentes fases da análise de conteúdo. Segundo ela, existem três polos cronológicos pelas quais essas fases estão organizadas:

- Pré-análise: "Corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema mais preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise". (Bardin, 1977, p. 95).
- Exploração do material: é a fase em que as decisões que foram estabelecidas na pré-análise são postas em prática.
- Tratamento dos resultados, inferência e interpretação: nesta fase os resultados adquiridos são tornados significativos.

Sendo assim, a categorização proposta nesta pesquisa busca agrupar os artigos de acordo com elementos fornecidos através da leitura e análise minuciosa dos mesmos.

Caracterização dos periódicos

Os periódicos que apresentaram artigos foram: Revista Brasileira de Ensino de Física; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Revista de Enseñanza de la Física; História, Ciências, Saúde – Manguinhos. A seguir, será apresentada uma breve contextualização dos periódicos citados acima:

1. **Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)** – Esta é uma revista trimestral de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física (SBF). Tem como principal objetivo "...atingir um público abrangente formado por pesquisadores, alunos de pós-graduação, professores de Física em todos os níveis, e a comunidade que atua na pesquisa e desenvolvimento de metodologia e materiais para o ensino no país...". Teve

sua primeira publicação em 1979 e tem, segundo critérios de avaliação da CAPES, estrato de qualidade A1 na área de ensino e B2 na área de educação.

2. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)** – É um periódico quadrimestral de acesso livre. Iniciou suas publicações no ano de 1984 e conta com o apoio da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Tem como principal objetivo disseminar experiências entre docentes e pesquisadores, a fim de melhorar o ensino de Física tanto em escolas quanto em instituições que formam professores que atuarão nessas escolas. Segundo avaliação da CAPES, seu estrato é B1 nas áreas de educação e ensino.
3. **Revista de Enseñanza de la Física –** É um periódico anual (com algumas edições especiais) da Associação de Professores de Física na Argentina. Teve sua primeira publicação em 1985 e conta com o apoio da *Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA)* e da *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario***.** Apresenta como principais objetivos estabelecer "...reflexões, idéias, alternativas pedagógico-didáticas e de pesquisa que visam melhorar o ensino da Física e das ciências experimentais em todos os níveis de ensino." Segundo critérios de avaliação da CAPES, seu estrato é B1 nas áreas de educação e ensino.
4. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos –** É um periódico de publicação trimestral da Casa de Oswaldo Cruz da unidade da Fundação Oswaldo Cruz. É dedicado à documentação, pesquisa em história das ciências e da saúde e divulgação científica. Segundo critérios de avaliação da CAPES, seu estrato é A1na área de educação e B1 na área de ensino.

Análise dos Periódicos - O ensino de Biofísica em números

Nessa seção será feita a análise do número total de artigos publicados a cada ano por periódico; o número de artigos relacionados ao *ensino de Biofísica* e quanto representa em porcentagem do número total de artigos publicados.

Como apenas quatro (4) periódicos apresentaram artigos relacionados ao ensino de Biofísica, os demais periódicos não constarão em tabelas que apresentam o número de artigos

publicados no período analisado. A seguir, na tabela 1 mostram-se os números apresentados pela Revista Brasileira de Ensino de Física.

Tabela 1 – Números obtidos em análise ao periódico RBEF

Ano	**Número total de artigos publicados no ano**	**Artigos sobre o Ensino de Biofísica**
2004	56	0
2005	71	0
2006	65	0
2007	76	0
2008	63	0
2009	63	1
2010	65	0
2011	91	0
2012	80	0
2013	111	2
Total	741	3

Em análise aos números apresentados na tabela 1, podemos observar que dos artigos publicados entre os anos de 2004 e 2013 apenas três são relacionados ao ensino de Biofísica. Estes artigos representam 0,40% do total de artigos publicados neste período. Isso evidencia a carência de estudos voltados para essa área. É importante ressaltar que, um dos artigos publicados em 2013 é de nossa autoria, mas foi contabilizado para mostrar a escassez de trabalhos nessa área.

Na tabela 2 encontram-se os números obtidos durante a análise do periódico Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

Tabela 2 – Números obtidos em análise ao periódico CBEF

Ano	Número total de artigos publicados no ano	Artigos sobre o Ensino de Biofísica
2004	67	0
2005	20	0
2006	19	0
2007	20	0
2008	27	0
2009	31	0
2010	33	1
2011	29	0
2012	53	1
2013	35	0
Total	334	2

Na tabela 2, mais uma vez podemos observar que do total de artigos publicados durante 2004 e 2013, apenas dois são relacionados ao ensino de Biofísica, o que representa 0,60% do total dos artigos. Vale ressaltar que os dois artigos publicados são das mesmas autoras, o que mostra a pouca quantidade de pesquisadores nessa área.

A revista *Enseñanza de la Física*, embora com publicações desde 1985, só disponibiliza artigos a partir de 2004. Os dados são disponibilizados na tabela 3.

Tabela 3 – Números obtidos em análise ao periódico Revista de Enseñanza de la Física.

Ano	Número total de artigos publicados no ano	Artigos sobre o Ensino de Biofísica
2004	9	0
2005	21	0
2006	14	0
2007	11	0
2008	14	0
2009	14	1
2010	9	0
2011	15	0
2013	8	0
Total	115	1

O único artigo relacionado ao tema "*o ensino de Biofísica"* representa 0,87% do total de artigos publicados, o que reforça a tese de que são poucos os trabalhos publicados e realizados nesse assunto.

Tabela 4 – Números obtidos em análise ao periódico História, Ciências, Saúde – Manguinhos

Ano	**Número total de artigos publicados no ano**	**Artigos sobre o Ensino de Biofísica**
2004	71	0
2005	92	0
2006	87	0
2007	105	0
2008	90	1
2009	101	0
2010	127	0
2011	107	0
2012	99	2
2013	94	0
Total	973	3

Na tabela 4 encontram-se os números obtidos em análise ao periódico *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*. Pode-se observar que, assim como nos outros periódicos o único artigo encontrado representa menos de 1% (0,31%) do total publicado entre 2004 e 2013. Essa escassez de artigos publicados com relação ao Ensino de Biofísica nos mostra que é necessário que haja mais envolvimento de pesquisadores nessa área, já que dos dois mil cento e sessenta e três (2163) artigos analisados, apenas nove (9) são relacionados ao tema. Se fizermos uma análise em porcentagem, veremos que do total de artigos analisados, os nove trabalhos relacionados ao ensino de Biofísica representam 0,42% do número total de publicações nesses quase dez anos desses periódicos. A seguir, a tabela 5 mostra a dimensão total do número de artigos relacionados ao tema *Ensino de Biofísica.*

Tabela 5 – Dimensão total de artigos publicados entre o período de 2004 e 2013

Periódico	**Número total de artigos entre o período de 2004 a 2013**	**Artigos relacionados ao tema *Ensino de Biofísica***
Revista Brasileira de Ensino de Física	741	3
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	334	2
Revista de Enseñanza de la Física	115	1
História, Ciências, Saúde – Manguinhos	973	3
Total	2163	9

Categorização dos Periódicos

De acordo com a análise feita em pesquisa aos periódicos citados anteriormente, foram encontrados apenas cinco artigos que fazem referência ao tema da pesquisa dessa dissertação. Embora com um número reduzido de artigos, nesta seção serão apresentadas as características e semelhanças encontradas entre eles. Essa categorização tem como principal objetivo fornecer informações simplificadas dos dados brutos obtidos anteriormente e se baseia na proposta de Bardin.

As categorias são:

- **Texto de divulgação científica:** Nessa categoria estão agrupados os textos que abordam o ensino de Biofísica com o objetivo de divulgar o assunto, sem relação com a sala de aula.
- **Proposta de abordagem dos conteúdos na disciplina de Biofísica:** Nesse grupo são inseridos os artigos que apresentam propostas para a implementação em sala de aula.

Na categoria *Textos de divulgação científica* foram encontrados cinco artigos. Um deles analisa os motivos que levaram Carlos Chagas Filho[1] a se afastar da bem sucedida linha

[1] Médico *que se dedicou às áreas básicas da Medicina; criou a cadeira de Biofísica no Rio de Janeiro e no Brasil, utilizando técnicas novas de Radiobiologia, Farmacologia, Fisiologia e Bioquímica.* Também dedicou-se à organização de um grupo de pesquisadores para o laboratório de Biofísica em que faria prevalecer seu lema "A Universidade é um local

de pesquisa sobre patologia tropical, a qual seu pai e seu irmão mantinham consolidadas carreiras. Segundo Almeida (2008), a variedade e a fascinação que mostravam os diferentes caminhos interligados à Biologia, propostos por Fauré, podem ser um dos motivos que levaram Carlos Chagas Filho a tomar outro rumo em sua carreira. Fauré propunha que os fenômenos biológicos eram e deviam ser explorados de maneira a integrar outras áreas do conhecimento. Como mostra Almeida,

> Não haverá exagero em afirmar que Fauré-Frémiet (1883-1971) incorpora a evolução do conhecimento em biologia no século XX, ... principalmente devido à multiplicidade de métodos e técnicas de pesquisa que utilizou. Seu currículo e sua trajetória demonstram claramente a percepção dos atos biológicos como fenômenos acessíveis à exploração inter e transdisciplinar (ALMEIDA, 2008, p. 264).

Ainda como motivação para tal mudança, Chagas Filho, trabalhando junto ao IBPC (Institut de Biologie Physico-Chimique), percebeu que o laboratório de física biológica carecia de equipamentos para a pesquisa e o ensino. Segundo Almeida (2008, p. 269), essas investigações possibilitavam visualizar "que os fenômenos da vida se encontravam realmente acessíveis à investigação pela físico-química" e que "novas disciplinas despontavam na Europa para o estudo dos mecanismos da vida" o que influenciava diretamente as pesquisas no Brasil.

Ainda sobre Chagas Filho, um artigo intitulado *Formação científica e prática profissional na trajetória de Carlos Chagas Filho* (LIMA, 2012) mostra a formação científica desse profissional até a entrada no Laboratório de Física Biológica. Chagas Filho foi um dos mais importantes biofísicos do Brasil. Seus estudos representaram uma importante inovação para a ciência brasileira, já que segundo Lima (2012),

> Sua atuação pública esteve, dessa forma, voltada para a defesa da autonomia científica e da formulação de políticas para a pesquisa. Esses fatos alteraram de forma determinante a legitimidade social dessa profissão, cujo compromisso com a construção da nacionalidade também poderia ser visto pela perspectiva da ciência universal e pura, como um fim em si mesma (LIMA, 2012, p. 698).

Enquanto Lima (2012) mostrou a trajetória profissional de Chagas Filho e a importância da criação do Instituto de Biofísica para a área da saúde, Almeida (2012) traz a contribuição desse cientista para a institucionalização da pesquisa científica no Brasil. Chagas Filho encontrou inúmeros obstáculos antes da criação do Instituto de Biofísica no Rio de

---

onde se ensina porque se pesquisa". Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Carlos_Chagas_Filho Acesso em 01 de Junho de 2012.

Janeiro. Dentre eles estão a falta de equipamentos adequados às pesquisas, de pessoal qualificado e de incentivo à ciência.

Durante muitos anos a cadeira de Física Biológica foi dada isoladamente, "Isoladas, aliás, bem caracteriza o estado das relações internas entre as diferentes unidades acadêmicas, ao serem apenas esboçadas as primeiras universidades no país, no início do século XX." (ALMEIDA, 2012, p. 657). Essa forma desconexa de apresentar os conteúdos incomodava Chagas Filho, que após uma viagem de estudos e aproveitando as oportunidades oferecidas, fundou o Instituto de Biofísica, integrando o ensino e a pesquisa visando a inovação e avanços na Medicina.

Ainda nessa categoria, Corso (2009), apresenta além dos conteúdos que são ministrados na disciplina de Biofísica, a importância dessa área do conhecimento para as carreiras voltadas para as ciências da saúde. De acordo com suas ideias,

> Um importante motivo de ser da biofísica é dar suporte ao ensino de fisiologia, o qual, por si só, justificaria sua inserção em cursos de medicina. Existem alguns conceitos cruciais para o entendimento do sistema circulatório e respiratório humano que necessitam de conhecimentos de dinâmica de fluidos que não são sequer mencionados no ensino médio (CORSO, 2009, p. 02).

Sobre os conteúdos que são ministrados nessa disciplina, Corso afirma que muitas vezes se dá mais importância à parte biológica do que a parte física. Isso acaba se tornando um problema, já que as aulas acabam não tendo as explicações do ponto de vista da Física que deveriam ter. Talvez uma das razões para que isso aconteça seria o fato de termos profissionais sem a devida preparação para ministrar essa disciplina. Isso pode ser visto no trecho abaixo:

> Paralelamente, quem tem o poder nos departamentos que lecionam biofísica são biólogos ou médicos. Este pessoal, não muito familiarizado com física, acaba passando a bola do ensino desta disciplina para alguns poucos dentre eles que por aptidão, renúncia ou emprego público estável, se sujeitam a mexer um pouco com equações e abstratos conceitos da física (CORSO, 2009, p. 01).

Drigo Filho (2013) em seu artigo publicado sob o título de *A física no contexto da biologia molecular* aborda as características e formação básica do profissional que tem interesse estudar sistemas biomoleculares (p. 01). A graduação em Física Biológica exige uma sólida formação inicial em conteúdos tradicionais de Física, todo o ferramental matemático e o método experimental, além é claro, de conhecimentos dos sistemas biológicos (p. 02) Já os programas de pós-graduação em Biofísica molecular devem oferecer aos alunos,

> [...] um conhecimento básico do sistema tratado (biologia molecular e bioquímica), fundamentos físicos (mecânica estatística, forças intermoleculares e mecânica quântica) e conhecimentos específicos da área (uma introdução à biofísica molecular e as principais técnicas experimentais usadas). Esses três aspectos devem ser compostos levando em consideração a formação original do aluno na graduação (DRIGO FILHO, 2013, p. 03).

Drigo Filho afirma que alunos de várias áreas do conhecimento estão se interessando pelas relações entre Física e Biologia, já que é uma área que necessita de conhecimentos físicos, matemáticos, computacionais, químicos, etc; e que essa formação seja respeitada no ingresso à pós-graduação.

Na categoria *Proposta de abordagem dos conteúdos na disciplina de Biofísica* foram agrupados os demais artigos (quatro). Como mencionado anteriormente, nessa categoria foram reunidos os artigos que oferecem exemplos de abordagens dos conteúdos de Biofísica. Devo ressaltar que três desses artigos são das mesmas autoras e o outro do orientador e autora dessa pesquisa, o que mostra o baixo número de pesquisadores preocupados com o ensino nessa área.

Em um dos artigos, Aiziczon e Cudmani (2009), apresentam um modelo de construção do conhecimento para a disciplina de Biofísica no curso de medicina. Essa proposta é baseada nas novas tendências para a educação médica que é "um modelo de aprendizagem baseado em problemas e centrado no estudante" (AIZICZON e CUDNAMI, 2009, p. 30, tradução minha).

Segundo as autoras, o modelo que é utilizado na maioria das vezes no ensino universitário, baseado na recepção-transmissão de informações, promove um aprendizado de baixa qualidade e de memorização, sem mencionar a baixa autoestima dos alunos. Para elas, a proposta fundamentada na resolução de problemas, ajudaria a correlacionar os conteúdos com outras áreas do conhecimento, melhorando o desempenho e a capacidade de enfrentar situações diversas dos alunos. Como afirmam Aiziczon e Cudmani,

> Por outro lado, la solución de problemas clínicos implica la integración y retención funcional de inforrmación de materias básicas em forma horizontal y vertical com el ciclo clínico y el ejercicio profesional (AIZICZON e CUDMANI, 2009, p. 29).

O modelo proposto por Aiziczon e Cudmani foi implementado no segundo ano do curso de medicina, onde os alunos têm o primeiro contato com a disciplina de Biofísica, embora já tenham conhecimentos de Medicina Nuclear, Fisiologia, Bioquímica e Radioatividade. Os trabalhos foram estruturados em quinze atividades e os alunos divididos em pequenos grupos. Primeiramente os alunos foram apresentados a uma situação problemática clínica, onde para resolvê-la precisariam propor hipóteses e identificar os temas

biofísicos envolvidos, através de pesquisas em livros, consulta com professores, e discussão grupal, etc. Em outra atividade, os estudantes criaram um mapa conceitual, a fim de organizarem as conclusões da primeira atividade. Na sequencia, as ideias de cada grupo foram sendo expostas e recapituladas, para que no final das quinze atividades o diagnóstico fosse dado.

Dos dez grupos que participaram das atividades nove conseguiram dar o diagnóstico correto. Isso mostra que essa proposta pode ser útil e significativa para os estudantes, já que ocorreu, além de uma evolução conceitual, o desenvolver de habilidades de pesquisa e comprometimento.

Em outro modelo apresentado pelas autoras, Aiziczon e Cudmani (2010) direcionam a proposta didática para professores do ensino superior. Também fundamentada na teoria de aprendizagem de Ausubel (1981) e no Modelo ABP, Aprendizagem Baseada em Problemas, (BARROWS; TAMBLYN, 1980; VENTURELLI, 2000), a proposta é avaliada com bases nos estudos feitos anteriormente pelas autoras. Segundo elas, reforçando a ideia de que a aprendizagem não deve ser fragmentada afirmam que,

> El saber médico actual precisa de los aportes permanentes de lós contenidos de las Ciencias Básicas tales como Biofísica, Bioquímica, Fisiología, Anatomía; En ese contexto, el proceso de enseñanza-aprendizaje de Biofísica em Ciencias de la Salud enfrenta las peculiaridades epistemológicas de la asignatura, ligada al manejo algorítmico de símbolos abstractos. Su aprendizaje mecânico constituye la expresión de una estructura cognitiva desorganizada y ambigua y se hace difícil modificarla con las estrategias tradicionales de enseñanza; esto solo sería posible afianzando un cuerpo de conocimientos claros, estables, relevantes, sistematizados, que puedan ser utilizados para la adquisición de nuevas informaciones en esa misma área (AIZICZON e CUDMANI, 2012, p. 89).

A importância de se saber Física para conhecer e entender a fisiologia do corpo humano necessita de conhecimentos e a compreensão “do ser humano como um todo unitário” (AIZICZON e CUDNAMI, 2010, p. 89), mas que necessita de vários aspectos de várias áreas do conhecimento.

Um aspecto importante obtido com essa proposta foi a importância de se discutir em grupo tanto os conceitos biofísicos quanto os procedimentos a serem tomados por cada equipe. Essa importância foi apontada por todos os participantes como a principal forma de se compreender o que estava sendo proposto e os conceitos físicos e biológicos envolvidos com o problema inicial. Os resultados obtidos mostraram que a resolução de problemas promoveu o reconhecimento e a integração de conceitos estudados anteriormente.

No artigo publicado em 2012, Aiziczon e Cudmani além de apresentarem mais uma proposta de ensino, agora implementadas para alunos do curso de enfermagem, criticam o

paradigma do ensino tradicional (CAMPANARIO e MOYA, 1999; GONZÁLEZ e CUDMANI, 2006), pois não permite que se tenham uma visão integrada dos conceitos na disciplina de biofísica. Segundo elas, a aprendizagem voltada para a resolução de problemas, permite a discussão, pesquisa, construção e a integração de conceitos antes fragmentados. Aiziczon e Cudmani afirmam que o ensino tradicional,

> [...] no ofrece espacios curriculares que permitan la integración horizontal ni vertical de contenidos con otras asignaturas ni su aplicación a los problemas clínicos. Su aprendizaje mecánico a partir de la fragmentación de saberes, dificulta percibir al ser humano como un sistema complejo que representa mucho más que la suma de sus partes, y constituye la expresión de una estructura cognitiva desorganizada que se hace difícil modificarla con estrategias tradicionales (AIZICZON e CUDMANI, 2012, p. 8).

As atividades envolvidas nessa pesquisa tinham por objetivo interpretar os processos fisiológicos a partir da identificação de conceitos físicos. Após essa identificação destes conceitos e a criação de um mapa conceitual, uma campanha de prevenção deveria ser feita para a conscientização de alunos do ensino secundário. Como resultados, todos conseguiram alcançar os objetivos, dando as soluções adequadas aos problemas fisiológicos relacionados aos conceitos físicos identificados.

A seguir, um quadro comparativo com os três artigos classificados na categoria *Proposta de abordagem dos conteúdos na disciplina de Biofísica.*

Quadro comparativo entre os artigos de Aiziczon e Cudmani (2009, 2010, 2012)			
Ano de publicação do artigo	**2009**	**2010**	**2012**
Público alvo	Alunos do 2° ano do curso de Medicina	Professores	130 alunos do primeiro ano do curso de enfermagem
Objetivos de Aprendizagem	Apresentar uma estratégia inovadora baseada no modelo de ensino/aprendizagem/evolução da construção de conhecimentos através da problematização num contexto da prática médica.	• Interpretar os processos biofísicos presentes nos fenômenos fisiológicos e patológicos do organismo (p. 90). • Promover medidas de prevenção baseadas nos hábitos de vida;	• Interpretar processos biofísicos no organismo humano com base em conceitos científicos adquiridos significativamente. • Refletir sobre os riscos para a

continua

continuação

		• Tomar consciência dos riscos e danos da contaminação acústica.	saúde. • Promover medidas de prevenção baseadas nos hábitos de vida das pessoas.
Modelo de aprendizagem	Aprendizagem Significativa de Ausubel e ABP	Aprendizagem Significativa de Ausubel e ABP	Aprendizagem Significativa de Ausubel e ABP
Desenvolvimento das atividades	• Situação problemática; • Identificar os temas relacionados à Biofísica; • Dar hipóteses; • Pesquisar; • Construir Mapa Conceitual; • Discussão; • Recapitulação; • Monografia; • Exame parcial individual; • Votação para avaliar a experiência.	Duas áreas temáticas: "De agua somos": • Leitura de trabalhos e desenvolvimentos teóricos por parte dos docentes. • Construção de mapas conceituais após a identificação dos núcleos fundamentais dos conteúdos de Biofísica desenvolvidos. "Sonido, ondas e audición" • Exposição dos resultados de investigação sobre as ideias previas sobre som e contaminação acústica. • Leitura, discussão, pesquisa, síntese e conclusão. • Experiências com som e audição; • Atividade de campanha de prevenção sobre contaminação acústica e perda de audição.	Os alunos foram apresentados a dois problemas, onde teriam: texto de apoio em sala de aula, exposição do problema e trabalho grupal a distância, onde deveriam fazer uma campanha de prevenção para alunos do ensino médio em Power Point com base nos conceitos biofísicos a partir um mapa conceitual sobre o problema. Pesquisar, coletar dados e monografia.
Resultados	Todos os alunos identificaram os temas	Área temática 1: Todos os grupos	Todos os grupos identificaram os

conclusão

	relacionados à Biofísica e não apresentaram problemas em entender novos temas relacionados à Medicina Nuclear. Nove dos dez grupos fizeram o diagnóstico certo.	identificaram corretamente os núcleos conceituais fundamentais e as relações entre os conceitos, construindo mapas conceituais e usando meios diversos para resolver. Área temática 2: Na campanha de prevenção, todos os grupos atingiram seus objetivos em termos de conceitos, explicações e dados para educar nas escolas. Já 80% fizeram relações interdisciplinares e utilizaram diferentes fontes para isso e utilizaram dados da legislação vigente. Cerca de 20% conseguiram sensibilizar a população e 40% comentaram sobre os riscos no ambiente de trabalho dessa exposição sonora.	conceitos biofísicos envolvidos e promoveram o tratamento correto. As informações dadas nas campanhas foram bem fundamentadas, criativas e atingiram o público de maneira satisfatória, mostrando conexões com outros temas.

Quadro 1 – Comparação entre os artigos da categoria Proposta de abordagem dos conteúdos na disciplina de Biofísica

Podemos observar que embora as propostas apresentadas pelas autoras (quadro 1), tenham um direcionamento voltado para públicos de cursos diferentes (Medicina e Enfermagem) e níveis diferentes (alunos e professores), os objetivos foram alcançados. O reconhecimento dos conceitos físicos no problema inicial foi a base para a construção dos mapas conceituais. Os mapas conceituais por sua vez, formaram a base para uma visão mais aprofundada dos procedimentos que deveriam ser tomados para resolver o problema dado.

Nas três propostas avaliadas, baseadas na resolução de problemas e aprendizagem significativa, os resultados foram satisfatórios. Como resultado satisfatório, interpreta-se o a identificação da física envolvida nos processos biológicos, a hierarquização desses conceitos através do mapa conceitual, a conscientização do reconhecimento desses conceitos e diagnóstico correto para o problema inicial.

Como mencionado anteriormente, um dos artigos foi escrito pelo orientador e pela autora dessa pesquisa. Esse artigo, *Um experimento hemodinâmico em sala de aula para ensino de biofísica da circulação* traz uma proposta de abordagem de conceitos de Biofísica do sistema circulatório através de um experimento. Também é apresentado e discutido um transceptor sônico e uma metodologia de processamento de sinais e análise através de softwares. Para a implementação dessa atividade é proposta uma metodologia em que os estudantes são divididos em grupos de três, sendo que um dos alunos faz o papel de examinado, outro anota os dados e outro realiza o exame (p. 04).

2.2 Desenvolvimento inicial

Esta seção foi destinada à apresentação da disciplina de Biofísica A, à descrição dos instrumentos utilizados para o levantamento das dificuldades e os métodos avaliativos empregados. As observações que serviram de base para o planejamento da sequência de ensino foram realizadas durante o segundo semestre de 2011, o primeiro e segundo semestres de 2012 e o primeiro semestre de 2013 nas turmas do curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Maria.

As observações ocorridas no período descrito acima formaram a principal estratégia para o levantamento das dificuldades apresentadas pelos acadêmicos, enquanto a implementação de questionários para avaliação de percepções e opiniões, proporcionaram algumas informações sobre as atitudes e interesses dos alunos em relação à Física Geral. Essas informações e comentários também farão parte desta seção.

A disciplina de Biofísica A

As observações que serviram de base para as análises e coleta dos resultados as quais serão apresentados nas seções 2.4 e 2.5 foram feitas em quatro turmas do curso de Fisioterapia da UFSM. A partir dessas observações foram planejadas e implementadas atividades que proporcionaram a análise quantitativa e avaliação do desempenho dos estudantes. Contudo, as observações formaram o principal meio para o planejamento das atividades.

A disciplina de Biofísica A (FSC1067) é ofertada em curso semestralmente pelo Departamento de Física para o curso de Fisioterapia de forma continuada. Com uma carga horária de 75 horas, esta disciplina é ministrada duas vezes por semana e está dividida em partes teórica (quartas-feiras) e prática (sextas-feiras). Na ementa da disciplina (Anexo A) além do programa, que apresenta as unidades e subunidades de conteúdos que devem ser ministrados durante o curso, também se listam os objetivos pedagógicos propostos, ou seja, o que se espera do aluno ao final da disciplina: “Identificar aspectos físicos que envolvem o sistema biológico, usando recursos de investigação.” (Programa da disciplina, FSC 1067)

A ementa da disciplina FSC 1067 consiste no seguinte conteúdo programático:

- UNIDADE 1 – Radiações eletromagnéticas: ondas curtas, micro-ondas, ultravioleta, infravermelho, raios laser, raios X e raios gama;
- UNIDADE 2 – Ultrassonografia: ultrassom diagnóstico e ultrassom terapêutico;
- UNIDADE 3 – Biofísica dos sistemas: circulação e respiração externa;
- UNIDADE 4 – Biofísica da contração muscular: tensões no músculo em repouso e em atividade, termodinâmica muscular e geração de calor no músculo;
- UNIDADE 5 – Bioeletricidade: potenciais bioelétricos, fundamentos do eletrocardiograma e eletromiograma.

Utilizar conceitos físicos para identificar e entender a fisiologia do corpo humano faz parte dos objetivos almejados pela disciplina de Biofísica. A fim de que esses objetivos sejam alcançados, métodos diferenciados são proporcionados aos alunos. Esses métodos devem englobar e propiciar a investigação, a curiosidade e que mostrem as relações entre a Biologia e Física.

As quatro turmas do curso de Fisioterapia da UFSM que foram submetidas à análise por esta pesquisa foram do 2º semestre de 2011 (18 alunos), 1º e 2º semestres de 2012 e 1º semestre de 2013 (20 alunos cada). Estas turmas cursam a disciplina de Biofísica A no terceiro semestre, juntamente com as disciplinas de Anatomia Funcional do Sistema Nervoso, Cinesiologia, Farmacologia aplicada à Fisioterapia, Fisioterapia na Promoção da Saúde, Introdução às Ciências Sociais para Saúde e Patologia.

Estratégias da elaboração do planejamento da sequência de ensino

O planejamento das atividades pedagógicas é uma importante ferramenta no processo de ensino e aprendizagem, visto que organiza um conjunto de ações que serão desenvolvidas durante a disciplina (GIL, 2012). Nele devem ser levadas em consideração as variáveis que podem influenciar tanto de forma positiva quanto negativa no andamento das atividades. Dessa forma, Goldberg afirma que o "planejamento é uma forma de *controle* da realidade... porém, esse controle tem que ser um controle *racional*, isto é, implicar numa seleção *adequada* de objetivos e estratégias" (1973, p. 64).

Porém, planejar atividades de curso não é uma tarefa fácil. Requer, para sua elaboração, muita pesquisa, criatividade, flexibilidade e adaptação. Em um contexto universitário, o planejamento das disciplinas deve levar em consideração as necessidades de formação estudantil requerida pela futura profissão do acadêmico. Em outras palavras, a estrutura elaborada, juntamente com objetivos e estratégias de ensino, devem fornecer subsídios que supram essa necessidade.

Por constituir-se em uma atividade complexa, o planejamento envolve a tomada de decisões que tornam possíveis alcançar os objetivos, a busca dos recursos para atingi-los e as estratégias, além da escolha dos métodos de ensino apropriados. Mas como afirma Martinez e Lahore (1978),

> Dar uma definição que abranja todos os aspectos do planejamento da educação é tarefa difícil, já que se trata de um processo complexo, que pode ser legitimamente enfocado, segundo pontos de vista distintos (MARTINEZ; LAHORE, 1978, p. 11).

Embora o processo educacional seja algo sujeito a constantes reformulações, planejar as ações educativas significa permitir que ajustes possam ocorrer, sem interferir nos objetivos propostos inicialmente. Segundo Gama e Figueiredo (2009),

> A metodologia do planejamento escolar enquadra-se no cenário da educação como uma tarefa docente que inclui tanto a previsão das atividades didáticas em termos da sua organização e coordenação em face dos objetivos propostos; quanto a sua previsão e adequação no decorrer do processo de ensino (p. 5).

Dessa forma, a flexibilidade deve ser uma das principais características do planejamento educacional para a formação de profissionais em nível superior.

O planejamento deve ser visto como uma forma de articular as atividades de ensino com as necessidades do contexto social a que vivem os educandos. No caso deste trabalho, o planejamento está voltado para suprir as necessidades do profissional de fisioterapia a fim de que tenha uma melhor compreensão da Física envolvida nos sistemas do corpo humano e dos aparelhos utilizados na reabilitação dos pacientes. De acordo com o Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO) o Fisioterapeuta é o profissional de saúde, habilitado a construir diagnósticos dos distúrbios cinéticos funcionais, a prescrever, ordenar e induzir condutas fisioterapêuticas no paciente, bem como o acompanhar da evolução do quadro clínico funcional e as condições para alta do serviço. Dentre suas atribuições profissionais gerais estão prestar e estabelecer rotinas para a assistência com as adequações necessárias a cada paciente, elaborar diagnósticos Cinesiológico Funcional, prescrever,

planejar, ordenar, analisar, supervisionar, avaliar os projetos fisioterapêuticos e o estado funcional dos pacientes.

Esses profissionais podem, além de prestarem serviços em hospitais, clínicas e centros de recuperação Bio-Psico-Social, desenvolver projetos em educação, voltados para a formação do profissional em Fisioterapia. Dentre algumas de suas atribuições em educação estão a direção, coordenação e supervisão dos cursos de graduação em Fisioterapia; a docência de disciplinas básicas e profissionalizantes e a participação em projetos inter e transdisciplinares. Outras atribuições são voltadas para a industrialização e comercialização de equipamentos e produtos para tratamentos em fisioterapia.

Para contemplar todos esses critérios, a formação do fisioterapeuta deve abranger um conjunto de competências e habilidades a serem desenvolvidas em todas as disciplinas oferecidas pelos cursos de graduação. Em específico à disciplina de Biofísica, podemos perceber que ela engloba competências e habilidades que permitirão ao futuro profissional desenvolver muitas das atribuições às quais será capacitado. Dessa forma, os conteúdos devem ser trabalhados visando essas competências, juntamente com o previsto na ementa da disciplina.

A falta de um planejamento ou até mesmo um planejamento inadequado podem ser as causas do insucesso dos resultados esperados. Para se ter subsídios que fundamentem os objetivos é preciso pesquisa, que envolve a observação do contexto social e profissional. Ferraz e Belhot (2010), apontam que

> A não realização de um planejamento pedagógico adequado, que delimite conteúdo e escolha estratégias educacionais eficazes, pode levar os docentes a enfrentarem alto grau de evasão em suas disciplinas, ou mesmo uma ansiedade pessoal relacionada ao fato de perceberem que seus discentes não estão atingindo o nível de desenvolvimento (cognitivo, de competência e de habilidade) desejado (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 430).

A própria ementa da disciplina apresenta objetivos comportamentais ou instrucionais. Mas como resolver a difícil tarefa de se ensinar métodos e técnicas, de tal forma que emerjam dos alunos comportamentos esperados, sendo uma exigência que formemos pessoas com pensamentos amplos, capazes de fazerem parte da construção de seus próprios conhecimentos?

Essa é uma tarefa difícil, mas mesmo com um planejamento amplo, com objetivos bem definidos pode haver uma mescla entre a instrução e a expressão. Podemos ter dois tipos de objetivos, os instrucionais e os expressivos. Enquanto os objetivos instrucionais se preocupam, de uma forma geral, com “a aquisição do que já é conhecido” (BORDENAVE;

PEREIRA, 1986, p. 100) envolvendo capacidades de diferenciar, selecionar, identificar, etc; os objetivos expressivos envolvem opinião, criatividade, ou seja, "visam a elaboração e modificação do que já se conhece" (p. 100).

A sequência de ensino foi planejada hierarquicamente de tal forma que pudesse contemplar ao máximo as necessidades do acadêmico de Fisioterapia definidas pelo COFFITO e citadas anteriormente. Sequências de ensino são formadas pelos conteúdos a serem abordados, as atividades planejadas para contemplar os objetivos pretendidos e os procedimentos para o andamento dessas atividades. Para Zabala, as sequências formam "um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos" (1995, p. 18).

A organização hierárquica, segundo Gagné (1973), tem consequências muito evidentes no ensino, pois o objetivo geral de todos os educadores é fazer com que o processo de aprendizagem se torne o mais fácil possível para o aluno. A situação de aprendizagem que conta com a participação do aluno deve proporcionar a oportunidade para a progressão ou passagem para a próxima etapa. De acordo com Perrenoud (2000),

> Uma situação de aprendizagem inscreve-se em um dispositivo que a torna *possível* e, às vezes, em uma *sequência* didática na qual cada situação é uma etapa em uma progressão. Sequências e dispositivos didáticos inscrevem-se, por sua vez, em um contrato pedagógico e didático, regras de funcionamento e *instituições internas à classe* (p. 33).

Portanto, as sequências de ensino permitem, além da organização dos mecanismos de aprendizagem, como as atividades, avaliações, métodos e técnicas, que a ordem seja facilitadora da aprendizagem.

Os objetivos pretendidos devem "garantir que a aprendizagem seja eficiente, isto é, que a maior modificação possível no comportamento do aluno ocorra em um período mínimo de tempo." (GAGNÉ, 1973, p.219) Com base no desempenho apresentado por acadêmicos em anos anteriores e tendo em vista a necessidade do profissional da área de Fisioterapia ter uma formação voltada para a escolha do melhor tratamento baseado no estudo prévio de doenças, objetivos foram definidos com base na proposta apresentada na ementa da disciplina.

Para que performances diferentes possam ser observadas nos alunos, os verbos que fazem parte dos objetivos devem ser tais que possibilitem essa observação. Os verbos, dessa forma, devem descrever uma "ação manifesta" (GAGNÉ, 1973, p. 220) Para tanto, o planejamento contará com verbos do tipo "afirmar", "deduzir" e "identificar" (GAGNÉ, 1973,

p. 220). Já que expressam respectivamente afirmação verbal, criar uma sequência e fazer uma escolha (GAGNÉ, 1973, p.220).

Para que os objetivos sejam alcançados e a performance seja observada, diversos tipos de atividades foram escolhidas para contemplar a proposta instrucional e avaliar a expressividade dos estudantes e suas respostas ao método. Dentre elas estão a resolução de problemas, atividades práticas, aulas de revisão e grupos de discussão de questões problematizadoras e situações clínicas.

Resolução de problemas

A resolução de problemas foi um tipo de atividade bastante utilizado nesta pesquisa. A justificativa de sua escolha se baseia no fato de que existe uma ampla variedade de situações que podem ser abordadas de diversas maneiras, o que a faz um recurso bastante abrangente.

A resolução de problemas constitui o oitavo tipo de aprendizagem segundo Gagné (1973) e é a mais avançada.

> Quando a solução do problema é alcançada, alguma coisa é sempre *aprendida*, no sentido de que a capacidade do indivíduo se modificou mais ou menos permanentemente. O que resulta da resolução de problemas é um *princípio de ordem superior*, que, daí por diante, se torna parte do cabedal do indivíduo (GAGNÉ, 1973, p. 141).

Resolver problemas é combinar princípios aprendidos em situações prévias com princípios mais avançados. Uma das finalidades à qual é direcionada essa combinação é para o controle e modificação do ambiente, promovendo que o aluno adquira mais habilidades, podendo cada vez mais resolver problemas.

> A aprendizagem baseada em problemas (ABP) é uma estratégia em que os estudantes trabalham com o objetivo de solucionar um problema. Trata-se, portanto de uma estratégia de ensino centrada no estudante, que deixa o papel de receptor passivo e assume o de agente e principal responsável pelo seu aprendizado (GIL, 2012, p. 175).

O papel do professor com a ABP passa a ser como auxiliador do processo de ensino e aprendizagem. Já o aluno passa a ser agente ativo de sua própria aprendizagem, já que busca soluções para uma determinada situação, que no caso dos alunos de Fisioterapia permite as discussões na clínica e na terapia. Outras contribuições promovidas por este tipo de

aprendizagem estão relacionadas ao trabalho em grupo, pesquisa de pequenas partes do problema a fim de compor o todo. O aluno não recebe o conteúdo para memorizá-lo, mas sim aplicados em uma situação real (GIL, 2012).

Aulas de Revisão

As aulas de revisão têm por objetivo retomar conceitos e habilidades aprendidos em etapas anteriores no processo de ensino e aprendizagem. Funciona também como elemento motivador, constituindo o insumo (input), já que se propõe retomar aprendizagens anteriores, com a finalidade de facilitar a aprendizagem interdisciplinar a qual a Biofísica proporciona.

O curso de Fisioterapia não oferece disciplinas de Cálculo e Física Geral antes da Biofísica, o que justifica a implementação desse tipo de aula. Com a retomada de conteúdos procura-se fornecer condições e motivações para a futura aprendizagem, que por sua vez mostra-se como um desafio a ser ultrapassado. "Além do professor, há vários objetos e artifícios, desde os livros até os aparelhos de televisão, que apresentam esta função geral de fornecer *inputs* à pessoa que aprende" (GAGNÉ, 1973, p. 247).

Foram empregadas revisões de conteúdos do ensino médio com a finalidade de sanar pequenas carências que ficaram nessa etapa. Se o aluno não tem clara a ideia de que conceitos são fundamentais e operações matemáticas são importantes para a resolução dos problemas, provavelmente encontrará dificuldades para vencer a etapa que se apresenta como a disciplina de Biofísica.

Atividades práticas e experimentais

As atividades práticas e experimentais se apresentam como um importante recurso a ser empregado em qualquer nível de ensino. Esses tipos de atividades permitem que os alunos deixem de ser simples expectadores para construtores de sua própria aprendizagem. Contudo, existem inúmeros estudos que defendem o uso dessas atividades como um dos mais importantes agentes que proporcionam essa mudança de comportamento dos alunos.

Antes das justificativas da escolha dessas atividades, faz-se necessário uma distinção entre atividades práticas e atividades experimentais. Segundo, Rosito (2008) atividades práticas compreendem "todo e qualquer trabalho em que os alunos estejam ativos e não passivos." (p. 196) Essas atividades podem ser de resolução de problemas, interpretação de dados, manuseio de experimentos e equipamentos, atividades no computador, etc. (p. 196) Já o experimento, aqui colocado como atividade experimental, é um "ensaio científico destinado à verificação de um fenômeno físico." (ROSITO, 2008, p. 196) Contudo, são esses dois tipos de atividades que farão parte das sequências de ensino que serão apresentadas na seção 2.4.

Um dos principais motivos da defesa do uso da atividade experimental no ensino de ciências baseia-se no fato de que ela "permite maior interação entre professor e os alunos, proporcionando, em muitas ocasiões, a oportunidade de um planejamento conjunto e o uso de estratégias de ensino que podem levar a melhor compreensão dos processos das ciências." (MORAES, 2000, p. 197) Além disso, auxilia na resolução de problemas, ajuda a compreender e constatar abstrações, sem falar que propicia o aluno a adquirir alguns conhecimentos técnicos como, por exemplo, análise qualitativa e quantitativa de dados.

Historicamente, as atividades experimentais foram agregadas ao ensino de ciências para que os alunos não tivessem uma aprendizagem memorística, e sim que soubessem aplicar esses conhecimentos. De acordo com Axt e Moreira (1991) a experimentação é um importante meio para o "aprimoramento conceitual" (p. 98), pois quando for integrada ao conteúdo deve mostrar a "inter-relação teoria – experimento" (p. 98).

Atividades experimentais podem ter diferentes abordagens. Pode-se ter com uma mesma atividade, diversas abordagens com objetivos específicos e predeterminados. De acordo com Séré et al. (2003), a atividade experimental pode ter vários enfoques como, por exemplo, verificar uma lei, comparar modelos, comparar métodos experimentais e concepção de um experimento.

A verificação é a abordagem mais utilizada pelos professores. Nela, propõe-se que se verifique a relação entre dois conceitos, ou a verificação de uma lei,

> o objetivo do professor é enfocar a teoria buscando estabelecer uma primeira relação entre ela e o mundo dos objetos. Dispondo-se de um único equipamento, o ajuste faz-se de forma relativamente rápida, não exigindo uma atividade de reflexão por parte do aluno (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 34).

Na comparação de modelos, não é apresentado nenhum objetivo aos alunos. "Não se trata de propor aos alunos a comparação de "modelos teóricos"... mas de modelos de comportamento" (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 35). Cabe a quem realiza a atividade

decidir qual estratégia utilizar, percebendo "que um mesmo conjunto de dados pode ser modelado diferentemente" (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 35).

Se a atividade tiver a abordagem de comparação de métodos experimentais, "a teoria é usada apenas para uma avaliação da exatidão dos resultados experimentais" (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 37). Previamente aprendida, a teoria funciona como base e análise dos resultados permite que o aluno busque o mais eficaz método para análise, baseado na teoria.

A concepção de um experimento é a abordagem que apresenta mais dificuldades entre os estudantes. Nela, o aluno deve, com o material disponível, montar e realizar medidas. Embora muito vasta, essa abordagem é a que melhor propicia que o aluno busque, reflita e integre a teoria com a experimentação.

Com uma abordagem semelhante, Borges (2002) aponta os objetivos do laboratório. Os quatro objetivos são: verificar/comprovar leis e teorias científicas; ensinar o método científico; facilitar a aprendizagem e comprovação de conceitos e ensinar habilidades práticas.

A verificação/comprovação de leis e teorias científicas é um objetivo dado ao laboratório de ciências que prioriza o resultado e não o processo em si, pois o aluno sabe que tem que obter um resultado, pois este já é previsto por uma teoria. Já o objetivo de ensinar o método científico afirma,

> que a atividade experimental é essencial à ciência e que a observação e a experimentação fornecem dados puros, verdadeiros e objetivos, e, por isso mesmo, confiáveis, em vista de sua independência de quaisquer ideias teóricas do observador, ou seja, está apoiada na ideia de que qualquer observador não tendencioso registrará as mesmas observações sobre aquela parte da realidade para a qual ele volta sua atenção (BORGES, 2002, p. 300).

Utilizar a atividade experimental para facilitar a aprendizagem e a compreensão de conceitos requer um "planejamento cuidadoso" (BORGES, 2002, p. 301), pois as ideias prévias dos estudantes formam a base para o direcionamento da situação apresentada. Já o objetivo de ensinar habilidades práticas envolve direcionar o estudo para aprender a usar equipamentos, aparelhos de medidas e, utilizar recursos tecnológicos para o tratamento e análise de dados.

Uma importante parte do uso de atividades experimentais é o roteiro propriamente dito. Todas as atividades experimentais empregadas nesta pesquisa possuem roteiro para guiar os acadêmicos. Esses roteiros, embora elaborados com passo a passos para serem seguidos pelos alunos, não comprometem a visão construtivista da proposta. Em cada etapa, questões problematizadoras relacionando a física e a biologia são mescladas com situações reais que

serão enfrentadas pelos profissionais de fisioterapia. Devido ao curto período de tempo disponível, para a abordagem de diversos assuntos, optou-se pela utilização dos roteiros para que os alunos fossem guiados durante a realização da atividade. Moreira e Levandowski afirmam que os roteiros podem ser utilizados também em outras situações, como,

> quando a parte de laboratório de um curso se destina a ilustrar e facilitar a aquisição do conteúdo. Pode também ser muito útil para resolver problemas administrativos como insuficiência de equipamento, muitos alunos e falta de auxiliares para o professor. Isto é, uma vez que os guias de laboratório são programados, os alunos podem realizar os experimentos individualmente sem o auxilio do professor ou de monitores (ou pelo menos com uma assistência muito pequena) (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983, p. 13-14).

As questões utilizadas ao longo do roteiro refletem o fato dos alunos terem conhecimentos prévios, que devem ser considerados durante o processo de ensino e aprendizagem. "O aluno é o agente ativo do processo de construção do conhecimento e o professor assume o papel de mediador entre os novos conceitos e os conceitos já existentes na mente do aprendiz" (SUART; MARCONDES, 2008, p. 4).

Observações e procedimentos para o levantamento das dificuldades

Existem vários métodos que permitem a um pesquisador a coleta de dados para análise em seu projeto. Dentre esses métodos podem-se destacar entrevistas, questionários e observações. Todos esses métodos apresentam vantagens e desvantagens, porém são eficazes se empregados de forma adequada de acordo com a realidade que se deseja pesquisar.

As observações fazem parte da metodologia científica e é uma técnica de levantamento de dados que está intrínseca na formação do ser humano. As observações do espaço acadêmico, do comportamento dos estudantes participantes e de suas discussões, formaram a base de coletas de informações para o levantamento das dificuldades dos acadêmicos participantes dessa pesquisa. Dessa forma, a observação deve descrever a realidade de forma objetiva, clara e que não agregue opiniões do observador.

A observação é um dos principais recursos utilizados para a coleta de dados em abordagens qualitativas (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), por ser um recurso que está contido nas bases da ciência, é também uma importante ferramenta capaz de fornecer indícios sobre uma

determinada realidade acadêmica. Porém, antes de observar essa realidade é pertinente que se faça a seguinte indagação: por que observar?

Observamos para buscar elementos sobre uma realidade, para saber, conhecer e refletir sobre esses elementos. Quando analisamos algo ou alguém, adquirimos a capacidade de poder contar, identificar e classificar certas características que passariam despercebidas por uma análise mais rápida. A observação, quando utilizada no espaço escolar ou acadêmico tem por finalidade desenvolver e promover melhorias nas condições de ensino. É necessária "uma *observação contínua*, da qual uma das funções é atualizar e completar uma representação das aquisições do aluno" (PERRENOUD, 2000, p.49) Dessa forma, observar qualitativamente deve ser uma atividade contínua para que características relevantes ao andamento das demais atividades e à avaliação sejam incorporadas a essas etapas da aprendizagem, se adequando ao perfil dos participantes, ou seja, "nada substitui a observação dos alunos no trabalho, quando se quer conhecer suas competências" (PERRENOUD, 2000, p. 49).

Se por um lado a observação permite que se faça uma reflexão sobre a prática e o replanejamento das atividades e atitudes, por outro lado ela traz o perigo de fazermos julgamentos precipitados e errôneos. Cada pessoa interpreta a realidade a partir das suas concepções, sua história de vida, dos sentidos que atribuem às coisas e dessa forma, pode interferir nas observações feitas (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Como afirma Vianna (2003),

> [...] os significados que se encontram na mente humana são construídos nas relações sociais e não naquilo que está sendo objeto da observação. Desse modo, diversas pessoas, a partir de suas experiências individuais, podem "ver" o mesmo objeto de formas diferentes. O objeto não muda, é sempre o mesmo, o que se altera é a organização mental de quem observa (VIANNA, 2003, p. 90).

Contudo, observar implica considerar atentamente os fatos para conhecê-los bem e com isso poder aperfeiçoá-los. A pergunta que devemos refletir e responder, "*por que observar?"*, pressupõe que ninguém observa sem motivos. Sendo assim, alguém que se proponha a fazer observações no campo escolar ou acadêmico deve ter bem claro o que ele intenta fazer, quais são seus objetivos. Com base nessa pergunta, o observador explicita os motivos da observação, o que pretende alcançar.

Libâneo (2008) mostra, em uma das classificações dadas às observações, que estas podem ser quantitativas ou qualitativas. Nas quantitativas os dados são registrados em documentos com itens que guiam na análise do que se deseja observar. Já nas qualitativas, a análise é baseada em dados coletados, que são interpretados para descobrir seu significado. Ambas sugerem buscar respostas para os fatos, através da análise, interpretação e reflexão,

visando selecionar aspectos do trabalho do professor, do comportamento dos alunos, da disposição dos ambientes da escola e da relação entre os demais componentes, para então repensar e replanejar o que está sendo feito.

Em muitas pesquisas, alguns critérios são selecionados para que se possa fazer uma análise cada vez mais efetiva. Partindo para as observações propriamente ditas, é necessário delimitar sistematicamente o que será efetivamente observado, para que depois os registros dessas observações sirvam para reflexão e análise da prática (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Essas reflexões são de total importância para a melhora da atividade profissional, pois se tornará a base para a realização de planejamentos quer estejam de acordo com as reais necessidades da turma a ser trabalhada.

Para estabelecer critérios de observação, buscaram-se as consequências provocadas pela influencia do ambiente e do professor (eventos externos) que influenciam nos processos internos do aluno propostos por Gagné (1985). Dentre eles estão a mudança de estímulo que produz excitação no aluno, provocando efeitos no processo de atenção; a valorização e diferenciação de características de objetos que facilita a percepção seletiva; as instruções verbais, imagens, diagramas, que sugerem esquemas de codificação; a exibição de sinais que ajudam na recuperação; a informação ao aluno sobre o objetivo de aprendizagem, que influencia nas respostas; as instruções que estabelecem conjuntos que ativam e selecionam estratégias adequadas, provocando efeitos no controle do processo e a informação do objetivo que ainda estabelece uma expectativa específica para o desempenho. Contudo, esses efeitos formaram a base das observações que foram feitas nesse trabalho, pois direcionam e selecionam um conjunto de critérios capazes de mostrar relações que poderão contribuir para o planejamento de atividades e o entendimento das preocupações e das percepções dos alunos.

Segundo Cozby (2003) existem dois tipos de observação que podem ser utilizadas em uma pesquisa com a finalidade de obter informações acerca do comportamento e outras variáveis de importância na pesquisa. Esses dois tipos são a *observação naturalística* e a *observação sistemática*. Na observação naturalística "o pesquisador realiza observações num ambiente natural particular (campo), durante um período longo de tempo, usando diferentes técnicas para coletar informações" (p. 125).

A observação naturalística é bem completa, pois o pesquisador deve observar tudo. Aspectos, como por exemplo, como está disposto o ambiente, o relacionamento entre as pessoas participantes, as discussões, entre outros, devem fazer parte da observação. O objetivo deste tipo de observação é "fornecer um quadro completo e preciso, em vez de testar hipóteses previamente formuladas" (COZBY, 2003, p. 126).

Este tipo de observação é muito complexo, pois o pesquisador deve saber tudo a respeito de um ambiente. Porém, as variáveis que aparecem ao longo das observações podem ser de um número muito grande. Isso obriga o observador a limitar "o alcance de suas observações" (COZBY, 2003, p. 129) para que se possa conhecer melhor sobre questões pertinentes ao estudo. Sendo assim, a observação naturalística se apresenta como um método eficaz quando utilizada para estudar comportamentos sociais mais do que para testar hipóteses previamente formuladas.

Na observação sistemática o pesquisador observa "um ou mais comportamentos específicos num ambiente particular" (COZBY, 2003, p. 130). Para utilizar este tipo de observação são delimitadas algumas variáveis baseadas em hipóteses formuladas, é escolhido o ambiente para a observação e são essas variáveis que são estudadas com precisão.

Neste tipo de observação é pertinente que o pesquisador faça um sistema que possa categorizar as informações obtidas de acordo com suas hipóteses. Essas categorias facilitam a organização dos dados que são obtidos e posteriormente auxiliam na análise dos mesmos. Para evitar que alguma informação passe despercebida muitas vezes é utilizado o recurso de filmagem.

Nesta pesquisa foram formuladas algumas hipóteses que poderiam ser a causa das dificuldades encontradas pelos estudantes do curso de Fisioterapia da UFSM, que serão descritas nas próximas seções. Com base nessas hipóteses foram escolhidos alguns tipos de comportamento para serem observados. Em outras palavras, utilizou-se a observação sistemática para a obtenção de informações acerca do ambiente da sala de aula da disciplina de Biofísica A.

Com os objetivos bem definidos, basta partir para as observações propriamente ditas, para que, em seguida, possa analisar e refletir sobre os fatos encontrados durante a pesquisa. Com esses dados podem-se identificar as dificuldades de aprendizagem ou motivos que levam um determinado grupo a não compreender um conjunto de conceitos necessários a sua formação. Sendo assim, observar propicia ao professor não só o melhoramento de seu desempenho profissional, mas também o progresso na aprendizagem dos alunos. Em outras palavras, "o instrumento da observação apura o olhar (e todos os sentidos) tanto do educador quanto do educando para a leitura diagnóstica de faltas e necessidades da realidade pedagógica" (WEFFORT, 1995, p. 3).

Descrição dos instrumentos de avaliação

Quando nos referimos à avaliação, logo nos vem à mente a nossa formação e vivência escolar. Estamos com a ideia de que a avaliação da aprendizagem é obtida através de notas obtidas em provas, em que as práticas avaliativas "tratam o conhecimento como o produto de um valor determinado devendo ser meramente medido e quantificado." (PONTES, 2001, p. 20) Ou seja, uma avaliação que em nada contribui para "diagnosticar e redimensionar a experiência educativa, destacando os aspectos e situações em que não foi bem sucedida e aquelas em que ainda não foi, mas que poderá vir a ser" (PONTES, 2001, p. 20). Sendo assim, as avaliações, além de não suprirem a necessidade de contribuir para a formação de cidadãos que saibam ser críticos em suas realidades, servem para classificar os alunos entre os que sabem e os que não sabem.

A avaliação é um dos elementos do processo de ensino e aprendizagem que merecem diversas críticas. Essas críticas referem-se ao fato de que, muitas vezes, a avaliação é vista como simplesmente um instrumento classificatório, excludente e que não promove melhorias no ensino. Também não podemos ter a certeza de que a avaliação, da maneira que está ocorrendo nas instituições de ensino, realmente forneça subsídios que demonstrem que realmente a aprendizagem tenha ocorrido. Porém, devemos ter clara a ideia de que a avaliação é um recurso fundamental, capaz de fornecer indícios para o replanejamento do ensino e "para garantir o direito de aprender." (GIL, 2012, p. 244)

A avaliação deve ser contínua e vinculada ao planejamento das ações educativas. Desta maneira, a avaliação serve não só para demonstrar a evolução do aluno em termos de aprendizagem, com objetivos definidos no planejamento, mas também como um instrumento capaz de detectar falhas e propiciar a reformulação desse planejamento. Para que isso ocorra é necessária a integração e comunicação entre professor e alunos, mostrando para esses últimos que eles também são parte importante do processo, e que os resultados de uma avaliação devem servir para readequar a sequência inicial às necessidades educacionais exigidas pelos mesmos. "Avaliar democraticamente – embora o termo não esteja mais em moda pressupõe que o avaliado tenha sempre acesso aos processos avaliativos, não como sofredor do processo, mas como sujeito participante de sua elaboração e de seus resultados" (LIMA; COSTA, 2009, p. 5).

Todo tipo de avaliação deve estar diretamente interligada ao processo de aprendizagem. Gagné (1980) compreende que a avaliação significa investigar se o aluno

conseguiu ou não realizar cada um dos procedimentos de cada fase do processo de aprendizagem, a fim de chegar a um objetivo pré-estabelecido. Estes procedimentos são estruturados em hierarquias de tal forma que cada instrução depende da instrução anterior. Dessa forma, a avaliação é baseada na instrução, pois existe uma meta a ser alcançada através de uma sequência educacional.

Por ser um recurso de importância elevada, a avaliação deve ser capaz de verificar, se de fato estão ocorrendo mudanças no comportamento dos estudantes, bem como em que medida estas mudanças estão ocorrendo. Caso a aprendizagem não esteja sendo eficaz, pode-se definir que mudanças podem ser feitas para assegurar sua eficácia antes que seja tarde demais (GIL, 2012, p. 244).

Saul (1988) fala sobre a avaliação ter o caráter emancipatório. A avaliação emancipatória é caracterizada "por um processo de descrição, análise e crítica de uma dada realidade, visando transformá-la." (p. 61) Saul afirma que existem dois objetivos básicos na avaliação emancipatória, o de "iluminar o caminho da transformação" (p. 61), mostrando que esta avaliação se preocupa com o futuro, com o que esta deseja transformar, partindo do "autoconhecimento crítico do concreto, do real, que possibilita a clarificação das alternativas para a revisão desse geral" (p. 61); e "beneficiar as audiências no sentido de torná-las autodeterminadas" (p. 61), acreditando no valor da liberdade para os componentes do programa educacional.

Se a avaliação deve ser capaz de fornecer indícios que possibilitem o replanejamento das ações educativas, não basta simplesmente substituir as avaliações por outras; é necessário mudar o sentido de como esses instrumentos estão sendo empregados. Para isso, a concepção pedagógica que se tem deve ser revista e reformulada, para que o objetivo de avaliar diagnosticamente realmente traga benefícios para os alunos, que devem ser o foco de todo o processo educacional.

Questionários

Questionários são um dos principais instrumentos de medida utilizados por pesquisadores. Geralmente, e é o caso desta pesquisa, os questionários são empregados com a finalidade de se obter informações sobre comportamentos, atitudes e pontos de vista sobre um determinado assunto. (COZBY, 2003) As possibilidades para a criação de um questionário

são infinitas. Sendo assim, podemos muitas vezes criar um instrumento sem validade, ou seja, que não consiga trazer informações sobre o que se pretendia investigar.

Para evitar esses equívocos, deve-se ter o cuidado de definir o objetivo a qual se pretende alcançar, escolher perguntas que realmente forneçam as informações procuradas e organizá-las de forma adequada. Contudo, para que as informações obtidas sejam confiáveis, deve-se validar o instrumento a ser utilizado. O processo de validação indica o grau de confiabilidade do instrumento utilizado, o que é necessário para que cada vez mais se tenha certeza da opinião média dos participantes da pesquisa. Essa validação também indica se existem diferenças consideráveis no grupo em estudo. Cozby (2003) aponta algumas considerações sobre pesquisas de levantamento, que envolvem questionários e entrevistas.

Os questionários empregados nesta pesquisa tiveram como principal objetivo investigar o interesse dos alunos pela Física Geral. Com vinte questões dispostas no tipo de questionário Likert (1932), esses instrumentos mostraram o que os estudantes pensam sobre a Física Geral, o que sentem em relação à disciplina e até que ponto consideram útil a Física em suas vidas profissionais.

A validação de um questionário é dada através dos critérios de confiabilidade e de fidedignidade comentados anteriormente. Como a escala utilizada foi a proposta por Likert, números podem ser associados às respostas, o que permite que possa ser analisado estatisticamente. Detalhes desses critérios também serão apresentados na mesma seção mencionada anteriormente.

Provas

As provas talvez sejam o instrumento avaliativo mais empregado nas universidades e demais instituições de ensino. Masetto (2012) mostra os instrumentos de avaliação como *técnicas avaliativas* que precisam ser vinculadas ao processo de aprendizagem para que possam realmente expressar avanços na aprendizagem dos estudantes.

Dentre as técnicas avaliativas estão as *técnicas para avaliação de aprendizagem cognitiva, de habilidades, de aspectos afetivos* e *para avaliação de aquisição de atitudes e valores.* As provas estão classificadas nas técnicas para avaliação de aprendizagem cognitiva e compreendem diversos tipos tais como a prova discursiva ou dissertação; a prova oral,

entrevista; a prova com consulta; a prova com teste de múltipla escolha; a prova com questões de lacunas; estudo de caso e trabalhos e monografias.

Na disciplina de Biofísica A, ao longo do trimestre, foram empregados três instrumentos avaliativos de aquisições conceituais e competências sobre o conteúdo (provas) do tipo teste de múltipla escolha. Essas três provas foram aplicadas com o intuito de diminuir os efeitos negativos que o uso incorreto da avaliação empregada apenas ao final da disciplina pudesse ter. Este tipo de prova, além de apresentar rápida correção, suporta a necessidade dentre cinco alternativas de um problema envolvendo um caso clínico real, do estudante ter de escolher a opção que se mostre mais adequada à situação empregada e que forneça a solução mais rápida e eficaz. Outra justificativa da escolha deste tipo de prova está no fato de se adequar à realidade socioeconômica enfrentada pelo profissional da área da saúde, levando-se em conta provas de seleção de concursos públicos que deverão enfrentar.

Atividades práticas e experimentais

As atividades práticas foram elaboradas baseando-se na ementa da disciplina que apresenta, como mencionado antes, uma parte teórica e uma parte prática. Essas atividades foram utilizadas como uma metodologia não só capaz de explorar e melhorar a descoberta, o questionamento, a investigação de conceitos físicos, como também como estratégia para a contribuição do melhoramento do rendimento da população envolvida.

A estratégia do trabalho em grupo visa promover a capacidade de discutir ideias, estudar e buscar soluções a um determinado problema, o que é previsto pela visão construtivista da aprendizagem, que enfatiza que a interação entre os alunos e entre estes e o professor está diretamente relacionada com o seu desenvolvimento e aprendizagem (VYGOTSKY, 1998). Quando envolvidos por uma metodologia que proporcione discussões com os colegas, o aluno além de se tornar agente da construção do próprio conhecimento, aprende e desenvolve o convívio social, já que precisa lidar com ideias diferentes e chegar a uma solução que esteja de acordo com os demais integrantes do grupo.

Durante o semestre as atividades práticas foram aplicadas utilizando-se a metodologia que engloba a separação da turma em pequenos grupos (de três pessoas) (LAUGHLIN; HATCH; SILVER; BOH, 2006), onde cada uma assume um papel importante na simulação de uma situação clínica real. Esses três papéis são o do clínico, o paciente e o responsável pela

anotação das medidas. Essa metodologia permite aos participantes terem uma visão mais ampla da situação, já que precisam entrar em acordo para dar uma solução ao problema proposto.

Além do professor existem também outros elementos que contribuem e influenciam para o processo de ensino e aprendizagem. O ambiente, os materiais, os conhecimentos prévios para a resolução dos problemas, também são fatores que podem interferir para o êxito ou não da aprendizagem.

Investigação dos interesses dos alunos pela Física Geral

Antes de partir para o método utilizado para a investigação do interesse dos alunos pela Física Geral, convém refletir sobre uma questão básica: "Qual a relevância, para qualquer trabalho, saber o que pensam e o que sentem os alunos sobre a disciplina a ser estudada?".

Embora a análise seja um pouco complicada de se fazer, devido às inúmeras combinações de sentimentos que podem aparecer, podemos dizer que os interesses e as atitudes apresentadas pelos alunos estão diretamente ligados à sua motivação. Se por um lado discutimos a importância de ter um aluno motivado em sala de aula, para que ele possa aproveitar ao máximo os ensinamentos do professor, por outro lado, parece óbvia a necessidade de investigarmos o que pensam e o que sentem esses alunos. Nas palavras de Talim (2004), "[...] a atitude dos estudantes em relação à disciplina é um fator de grande influência na sua aprendizagem [..]." (p. 313).

Para um aproveitamento satisfatório existem muitas variáveis que são importantes e que devem ser levadas em consideração. Talvez a mais importante variável esteja associada, pelo menos em relação às ciências, ao aspecto motivacional. Existem muitos estudantes que trazem consigo a concepção, certamente herdada de seus familiares, "de que a ciência é difícil" (TALIM, 2004, p. 314) ou até mesmo que "causa problemas sociais" (TALIM, 2004, p. 314), sem mencionar a visão de que é e sempre foi constituída por indivíduos do sexo masculino (CACHAPUZ et al., 2005).

Se por um lado essas concepções podem influenciar na motivação dos estudantes, por outro lado, se identificados os indícios que levam à falta de interesse, estes podem ser trabalhados de tal forma que provoquem modificações no comportamento dos estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem. "A atitude, normalmente, tem algum valor

preditivo sobre o rendimento e uma mudança de atitude durante o curso pode ser um dado importante para a avaliação do próprio processo de ensino-aprendizagem" (SILVEIRA; GASPARIAN; 1984, p. 65).

De acordo com Costa et al. (2009) ter "interesse por algo é participar substantivamente para a conquista daquilo que se objetiva, ou seja, é inferir sobre aquilo que mais convém e que mais atrai, gerando uma sensação de instigação ou mesmo de curiosidade." (p. 5) Já a atitude pode ser vista como a disposição de indivíduo em relação a um objeto. Essa atitude está diretamente relacionada com o que o indivíduo aprendeu, com suas vivências, ou seja, com o que acredita ser certo ou errado.

A escala apresenta cinco opções para cada afirmação. Essas afirmações, em número parecido, podem ser positivas ou negativas. As opções podem ser vistas no quadro 2, juntamente com o código que aprece no questionário. Dependendo da opção assinalada e se a afirmativa for positiva ou negativa, números de 1 a 5 são associadas a essas opções.

Opção	**Código**	**Escore para afirmação positiva**	**Escore para afirmação negativa**
Concordo Plenamente	CP	5	1
Concordo	C	4	2
Não tenho opinião ou estou indeciso	NO	3	3
Discordo	D	2	4
Discordo Totalmente	DT	1	5

Quadro 2 – Opções apresentadas no questionário utilizando o método Likert.

Se a afirmação for positiva os números são distribuídos da seguinte maneira: 1 para DT, 2 para D, 3 para NO, 4 para C e 5 para CP. Do contrário, se a afirmação tiver sentido negativo, os números são associados da seguinte forma: 1 para CP, 2 para C, 3 para NO, 4 para D e 5 para DT.

Avaliar o que pensam os alunos sobre a Física Geral nos mostra a real dimensão da motivação que apresentam; o que nos direciona também sobre qual caminho seguir e quais variáveis levar em consideração no planejamento das demais atividades. O questionário elaborado buscou verificar aspectos comportamentais tais como preferências e sentimentos

em relação à vivência escolar com a disciplina de física, com as atividades desenvolvidas, sejam práticas ou teóricas, e com sua concepção da importância da física para suas vidas.

2.3 A bibliografia sugerida na disciplina de Biofísica A

Nessa seção será feita uma análise dos livros sugeridos como bibliografia básica da disciplina de Biofísica A e apresentada a adaptabilidade dos mesmos para os trabalhos de pesquisa em ensino. Essa análise permitiu que se tivesse uma visão mais aprofundada dos materiais que são indicados, mostrando se contemplam ou não todos os componentes técnicos esperados para cada disciplina.

O objetivo da análise das referências da ementa da disciplina se fez necessária devido à preocupação em ter um material que contemple não apenas os conteúdos de Biologia e Física e suas relações, mas também problemas que desafiem os estudantes a resolverem situações semelhantes às que vivenciarão no ambiente de trabalho. Um desafio que se encontra pelo professor da disciplina foi justamente a falta de uma referência que englobe essas necessidades. A partir dessa situação tornou-se imprescindível a utilização de vários materiais, inclusive capítulos selecionados de algumas das referências não citadas na ementa.

Dentre tantos recursos didáticos, o livro apresenta um papel importante no ensino, em qualquer nível de ensino. Para o aluno, o livro passa o sentimento de segurança e confiança em se ter um material para consultar, referenciar e recomendar. Dessa forma, a escolha deve ser alicerçada e fundamentada em uma análise criteriosa, buscando subsídios que proporcionem uma aprendizagem eficaz.

O que se busca em um livro didático é que ele forneça subsídios que permitam ao acadêmico formar a base para que possa desenvolver habilidades específicas e que fundamentem estudos posteriores. É de se esperar que o livro como recurso didático único, não seja capaz de reunir essas características. Porém, acompanhado de outras atividades dentro do planejamento, pode se tornar um recurso bastante completo. Portanto, o livro tem o papel de disponibilizar, de forma organizada, os conteúdos, as informações e as situações que permitam ao aluno pesquisar, exercitar, conhecer situações que possam ser complementadas através das demais atividades apresentadas.

Baseando-se na análise de conteúdo proposta por Bardin (1977) foram estabelecidos alguns critérios para examinar os textos. Dentre os critérios analisados estão as relações entre os conteúdos de Física e Biologia, os exemplos, os exercícios e os problemas. A análise desses itens permite determinar se as bibliografias aderem aos requisitos que se julgam fundamentais para a formação técnica que se espera de estudantes de Fisioterapia. Para tanto,

após o estabelecimento desses critérios partiu-se para análise de cada livro, destacando pontos relevantes para a discussão da bibliografia sugerida.

A ementa da disciplina de Biofísica A (Anexo A) do curso de Fisioterapia da UFSM sugere cinco livros. Primeiramente, fez-se uma listagem dos livros com os respectivos autores, editora e ano de publicação (Quadro 3). Deve-se ressaltar que o livro *Biofísica: fundamentos e aplicações* do autor Durán (2002) que consta na bibliografia sugerida não está disponível nas bibliotecas da universidade e nem foi possível sua aquisição, por isso não pode ser analisado.

Número	Livro	Autor (es)	Editora	Ano
1	Física para Ciências Biológicas e Biomédicas	Emico Okuno; Iberê L. Caldas; Cecil Chow	Harbra	1982
2	Biofisica	Antonio S. Frumento	Intermédica	1973
3	Biofísica	Eduardo A. C. Garcia	Sarvier	2002
4	Desvendando a Física do Corpo Humano	Emico Okuno; L. Fratin	Manole	2003

Quadro 3 – Descrição técnica dos livros analisados.

A seguir, as constatações de cada critério analisadas em cada livro sugerido.

A organização didática e as relações entre Biologia e Física

A organização didática de um livro é um item importante a ser considerado. Muitas vezes, a sequência proposta pelo livro é uma característica que define se ele será ou não adotado pelo professor. Porém, não somente a estrutura dos capítulos, mas também se o conjunto contempla o que foi proposto na ementa também são fatores que influenciam na escolha do referencial teórico.

O livro a ser utilizado deve ter um corpo elucidativo e ser capaz de explicitar e auxiliar na resolução de problemas como um guia sistematizado. Para a verificação das indicações para a disciplina, comparou-se a estrutura da ementa (5 unidades) com a estrutura dos livros, lembrando que as bibliografias da ementa são sugeridas pelo colegiado do curso, que muitas vezes não realiza uma análise mais criteriosa para inseri-las em programas de disciplinas. Procurou-se em cada um deles as unidades e os conteúdos programáticos contemplados, os resultados encontram-se no Quadro 4.

Número	**Livro**	**Organização Didática**	**Unidades da ementa contemplada**
1	Física para Ciências Biológicas e Biomédicas	Unidade I – 7 capítulos Unidade II – 5 capítulos Unidade III – 5 capítulos Unidade IV - 2 capítulos Unidade V – 2 capítulos Unidade VI – 5 Guias de estudo	Unidade 1 – apenas o item 1.6 Unidade 2 Unidade 3 Unidade 4 – item 4.1
2	Biofisica	23 capítulos e 2 apêndices	Unidade 1 – itens 1.2, 1.3, 1.4 e 1.6 Unidade 3 Unidade 4 Unidade 5 – itens 5.1 e 5.2
3	Biofísica	Parte I – 2 capítulos Parte II – 8 capítulos Parte III – 3 capítulos Parte IV – 1 Capítulo Parte V – 1 Capítulo Parte VI – 5 capítulos Parte VII – 1 Capítulo	Unidade 1 – itens 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 e 1.6 Unidade 2 Unidade 3 Unidade 5- itens 5.1 e 5.2
4	Desvendando a Física do Corpo Humano: Biomecânica	8 capítulos	Unidade 4 – itens 4.1 e 4.2

Quadro 4 – Organização didática dos livros.

Pode-se observar uma não regularidade na estrutura dos livros. Nem todos apresentam, em uma primeira análise, os conteúdos esperados. Embora indicados para a mesma disciplina, nem todos possuem todos os critérios exigidos. Alguns nem poderiam ser indicados por serem

suficientes apenas para uma pequena parcela do esperado. Para maiores detalhes, a análise será feita a partir de cada unidade presente na ementa. Os livros serão referidos, a partir de agora, pelos números indicados no Quadro 2.2.

Unidade 1: Radiações eletromagnéticas

O Livro 1 apresenta como particularidade um estudo dos conceitos básicos sobre as radiações com aplicações na indústria, na agricultura, na Biologia e na Medicina. Traz também um apanhado sobre a importância da proteção radiológica e os efeitos que causa na matéria. Porém, dos tipos de radiação, apenas os raios X e os raios gama são contemplados, deixando de lado outros tipos de radiação que são imprescindíveis para o entendimento dos tratamentos fisioterápicos.

Separando em dois capítulos, o Livro 2 apresenta, primeiramente, um conjunto de informações sobre a Física das radiações e em outro momento, as interações e aspectos de radioterapia. Essa separação propiciou que os conteúdos de Física e Biologia ficassem muito desconexos, configurando relações muito gerais, já que aparecem sem o envolvimento necessário.

O Livro 3, diferentemente dos demais livros, apresenta uma abordagem bastante suficiente para a unidade 1. Nela tem-se a abordagem conceitual da Física e Biologia em conjunto, mostrando a história, as características, as aplicações e os cuidados que se devem ter durante a aplicação de tratamentos que usem os princípios da radiação.

O Livro 4 não apresenta contribuições para a unidade 1 da ementa.

Unidade 2: Ultrassonografia

Abordando toda a unidade 2, o Livro 1 apresenta uma estrutura com aplicações e conceitos básicos que são necessários ao entendimento da proposta. O texto é bem explicativo e apresenta uma linguagem bastante simples. Nesse capítulo, traz as propriedades de detecção e geração de ondas ultrassônicas. Também mostra como são feitos os tratamentos em Fisioterapia e os efeitos causados ao passar por tecidos do corpo humano.

O Livro 2 não apresenta contribuições para a unidade 2 da ementa.

A parte de ultrassonografia contida no Livro 3 aborda os conceitos relativos, em um capítulo, às ondas sonoras, como suas propriedades, as qualidades fisiológicas e fenômenos como o de ressonância. Através desses conceitos básicos, também apresentados com uma linguagem muito simples, tem-se em capítulos posteriores, todo o estudo sobre a fonação,

audição e ultrassonografia. Para os ultrassons são contemplado as aplicações, os tipos, os tratamentos e uma breve seção sobre os equipamentos de ultrassonografia e como funcionam.

O Livro 4 não apresenta contribuições para a unidade 2 da ementa.

Unidade 3: Biofísica dos sistemas

Também com uma abordagem da unidade 3, o Livro 1 traz os conceitos básicos de Física, porém não mostra a parte fisiológica que seria necessária para o entendimento completo da circulação e respiração.

O Livro 2 apresenta no capítulo sobre Circulação uma revisão sobre os conceitos básicos de Hidrostática e Hidrodinâmica, seguido da abordagem fisiológica do sangue. Já o capítulo sobre a respiração externa parte diretamente para a composição dos gases da respiração e a dinâmica da respiração, fazendo algumas relações que os alunos podem discutir de aspectos biofísicos do sistema respiratório.

No Livro 3 tem-se a abordagem da circulação e respiração em capítulos diferentes, dando uma importância maior para as doenças e tratamentos, sem a explanação dos conceitos físicos e as conexões.

O Livro 4 não apresenta contribuições para a unidade 3 da ementa.

Unidade 4: Biofísica da contração muscular

O Livro 1 considera o item 4.1 da unidade 4: tensões no músculo em repouso. Porém, apresenta uma abordagem de conceitos físicos, como os de força e torque, com um maior destaque do que os conteúdos de Biologia. Isso faz com que se tenha uma abordagem física e descrição matemática mais acentuada, desestruturando as relações esperadas.

Para a unidade 4, o Livro 2 apresenta uma metodologia que seria a esperada para uma interação interdisciplinar: não separa os conceitos físicos dos biológicos. Ao propor uma situação clínica, a descreve de acordo com os fenômenos físicos e biológicos envolvidos, dando também o tratamento matemático necessário.

O Livro 3 não apresenta contribuições para a unidade 4 da ementa.

Embora o Livro 4 seja sobre Biomecânica, aborda apenas os itens 4.1 e 4.2: tensões no músculo em repouso e em atividade. Apresenta os conceitos de força, torque, máquinas simples, mas com poucas aplicações fisiológicas. Essas aplicações são destinadas a capítulos específicos, como os de *Ossos*, *Máquinas Simples* e *Força Muscular*. Com relação às imagens, algumas trazem implicações das forças e rotações em partes do corpo, mas, a geração de calor e tratamentos fisioterápicos não são abordados nesse livro.

Unidade 5: Bioeletricidade

O Livro 1 não apresenta contribuições para a unidade 5 da ementa.

Para a unidade 5, o Livro 2 também apresenta uma metodologia voltada à descrição em conjunto dos conceitos de Física e Biologia. Mostra situações, tanto clínicas quanto abordagens clássicas de problemas, e como chegar a conclusões que poderão ser a solução deles. Outra particularidade é a ênfase dada à matemática contida em problemas.

No livro 3 tem-se todos os ensinamentos sobre o eletrocardiograma. Entretanto, essa abordagem vem desvinculada a conceitos físicos, sendo a ênfase voltada à Fisiologia do coração e as doenças relacionadas. Também não mostra como interpretar o eletrocardiograma no contexto da ação clínica do futuro fisioterapeuta.

O Livro 4 não apresenta contribuições para a unidade 5 da ementa.

Em análise mais detalhada feita com relação à contemplação ou não dos conteúdos exigidos pela disciplina de Biofísica A, podemos observar algumas particularidades que levaram à organização de um material auxiliar. Uma delas está no fato de que as seções 1.1 e 5.3 da ementa não são abordadas em nenhuma das obras analisadas. Estas seções, sobre ondas curtas e fundamentos de eletromiograma, são importantes para o entendimento de procedimentos que farão parte das atividades profissionais dos futuros fisioterapeutas em técnica de Diatermia e avaliação de doenças musculares.

Outra característica apresentada está no fato da maior importância dada ou somente aos conteúdos de Física ou somente nos conteúdos de Biologia. Apenas pequenas seções de cada livro podem ser consideradas como interdisciplinares, ou seja, que apresentam relações fundamentadas e aplicadas à área da saúde. Contudo, espera-se que livros indicados em uma disciplina de grande importância como a de Biofísica sejam capazes de agregar e abordar de maneira eficaz o que foi proposto e o que se espera que um bom profissional tenha de conhecimento.

Pode-se observar que embora a disciplina tenha sido prevista para englobar um número maior de conteúdos, o Livro 4 apresenta apenas a parte de Mecânica. Isso o faz insuficiente para ser utilizado como bibliografia para a disciplina, sendo apenas utilizável para estudos da Unidade 4 da ementa.

Ainda sobre o Livro 4, de uma forma geral, os capítulos apresentam uma abordagem física sem grandes relações com a Fisiologia do corpo humano. Algumas relações aparecem em exemplos e exercícios, mas não no texto. O único capítulo que traz alguns conceitos referentes aos músculos, sua localização e a relação com as alavancas da Física é o capítulo 5

(Máquinas Simples) e o capítulo 6 (Força Muscular). Porém não explicam sobre a anatomia, apenas fazem relações gerais, diferentemente do capítulo 7 (Ossos) que traz relações de Física e Biologia de forma bastante eficaz.

Outra particularidade sobre o Livro 4, é a metodologia empregada no capítulo 8. Esse capítulo tem por objetivo apresentar atividades práticas para cada capítulo do livro. As atividades foram planejadas de tal forma que possam ser reproduzidas com materiais alternativos em sala de aula e não somente com materiais específicos utilizados em laboratório. No Quadro 5 podem ser observadas as atividades propostas no capítulo 8 do Livro 4.

Capítulo	**Atividades**
1 – Força	Construção e calibração de um dinamômetro Condições de equilíbrio estático com relação à translação
2 – Torques	Momento de força ou torque
3 – Centro de gravidade	Centro de gravidade
4 - Rotações	Momento de inércia e momento angular
5 – Máquinas simples	Alavancas Plano inclinado
6 – Força Muscular	Associação de elásticos
7 – Ossos	Resistência de um elástico

Quadro 5 – As atividades práticas propostas para cada capítulo do Livro 4.

Podemos observar que as atividades são muito parecidas com as que encontramos na literatura para sala de aula, geralmente para o ensino fundamental e médio, com exceção da atividade intitulada *Associação de elásticos*. Essa atividade tem como objetivos além de caracterizar a associação de elásticos, estabelecer a analogia entre a mesma e a configuração das fibras musculares, o que é imprecisa e inadequada. Assim como as demais atividades, apresenta uma lista de materiais necessários à realização, diferindo em uma parte que traz uma introdução à associação de molas em série e em paralelo. Enfatiza que os elásticos utilizados não têm comportamento idêntico ao das molas, mas que apresentam as mesmas relações entre as grandezas força e a deformação. Essa associação entre músculos e elásticos é surreal e ingênua e não deveria ser feita porque o comportamento muscular é muito mais

complexo e os músculos somente ficam elásticos após a perda do córtex cerebral pelos indivíduos. Isso é parcialmente verdade como analogia para tendões. A seguir as imagens das associações em série e em paralelo, que devem ser montadas pelos alunos.

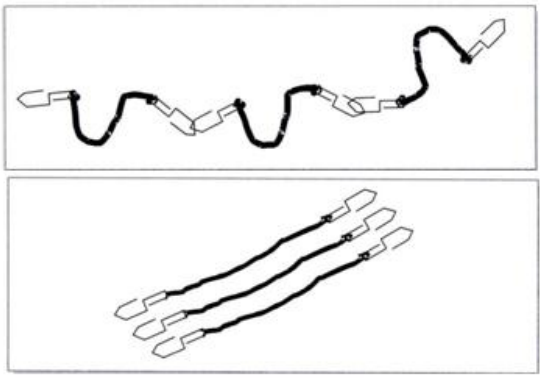


Figura 2 – Esquema da montagem do experimento proposto para o capítulo 6.

A estrutura de todas as atividades consiste em apresentar os objetivos, os materiais necessários para a realização da atividade e os procedimentos a serem realizados. Essas atividades apresentam papel importante no entendimento dos conceitos de Física que estão presentes em situações reais do fisioterapeuta. Porém, essas atividades são propostas de maneira desconexa, sem o devido tratamento que pudesse suprir as necessidades que a disciplina se propõe, divergindo dos objetivos estabelecidos.

Tendo em vista toda a análise feita com relação à estrutura e as relações entre Física e Biologia podem-se apontar algumas características nas bibliografias sugeridas. Uma delas está no fato de não englobarem todos os conteúdos exigidos e as relações necessárias. Alguns itens não estão presentes em nenhum dos livros analisados. Isso mostra que a adoção das sugestões presentes na ementa da disciplina poderá ser fatores que comprometerá a aprendizagem se não estiverem fundamentados em outras atividades.

Deste modo, a escolha de um único livro didático não é uma atitude aconselhável, pois é necessária, para uma aprendizagem mais eficaz e completa, a consulta em diversos materiais, não só para o professor, “que não pode ser refém dessa única fonte, por melhor que venha a tornar-se sua qualidade” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNANBUCO, 2002, p. 37), quanto para o aluno. Dessa maneira, o livro serve mais como um recurso no processo de

aprendizagem, embora apresente para o aluno a segurança e confiança na leitura e pesquisa. Porém, se deve levar em consideração que a falta de informação sobre a estrutura dos livros, conduz a indicação de bibliografias insuficientes como consequência, os estudantes muitas vezes, prendem-se nessas indicações que não suprem suas necessidades de aprendizagem e tornam o ensino desvinculado da realidade (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNANBUCO, 2002).

A relevância entre os exemplos

Para a categorização dos exemplos, construiu-se uma escala onde se atribui os escores 1, 2 ou 3 para cada item analisado, pois acredita-se que a atribuição dos escores permite visualizar o potencial de cada exemplo. Primeiramente, foi feita uma contagem do número de exemplos por cada capítulo, para que em seguida, fosse atribuído a cada exemplo um número referente à relevância que apresenta para a aprendizagem dos acadêmicos. Além disso, também foi realizada a contagem da quantidade de exemplos para cada escore.

Os escores têm as seguintes características:

1. *Sem relevância*: exemplos que englobam apenas aplicações em Física ou Biologia, como aplicações diretas de fórmulas ou caracterizações teóricas da Fisiologia do corpo humano.
2. *Parcialmente relevante*: questões que apresentam termos relacionados à Biologia e Física, porém, não em situações clínicas reais.
3. *Totalmente relevante*: questões que trazem contribuição para a futura profissão, como situações clínicas que englobam soluções biofísicas.

Os exemplos ao longo do texto de cada livro permitem aos estudantes a primeira visualização de aplicação dos conceitos estudados. As situações envolventes devem ter relações reais com a futura profissão, a fim de que os conhecimentos possam ser empregados de maneira mais efetiva. Principalmente para área da saúde, a potencialidade de situações problemáticas permite ao aluno pensar, relacionar e inovar na maneira de resolver essas situações, mesmo no caso de exemplos já resolvidos nos livros, que não são encontradas nas literaturas já discutidas.

Como mencionado anteriormente, cada exemplo foi analisado e teve um escore atribuído, para em seguida serem contabilizados dentro de cada capítulo. A seguir, podem-se observar os resultados para cada livro.

Tabela 6 – Dados referentes à análise dos exemplos do Livro 1.

Livro 1: Física para Ciências Biológicas e Biomédicas					
Unidade	**Capítulo**	**Número de exemplos**	**Número de exemplos e a relevância**		
			1	**2**	**3**
I	1	3	3	0	0
	2	0	0	0	0
	3	4	0	4	0
	4	3	3	0	0
	5	5	4	1	0
	6	2	2	0	0
	7	1	1	0	0
	8	0	0	0	0
II	9	12	12	0	0
	10	2	2	0	0
	11	7	3	3	1
	12	3	3	0	0
	13	8	8	0	0
III	14	5	5	0	0
	15	3	2	0	1
	16	3	0	0	3
	17	5	5	0	0
	18	5	5	0	0
IV	19	7	7	0	0
	20	7	2	2	3
V	21	8	5	3	0
	22	1	0	1	0
Total de exemplos			94		

Para uma melhor análise dos resultados os dados foram reunidos em um gráfico (Figura 3).

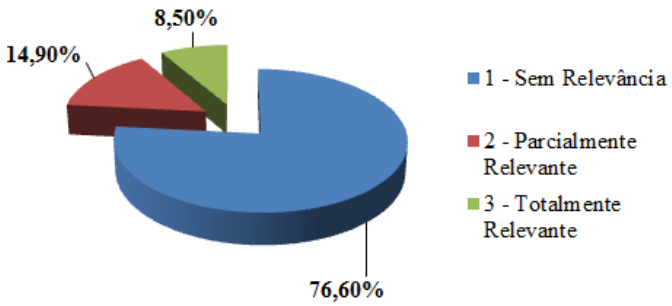


Figura 3 – Gráfico referente aos exemplos do Livro 1.

Nesse gráfico em formato de pizza podemos observar uma pequena fatia, correspondente a 8,50% do total de 94 (noventa e quatro) exemplos, que apresentam potencial para a formação do fisioterapeuta. Ainda pode-se analisar a grande porcentagem referente a exemplos sem relevância (76,60%), ou seja, aqueles representados pelas aplicações de equações ou descrições teóricas dos sistemas do corpo humano.

Para o Livro 2, obteve-se os dados organizados no tabela 7.

Tabela 7 – Dados referentes à análise dos exemplos do Livro 2.

Livro 2: Biofisica				
Capítulo	**Número de exemplos**	**Número de exemplos e a relevância**		
		1	**2**	**3**
1	0	0	0	0
2	2	0	0	2
3	2	2	0	0
4	6	6	0	0
5	11	11	0	0
6	0	0	0	0
7	3	3	0	0
8	1	1	0	0
9	2	2	0	0
10	6	3	0	3
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0

Livro 2: Biofisica				
Capítulo	**Número de exemplos**	**Número de exemplos e a relevância**		
		1	**2**	**3**
15	1	0	0	1
16	1	0	1	0
17	1	0	1	0
18	1	1	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	2	1	1	0
23	0	0	0	0
Total de exemplos		39		

Para uma melhor análise dos resultados os dados foram reunidos em um gráfico (Figura 4).

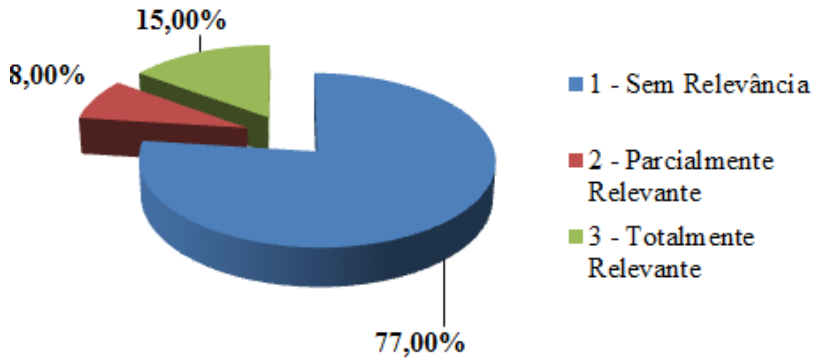


Figura 4 – Gráfico referente aos exemplos do Livro 2.

Nesse gráfico podemos observar uma pequena fatia, correspondente a 8% do total de 39 (trinta e nove) exemplos, apresenta potencial para a formação do fisioterapeuta. Ainda pode-se analisar a grande porcentagem referente a exemplos sem relevância (77%), ou seja, aqueles representados pelas aplicações de equações ou descrições teóricas dos sistemas do corpo humano. Apenas 15% são parcialmente relevantes, ou seja, apresentam algumas relações entre os conteúdos, mas não em situações clínicas reais.

No Livro 3 foi encontrado apenas 1 (um) exemplo nos 21 (vinte e um) capítulos propostos. Esse exemplo foi caracterizado como sem relevância, ou seja, sem grandes contribuições para a formação em Biofísica.

Para o livro 4, obteve-se os dados organizados na tabela 8.

Tabela 8 – Dados referentes à análise dos exemplos do Livro 4.

Livro 4: Desvendando a Física do Corpo Humano: Biomecânica				
Capítulo	**Número de exemplos**	**Número de exemplos e a relevância**		
		1	**2**	**3**
1	9	5	1	3
2	4	2	0	2
3	5	2	2	1
4	5	5	0	0
5	4	0	0	4
6	5	1	2	2
7	6	1	2	3
8	Capítulo de atividades experimentais			
Total de exemplos	38			

Para uma melhor análise dos resultados os dados foram reunidos em um gráfico (Figura 5).

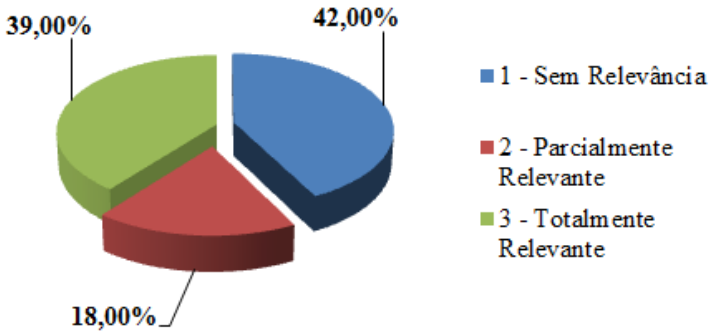


Figura 5 – Gráfico referente aos exemplos do Livro 4.

Nesse gráfico podemos observar uma porcentagem de exemplos sem relevância (42%) e de exemplos totalmente relevantes (39%) muito próximas. Porém, mesmo assim o número de exemplos que não trazem uma contribuição mais acentuada ainda é maior.

A relevância entre os problemas

Cada atividade que não tenha um algoritmo para a resolução é conhecida como *problema.* Porém, Costa e Moreira (1996) afirmam que a definição dos problemas pode abrir margem a várias interpretações: "um problema é um estado subjetivo da mente, pessoal para cada indivíduo, um desafio, uma situação não resolvida, cuja resposta não é imediata, que resulta em reflexão e uso de estratégias conceituais e procedimentais, provocando uma mudança nas estruturas mentais" (p. 177).

A necessidade que se tem em promover nos alunos a capacidade de pensar, de desenvolver habilidades cognitivas para dar soluções a uma situação, leva muitos educadores a pesquisarem sobre a importância da metodologia de resolução de problemas. Berbel (1998) afirma que a metodologia da problematização vem sendo utilizada como estratégia de ensino em áreas da saúde por propiciar pensamento e novas formas de resolver determinadas situações. Cudmani (1998) complementa o que foi dito mostrando que a resolução de problemas em situações de sala de aula é uma prática integradora que além de diversos benefícios já conhecidos relacionados à elaboração de estratégias e técnicas, proporciona relações interpessoais de trabalho em grupo.

Portanto, da mesma forma que foram analisados os exemplos, os problemas foram examinados separadamente, contados e receberam um escore de acordo com o grau de relevância apresentado.

Para o livro 1, obteve-se os dados organizados na tabela 9.

Tabela 9 – Dados referentes à análise dos problemas do Livro 1

Livro 1: Física para Ciências Biológicas e Biomédicas					
Unidade	**Capítulo**	**Número de problemas**	**Número de problemas e a relevância**		
			1	**2**	**3**
I	1	19	14	5	0
	2	0	0	0	0
	3	9	1	5	3
	4	14	14	0	0
	5	16	10	6	0
	6	12	7	1	4
	7	0	0	0	0
	8	0	0	0	0
II	9	14	11	2	1
	10	14	12	2	0
	11	12	4	8	0
	12	8	8	0	0
	13	12	12	0	0
III	14	14	14	0	0
	15	14	12	0	2
	16	13	0	6	7
	17	15	15	0	0
	18	14	13	1	0
IV	19	15	11	1	3
	20	13	5	4	4
V	21	15	4	11	0
	22	15	3	12	0
Total de problemas			248		

Para uma melhor análise dos resultados os dados foram reunidos em um gráfico (Figura 6).

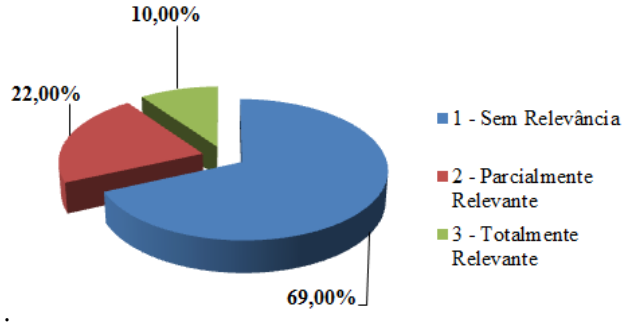


Figura 6 – Gráfico referente aos problemas do Livro 1.

No gráfico da Figura 6 pode-se observar uma pequena parcela, correspondente a 10% do total de 248 (duzentos e quarenta e oito) problemas, que apresenta potencial para a formação do fisioterapeuta. Ainda pode-se analisar a grande porcentagem referente a problemas sem relevância (69%), ou seja, aqueles ditos exercícios e não problemas.

Os Livros 2 e 3 não apresentam situações problemáticas. Já o livro 4, apresenta problemas e os dados estão organizados na tabela 10.

Tabela 10 – Dados referentes à análise dos problemas do Livro 4.

Livro 4:Desvendando a Física do Corpo Humano: Biomecânica				
Capítulo	**Número de problemas**	**Número de problemas e a relevância**		
		1	**2**	**3**
1	11	7	2	2
2	7	3	2	2
3	8	4	3	1
4	8	7	1	0
5	15	8	2	5
6	6	0	4	2
7	8	3	3	2
Total de problemas		63		

Para uma melhor análise dos resultados os dados foram reunidos em um gráfico (Figura 7).

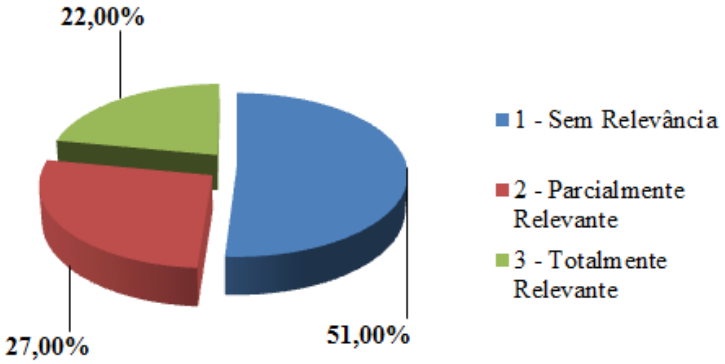


Figura 7 – Gráfico referente aos problemas do Livro 4.

No gráfico da Figura 7 mais uma vez fica evidente a grande porcentagem (51%) de problemas sem relevância para a formação em Biofísica. Deve-se relembrar que o livro 4 só apresentaria contribuições para a Unidade 4 da ementa.

As leituras complementares e os apêndices

As leituras complementares e os apêndices também são itens importantes na análise de um livro, pois têm a função de dar suporte e complementar os estudos. Através dos apêndices tem-se a possibilidade de relembrar e talvez conhecer constantes e símbolos que geralmente aparecem em problemas ao longo do livro texto. No quadro 6 podem-se observar os conteúdos desses materiais para cada livro.

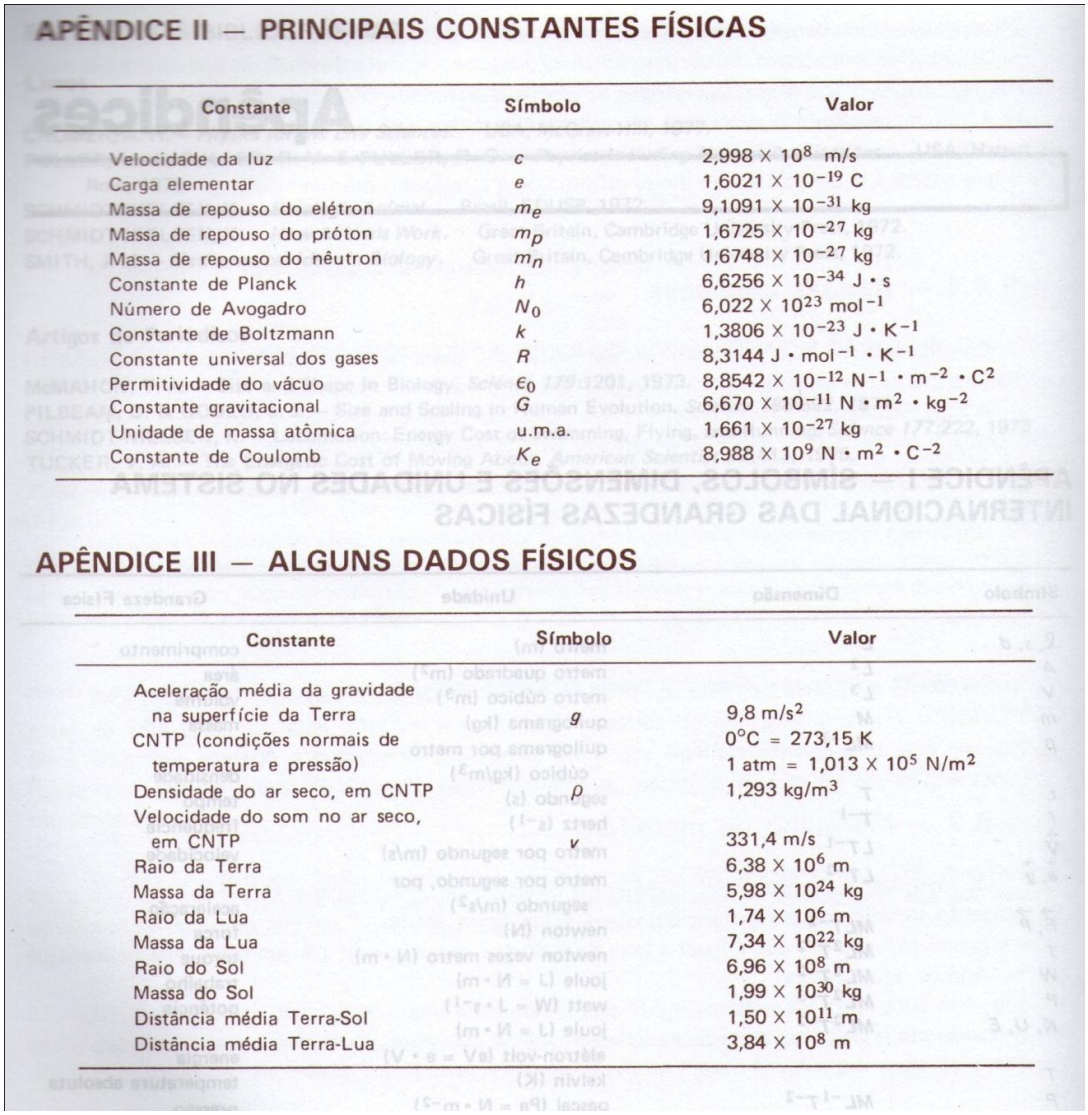
Número	**Livro**	**Autor (es)**	**Capítulos extras**
1	Física para Ciências Biológicas e Biomédicas	Emico Okuno; Iberê L. Caldas; Cecil Chow	Apêndice I – Símbolos, dimensões e unidades no sistema internacional das grandezas físicas Apêndice II – Principais constantes físicas Apêndice III – Alguns dados físicos Apêndice IV – Fatores de conversão Apêndice V – Conteúdo energético de alguns combustíveis Apêndice VI – Apêndice matemático Apêndice VII – Ordem de grandeza
2	Biofisica	Antonio S. Frumento	Apêndice A – Fundamentos de matemática Apêndice B – Instrumentação Índice de símbolos e abreviaturas
3	Biofísica	Eduardo A. C. Garcia	Não há capítulos extras ou apêndices.
4	Desvendando a Física do Corpo Humano	Emico Okuno; L. Fratin	Apêndice – Algumas relações matemáticas utilizadas no livro

Quadro 6 – Os apêndices e os capítulos extras dos livros analisados.

No Livro 1 percebe-se a grande preocupação com a simbologia utilizada na representação de grandezas físicas e com operações matemáticas. Nos apêndices II e III são

apresentados valores de constantes físicas e alguns valores que geralmente são utilizados na resolução de problemas, como por exemplo, o valor da aceleração média da gravidade na superfície da Terra. Já no apêndice VI, voltado para a abordagem matemática, há uma preocupação em apresentar operações que envolvem potências, funções do tipo logarítmica, do segundo grau e suas propriedades, a conversão entre as unidades de medida e tópicos de Geometria e Trigonometria.

Um detalhe importante é a estrutura apresentada nos apêndices. As informações são organizadas em tabelas para facilitar a compreensão e a consulta. A seguir, como exemplo dessa estrutura, as tabelas presentes nos apêndices II e III.



APÊNDICE II — PRINCIPAIS CONSTANTES FÍSICAS

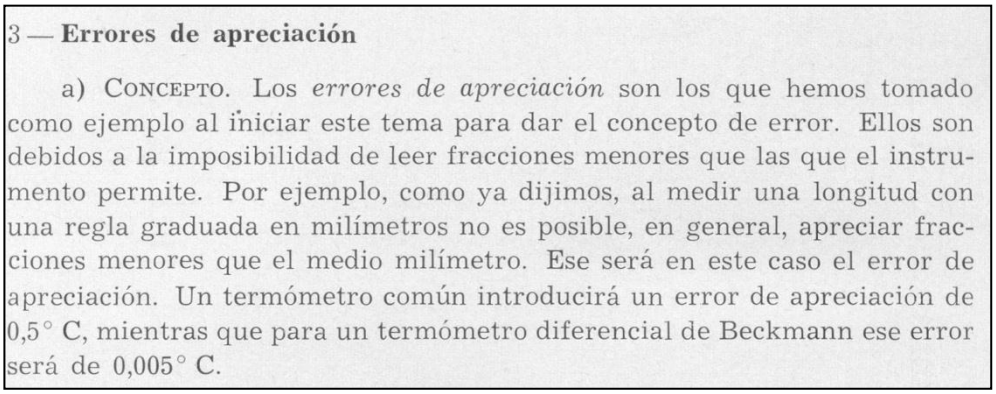
Constante	Símbolo	Valor
Velocidade da luz	c	$2{,}998 \times 10^{8}$ m/s
Carga elementar	e	$1{,}6021 \times 10^{-19}$ C
Massa de repouso do elétron	m_e	$9{,}1091 \times 10^{-31}$ kg
Massa de repouso do próton	m_p	$1{,}6725 \times 10^{-27}$ kg
Massa de repouso do nêutron	m_n	$1{,}6748 \times 10^{-27}$ kg
Constante de Planck	h	$6{,}6256 \times 10^{-34}$ J • s
Número de Avogadro	N_0	$6{,}022 \times 10^{23}$ mol^{-1}
Constante de Boltzmann	k	$1{,}3806 \times 10^{-23}$ J • K^{-1}
Constante universal dos gases	R	$8{,}3144$ J • mol^{-1} • K^{-1}
Permitividade do vácuo	ϵ_0	$8{,}8542 \times 10^{-12}$ N^{-1} • m^{-2} • C^2
Constante gravitacional	G	$6{,}670 \times 10^{-11}$ N • m^2 • kg^{-2}
Unidade de massa atômica	u.m.a.	$1{,}661 \times 10^{-27}$ kg
Constante de Coulomb	K_e	$8{,}988 \times 10^{9}$ N • m^2 • C^{-2}

APÊNDICE III — ALGUNS DADOS FÍSICOS

Constante	Símbolo	Valor
Aceleração média da gravidade na superfície da Terra	g	9,8 m/s^2
CNTP (condições normais de temperatura e pressão)		0°C = 273,15 K 1 atm = $1{,}013 \times 10^{5}$ N/m^2
Densidade do ar seco, em CNTP	ρ	1,293 kg/m^3
Velocidade do som no ar seco, em CNTP	v	331,4 m/s
Raio da Terra		$6{,}38 \times 10^{6}$ m
Massa da Terra		$5{,}98 \times 10^{24}$ kg
Raio da Lua		$1{,}74 \times 10^{6}$ m
Massa da Lua		$7{,}34 \times 10^{22}$ kg
Raio do Sol		$6{,}96 \times 10^{8}$ m
Massa do Sol		$1{,}99 \times 10^{30}$ kg
Distância média Terra-Sol		$1{,}50 \times 10^{11}$ m
Distância média Terra-Lua		$3{,}84 \times 10^{8}$ m

Figura 8 – Exemplos de tabelas dos apêndices do Livro 1 (p.460).

O Livro 2 apresenta dois apêndices e um índice de símbolos e abreviaturas. No apêndice A têm-se conceitos matemáticos como funções e os tipos de funções; conceitos de geometria, como a equação da reta e ângulos; potências e logaritmos; probabilidades e erros; conceitos de cálculo diferencial e integral. Vale ressaltar nesse apêndice, a presença de uma parte voltada para a probabilidade e a teoria dos erros (Figura 9), o que demonstrou a preocupação do autor em fornecer elementos que supram a necessidade de profissionais da área da saúde em conhecer e trabalhar com estatística em experimentos de coleta e análise dos dados.



3 — **Errores de apreciación**

a) CONCEPTO. Los *errores de apreciación* son los que hemos tomado como ejemplo al iniciar este tema para dar el concepto de error. Ellos son debidos a la imposibilidad de leer fracciones menores que las que el instrumento permite. Por ejemplo, como ya dijimos, al medir una longitud con una regla graduada en milímetros no es posible, en general, apreciar fracciones menores que el medio milímetro. Ese será en este caso el error de apreciación. Un termómetro común introducirá un error de apreciación de 0,5° C, mientras que para un termómetro diferencial de Beckmann ese error será de 0,005° C.

Figura 9 – Exemplo de abordagem sobre erros do apêndice do Livro 2 (p. 710).

O apêndice B, intitulado como *instrumentação*, apresenta algumas características de registro e medição por alguns instrumentos de medida, como por exemplo, a alavanca isotônica e o tambor de Marey. Também aparecem as condições que devem ter os instrumentos de medida a fim de que registrem com maior precisão: sensibilidade, fidelidade, exatidão, estabilidade; ressaltando que estas condições são diferentes de acordo com o objeto utilizado.

Nesse apêndice também podem ser encontradas instruções de como utilizar aparelhos eletrônicos de medida, o que chama de instrumentação eletrônica (Figura 10), embora os esquemas de circuito estejam incorretos e não possam ser reproduzidos em laboratório de ensino de Biofísica, por sugerirem o uso de componentes eletrônicos obsoletos como válvulas eletrônicas, com esquema elétrico inadequado.

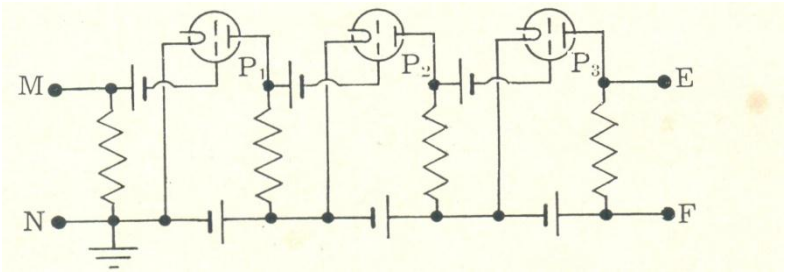


Figura 10 – Esquema de um circuito amplificador presente nos apêndices do Livro 2 (p. 742).

O Livro 3 não apresenta capítulos extras e apêndices.

O apêndice do Livro 4 apresenta exemplos relacionados à trigonometria e à geometria. Mostra as relações presente no triângulo retângulo, bem como tabela de valores de seno e cosseno e algumas asserções sobre a reta, equação e gráficos.

Os materiais utilizados durante a disciplina

Como a bibliografia da disciplina de Biofísica A se mostrou insuficiente, tanto pela falta de relações entre os conteúdos, quanto pela falta de exemplos e problemas que pudessem mostrar potencial para a formação dos futuros fisioterapeutas, foi necessário confeccionar materiais de apoio para os estudantes. Essa seleção de materiais é uma nova proposta metodológica que se julga ser recomendável para atender as necessidades de aprendizagens dos acadêmicos de fisioterapia. Portanto, para a seleção desses materiais procurou-se, dentro de outras bibliografias também, capítulos que contemplassem todos os itens que foram analisados nas bibliografias sugeridas e que apresentariam potencial inovador para a formação em biofísica.

A organização do material utilizado foi determinada pelas unidades da ementa e apresenta a estrutura mostrada no Quadro 7.

Unidade da ementa	Material selecionado.
Unidade 1 – Radiações eletromagnéticas	Capítulo 38 – Ondas eletromagnéticas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1995)
Unidade 2 - Ultrassonografia	Capítulo 14 – Som (TIPLER, 1995)
Unidade 3 – Biofísica dos Sistemas	Capítulo 15 – Biofísica da circulação sanguínea (HENEINE, 2010) Capítulo 16 – Biofísica da Respiração (HENEINE, 2010) I Consenso Brasileiro sobre Espirometria (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 1996) IV Diretrizes Brasileiras para o Manejo da Asma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALERGIA E IMUNOPATOLOGIA, 2006) II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 2004) Capítulo 11 – Mecânica dos sólidos e Mecânica dos fluidos (TIPLER, 1995)
Unidade 4 – Biofísica da contração muscular	Capítulo 14 – Contração muscular (HENEINE, 2010)
Unidade 5 – Bioeletricidade	Capítulo 15 – Biofísica da circulação sanguínea (HENEINE, 2010) Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2003) Atlas of Cardiac Arrhythmias (NATHANSON et. al, 2003)

Quadro 7 – Capítulos e materiais utilizados na disciplina de Biofísica.

Vale ressaltar que os materiais foram utilizados como um apoio aos demais materiais que foram desenvolvidos dentro de um planejamento mais amplo, envolvendo metodologias diferenciadas que serão mostradas no capítulo 3. Embora alguns materiais pareçam insuficientes tendo em vista o que se julgou necessário na análise da bibliografia sugerida, eles juntamente com as demais atividades práticas, problemas e exercícios, formam um sistema mais próximo do que melhor traria contribuições para a aprendizagem dos alunos.

Em análise ao material utilizado podem-se perceber algumas características bem distintas. Dentre elas, pode-se destacar, para as unidades 1 e 2, a utilização de material específico de Física. A justificativa para essa escolha está no fato de muitos estudantes apresentarem dificuldades na resolução de problemas que envolvam tais conceitos e que são de total importância para o entendimento dos tratamentos fisioterápicos. Foi utilizado um material específico de Física pelo fato de os estudantes cursarem, no mesmo semestre da Biofísica, as disciplinas de Anatomia Funcional do Sistema Nervoso, Cinesiologia, Farmacologia aplicada à Fisioterapia, Fisioterapia na Promoção da Saúde, Introdução às

Ciências Sociais para Saúde e Patologia; o que nos fez dar um pouco mais de atenção aos conteúdos que deveriam ter sido aprendidos em estudos anteriores.

Para a Unidade 3, que aborda os sistemas respiratório e circulatório, foram selecionado dois capítulos do livro *Biofísica Básica* de Ibrahim Heneine. O capítulo 15 desse livro apresenta uma parte de bioeletricidade que foi utilizada na Unidade 5. Esse capítulo apresenta 7 exemplos dos quais seis são parcialmente relevantes e um sem relevância. Já com relação aos exercícios e problemas temos uma discrepância ainda maior: dos quarenta (40) exercícios e problemas apresentados, trinta e seis são irrelevantes, três parcialmente relevantes e um totalmente relevante. Porém, o texto apresentado por esse capítulo fornece subsídios importantes para o entendimento da Biofísica envolvida na circulação não-patológica.

O capítulo 16 também do Livro *Biofísica Básica* de Ibrahim Heneine, envolve os conceitos sobre a respiração externa. Esse capítulo apresenta quinze exemplos dos quais oito são irrelevantes, cinco parcialmente relevantes e dois totalmente irrelevantes. Dentre os exercícios e problemas, cinquenta e cinco dos cinquenta e nove são irrelevantes, três são parcialmente relevantes e um totalmente relevante. Mais uma vez, os exemplos, os exercícios e os problemas não justificam a escolha do capítulo 16 como um material eficaz, porém, com o texto bem elaborado e utilizado com os materiais complementares sobre Espirometria, Asma, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica e com o material sobre Mecânica dos Fluidos formam um conjunto bastante completo para o entendimento da respiração e das patologias relacionadas ao sistema respiratório.

A Unidade 4 engloba conhecimentos sobre a Biofísica da contração muscular. Para tanto, utilizou-se mais um capítulo do livro Biofísica Básica de Ibrahim Heneine. O Capítulo 14, intitulado Contração Muscular é composto por um exemplo sem relevância, treze exercícios e problemas irrelevantes e dois parcialmente relevantes. Mais uma vez a análise dos exemplos, exercícios e problemas não justifica a escolha desse capítulo. Porém o texto permite que unido às demais atividades seja eficaz para a proposta.

A escolha dos capítulos 14, 15 e 16, mesmo sem exemplos relevantes, exercícios e problemas instigadores, se justifica pelo fato de apresentarem o corpo do texto bem elaborado e relações entre Física e Biologia pertinentes aos estudos. Vale ressaltar que nenhum professor deve se ater a uma única bibliografia, tampouco oferecer um mesmo tipo de atividades aos alunos. Sendo assim, os conhecimentos contidos em cada material utilizado serviram como um apoio às demais atividades que foram implementadas em cada semestre.

Para a Unidade 5, como mencionado anteriormente, retomou-se o capítulo 15 que foi empregado para o estudo dos sistemas circulatório e respiratório na Unidade 3. Esse capítulo

começa com uma introdução ao campo eletromagnético e a circulação, mostrando que o potencial de ação cardíaco pode ser registrado em várias partes do corpo através de um galvanômetro. A partir desse comportamento mostra como é feito o registro do potencial elétrico, a interpretação do eletrocardiograma, etc. Já a segunda parte do capítulo, que foi utilizada para o estudo da circulação sanguínea, mostra além do comportamento e das estruturas do sistema circulatório, algumas anomalias do fluxo sanguíneo, como aneurismas e estenoses.

Para complementar o capítulo escolhido, utilizou-se as diretrizes de interpretação de eletrocardiograma de repouso da Sociedade Brasileira de Cardiologia e o *Atlas of Cardiac Arrhythmias* (NATHANSON et. al., 2003). Esses materiais trazem a forma de como caracterizar as mais diversas patologias que podem ser identificadas a partir da análise do eletrocardiograma. Mostram para cada uma delas, como se comportam as ondas P, U e T, o complexo QRS e o segmento ST. Essa análise é importante, pois determina o melhor tipo de tratamento que o paciente poderá receber em cada situação, cabendo ao fisioterapeuta fazer as adequações necessárias de assistência para o estado funcional de cada paciente tratável pelo fisioterapeuta.

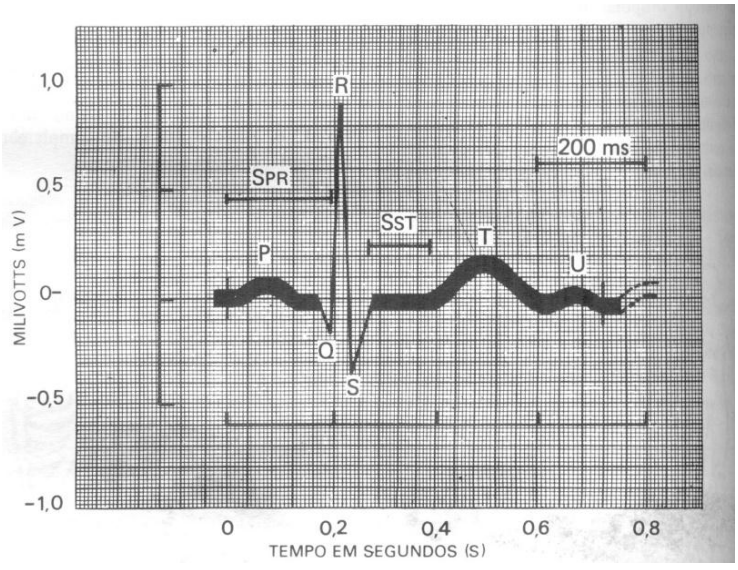


Figura 11 – Traçado básico do eletrocardiograma humano.

Fonte: (Figura 15.8 do capítulo 15 do livro Biofísica Básica de Ibrahim Heneine)

A análise das bibliografias recomendadas para a disciplina de Biofísica A permite ter uma visão mais ampla sobre o material a ser utilizado por alunos e professor. É importante se

ter uma visão do material que se está disponibilizando para os acadêmicos e se está de acordo com as concepções de ensino que se tem. Para tanto, foram definidos alguns critérios de análise baseados em elementos que se julgam importantes para a formação técnica em Biofísica.

O primeiro desses critérios mostrou a organização didática e as relações entre Física e Biologia. Com relação à organização didática, verificou-se que nenhum dos livros contempla todos os conteúdos de todas as unidades da ementa. Isso mostra que a adoção de um único material, o que fazem muitos professores em todos os níveis de ensino, é um fator que poderá comprometer o aprendizado, se não estiver inserido em um planejamento que abranja essas falhas.

Com relação aos exemplos e problemas pode-se observar que em todas as bibliografias o número de apresentações sem relevância foi maior do que aquelas que teriam significado para a aprendizagem dos acadêmicos. Dentre os exemplos e problemas sem relevância destacam-se aqueles que sugerem a aplicação direta de equações ou descrições teóricas de sistemas do corpo humano. A presença de exemplos e problemas com situações adequadas à necessidade a ser ensinada permite ao acadêmico formular esquemas de resolução, visualizar ocorrências semelhantes às quais enfrentará na profissão, mesmo que não envolvam a manipulação de materiais.

Já os capítulos extras e anexos que são importantes para complementar o que foi exposto durante o livro, seja com aplicações, tabelas de constantes, etc. O que se pode verificar na análise é que a maioria dos capítulos extras e anexos é sobre funções, relações matemáticas e tabelas de constantes utilizadas na resolução de problemas. Essas explicações são necessárias, mas também deveriam ser destinadas à apresentação de leituras mais aprofundadas sobre a aplicação da Física em tratamentos clínicos.

Devido a essas discrepâncias constatadas em análise às referências sugeridas para a disciplina de Biofísica, teve-se a necessidade de elaborar um material, que aliado às demais atividades planejadas, pudesse suprir as necessidades a fim de atingir os objetivos propostos na ementa. Esse material abordou desde materiais específicos de Física até outros retirados de livros de Biofísica e de diretrizes de tratamento de doenças. Os mesmos, se analisados separadamente, também não trazem as relações esperadas para o ensino de Biofísica. Entretanto, a partir da observação das dificuldades dos estudantes alguns materiais selecionados traduzem a necessidade de uma área específica que aliada às demais atividades completam a proposta inicial.

2.4 As sequências de ensino e o trabalho de coleta dos dados

Nesta seção serão apresentadas as sequências de ensino planejadas com base na metodologia instrucional de Robert Gagné e implementadas em quatro turmas do curso de Fisioterapia da UFSM. A partir do perfil do fisioterapeuta apresentado na seção 2.2 com base nas competências e habilidades expostas pelo COFFITO, foram organizadas metodologias que visam contemplar as necessidades desse profissional através das contribuições cabíveis à disciplina de Biofísica. Além dos eventos externos necessários para cada tipo de aula, será feita uma análise qualitativa das dificuldades encontradas pelos acadêmicos em cada uma das atividades empregadas.

Cada turma teve uma sequência com diferentes eventos externos e materiais de apoio. Entretanto, a determinação da evolução cognitiva dos estudantes teve os principais métodos de avaliação, as provas, inalterados durante os quatro semestres de pesquisa, o que permitiu a verificação de qual sequência de ensino é mais promissora para o ensino de Biofísica.

O papel do professor na abordagem instrucional

O professor, em qualquer situação de ensino, apresenta um papel muito importante na interação e na troca de saberes com os alunos. Em uma abordagem instrucional, como a de Gagné (1980), o professor apresenta três funções primordiais. A primeira delas refere-se ao professor como *planejador* da instrução, cabendo a ele ter clareza do que pretende, como e quais as condições necessárias para ensinar. Já a segunda função atribui um papel de *administrador*, pertencendo-lhe a responsabilidade "para que a instrução seja entregue ao estudante". (GAGNÉ, 1980, p.4) Na terceira atribuição, cabe a ele ser *avaliador* da aprendizagem, buscando subsídios que demonstrem que o estudante realmente aprendeu com as sequências executadas.

Essas funções levam em consideração que o professor deve ter clareza de todo o processo de ensino e aprendizagem, além do conhecimento técnico que a disciplina exige. A partir da definição dos objetivos e dos resultados pretendidos, deve-se ter em mente quais os caminhos que deverão ser seguidos para alcançá-los. Tendo em vista esta concepção de construção do conhecimento, se planejam sequências de ensino que favoreçam o aluno a

alcançar os objetivos estabelecidos, nas quais os conteúdos deverão ser moldados às necessidades de aprendizagem dos estudantes.

As sequências que serão descritas nas próximas seções foram planejadas em conjunto com o professor da disciplina de Biofísica A. Embora, caiba a ele a atribuição de administrador da instrução, em algumas atividades desempenhei essa função dentro da disciplina de Docência Orientada do curso de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, assumindo o professor, o papel de auxiliador. Contudo, nas demais atividades couberam-me as funções de observadora e assistente, auxiliando os estudantes no uso de alguns materiais e a resolver alguns problemas selecionados e decididos em conjunto com o professor da disciplina.

O planejamento e a estrutura das sequências de ensino

De acordo com Gagné (1980) uma das principais tarefas do professor "é assegurar que a aprendizagem dos estudantes esteja apoiada de todas as formas possíveis." (p.91) Para isso, devem-se ter claros os resultados de aprendizagem que se pretende atingir. Geralmente, planeja-se uma sequência de ensino com a perspectiva de se chegar a mais de um resultado de aprendizagem. Dessa forma, as sequências de ensino devem englobar todas as atividades estimuladoras que proporcionarão as condições para que a aprendizagem ocorra.

Como mencionado anteriormente, para a realização desta pesquisa quatro turmas do curso de Fisioterapia foram acompanhadas em semestres distintos. Cada uma delas teve abordagens diversificadas, tendo a estrutura de sequência baseada na teoria de aprendizagem de Robert Gagné (1970; 1973; 1980), cujo principal objetivo é ensinar Física para que os estudantes possam ter um melhor entendimento dos processos fisiológicos que também podem ser descritos pelos conceitos e equações físicos.

A aprendizagem para Gagné (1970; 1973; 1980) é vista como um processo pelo qual se observa mudanças persistentes no comportamento do indivíduo. A aprendizagem é impulsionada por uma série de estimulações tanto externas (*eventos externos*), quanto de incentivos que ocorrem dentro do indivíduo, os chamados *eventos internos*. Gagné (1970; 1973; 1980) também enfatizava que a aprendizagem é realizada sob algumas condições; condições essas que são propostas pelo professor através de atividades planejadas de acordo com os objetivos que se pretende alcançar.

Os eventos internos ou os eventos de aprendizagem ocorrem no sistema nervoso central do indivíduo e passam por oito fases cada qual com um *processo de aprendizagem* associado. Os processos de aprendizagem, como dito antes, são atividades internas do aluno e só podem ser observadas externamente através das respostas dadas a determinadas situações. Sendo assim, os processos de aprendizagem são formas de transformação de insumos (o estímulo do ambiente) em exsumos (a modificação do ambiente). Por ambiente, entendemos o conjunto de informações e atividades que simulam o cotidiano da futura atuação profissional do aluno gerenciadas na disciplina universitária que requer modificação comportamental do aluno para a busca do êxito acadêmico, e que lhe responde aos esforços pela aquisição gradual dos nove eventos de instrução.

A aprendizagem também depende de circunstâncias em que o ambiente se manifesta ao indivíduo que aprende durante os progressivos semestres universitários. Os chamados eventos externos ou eventos de instrução são estímulos advindos de uma aliança entre o ambiente e do professor, que auxiliam na modificação do comportamento através de atividades planejadas para cada ato de aprendizagem. Existem nove eventos de instrução que se relacionam com eventos internos, como pode ser visto no esquema mostrado no quadro 8. Também se pode observar que cada fase de um ato de aprendizagem apresenta um correspondente processo de estímulo-resposta.

Eventos internos ou Eventos de Aprendizagem		**Eventos Externos ou Eventos de Instrução**
Processo de aprendizagem	**Fase**	
Expectativa	Motivação	1. Ganhar a atenção e 2. Informar ao aluno, o objetivo.
Atenção/percepção	Apreensão	3. Dirigir a atenção.
Codificação	Aquisição	4. Apresentar o material de apoio 5. proporcionar orientação à aprendizagem.
Armazenamento	Retenção	-
Recuperação	Rememoração	6. Provocar o desempenho.
Transferência	Generalização	7. Promover a transferência da aprendizagem, a partir do desempenho correto
Resposta	Desempenho	8. Avaliar o desempenho
Reforço	Feedback	9. Melhorar a retenção e a transferência.

Quadro 8 – Os eventos internos e externos segundo Gagné.

Do quadro 8 pode-se observar que para dar início ao processo de instrução, o aluno deve estar motivado. Deve-se criar uma expectativa com relação ao conteúdo que será estudado. Essa estimulação pode ser feita através de situações-problema, desafios, entre outros; que traga a expectativa de aprender o conteúdo e não apenas armazenar um número elevado de informações, sem o devido conhecimento de para que elas servirão. Uma vez verificado que o aluno já está motivado, cabe ao professor estimulá-lo ainda mais, informando-lhe sobre os objetivos da aula em si. Se a motivação não pode ser observada, deve o professor ganhar a atenção do aluno e desenvolver a motivação através de um processo de expectativa. Essa expectativa está relacionada ao fato de que se o aluno alcançar um determinado objetivo, ele terá uma recompensa; além, é claro de informar-lhe sobre os objetivos da aula.

A fase de apreensão envolve os processos de atenção e percepção, onde o indivíduo dá mais atenção aos pontos que o levarão a atingir o objetivo de aprendizagem. O processo de atenção "pode ser ativado por estimulação externa e persistir por um período limitado de tempo, alertando o indivíduo para receber certos tipos de estimulação." (GAGNÉ, 1980, p. 31). Já o processo de percepção é determinado pelas características que são distinguidas e discriminadas pelo aluno, através da estimulação externa, a fim de que possam ser utilizadas para alcançar o objetivo.

A aquisição envolve o processo de codificação, que é caracterizada pela transformação das informações observadas, percebidas e adquiridas anteriormente em um estado persistente, que será aprendido e armazenado na fase de retenção. Os eventos externos associados à fase de aquisição referem-se à apresentação de elementos estimulantes, como o material a ser utilizado em aula. Esses elementos são introduzidos com intuito de estabelecer relações na sequência de ensino, estimulando os pré-requisitos essenciais para a efetivação da aprendizagem. Após a codificação das informações percebidas, outro evento externo associado à fase da aquisição é a orientação à aprendizagem.

O processo de armazenamento que acompanha a fase da retenção não recebe estímulo externo. Aqui o que foi aprendido é armazenado na memória de longa-duração. O que for armazenado aqui, obviamente pode ser ativado em outras situações de aprendizagem e alterado com novas informações; como também pode ser interferido com situações ou traumas neurológicos que evidentemente podem acontecer ao longo da vida do indivíduo.

É na fase de rememoração que o que foi aprendido é visto novamente, intensificado para que seja considerado um estado persistente. Nessa parte da instrução, o professor propõe atividades que estimulam o aluno a mostrar as mudanças que ocorreram no comportamento

até essa fase. Com isso, o professor pode verificar se os objetivos estão sendo atingidos. Já a fase de generalização é caracterizada pela transferência da aprendizagem a diferentes contextos. O professor deve proporcionar meios para que o aluno mostre seu desempenho em situações adversas, mostrando qual o desempenho correto que deve ser adquirido.

A penúltima fase do processo de aprendizagem é o desempenho. Nessa fase o professor avalia as respostas dadas nas situações da fase anterior. É o momento de preparar outras atividades que abram caminhos para a próxima fase, que é a da efetivação da aprendizagem. Finalmente, no feedback envolvendo o processo de reforço, o aluno recebe a recompensa pelo êxito do processo e intensifica a transferência do conhecimento para outras situações. A recompensa que foi trabalhada desde a fase da motivação, através dos objetivos e das atividades estimuladoras, é dada com o conhecimento e reforço dos resultados.

Para Gagné (1970; 1973; 1980), a aprendizagem se realiza alicerçada em certas condições, as conhecidas *condições de aprendizagem*. Elas tornam possível a aprendizagem e devem ser escolhidas de acordo com o tipo de aprendizagem pretendida e baseada nos objetivos de cada aula, curso, etc. Elas levam a cinco tipos de resultados de aprendizagem ou capacidades que podem ser aprendidas. São elas: Informação verbal, Habilidades Intelectuais, Estratégias Cognitivas, Atitudes e Habilidades Motoras.

A teoria de aprendizagem de Gagné (1970; 1973; 1980) também é conhecida como a teoria das hierarquias de aprendizado, onde uma habilidade adquirida em um nível funciona como pré-requisito para a próxima etapa. Uma das maiores implicações que essa teoria pode trazer é o fato de podermos planejar as condições que favoreçam o aprendizado para se chegar a resultados esperados. Sendo assim, antes de iniciarmos o ato de aprendizado já sabemos por qual sequência ele passará, o que possibilita ao professor antecipar obstáculos à aprendizagem do aluno. O que resta incluir são as situações que não podem ser planejadas, mas que ocorrem no ambiente acadêmico, que podem ou não alterar alguma atividade ou adiar alguma parte da sequência.

Conforme visto anteriormente, a aprendizagem depende de eventos que são externos às condições do aluno, ou seja, que necessitam de estimulação do ambiente, cabendo ao professor planejá-los de acordo com os objetivos pré-determinados. A seguir, para cada turma, será apresentada a sequência de conteúdos trabalhados, os múltiplos objetivos de aprendizagem (objetivos geral e específicos) de cada unidade de conteúdo, as atividades programadas e os eventos de instrução (com exceção da turma 1, a amostra-controle que recebeu o método tradicional de ensino). Vale ressaltar que esses objetivos não constam na ementa da disciplina, porém o professor, dentre suas diversas funções, tem a possibilidade de

organizar e estabelecer a finalidade pela qual se pretende atribuir a cada unidade da ementa. Sendo assim, foram estabelecidos objetivos que serviram de base para todas as sequências que serão apresentadas nas próximas seções. Eles foram organizados no quadro 9, juntamente com os resultados de aprendizagem pretendidos.

Unidade	**Objetivo Geral**	**Objetivos específicos**	**Resultados de aprendizagem pretendidos**
1	Compreender o fenômeno das ondas eletromagnéticas, entendendo os conceitos de transferência de energia, momentum, vetor de Poynting e propriedades do espectro eletromagnético.	Saber calcular a intensidade da onda, os módulos dos campos eletromagnéticos, densidade de energia eletromagnética, a pressão de radiação da onda, o fluxo de potência para diferentes aplicações em ciências da saúde e entender o fenômeno da produção de raios gama.	Habilidades intelectuais Estratégias cognitivas Habilidades motoras
2	Compreender as propriedades das ondas acústicas, sua caracterização e aplicações para ultrassonografia diagnóstica, clínica e terapêutica e saber interpretar aspectos quantitativos dos ultrassons.	Saber calcular a impedância acústica em tecidos orgânicos, coeficientes de reflexão, a pressão e deslocamento da onda sonora e saber calcular a atenuação em decibéis.	
3	Entender as relações fisiológicas e anatômicas dos aparelhos circulatório e respiratório e a análise dos mesmos usando métodos biofísicos quantitativos e qualitativos.	Estudar o fenômeno da respiração, obtenção de dados espirométricos e hemodinâmicos para entender as doenças prevalentes e os princípios técnicos dos equipamentos envolvidos.	
4	Estudar as propriedades dos músculos, contração, metabolismo e a aplicação da biofísica na derivação de quantidades como força, velocidade, em diversos aspectos do desempenho humano e fisioterapia do exercício.	O aluno deverá interpretar dados coletados a partir de ensaios da fisiologia muscular e cinesiologia usando a teoria biofísica, além de entender o funcionamento de mecanismos de controle da dor e avaliação do metabolismo muscular.	
5	O aluno deverá usar seus conhecimentos de fisiologia de células neuronais e anatomia para estudar aplicações da biofísica no diagnóstico e tratamento de doenças neuromusculares e cardiológicas.	O aluno deverá saber os princípios de medida de potenciais bioelétricos dentro das técnicas de eletrocardiografia e eletromiografia e as informações colhidas por eles em várias situações clínicas e hospitalares, além de saber distinguir os eletrocardiogramas normais dos patológicos, dentro das doenças prevalentes.	

Quadro 9 – Objetivos geral e específicos e os resultados de aprendizagem esperados para a disciplina de Biofísica A.

Gagné (1980) afirmava que os objetivos de aprendizagem relacionam-se aos resultados esperados, ou seja, a aquilo que se refere ao que o aluno estará fazendo ao final da instrução. Do quadro 9 é possível ver que para cada unidade da ementa foi estipulado um objetivo geral, seguido de objetivos específicos que compreendem habilidades e capacidades que serão desenvolvidas, de acordo com as necessidades observadas pelo professor. Essas habilidades e capacidades são caracterizadas por verbos

Geralmente em um planejamento, espera-se que a aprendizagem seja capaz de desenvolver no indivíduo mais de um tipo de resultado. “Os resultados de aprendizagem, então, são capacidades humanas que tornam possível uma variedade de desempenhos”. (GAGNÉ, 1980, p. 48) Ainda no quadro 9, é possível observar que com os objetivos pretendidos deseja-se alcançar três das cinco principais categorias de resultados de aprendizagem propostas por Gagné (1980).

Turma 1

A turma 1 teve a sequência de ensino executada no segundo semestre de 2011 e era composta por dezoito (18) alunos. A sequência planejada teve como base a resolução de problemas usando a abordagem tradicional, também conhecida como pedagogia da transmissão (BORDENAVE, 1984). Essa abordagem é caracterizada pela exposição centrada no professor, tendo o aluno papel de executar prescrições que lhe são impostas por autoridades (MIZUKAMI, 1986). Dessa forma, tem-se um ensino baseado na transmissão dos conteúdos sem levar em consideração aspectos referentes à forma como os estudantes aprendem e quais suas reais necessidades.

A sequência está estruturada no quadro 10, onde se tem o conteúdo trabalhado a cada aula (resumo) com a carga horária referente e as unidades correspondentes de acordo com a estrutura presente na ementa da disciplina (anexo A). Também se tem os objetivos para cada unidade de conteúdo. Deve-se ressaltar que durante o semestre apenas o professor da disciplina aplicou as atividades planejadas.

Aula	Horas/aula	Unidades de conteúdo	Sequência das atividades desenvolvidas
1	3	Unidade 1	Ondas eletromagnéticas
2	2		Ondas curtas e micro-ondas
3	3		Ultravioleta e infravermelho
4	2		Raios laser, raios X e raios gama
5	3		Aula de resolução de problemas
6	2		Atividade prática: Laser
7	2	Unidade 2	Ultrassom diagnóstico
8	2		Ultrassom terapêutico
9	3		Aula de resolução de problemas
10	2		1ª prova de biofísica
11	2	Unidade 3	Introdução à biofísica dos sistemas
12	3		A circulação humana
13	2		Aula de discussão sobre conteúdo
14	3		A biofísica da respiração humana
15	2		Aula de resolução de problemas
16	3	Unidade 4	Biofísica da contração muscular: tensões no músculo em repouso e em movimento
17	2		2ª prova de biofísica
18	2		Termodinâmica muscular, geração de calor e trabalho
19	3		Elaboração de trabalho em grupo
20	2		Elaboração de trabalho em grupo
21	2		Aula de resolução de problemas
22	3	Unidade 5	A bioeletricidade: Potenciais bioelétricos, fundamentos de eletromiograma e eletrocardiograma
23	2		Trabalho em grupo
24	3		Trabalho em grupo
25	2		Aula de resolução de problemas
26	3		Aula de eletrocardiograma - parte I
27	3		Aula de eletrocardiograma - parte II
28	3		Aula de revisão pré-prova
29	3		3ª prova de biofísica e entrega dos trabalhos em grupo
30	3		Discussão das provas, revisão de notas e divulgação dos resultados.

Quadro 10 – Sequência de Ensino planejada para a Turma 1

A partir do quadro 10 pode-se observar que foram desenvolvidas as seguintes atividades: aulas expositivas; aulas de resolução de problemas; uma atividade prática; uma aula de revisão pré-prova; um trabalho em grupo e três provas. Também é possível observar que os objetivos geral e específicos existem, mas estes não são explicitados aos alunos. Essa é uma abordagem tradicional que não leva em consideração que a aprendizagem ocorra através de eventos externos, que cabem ao professor a e aos estímulos proporcionados por ele; e de eventos internos, que são referentes ao aluno e a tudo que ocorra em sua estrutura mental. Sendo assim, a turma 1 teve as atividades desenvolvidas sem a estrutura proposta por Gagné (1980), já que o processo de aprendizagem não é importante e sim os resultados de uma sequência que não leva em consideração a motivação e outras atividades que proporcionam condições para que os resultados de aprendizagem sejam alcançados.

A seguir, a descrição de cada tipo de atividade planejada para a sequência de ensino da turma 1, exceto as provas que serão descritas na seção 2.5, já que foram implementadas nas quatro turmas sem alterações, servindo de base para a análise do desempenho dos acadêmicos.

Aulas expositivas

As aulas expositivas implementadas na turma 1 tiveram uma estrutura baseada na apresentação de imagens através de *slides*, em esquemas feitos no quadro e na leitura dos capítulos selecionados mostrados na seção 2.3. Durante as aulas, os estudantes tinham o hábito de copiar esses esquemas e algumas informações das apresentações que eram enfatizadas pelo professor.

Ao final da exposição longa e cansativa de uma parte do conteúdo, sempre era perguntado aos estudantes se haviam ficado dúvidas sobre a apresentação. Apenas era feita a pergunta, sem conexões que permitissem a eles a compreensão do foi exposto para que pudesse ser estendida à outra situação. Na maioria das vezes nenhum estudante se manifestava.

Atividades de resolução de problemas

Geralmente ao final de uma abordagem tradicional tem-se a resolução, às vezes repetitiva, de exercícios e problemas referentes aos conceitos, equações, constantes e esquemas apresentados durante as aulas expositivas. Para a turma 1 não foi diferente. Após a exposição dos conteúdos previstos em cada unidade da ementa da disciplina, os alunos eram convidados a resolver uma série de exercícios e problemas previamente escolhidos pelo professor que faziam parte do material selecionado para a disciplina descrito no quadro 2.9. Os exercícios e problemas pelos quais os alunos tinham dúvidas eram resolvidos e explicados no quadro.

As principais dúvidas que os estudantes apresentavam relacionavam-se a elementos matemáticos, como por exemplo, a construção e interpretação de gráficos, a substituição de valores nas equações e operações de divisão, potenciação, logarítmica, exponencial. Um fato importante é que muitos estudantes erravam os cálculos devido a não terem conhecimento de como utilizar a calculadora científica, recorrendo muitas vezes ao professor para realizarem cálculos que envolviam potências ou que envolviam frações.

Outra dificuldade observada durante o segundo semestre letivo de 2011, com relação à Física, foi a dificuldade de interpretação dos enunciados e a visualização da pergunta envolvida com cada exercício. Muitos acadêmicos não organizavam os valores fornecidos pela questão por não conseguirem identificar o que significavam; ou quando identificavam não conseguiam fazer um esquema para a resolução. Outro aspecto encontrado foi a não utilização de unidades de medida quando conseguiam resolver os exercícios e problemas.

Trabalho em grupo

O trabalho em grupo teve temas de livre escolha pelos acadêmicos. Ele foi proposto como medida de recuperação de conteúdos, porém a avaliação dele não contribuiu para a análise feita para a verificação de diferenças entre as turmas, já que somente as notas das provas foram levadas em consideração. Os grupos, de escolha dos estudantes, eram de no máximo três pessoas.

Dentre os temas escolhidos e pesquisados pelos alunos está a *Galvanoterapia*. A justificativa dada pela estudante que pesquisou sobre este assunto baseia-se em um caso clínico em que um paciente teve um trauma no tendão calcâneo e passou por diversos tratamentos fisioterápicos, porém, o tratamento de maior eficácia segundo o próprio paciente foi a Galvanoterapia.

Outros assuntos pesquisados foram o *Vitiligo e o Laser Dermatológico*, justificado devido à proporção relevante da população que ainda não tem tratamento rápido e eficaz para conter a doença, sendo o laser um recurso capaz de retardar os efeitos dessa doença; a *Eletroestimulação Nervosa Transcutânea (TENS)*, utilizada como recurso consagrado na modulação de dores agudas e crônicas; o *Eletroencefalograma*, como método de investigação funcional do cérebro; a *Hidroterapia no Tratamento da Fibromialgia*, que exige o conhecimento da hidrodinâmica e termodinâmicas para o tratamento da Fibromialgia, que é caracterizada por dores musculares difusas, entre outros sintomas.

Alguns estudantes preferiram pesquisar sobre o *Câncer de Mama*, explanando os tratamentos utilizados, dentre eles o da radioterapia; o *Ultrassom para o Tratamento da Celulite*, sendo os efeitos biofísicos apresentados por ele como um dos mais eficazes para o tratamento dessa afecção; a *Aplicação de Eletroneuromiografia para Diagnóstico da Síndrome do Túnel do Carpo*, frisando que esse exame seja feito o mais rápido possível, já que essa doença acomete os membros superiores.

Atividade prática sobre o Laser

A única atividade prática a qual os estudantes da turma 1 foram submetidos foi para a determinação do comprimento de onda do laser. O laser é um material muito utilizado em diversos tratamentos fisioterápicos, o que faz de total importância que algumas características sejam estudadas por estudantes de Fisioterapia.

Para a realização dessa atividade os alunos receberam um roteiro (apêndice A) com oito passos, e ao final da execução da atividade devolveriam este roteiro para o professor, para fins avaliativos. Nesse roteiro também estavam presentes não só, os procedimentos a serem realizados, mas o objetivo e os materiais utilizados. Para tanto, a turma era dividida em pequenos grupos, onde cada um realizava os passos contidos no roteiro, discutindo o que

deveria ser feito e passando a vez para os demais colegas. Vale ressaltar que, o aparato já se encontrava montado, tendo os alunos, apenas nos passos 3 e 4, a oportunidade de mexer nos materiais, medindo as distâncias entre a rede de difração e o anteparo e entre o máximo central e o máximo adjacente.

Para calcular o comprimento de onda do laser que era o objetivo do experimento, as equações necessárias e os passos intermediários, como considerar a relação,

$$sen\theta \sim tg\theta = \frac{x}{L}$$

também foram fornecidos. Contudo, as principais dificuldades foram com relação às substituições, cálculos e uso da calculadora científica, sendo necessária a intervenção do professor para auxiliá-los nessa tarefa.

Aula de revisão pré-prova

Para a sequência de ensino da turma 1 foi prevista apenas uma aula de revisão pré-prova. Não foi possível organizar mais aulas desse tipo devido à extensão da ementa e as situações adversas a que está sujeitos qualquer tipo de planejamento, como ausência às aulas tendo em vista provas em outras disciplinar no mesmo dia. A aula de revisão pré-prova foi estruturada de acordo com o conteúdo previsto para a terceira avaliação, que abordava as unidades 4 e 5. Nessa revisão houve não só uma retomada dos principais conceitos abordados nessas unidades, mas também a resolução de alguns problemas propostos pelo professor.

Para o andamento dessa aula, os alunos indagaram algumas dificuldades que encontraram nessas unidades, o que fez o professor escolher alguns problemas que as abordassem. Os problemas eram resolvidos pelo professor, e os estudantes apenas observavam a resolução e as transcreviam em seus materiais.

Turma 2

A turma 2 teve a sequência implementada no primeiro semestre de 2012 e era composta por vinte (20) alunos. Diferentemente da turma 1, a sequência de ensino teve além da resolução de problemas, atividades práticas e aulas de revisão de ensino médio. Essas atividades foram utilizadas com o intuito de centralizar a aula no aluno e não mais no

professor, valorizando o processo de aprendizagem e estabelecendo condições para que ela ocorra.

Essa sequência levou em consideração diversas hipóteses que poderiam ser as possíveis falhas no aprendizado dos estudantes, o que fez com que objetos de estímulos diversificados fossem incorporados aos conteúdos previstos na ementa da disciplina. Dentre eles estão as atividades práticas, que visam "apresentar uma situação estimuladora que ponha o estudante em contato com objetos e fatos reais" (GAGNÉ, 1973, p.265); as atividades de resolução de problemas, "nos quais os seres humanos utilizam princípios para atingir um objetivo" (GAGNÉ, 1973, p.141) e as já citadas revisões de conteúdos do ensino médio, que buscam suprir a falta de pré-requisitos presentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

No quadro 11 pode-se observar a sequência de ensino planejada para a turma 2.

Aula	**Horas/aula**	**Unidades de conteúdo**	**Resumo da aula**
1	3	Unidade 1	Aplicação do primeiro questionário e teoria das radiações eletromagnéticas: Ondas curtas e Micro-ondas.
2	2		Aula de revisão sobre eletricidade. Ultravioleta, infravermelho e raios laser.
3	3		Aula de revisão sobre magnetismo.
4	2		Atividades práticas: medida de comprimento de onda do laser de hélio-neônio e o estudo do momento e pressão de radiação da luz solar.
5	3		Raios X e raios gama.
6	2		Aula de resolução de problemas.
7	3	Unidade 2	Ultrassom diagnóstico, ultrassom terapêutico e propriedades das ondas acústicas.
8	2		Aula de revisão sobre ondas.
9	3		Atividades práticas sobre a medida de velocidade do som no ar e determinação da velocidade do sangue na artéria axilar e branquial.
10	2		Aula de resolução de problemas
11	3		1ª prova de biofísica
12	3	Unidade 3	Biofísica dos fluidos e da circulação.
13	2		Aula de revisão sobre o uso da calculadora científica.
14	2		Aula de resolução de problemas.
15	3		Respiração externa.
16	2		Aula de revisão sobre Hidrostática.

continua

conclusão

Aula	Horas/aula	Unidades de conteúdo	Resumo da aula
17	3		Aula de revisão sobre hidrodinâmica.
18	2		Atividades práticas: Determinação experimental da lei de Boyle – Mariotte e do coeficiente adiabático do ar e análise da transição de fluxo laminar e turbulento em câmaras cardíacas.
19	3		Aula de resolução de problemas.
20	2		2ª Prova de biofísica
21	3	Unidade 4	Biofísica da contração muscular: tensões no músculo em repouso e em atividade.
22	2		Aula de revisão sobre mecânica.
23	3		Atividade prática: Reanálise de dados publicados em artigos sobre cinesiologia.
24	2		Aula de revisão sobre termodinâmica.
25	3		Aula de resolução de problemas.
26	2	Unidade 5	Potenciais bioelétricos.
27	3		Fundamentos de eletrocardiograma e Eletromiograma.
28	3		Atividade prática: eletrocardiograma e sua interpretação e aula de resolução de problemas
29	2		3ª Prova de biofísica e aplicação do segundo questionário.
30	2		Discussão das provas, revisão de notas e divulgação dos resultados.

Quadro 11 – Sequência de Ensino para a Turma 2

Nessa turma, foram aplicados dois questionários com o objetivo de verificar o interesse e a motivação dos estudantes pela Física Geral e alguns aspectos referentes à Biofísica. As avaliações foram as mesmas aplicadas no semestre anterior e como dito antes serão detalhadas na seção 2.5.

Como houve uma modificação na forma de abordagem, cada aula teve uma sequência de eventos externos, que de acordo com a metodologia instrucional de Robert Gagné, representam uma parte essencial para que o aluno consiga se desenvolver e atingir os objetivos. Sendo assim, serão mostrados, para cada tipo de aula, os eventos externos desenvolvidos para cada uma delas.

Aulas de Conteúdo

As aulas de conteúdo descritas aqui correspondem àquelas em que a parte teórica envolvendo Física, Fisiologia e Cinesiologia eram explicadas. Embora apresentem "limitações como modalidade de ensino" (GAGNÉ, 1973, p.262), as aulas expositivas apresentam um importante papel devido aos estímulos verbais proporcionados. A comunicação oral realizada pelo professor nessas aulas, principalmente no ensino de Ciências e Matemática, é uma importante ferramenta que deve ser aliada aos objetos de estímulo, sendo capaz de "atender a todas as funções necessárias ao ensino" (GAGNÉ, 1973, p. 249).

Os conceitos, para Gagné (1973), correspondem a um tipo de aprendizagem que envolve a interiorização de representações simbólicas, que fazem o indivíduo "aprender a responder a estímulos em termos de propriedades abstratas" (GAGNÉ, 1973, p. 41). Dentre as condições necessárias para a aprendizagem de conceitos, relacionadas à situação de aprendizagem, estão os objetos estimuladores específicos, as instruções para fazer as relações necessárias com os objetos estimuladores, a extensão a outros exemplos e os reforços (GAGNÉ, 1973).

Através da sequência apresentada no quadro 3.4, é possível observar que diversas aulas tiveram mais de um tipo de atividade, cada uma com um conjunto de eventos externos particulares. Durante as aulas, o primeiro evento externo que corresponde a *ganhar a atenção* do aluno era desenvolvido pelo professor através de situações clínicas que são vivenciadas pelo fisioterapeuta. Um exemplo disso, com relação ao uso dos ultrassons em tratamentos, é quando o professor comentava e mostrava algumas imagens, através de *slides*, dos aparelhos e dos tipos de doenças associados a cada tipo de tratamento. Com isso, o aluno conseguia visualizar uma aplicação do que aprenderia ao final da unidade de conteúdo, além de ser informado sobre o *objetivo* pretendido, que corresponde ao segundo evento de instrução.

Em seguida, o professor *dirigia a atenção* do aluno aos conceitos, equações, nomenclaturas, para que ele conseguisse perceber os elementos que o levarão a alcançar o objetivo. O material de apoio eram imagens, os próprios aparelhos utilizados nos tratamentos, as atividades experimentais e as listas de exercícios e problemas. Segundo Gagné (1973), a principal função das figuras "é a de apresentar a situação estimuladora." (p. 254) Elas são capazes de contextualizar a situação, mostrando aspectos que muitas vezes são muito abstratos para alguns alunos.

Os demais eventos externos, como proporcionar *orientação à aprendizagem*, fazem menção à orientação que é mantida para que os alunos consigam realizar as tarefas. Já o evento *provocar o desempenho* está associado às atividades desenvolvidas durante o semestre. No evento conhecido como *promover a transferência da aprendizagem, a partir do desempenho correto*, o professor após mostrar qual seria o caminho que o aluno deveria ter adotado ou confirmado para resolver as tarefas com êxito, propõe mais atividades que lhes possibilitarão estender o que aprenderam em situações diversificadas. Essas novas questões, exercícios ou problemas, geralmente estão localizados nas mesmas listas de exercícios fornecidas aos alunos.

O evento externo relacionado a *avaliar o desempenho* acompanha as avaliações, onde é possível verificar se a aprendizagem ocorreu ou não. Após a avaliação é necessário fornecer ao aluno possibilidades para *melhorar a retenção e a transferência*, mostrando-lhe os resultados, para que perceba onde precisa melhorar e o reforço dos desempenhos corretos.

Questionários

Os questionários do tipo Likert empregados com a turma 2, tiveram a finalidade de obter informações sobre o interesse e as atitudes dos acadêmicos em relação à Física Geral e à Biofísica. Para isso, foi utilizado um questionário validado proposto por Talim (2004) e outro não validado (anexo B e apêndice B) elaborado e implementado por mim. A aplicação deles se deu, respectivamente, na aula inaugural da disciplina de Biofísica e ao final do planejamento.

As questões que compunham os questionários trazem referências aos aspectos motivacionais que muitas vezes são procedentes da vida escolar vivida pelos acadêmicos. Algumas delas são relacionadas à organização das aulas, da metodologia empregada pelos professores, do tipo de atividades e até mesmo se o que estudaram tenha lhes ajudado a resolver algum tipo de problema em determinado momento da vida. Todos esses aspectos, de alguma forma, podem contribuir para o sucesso ou insucesso desses estudantes nas disciplinas relacionadas à Física em seu curso de graduação.

Aulas de resolução de problemas

A resolução de problemas corresponde ao tipo mais avançado de aprendizagem de acordo com a metodologia de Gagné. A complexidade desse tipo de aprendizagem permite que o ser humano consiga estabelecer relações entre princípios aprendidos para a criação de um novo princípio a fim de utilizá-lo para outras finalidades. (GAGNÉ, 1973) As condições de aprendizagem para a resolução de problemas envolvem situações estimuladoras que permitem que princípios sejam "trazidos à mente" (GAGNÉ, 1973, p.147) para que se possa dar continuidade às ligações entre eles. Também se dá muita importância à informação verbal, já que ela funciona como estímulo à rememoração e como guia de pensamento (GAGNÉ, 1973).

Conforme exposto na seção 2.3, foram selecionados capítulos de alguns livros que se julgou conterem mecanismos necessários para a aprendizagem dos alunos. Assim como algumas listas de exercícios previamente montadas, questões de cada material selecionado também foram utilizadas como forma de estímulo e material de apoio. As listas organizadas encontram-se nos apêndices C e D, os demais exercícios e problemas vêm anexados aos próprios capítulos.

A metodologia empregada nas aulas consistia em entregar os exercícios ou informá-los, deixando os estudantes livres para resolverem, seja individualmente ou em discussão com os colegas. Enquanto isso, o professor esperava que perguntas fossem surgindo para que pudesse orientar a aprendizagem, sempre deixando algumas pistas sobre a solução, para que então, resolvesse o exercício em quadro quando os alunos não o conseguiam.

Durante a resolução dos exercícios, as dificuldades continuaram girando em torno do uso da calculadora científica, de interpretação das informações do enunciado dos exercícios, e de operações matemáticas, como potências, função logarítmica e frações, e o uso de unidades de medida.

Atividades de revisão de conteúdos de ensino médio

Conforme visto anteriormente, o curso de Fisioterapia não oferece disciplinas de Cálculo e Física Geral antes do semestre que oferta a Biofísica. Isso fez com que, a partir de observações feitas em outros momentos, acerca das dificuldades dos estudantes, se pensasse

em um conjunto de atividades que pudessem fornecer subsídios para o melhor entendimento dos conteúdos da Biofísica. As atividades de revisão de conteúdos de ensino médio foram implementadas justamente com a finalidade de preencher algumas lacunas que pudessem ter ficado de estudos anteriores. Para tanto, foram planejadas oito atividades de revisões, que vão além de conteúdos curriculares de Física, englobando também uma referente ao uso da calculadora científica.

As revisões foram estruturadas de tal forma que abordassem em uma página os principais conceitos e no verso, questões referentes ao conteúdo. Como mencionado anteriormente, foram elaboradas oito aulas de revisão: eletricidade; magnetismo; ondas; o uso da calculadora científica; hidrostática; hidrodinâmica; mecânica; termodinâmica. (apêndices E ao K) A revisão sobre o uso da calculadora científica foi necessária devido à grande dificuldade em manipular o aparelho em aulas de resolução de problemas. Algumas funções como seno, cosseno e tangente ainda são de difícil compreensão pela maioria dos estudantes tanto na turma 1, quanto na turma 2.

As aulas de revisão tinham a estrutura baseada na exploração dos conceitos, seguida de um período para que os estudantes resolvessem as questões. Durante essa exploração, os estudantes dialogavam comigo, já que foi o primeiro contato como administradora da instrução. As revisões foram implementadas durante o andamento dos conteúdos e o período de realização delas foi caracterizado pela mediação do professor. Após cada aula, um registro foi feito com as principais dificuldades, comentários e comportamentos observados durante sua implementação. A seguir, serão apresentados os registros feitos para cada aula.

Revisão 1: Eletricidade

Num primeiro momento, os estudantes pareciam que estavam vendo Física pela primeira vez, já que a única coisa que lembravam era o princípio da atração e repulsão das cargas elétricas. Muitos deles comentaram que não tiveram Física na escola e que se lembravam vagamente de alguns conceitos que viram em curso pré-vestibular.

Durante a resolução dos exercícios, apresentaram grande dificuldade em visualizar o que estava sendo pedido; a abstração é algo que parece não estar presente durante a resolução. A interpretação gráfica é muito deficiente, mostrando que alguns alunos não conseguem associar a relação entre grandezas físicas como relações matemáticas, por exemplo, força e distância com x e y.

Revisão 2: Magnetismo

Esta, segundo comentários dos próprios alunos, foi a parte do conteúdo de Física do terceiro ano que mais tiveram que estudar, não só pelo fato de ser abstrata, mas para "passar no vestibular". Esse fato os fez lembrarem bastante das regras da mão direita e esquerda, mas as equações foram novidades. Outro comentário bastante pertinente foi que as leis de Lenz e Faraday eram a primeira vez que viam, já que no ensino médio nem ao menos chegaram próximo disso.

Durante a resolução dos exercícios, ficou clara a dificuldade em ler os enunciados, retirar os dados, organizá-los e fazer um esquema de resolução. Embora em muitas das questões, o aluno apenas deveria substituir valores depois de ter compreendido o enunciado, muitos não conseguiam fazer essas substituições e as operações envolvidas.

Revisão 3: Ondas

Antes de iniciar a revisão foi perguntado aos estudantes se eles lembravam alguns conceitos referentes às ondas. Quase todos responderam que lembravam a relação inversa entre período e frequência. Ao começar a explicar a velocidade de uma onda em uma corda, pode-se perceber a dificuldade em compreender a relação de dependência que ela traz com a densidade linear e a força de tração.

As raízes quadradas que aparecem nas equações da velocidade da onda em uma corda e das ondas sonoras em diversos meios, foram as que mais, segundo os alunos "causam espanto". Ao substituir os dados nas equações, eles não conseguiam realizar os cálculos, pois se perdiam na passagem dos valores do papel para a calculadora científica.

Revisão 4: Uso da calculadora científica

A principal dificuldade mostrada nas revisões anteriores e nas demais aulas de conteúdos e resolução de problemas sem dúvida foi com o uso da calculadora científica. Embora todos eles tivessem o equipamento, não o conheciam bem. Como havia vários modelos de calculadoras, muitos, na tentativa de ajudar os colegas se atrapalhavam e acabavam se confundindo ao voltar para seu material. Lembrando que, uma das professoras entrevistadas, em seu relato, comentou que seus alunos também apresentavam dúvidas em manusear a calculadora científica.

Na folha de revisão entregue a eles, havia vários exemplos mostrando o algoritmo que deveriam seguir em suas calculadoras. Também havia alguns exemplos em que eles deviam escrever o algoritmo. No exemplo 9 sobre a *Função logarítmica,* os estudantes tiveram tantas

dificuldades em escrever o número $3{,}18x10^{-6}$que foi preciso escrever o passo a passo no quadro-negro:

$$\{[3]\}\{[.]\}\{[1]\}\{[8]\}\{[x]\}\{[EXP]\}\{[-]\}\{[6]\}$$

Outra característica apresentada por eles foi o fato de que se os cálculos são feitos em x e y como na matemática, parece que não são os mesmos feitos com as grandezas v (volume), T (temperatura), etc. A associação e correspondência na organização e tratamento de variáveis de trabalho ainda é uma dificuldade apresentada por grande parte da turma.

Revisão 5: Hidrostática

A dificuldade mais marcante durante a revisão de hidrostática relacionou-se com a unidade de medida *mmHg* (milímetros de mercúrio). Essa unidade é muito utilizada em medidores de pressão arterial, porém ela é pouco compreendida pelos seus usuários. Tendo observado isso em outras ocasiões, foi reservada uma pequena seção nessa revisão para a explicação da experiência de Torricelli que deu origem a essa unidade de medida.

Com relação aos exercícios desenvolvidos, as dificuldades mais uma vez giravam em torno da passagem dos cálculos no papel para o algoritmo na calculadora científica.

Revisão 6: Hidrodinâmica

Certamente, o maior empecilho dentro da Hidrodinâmica está com a relação entre pressão e velocidade presentes na equação de Bernoulli. Para os estudantes é visível a dificuldade de percepção do princípio de conservação de energia, onde, no caso, a velocidade aumenta, a pressão diminui, e vice-versa.

Não bastasse isso, mais uma vez a matemática e o uso da calculadora foram as grandes vilãs da atividade. A equação de Bernoulli, por ter muitos termos, "assusta" os estudantes, que não percebem que, embora ela seja extensa, os cálculos de cada termo são simples, o que poderia ser feito separadamente, para depois fazerem uma última substituição. O que na verdade aconteceu é que os estudantes tentavam colocar toda a expressão na calculadora, o que sem o devido cuidado com parênteses, para "forçar" o equipamento a realizar aquele cálculo primeiro, resulta em valores equivocados.

Revisão 7: Mecânica

A revisão sobre mecânica foi uma das que menos dificuldades os alunos tiveram. Segundo eles, as *Leis de Newton* e *Energia*, são conteúdos de mais aplicabilidade e visualização em seus cotidianos. A dificuldade concentrou-se na compreensão do *Princípio da Conservação de Energia*, onde nos exercícios 4 e 5, ficou complicado montar a equação para resolver o problema, já que era necessário levar em consideração que um tipo de energia era transformado em outro.

Revisão 8: Termodinâmica

Talvez, por ser a primeira vez que estavam vendo as Leis de Poisson e de Graham, a revisão de Termodinâmica tenha sido uma das mais dificultosas. O coeficiente γ (coeficiente adiabático do gás) e a velocidade de difusão de um gás foram difíceis de compreender durante a explicação e durante a realização dos exercícios, por serem grandezas que necessitam de uma abstração maior.

Outras relações que geraram inquietações foram a da energia interna com a temperatura e a do trabalho com volume. A primeira questão foi pensada justamente como uma tentativa de fazer os estudantes visualizarem essas relações. Para resolvê-la, é necessário recorrer à definição de energia interna e à transformação em que o volume varia, voltando à definição de trabalho: $W = Fd$. Se não há deslocamento, ou seja, não varia o volume, não há realização de trabalho.

Atividades práticas

Para a turma 2, sete atividades práticas foram planejadas (quadro 12).

Unidade de conteúdo	Atividade prática desenvolvida
Unidade 1	1. Medida de comprimento de onda do laser de hélio-neônio 2. Estudo do momento e pressão de radiação da luz solar
Unidade 2	3. Medida de velocidade do som no ar 4. Determinação da velocidade do sangue na artéria axilar e braquial
Unidade 3	5. Determinação experimental do coeficiente adiabático do ar 6. Análise da transição de fluxo laminar e turbulento em câmaras cardíacas.
Unidade 5	7. Interpretação de eletrocardiograma e diretrizes de interpretação do eletrocardiograma de repouso

Quadro 12 – Quadro resumo das atividades práticas desenvolvidas na turma 2.

Atividade 1: Medida de comprimento de onda do laser de hélio-neônio

Para a realização desta atividade os alunos receberam um roteiro (apêndice A) com algumas instruções de como obter dados para medir o comprimento de onda do laser. Primeiramente, a turma foi separada em grupos de três pessoas de escolha dos próprios acadêmicos. Cada grupo, na sua vez lia os passos do roteiro e realizava os procedimentos com o auxílio do professor quando solicitado.

As maiores dificuldades encontradas por eles estavam nos procedimentos que envolviam os cálculos e o uso da calculadora científica para obter os resultados. A montagem do equipamento, o passo a passo e a realização das medidas foram realizados sem maiores dificuldades.

Atividade 2: Estudo do momento de pressão da radiação da luz solar

Esta atividade prática não teve um roteiro estabelecido, mas funcionou como uma demonstração feita, primeiramente pelo professor e depois pelos alunos, para a verificação do estudo do momento de pressão da radiação solar. Esse conteúdo havia sido estudado numa aula anterior de forma puramente teórica.

Para a realização, o professor levou o equipamento (figura 12) para a janela da sala de aula, onde a luz solar passava de forma muito intensa. Os alunos foram convidados, em grupos de cinco para que pudessem discutir à medida que observavam o fenômeno, a se aproximarem da janela enquanto os colegas continuavam a resolver alguns exercícios propostos.

Figura 12 – Radiômetro utilizado em atividade prática

À medida que o professor colocava o aparato diretamente na luz solar, as pás do radiômetro começaram a se movimentar. Nesse mesmo instante os alunos ficaram espantados com o fenômeno. Porém, quando o professor retomou alguns conceitos vistos em aula anterior, mostrando que a onda eletromagnética ao incidir sobre uma superfície exerce sobre essa uma pressão, ficou claro que para que isso acontecesse seria necessário que a onda tivesse momento linear e massa.

Atividade 3: Medida de velocidade do som no ar

Para a realização desta atividade, adaptada de Lüdke et.al (2012), os acadêmicos também foram divididos em pequenos grupos e receberam um roteiro (apêndice L) com algumas instruções de como proceder para medir a velocidade do som no ar. Nessa atividade, as maiores dificuldades foram a retirada de informações sobre o período da onda do osciloscópio para compor a tabela e a utilização do papel mono-log para a construção de um gráfico. Foi a primeira vez que os acadêmicos tiveram contato com esse tipo de material e precisaram de auxílio para a realização desse passo no roteiro.

Atividade 4: Determinação da velocidade do sangue na artéria axilar e braquial

Nessa atividade a turma foi dividida em grupos de três alunos, onde um aluno fez o papel de paciente, um de clínico e outro registrava as medidas. (LÜDKE; CAUDURO, 2013) Cada grupo recebeu além de um ultrassom vascular portátil, um computador com software de análise espectral, um atlas de anatomia humana e questões (apêndice M) a serem respondidas ao longo da atividade.

Os grandes obstáculos estavam em torno da interpretação das frequências das pulsações detectadas pelo programa Wavepad. Em todo o momento da realização da atividade, o professor esteve atento às dúvidas dos acadêmicos, intervindo quando necessário.

Atividade 5: Determinação experimental do coeficiente adiabático do ar

Para essa atividade os estudantes receberam um roteiro (apêndice N) onde dispunham de uma tabela que seria preenchida à medida que realizavam as medidas. Pode-se perceber que na tabela há duas colunas que indicam a escala a ser utilizada pelos estudantes. Essa coluna foi adicionada à tabela devido à dificuldade na montagem de gráficos utilizando-se esse tipo de material, onde é necessário fazer uma adequação dos valores para que caibam no papel. Dessa forma, com a coluna indicando a escala a ser usada, antes de montar o gráfico os estudantes podiam escolhê-la adequadamente, já que podiam testá-la para que os valores não ficassem muito próximos. O material utilizado encontra-se na figura 13.

Figura 13 – Equipamento usado na atividade prática sobre a determinação experimental do coeficiente adiabático do ar

Para a realização das medidas, além do equipamento mostrado na figura 13, os alunos dispunham de papel milimetrado e de calculadora.

Atividade 6: Análise da transição de fluxo laminar e turbulento em câmaras cardíacas.

Essa foi uma atividade qualitativa, onde os estudantes tiveram a oportunidade de observar o espectro dos sons do efeito Doppler em uma artéria e no foco mitral cardíaco para verificar a turbulência. Para tanto, os estudantes dispunham de um aparelho de ultrassom e

faziam a verificação da turbulência nos próprios colegas. Essa atividade foi realizada sem grandes problemas, necessitando do auxílio do professor apenas para a localização da artéria.

Atividade 7: Interpretação de eletrocardiograma e estudo das diretrizes da Interpretação do eletrocardiograma de repouso

Essa atividade prática contou a interpretação de um eletrocardiograma de um paciente voluntário (apêndice O), a partir de materiais de referências. Essas referências, conforme mencionadas na seção 2.3, são a *Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso* da Sociedade Brasileira de Cardiologia (2003) e *Atlas of Cardiac Arrhythmias* (NATHANSON, 2003).

Cada estudante recebeu uma cópia do eletrocardiograma e a partir das explicações do professor, baseado nos materiais citados acima, foram identificando as ondas P, Q, R, S e T. Os formatos que essas ondas podem ter identificam algum tipo de doença do sistema cardíaco. Com isso, a cada explicação os estudantes iam anotando e tentando identificar qual enfermidade o paciente voluntário tinha.

Essa atividade envolveu muito os alunos que puderam ver na prática e a partir de materiais aceitos nacional e internacionalmente, como são feitos os diagnósticos e de que maneira pode-se identificar o tipo de doença a partir do eletrocardiograma.

Turma 3

A turma 3, composta por 20 (vinte) alunos teve a sequência de ensino desenvolvida no segundo semestre de 2012. Nessa turma resolveu-se apostar na metodologia de resolução de problemas como a maioria das atividades. Também fizeram parte da sequência atividades práticas e aulas de conteúdo (quadro 13). Assim como na turma anterior, foram aplicados os dois questionários (validado e não validado), que também serviram para investigarmos as atitudes dos estudantes com relação à Física e à Biofísica.

Aula	Horas/aula	Unidades de conteúdo	Resumo da aula
1	3	Unidade 1	Aplicação do primeiro questionário ondas curtas e micro-ondas.
2	2		Ultravioleta, infravermelho e raios laser.
3	3		Raios X e raios gama.
4	2		Aula de resolução de problemas.
5	3		Aula de resolução de problemas.
6	3		Aplicações de ondas eletromagnéticas.
7	2		Atividade prática sobre a determinação do comprimento de onda do laser.
8	3	Unidade 2	Ultrassom diagnóstico e terapêutico.
9	2		Aula de resolução de problemas.
10	2		Aula de resolução de problemas.
11	3	Unidade 3	Introdução a biofísica da circulação.
12	2		Biofísica da respiração externa.
13	3		Aula de resolução de problemas.
14	3		Aula de resolução de problemas.
15	3		1ª Prova de biofísica
16	2	Unidade 4	Biofísica da contração muscular: tensões no músculo em repouso.
17	3		Tensões no músculo em atividade.
18	2		Termodinâmica muscular.
19	3		Aula de resolução de problemas.
20	2		Geração de calor no músculo.
21	3		Aula de resolução de problemas.
22	2		Aula de resolução de problemas.
23	3		2ª Prova de biofísica.
24	2	Unidade 5	Potenciais bioelétricos.
25	3		Fundamentos de eletrocardiograma.
26	2		Fundamentos de eletromiograma.
27	2		Atividade prática: interpretação do eletrocardiograma.
28	2		Aula de resolução de problemas.
29	3		3ª Prova de biofísica e aplicação do segundo questionário
30	2		Discussão das provas, revisão de notas e divulgação dos resultados.

Quadro 13 – Sequência de Ensino para a Turma 3

Da sequência apresentada no quadro 13 é possível notar que uma maior ênfase foi dada na resolução de problemas. Procurou-se nessa turma focalizar tanto na resolução de problemas clínicos quanto de problemas que envolvem a parte do conteúdo de Física e aplicações.

Aulas de conteúdo

As aulas de conteúdo apresentaram o mesmo esquema apresentado na turma 2 para a sequência dos eventos externos. As modificações ocorridas encontraram-se no material de apoio apresentado. Esse material, composto por diversas listas de exercícios e problemas, também envolve um conjunto de eventos externos referentes à sua aplicação.

Primeiramente, para *ganhar a atenção* do aluno, são mostradas imagens, desde aparelhos utilizados até pessoas com doenças, cujo tratamento envolvia os conhecimentos da aula. Em cada aula, seja de conteúdo quanto de exercícios, após ganhar a atenção do aluno, é *informado o objetivo* que deverá ser alcançado. A *atenção é dirigida* através de novas situações clínicas ou cotidianas, acompanhadas de fundamentação teórica. Como mencionado antes, em algumas aulas o *material utilizado* eram as próprias imagens e vídeos, em outras eram as listas de exercícios ou as atividade práticas.

A *orientação à aprendizagem* era dada quando alguma tarefa era solicitada ou mesmo quando explicado o conteúdo. Já o *provocar o desempenho* ocorria quando essas tarefas eram solicitadas, mesmo que não fossem em aulas diferentes. Logo após corrigir ou mostrar o caminho correto a seguir para a resolução de uma situação, os alunos são desafiados a *estenderem os conhecimentos às outras situações*, mostrando se a aprendizagem ocorreu através das provas, assim como na turma anterior. Para finalizar, sempre se convenciona *mostrar os resultados* aos estudantes, para que revejam onde erraram e onde obtiveram sucesso.

Aulas de resolução de problemas

As resoluções de problemas fizeram a maior parte das atividades programadas para a turma 3. Durante as aulas, após uma retomada baseada em situações vistas em aulas anteriores, como forma de *ganhar a atenção*, os alunos são *informados de que precisam resolver as situações* problemáticas do material recebido. Nesses materiais (apêndice C e D) as questões apresentam situações que são discutidas antes do início da resolução, como forma de *dirigir a atenção* dos estudantes e a familiarização com o *material de apoio*.

Após receberem esse material, os estudantes ficam livres para resolverem os problemas individualmente ou em grupo, mas num primeiro momento sem a intervenção do professor. Eles dispunham também de outros materiais trazidos por eles mesmos e pela calculadora científica. Quando dúvidas surgiam, o professor sempre *fornecia a orientação* necessária, em alguns casos necessitando resolver os problemas em quadro negro. Exercícios mais avançados faziam parte do final das listas, reservados para induzir os estudantes a *estender o que aprenderam em situações diversas*. A *avaliação do desempenho e melhora da retenção e transferência dos conhecimentos* aprendidos estava reservada para as avaliações, onde efetivamente se pode dizer se a sequência foi promissora ou não.

Atividades práticas

Foram aplicadas duas atividades práticas referentes às unidades 1 e 5. Essas atividades, sobre a *determinação do comprimento de onda do laser* e *a interpretação do eletrocardiograma* (apêndice A e O), tiveram o mesmo formato apresentado nas demais turmas.

Durante a implementação, as dificuldades apresentadas pelos estudantes permanecem muito parecidas com as encontradas nas turmas 1 e 2. Na atividade sobre a determinação do comprimento de onda do laser, os estudantes ainda tem o receio em mexer nos materiais. A calculadora científica também continua sendo uma “vilã” na determinação dos resultados.

Na interpretação do eletrocardiograma, os estudantes, assim como na turma anterior, receberam uma cópia do exame (apêndice O) e a partir das informações passadas pelo professor, começaram a tentativa de identificar a doença apresentada pelo material recebido.

As informações da *Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso* da Sociedade Brasileira de Cardiologia (2003) e do *Atlas of Cardiac Arrhythmias* (NATHANSON, 2003). foram mostradas pelo professor através de slides e imagens. Contudo, o maior obstáculo dessa atividade foi o fato dos alunos não conseguirem memorizar a sequência das ondas e principalmente, o que elas representam.

Turma 4

A turma 4, composta por 20 (vinte) alunos, teve a sequência de ensino desenvolvida no primeiro semestre de 2013. Nessa turma, assim como na anterior, resolveu-se apostar na metodologia de resolução de problemas e atividades práticas. Porém, houve uma modificação nos três primeiros eventos externos que correspondem a ganhar a atenção, informar o objetivo ao aluno e dirigir a atenção.

A modificação ocorreu através da transformação da sala de aula nos conhecidos Círculos de Cultura de Paulo Freire (FEITOSA, 1999). As salas de aula foram assim chamadas por Freire quando se transformam em ambientes de debate, onde se procura ouvir dos próprios estudantes suas dúvidas, anseios, qual a bagagem de conhecimento que trazem de estudos anteriores e como representam a realidade que vivem ou que buscam (FEITOSA, 1999). A ideia de *círculo* refere-se ao fato de que todos os educandos participam dos debates de um tema de cultura, onde contribuem para a aprendizagem dos demais participantes, ao mesmo tempo em que têm a oportunidade de evoluir com as discussões de toda a equipe. Sendo assim, os Círculos de Cultura são caracterizados pela participação, incentivo ao diálogo e ao trabalho em grupo. Na dinâmica de classe, as mesas dos alunos foram literalmente dispostas em um círculo onde o professor ocupava uma posição, por vezes sentado com os alunos, e outras vezes em pé próximo ao projetor multimídia, modificando a disposição tradicional das mesas e carteiras em fileiras onde cada aluno tinha visão do restante dos seus colegas e do professor. Os temas discutidos nos Círculos de Cultura são conhecidos como *temas geradores*. Eles surgem da problematização da cotidianidade dos estudantes, sendo escolhidos justamente por, a partir da discussão, possibilitarem uma compreensão mais acentuada do contexto, através da criticidade e dialogicidade. Para isso, o professor, com seu papel de mediador, deve implementar uma metodologia conscientizadora (FREIRE, 2012)

que busque desenvolver nos alunos a percepção das dificuldades e fornecer os subsídios necessários para que consigam superá-las.

Na sequência planejada para a turma 4 (quadro 14), os Círculos de Cultura aconteceram durante as aulas de conteúdo e atividades práticas. Nas aulas de conteúdo, eles foram empregados com o intuito de verificar os conhecimentos trazidos pelos educandos de outras disciplinas que cursaram, através da proposição de situações clínicas reais. Já nas atividades práticas, tiveram a função de investigar concepções sobre medidas, conceitos físicos e procedimentos de cálculo, objetivando mostrar a relevância do estudo da Física para o entendimento também de situações clínicas.

Aula	**Horas/aula**	**Unidades de conteúdo**	**Resumo da aula**
1	3	Unidade 1	Radiações eletromagnéticas.
2	2		Aula de resolução de problemas.
3	3		Ultravioleta. Infravermelho. Raios laser.
4	2		Aula de resolução de problemas.
5	3		Raios X e raios gama.
6	3		Atividades práticas com raios X e raios gama.
7	2		Atividades práticas sobre ondas eletromagnéticas.
8	3	Unidade 2	Teoria de ultrassonografia.
9	2		Atividade prática sobre ultrassom diagnóstico.
10	2		Ultrassom diagnóstico e terapêutico.
11	3		Atividade prática sobre ultrassom diagnóstico. (continuação)
12	2		Técnicas de ultrassonografia para uso diagnóstico.
13	3	Unidade 3	Biofísica dos sistemas: Circulação. Propriedades dos fluidos.
14	3		Aula de resolução de problemas em grupo.
15	3		1ª Prova de Biofísica.
16	2		Aula de resolução de problemas em grupo.
17	3		Sistema circulatório. Respiração.
18	2		Atividades práticas sobre sistema circulatório.
19	3		Sistema respiratório: conclusão.
20	2		Biofísica dos sistemas: respiração externa.
21	3		2ª Prova de Biofísica.
22	2	Unidade 4	Biofísica da contração muscular. Tensões no músculo em repouso e em atividade.
23	3		Termodinâmica muscular. Geração de calor no

continua

conclusão

Aula	Horas/aula	Unidades de conteúdo	Resumo da aula
			músculo.
24	2	Unidade 5	Fundamentos de eletrocardiograma - Parte I.
25	3		Bioeletricidade. Potenciais bioelétricos. Fundamentos de eletromiograma.
26	2		Atividades práticas sobre eletrocardiograma.
27	2		Fundamentos do Eletrocardiograma - Parte II.
28	2		Aula de resolução de problemas.
29	3		3ª Prova de Biofísica
30	2		Revisões de provas, fechamento das médias finais e encerramento do curso.

Quadro 14 – Sequência de ensino planejada para a turma 4.

A seguir, algumas considerações sobre os tipos de aulas inseridos na sequência de ensino para a turma 4.

Aulas de conteúdo

Conforme visto antes, a modificação na sequência de ensino para a turma 4, ocorreu nos três primeiros eventos externos. Os primeiros deles, a *ganhar a atenção* e *informar ao aluno o objetivo*, associados a fase de motivação, como evento interno, tiveram a estrutura baseada nos Círculos de Cultura. Nesses círculos, os estudantes eram apresentados a uma situação clínica real através de imagens em *slides*, ao mesmo tempo em que eram *informados sobre a meta alcançada* com o estudo dessa situação.

No próximo evento de instrução, *dirigir a atenção*, mais uma situação clínica era mostrada, onde através da mediação do professor, os estudantes tinham a oportunidade de expor suas explicações sobre o caso apresentado em uma espécie de fórum. Esses debates tinham como principal função, não só verificar a consistência e fundamentação das respostas dadas, mas também a detecção de possíveis falhas ou dúvidas no aprendizado. Com essa detecção, foi possível perceber onde seria necessário reforçar mais o conteúdo, onde mais atenção deveria ser dada.

Nas aulas de conteúdo, o *material de apoio* eram os próprios *slides* com situações onde poderiam ser discutidas, como num fórum de debates, funcionando essa situação como o *tema gerador*. Em outras ocasiões, o material de apoio eram as listas de problemas, onde em grupo e com a *orientação* necessária do professor, o estudante tem a oportunidade de transformar as informações adquiridas anteriormente em um estado persistente.

Na fase da generalização, o professor *propõem situações que estimulam* o aluno a mostrar que mudanças estão ocorrendo em seu comportamento. Com a *percepção dessas mudanças*, a partir do desempenho correto, mais uma vez estimula-se o aluno a estender os conhecimentos aprendidos à situações diversas. Os dois últimos eventos externos, *avaliar o desempenho* e *melhorar a retenção e a transferência*, couberam às avaliações, onde os estudantes são levados ao conhecimento de seus erros, obtendo a recompensa pelo êxito do processo através da intensificação da transferência do conhecimento para outras situações.

Aulas de resolução de problemas

Os materiais didáticos das aulas de resolução de problemas eram organizados por listas (apêndices D, P ao T). Essas listas continham situações clínicas e exercícios de Física aplicados. Antes da resolução dos problemas, o professor fazia uma retomada dos conceitos aprendidos em outras aulas, como uma forma de *ganhar a atenção* dos alunos, para que em seguida, pudessem começar a resolver os problemas, a fim de *alcançar o objetivo* de dar soluções para eles.

Mais uma vez os estudantes tinham a liberdade para resolverem os problemas individualmente ou em grupo e com o auxílio da calculadora científica e de outros materiais, que não somente os mostrados em sala de aula. Primeiramente, discutiam com os colegas ou procuravam nos materiais, a fim de alcançar o objetivo proposto. Quando dúvidas surgiam, o professor *orientava* de acordo com a necessidade de cada um, muitas vezes, assim como nas demais turmas, em alguns casos era necessário resolver os problemas em quadro negro. Contudo, a *avaliação do desempenho* cabia às avaliações, onde os alunos podiam mostrar se mudanças ocorreram no comportamento.

Atividades Práticas

Na turma 4 empregou-se cinco atividades práticas problematizadoras, com os procedimentos descritos nas turmas anteriores. Nessas atividades, os debates ocorridos nos círculos visavam investigar como os conceitos físicos estão formados nos estudantes e qual a importância dada a eles para a resolução de uma situação clínica. Outros objetivos desses fóruns foram a verificação de competências relacionadas às medidas, organização dos dados, aos cálculos, ao uso da calculadora científica, buscando "que o aluno compreenda não só os conceitos, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência" (WILMO, 2008, p. 35).

Primeiramente, para *ganhar a atenção* dos alunos o professor apresentava uma situação, seja ela clínica ou não, onde o tema gerador relacionava-se com medidas e conceitos físicos. Em seguida, o aluno fica ciente do *objetivo que deve atingir*, sendo *dirigida sua atenção* para os materiais levados até a sala de aula.

No *material de apoio* de algumas atividades, há um passo a passo, que tem por objetivo guiar alguns procedimentos que devem ser tomados pelos alunos. Muitas vezes, essas dicas não eram suficientes para que fosse seguido com sucesso, necessitando da *intervenção do professor*. Contudo, ao final de cada atividade foi feita uma retomada dos procedimentos que deveriam ser feitos e dos cálculos que deveriam ser realizados, interpretando os resultados e estendendo a outras situações.

A seguir, será descrito as dificuldades encontradas pelos estudantes da turma 4 para cada atividade prática da sequência de ensino.

Atividades práticas com raios X e raios gama.

Nessa atividade foi mostrada para os alunos uma chapa fotográfica resultante do exame radiográfico feito por um paciente voluntário. Na medida em que os estudantes observavam o exame, perguntas eram feitas sobre o mesmo, desde como é formado, de que maneira consegue ficar impresso em um filme radiográfico e quais as interações que provoca em contato com corpo humano. Entretanto, as dificuldades giravam em torno da descrição quantitativa dos espectros e como os raios X são formados. Nesse experimento foi adicionada uma discussão sobre as características de interpretação de um radiograma normal e o que esperar sobre assinaturas de patologias pulmonares em doenças como asma e DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica).

Atividades práticas sobre ondas eletromagnéticas.

Essa atividade foi a mesma empregada com turmas anteriores relacionada ao estudo do momento de pressão da radiação da luz solar através de um radiômetro. Assim como em turmas anteriores, em uma aula foi visto o fenômeno de forma puramente teórica, para que em outra aula ficasse a parte prática. Quando as pás do radiômetro começam a se movimentar, após ser colocado sob a luz solar, começam a surgir dúvidas com relação à natureza da luz, já que ela consegue provocar movimento.

Assim como na aula teórica, a derivação dos campos elétrico e magnético a partir da equação da onda é algo que exige muita abstração dos estudantes, o que provoca certo desconforto no estudo das ondas eletromagnéticas.

Atividade prática sobre ultrassom diagnóstico.

Essa atividade constava do mesmo equipamento para a medida da velocidade do som no ar e o fluxo de sangue nas artérias, seguido da análise de alguns exames de ultrassonografia também de pacientes voluntários. As dificuldades nessa atividade relacionavam-se às propriedades físicas do ultrassom, às unidades de medida, como os decibéis e mais uma vez ao uso calculadora científica.

Atividades práticas sobre sistema circulatório

Essa atividade intitulada, *análise da transição de fluxos laminar e turbulento em câmaras cardíacas***,** foi uma atividade qualitativa e sem roteiro. Com um aparelho de ultrassom vascular obstétrico de 2,35 MHz, os alunos verificavam a turbulência nos focos aórtico e no foco mitral dos colegas. A principal dificuldade observada foi com relação ao momento em que os estudantes mexiam no aparelho. Eles manuseiam os equipamentos sem saber o que esperar ou tentar relacionar com a teoria vista. Para a determinação das propriedades hemodinâmicas de artérias periféricas e carótidas, foi preparado um experimento específico para esse fim (LÜDKE; CAUDURO, 2013).

Atividades práticas sobre eletrocardiograma.

Nessa atividade os estudantes receberam um eletrocardiograma de um paciente voluntário e as já citadas referências usadas nas turmas anteriores. À medida que iam observando cada onda do exame, o professor explicava e representava no quadro negro cada segmento. Nessa atividade, a principal dificuldade estava em memorizar o que significava cada segmento e associar a algum tipo de doença, apenas com a análise dos mesmos.

2.5 Os dados

Após a apresentação na seção anterior das sequências de ensino e da forma como foram coletados os dados, nessa seção expõe-se a análise feita sobre eles. Dentre as formas exibidas para a coleta de informações estão as provas padronizadas e os questionários validados e não validados. Para tanto, dispunha-se do auxílio do software SPSS versão 18 (BISQUERRA; SARRIERA; MARTÍNEZ, 2004) que permite avaliar e aplicar testes estatísticos para verificar se existem diferenças significativas entre as turmas e em quais turmas essas diferenças ocorreram, tendo-se em vista que foram empregadas metodologias diferenciadas nelas.

Instrumentos de avaliação do rendimento dos alunos

O oitavo evento externo ou evento de instrução, proposto por Gagné (1970), corresponde à avaliação do desempenho. Nesse evento, o estudante passa por uma fase de desempenho, caracterizado por um processo de resposta. O instrumento de avaliação, empregado para a verificação da aprendizagem e mudanças na avaliação de desempenho dos estudantes, foram provas de múltipla escolha.

As avaliações seguiram o mesmo padrão nas quatro turmas já que o objetivo é verificar, com sequências de atividades e eventos de instrução diferenciados, até que ponto os estudantes conseguiram atingir os objetivos estabelecidos no início da sequência. Essas provas (apêndices U, V e X) foram empregadas ao final de cada sequência de conteúdo, contendo cada uma a estrutura mostrada no quadro 15.

Provas	**Unidades de conteúdos abordados**	**Número de questões**	**Escala de avaliação**
Prova 1	Unidades 1 e 2 – Radiações Eletromagnéticas e Ultrassonografia	20	0 a 10
Prova 2	Unidade 3 – Circulação e Respiração Externa	20	0 a 10
Prova 3	Unidades 4 e 5 – Biofísica da Contração Muscular e Bioeletricidade	20	0 a 10

Quadro 15 – Estrutura dos instrumentos avaliativos empregados nos quatro semestres

A avaliação da aprendizagem, segundo Gagné (1970), compreende investigar se o aluno conseguiu ou não realizar cada um dos procedimentos de cada fase a fim de chegar a um objetivo pré-estabelecido. Como a aprendizagem ocorre por hierarquias, entende-se que a aprendizagem de uma instrução serve como base a próxima instrução. A avaliação é baseada na instrução, pois existe uma meta a ser alcançada através de uma sequência educacional. Dessa forma, pode ser entendida como uma medida do alcance dos objetivos educacionais propostos.

Análises dos instrumentos de avaliação

Para a análise comparativa e verificação de diferenças entre os resultados das três avaliações nas quatro amostras pesquisadas, utilizou-se o programa para análise de dados SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Versão 18. Para tanto, seguiu-se os seguintes passos:

- Análise descritiva das avaliações;
- Aplicação da prova de Levene;
- Aplicação do teste ANOVA (Análise da Variância);
- Aplicação do teste LSD (Diferença Mínima Significativa).

A análise descritiva das avaliações foi feita, num primeiro momento para cada amostra, e em seguida para o total das amostras. A partir dessa análise, é possível ter uma visão geral de como se comportam os valores. Os resultados foram agrupados em tabelas geradas pelo próprio programa SPSS.

O segundo procedimento a ser tomado foi a aplicação da prova de Levene. A aplicação dessa prova é recomendada como condição para a aplicação de um teste paramétrico como o ANOVA (BISQUERRA; SARRIERA; MARTÍNEZ, 2004). Essa prova avalia a homogeneidade das variâncias, em outras palavras, quando as dispersões encontradas forem equivalentes, dizemos que não são estatisticamente significativas.

Para a prova de Levene deve-se analisar, como requisito para a aplicação de um teste paramétrico, o grau de significação *p*. Se o valor de *p* for menor que algum valor crítico, geralmente definido como 0,05 ou 0,01, no nosso caso 0,05, significa que as variâncias são

heterogêneas, ou seja, diz-se que existe heterocedasticidade. Isso indica que um teste como a ANOVA não poderia ser aplicado para as amostras dessa pesquisa.

Entretanto, dentre as condições para o uso da ANOVA abrangem algumas exceções que englobam os dados apresentados pelas amostras. Segundo Callegari-Jacques (2003), a ANOVA também é capaz de fornecer "resultados confiáveis mesmo com considerável heterocedasticidade" (p. 157). Para que isso aconteça é necessário ser cauteloso em alguns pontos, como por exemplo, no tamanho das amostras, que devem ser aproximadamente iguais e com relação à variável de estudo, que deve ter uma distribuição desviada da normal principalmente quando as amostras forem grandes (p. 157).

Se observarmos as amostras dessa pesquisa, pode-se observar que temos um número muito parecido para cada amostra (tabela 11). Com isso, é satisfeita a condição para a aplicação da ANOVA.

Tabela 11 – Número de indivíduos em cada amostra da pesquisa

Amostra/Turma	**Número de indivíduos**
1	18
2	20
3	20
4	20

O próximo passo foi a aplicação da ANOVA (análise da variância). Esse teste foi utilizado para fazer a comparação das médias dos quatro grupos envolvidos na pesquisa. Com esta análise é possível dizer se existe diferença entre os métodos utilizados ou se essas diferenças não são significativas, ou seja, se são consequências do acaso.

Para finalizar a análise estatística é aplicado um teste *post – hoc*. O teste escolhido foi o LSD (Diferença Mínima Significativa) por apresentar resultados satisfatórios em amostras pequenas. Nele rejeitamos a hipótese H_0 (hipótese nula, que significa que não há diferença entre os grupos) e verificamos quais médias são diferentes entre si. Enquanto o teste ANOVA indica que existem diferenças entre as amostras, o teste LSD mostra em quais amostras essas diferenças aparecem.

A seguir, os resultados para cada avaliação.

Prova 1 - Radiações e Ultrassom

A análise descritiva relacionada à primeira avaliação tem os valores organizados na tabela 12. Nesse quadro podemos observar os valores para o número de indivíduos de cada turma, a média das notas obtidas, o desvio padrão, os limites inferior e superior e os valores mínimo e máximo.

Tabela 12 – Análise descritiva para a Prova 1- Radiações e Ultrassom

Turma	N	Média	Desvio Padrão	Erro Típico	Intervalo de Confiança para a Média a 95%		Mín.	Máx.
					Limite inferior	Limite superior		
1,00	18	3,2778	1,35280	0,31886	2,6050	3,9505	0,50	5,50
2,00	20	3,2750	1,15251	0,25771	2,7356	3,8144	1,50	5,00
3,00	20	3,8250	1,59996	0,35776	3,0762	4,5738	1,50	6,50
4,00	20	6,2750	2,30192	0,51472	5,1977	7,3523	2,70	10,00
Total	78	4,1859	2,06075	0,23333	3,7213	4,6505	0,50	10,00

Com relação às médias das notas pode-se observar uma variação não significativa nas turmas 1, 2 e 3 que, respectivamente, receberam o método tradicional de ensino, receberam revisões de conteúdo de ensino médio e que tiveram as aulas baseadas na resolução de problemas. Entretanto, tem-se um ligeiro aumento na turma 4 que teve os Círculos de Cultura de Paulo Freire (2012) como elementos da motivação e apreensão nas sequências de Gagné. Porém, o desvio padrão mostra um valor mais elevado para essa mesma turma, o que também indica uma variação maior em relação à média. Esses dados podem melhor visualizados no gráfico da figura 14.

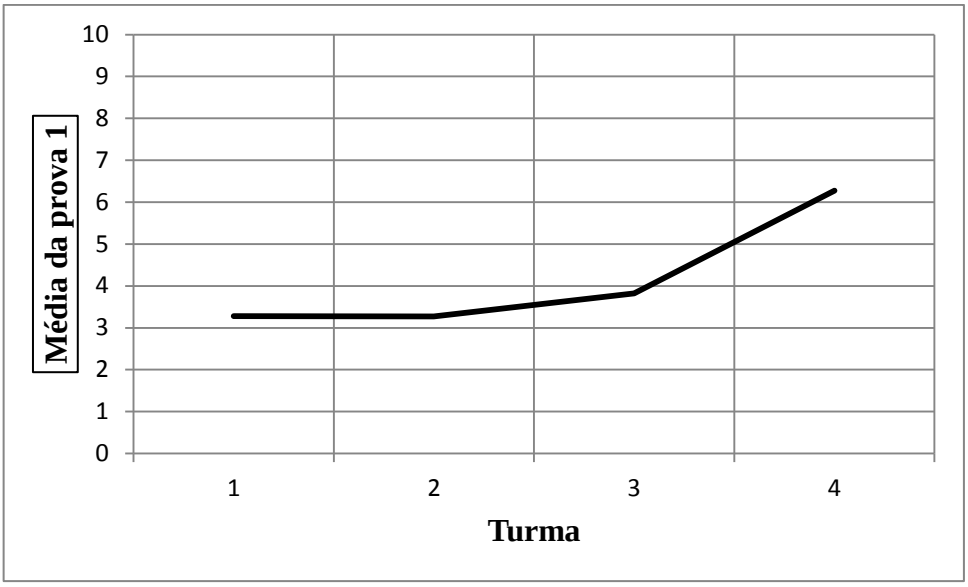


Figura 14 – Gráfico das médias obtidas pelas turmas referentes à prova 1.

A Prova de Levene aplicada aos resultados da Prova 1 tem os resultados organizados na tabela 13.

Tabela 13 – Prova da homogeneidade de variâncias – Prova de Levene

Estatístico de Levene	df1	df2	Sig.
7,603	3	74	0,000

A partir da tabela 13 é possível observar que o valor de significância p é menor que 0,05, rejeita-se H_o (hipótese nula), que mostra que as variâncias são heterogêneas, ou seja, diz-se que existe heterocedasticidade entre as turmas. Porém, como proposto por Callegari-Jacques (2003), nossas amostras se enquadram na exceção exposta anteriormente com relação ao tamanho delas. Contudo, pode-se aplicar o teste ANOVA (tabela 14) para a comprovação da eficácia dos métodos utilizados.

Tabela 14 – Resultados ANOVA – análise das variâncias

	Soma dos quadrados	**df**	**Média quadrática**	**F**	**Sig.**
Intergrupos	121,331	3	40,444	14,552	0,000
Intragrupos	205,664	74	2,779		
Total	326,994	77			

Ao aplicar o teste ANOVA, o resultado da variância nos mostra que foram encontradas variações significativas no desempenho dos alunos. O nível de confiança para a ANOVA referente aos resultados da prova 1 foi $p<0,05$ [$F(3, 74) = 14,552$, $p = 0.000$]. Como visto anteriormente, valores de significância baixos indicam que existem diferenças entre as médias das turmas. Como a significância foi 0,000 ($p<0,05$), indica que existe, pelo menos, uma diferença entre as turmas analisadas. Assim, rejeitamos a hipótese nula, pois a variabilidade intergrupos (entre os grupos) foi suficientemente grande com relação à variabilidade intragrupos (dentro dos grupos). Portanto, pode-se dizer que a média das notas para a prova 1 não é igual entre as turmas que receberam tratamento diferentes.

A partir do teste ANOVA conseguimos identificar diferenças estatísticas entre as quatro turmas para a prova 1. O próximo passo é identificar quais metodologias empregadas nas turmas apresentaram essas diferenças, já que o teste ANOVA apenas informa que existem diferenças, mas não em quais turmas ela aconteceu. Isso não significa que todas as turmas difiram entre si. Para isso, aplicamos um teste Post Hoc de múltiplas comparações.

Este teste compara os grupos dois a dois e identifica as diferenças com um asterisco. Se o valor da significância p for menor que 0,05, existe diferença entre as médias das duas amostras comparadas. Os dados obtidos pelo software SPSS estão na tabela 15. Nesse quadro, ainda temos uma coluna que mostra os limites do intervalo de confiança para as diferenças entre as médias das amostras.

Tabela 15 – Teste de múltiplas comparações - LSD

(I) Número da Turma	**(J) Número da Turma**	**Diferença de média (I-J)**	**Erro típico**	**Sig.**	**Intervalo de Confiança de 95%**	
					Limite inferior	**Limite superior**
1,00	2,00	0,00278	0,54163	0,996	-1,0764	1,0820
	3,00	-0,54722	0,54163	0,316	-1,6264	0,5320
	4,00	-2,99722*	0,54163	0,000	-4,0764	-1,9180
2,00	1,00	-0,00278	0,54163	0,996	-1,0820	1,0764
	3,00	-0,55000	0,52718	0,300	-1,6004	0,5004
	4,00	-3,00000*	0,52718	0,000	-4,0504	-1,9496
3,00	1,00	0,54722	0,54163	0,316	-0,5320	1,6264
	2,00	0,55000	0,52718	0,300	-0,5004	1,6004
	4,00	-2,45000*	0,52718	0,000	-3,5004	-1,3996
4,00	1,00	2,99722*	0,54163	0,000	1,9180	4,0764
	2,00	3,00000*	0,52718	0,000	1,9496	4,0504
	3,00	2,45000*	0,52718	0,000	1,3996	3,5004

Em análise a tabela 15, pode-se constatar que quando comparadas as turmas 1 e 4, 2 e 4 e 3 e 4, houve diferenças entre as médias obtidas para a prova 1. A metodologia empregada com a turma 4 se mostrou mais eficaz para o ensino de Biofísica, já que a diferença de média (I-J) dessa turma em comparação com as demais apresentou valores entre 2,45000 e 3,00000. Pode-se observar que os valores de significância para essas médias foram 0,000, o que confirma a hipótese de que existe diferença entre as médias dessas turmas.

Prova 2 - Sistemas Respiratório e Circulatório

A análise descritiva obtida para a prova 2 tem os resultados mostrados na tabela 16. Nesse quadro podemos observar os resultados para a média um pouco diferentes do que se comparado com a prova 1. Enquanto na primeira avaliação, para as três primeiras turmas praticamente não tivemos diferenças nas médias, para a prova 2 tivemos um declínio da turma 1 para as turmas 2 e 3, seguido de um aumento significativo para a turma 4. Anteriormente, também tivemos resultados satisfatórios para a metodologia empregada na quarta turma.

Outra observação importante a ser feita refere-se ao desvio padrão obtido para a turma 4. Anteriormente obtivemos um valor mais elevado, mostrando uma variação maior em relação à média, diferentemente dos resultados da prova 2, que apresenta o menor valor para o desvio padrão, indicando uma pequena alteração com relação à média.

Tabela 16 – Análise descritiva para a Prova 2- Sistemas Respiratório e Circulatório.

Turma	N	Média	Desvio Padrão	Erro Típico	Intervalo de Confiança para a Média a 95%		Mín.	Máx.
					Limite inferior	Limite superior		
1,00	18	5,0556	1,22341	0,28836	4,4472	5,6639	2,00	7,50
2,00	20	3,7000	1,65752	0,37063	2,9243	4,4757	0,00	7,00
3,00	20	3,9850	1,66868	0,37313	3,2040	4,7660	1,70	8,40
4,00	20	7,3750	1,00466	0,22465	6,9048	7,8452	5,00	8,80
Total	78	5,0282	2,02881	0,22972	4,5708	5,4856	0,00	8,80

Para uma melhor visualização do comportamento das médias da prova 1 com relação às turmas, construiu-se o gráfico da figura 15.

Figura 15 - Gráfico das médias obtidas pelas turmas referentes à prova 2.

Aplicando-se a prova de Levene (tabela 17), obtivemos como o valor de significância p maior que 0,05. Dessa forma, aceita-se H_o (hipótese nula), que mostra que as variâncias são homogêneas, ou seja, diz-se que não existe heterocedasticidade entre as turmas. Sendo assim, pode-se aplicar o teste ANOVA (tabela 4.8) para a comprovação da eficácia dos métodos utilizados sem a necessidade de recorrer à exceção proposta por Callegari-Jacques (2003).

Tabela 17– Prova da homogeneidade de variâncias – Prova de Levene

Estatístico de Levene	df1	df2	Sig.
1,451	3	74	0,235

Uma vez comprovada a possibilidade da aplicação de um teste paramétrico, partiu-se para os resultados obtidos no teste ANOVA (tabela 18).

Tabela 18 – Resultados ANOVA - análise das variâncias

	Soma dos quadrados	df	Média quadrática	F	Sig.
Intergrupos	167,211	3	55,737	27,547	0,000
Intragrupos	149,727	74	2,023		
Total	316,938	77			

Nessa tabela, pode-se observar que o resultado da variância nos mostra que foram encontradas variações significativas no desempenho dos alunos. O nível de confiança para a ANOVA referente aos resultados da prova 2 foi $p<0,05$ [$F(3, 74) = 27,547$, $p = 0.000$]. Como visto anteriormente, valores de significância baixos indicam que existem diferenças entre as médias das turmas. Como a significância foi 0,000 ($p<0,05$), indica que existe, pelo menos, uma diferença entre as turmas analisadas. Assim, rejeitamos a hipótese nula, pois a variabilidade intergrupos (entre os grupos) foi ligeiramente grande com relação à variabilidade intragrupos (dentro dos grupos). Portanto, pode-se dizer que a média das notas para a prova 2 não é igual entre as turmas que receberam tratamento diferentes.

O próximo passo é identificar quais as turmas apresentaram diferenças mostradas pelo teste ANOVA e verificar se os resultados obtidos anteriormente, que mostraram que a metodologia empregada na turma 4 foi mais eficaz para a prova 1, se repete para a prova 2. A aplicação do teste LSD forneceu os seguintes resultados (tabela 19). Mais uma vez têm-se as diferenças marcadas com um asterisco.

Tabela 19 – Teste de múltiplas comparações LSD

(I) Número da Turma	**(J) Número da Turma**	**Diferença de Média (I-J)**	**Erro típico**	**Sig.**	**Intervalo de Confiança de 95%**	
					Limite inferior	**Limite suferior**
1,00	2,00	1,35556*	0,46214	0,004	0,4347	2,2764
	3,00	1,07056*	0,46214	0,023	0,1497	1,9914
	4,00	-2,31944*	0,46214	0,000	-3,2403	-1,3986
2,00	1,00	-1,35556*	0,46214	0,004	-2,2764	-0,4347
	3,00	-0,28500	0,44982	0,528	-1,1813	0,6113
	4,00	-3,67500*	0,44982	0,000	-4,5713	-2,7787
3,00	1,00	-1,07056*	0,46214	0,023	-1,9914	-0,1497
	2,00	0,28500	0,44982	0,528	-0,6113	1,1813
	4,00	-3,39000*	0,44982	0,000	-4,2863	-2,4937
4,00	1,00	2,31944*	0,46214	0,000	1,3986	3,2403
	2,00	3,67500*	0,44982	0,000	2,7787	4,5713
	3,00	3,39000*	0,44982	0,000	2,4937	4,2863

Em análise à tabela 19 pode-se observar que para a prova 2, a metodologia empregada na turma 1 apresentou diferenças quando comparadas com as demais turmas. Um ponto a ser considerado é que a maior diferença entre as médias se concentrou na turma 4. O número negativo indica que a maior média, como visto anteriormente, é da turma 4 para a prova 2. A mesma análise pode ser feita quando comparada as turmas 2 e 3 com a turma 4. Embora existam diferenças entre as metodologias empregadas com as turmas, a maior diferença está com a turma 4, mostrando que a metodologia mais uma vez foi mais eficaz que as demais.

Prova 3 - Biofísica da Contração Muscular e Bioeletricidade

Os valores obtidos com a análise descritiva para a prova 3 estão organizados na tabela 20. Nessa tabela pode-se observar uma diferença muito pequena com relação às médias para cada metodologia empregada. Teve-se um leve aumento da média para a turma 4, porém pouco significativo, já que praticamente foi a mesma média obtida pela turma 2. Uma observação a ser feita com relação ao desvio em relação à média (desvio padrão), em comparação com essas duas turmas, é o menor valor obtido para a turma 4, ou seja, uma menor variação com relação à média obtida.

Tabela 20 – Análise descritiva para a Prova 3- Biofísica da Contração Muscular e Bioeletricidade

Turma	N	Média	Desvio Padrão	Erro Típico	Intervalo de Confiança para a Média a 95%		Mínimo	Máximo
					Limite inferior	Limite superior		
1,00	18	5,8889	0,69780	0,16447	5,5419	6,2359	4,50	7,00
2,00	20	6,0000	1,30787	0,29245	5,3879	6,6121	3,00	8,50
3,00	20	5,1250	1,51201	0,33810	4,4174	5,8326	2,50	8,50
4,00	20	6,0250	0,83469	0,18664	5,6344	6,4156	5,00	7,50
Total	78	5,7564	1,18635	0,13433	5,4889	6,0239	2,50	8,50

Para a melhor visualização das médias obtidas para a prova 3, organizou-se esses valores em um gráfico (figura 16)

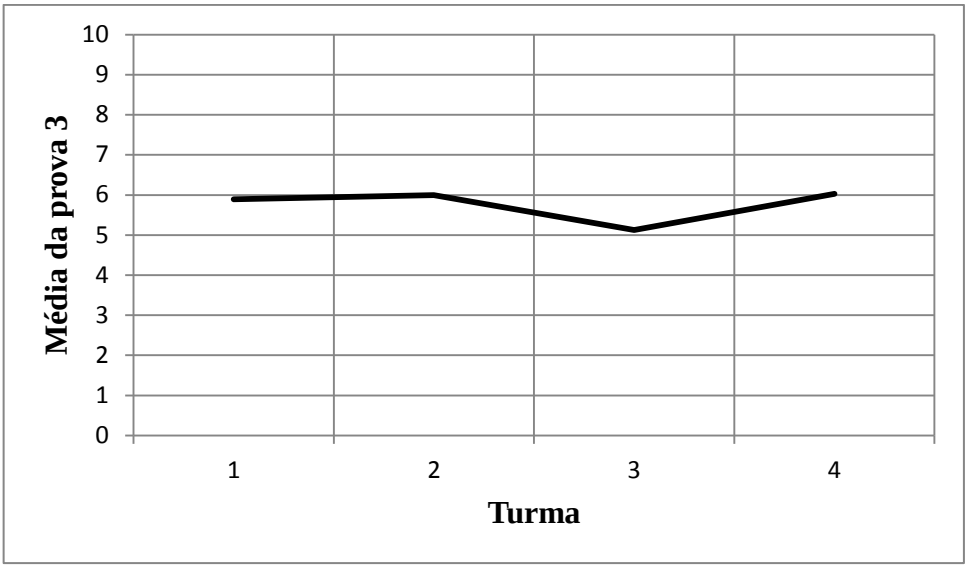


Figura 16 – Gráfico das médias obtidas pelas turmas referentes à prova 3.

Em análise ao gráfico da figura 16 pode-se observar mais explicitamente o ligeiro aumento ocorrida das médias da turma 1 para a turma 2, seguido de uma queda para a turma 3 e um aumento para a turma 4. Esse segundo aumento é praticamente o mesmo ocorrido com as metodologias empregadas nas turmas 2 e 4.

A aplicação da prova de Levene (tabela 21) mais uma vez mostrou o valor de significância p maior que 0,05. Sendo assim, aceita-se H_o (hipótese nula), que mostra que as variâncias são homogêneas, ou seja, diz-se que não existe heterocedasticidade entre as turmas. Dessa forma, pode-se aplicar o teste ANOVA (tabela 21) para a comprovação da eficácia dos métodos utilizados sem a necessidade de recorrer à exceção proposta.

Tabela 21 – Prova da homogeneidade de variâncias – Prova de Levene

Estatístico de Levene	df1	df2	Sig.
2,073	3	74	0,111

Na tabela 22, pode-se observar que o resultado da variância nos mostra que foram encontradas variações significativas no desempenho dos alunos. O nível de confiança para a ANOVA referente aos resultados da prova 3 foi $p<0,05$ [$F(3, 74) = 2,764$, $p = 0,048$]. Como visto anteriormente, valores de significância baixos indicam que existem diferenças entre as

médias das turmas, porém de acordo com o valor obtido, pode-se dizer que essas diferenças não são muito acentuadas quanto as obtidas para as provas 1 e 2. Como a significância foi $p<0,05$, implica que existe, pelo menos, uma diferença entre as turmas analisadas. Também se pode observar que a variação dentro dos grupos foi maior que entre os grupos.

Tabela 22 – Resultados ANOVA - análise das variâncias

	Soma dos quadrados	**Df**	**Média quadrática**	**F**	**Sig.**
Intergrupos	10,919	3	3,640	2,764	0,048
Intragrupos	97,453	74	1,317		
Total	108,372	77			

O teste Post Hoc de múltiplas comparações aplicado, o teste LSD, para a verificação de que turmas apresentaram as diferenças detectadas com o teste ANOVA tem os resultados organizados na tabela 23.

Tabela 23 – Teste de múltiplas comparações - LSD

(I) Número da Turma	**(J) Número da Turma**	**Diferença de Média (I-J)**	**Erro típico**	**Sig.**	**Intervalo de Confiança de 95%**	
					Limite inferior	**Limite superior**
1,00	2,00	-0,11111	0,37284	0,767	-0,8540	0,6318
	3,00	0,76389*	0,37284	0,044	0,0210	1,5068
	4,00	-0,13611	0,37284	0,716	-0,8790	0,6068
2,00	1,00	0,11111	0,37284	0,767	-0,6318	0,8540
	3,00	0,87500*	0,36290	0,018	0,1519	1,5981
	4,00	-0,02500	0,36290	0,945	-0,7481	0,6981
3,00	1,00	-0,76389*	0,37284	0,044	-1,5068	-0,0210
	2,00	-0,87500*	0,36290	0,018	-1,5981	-0,1519
	4,00	-0,90000*	0,36290	0,015	-1,6231	-0,1769
4,00	1,00	0,13611	0,37284	0,716	-0,6068	0,8790
	2,00	0,02500	0,36290	0,945	-0,6981	0,7481
	3,00	0,90000*	0,36290	0,015	0,1769	1,6231

A partir dessa tabela podemos observar que a metodologia empregada na turma 3 apresentou diferenças quando comparadas com as demais. A maior diferença encontrada, também foi com a turma 4.

Análise dos questionários

Nessa pesquisa foram utilizados um questionário validado (anexo B) sobre os interesses e atitudes pela disciplina de Física com as turmas 2, 3 e 4; e um questionário não validado (apêndice B) sobre os interesses pela disciplina de Biofísica com as turmas 2 e 3. Os questionários utilizados, como mencionado anteriormente, dispunham de uma escala Likert e permitiram-nos obter algumas informações sobre a satisfação ou não em relação à disciplina de Física, o que pode ser feito através da análise com software educacional.

Questionário validado

O questionário utilizado para obter informações sobre atitudes e interesses com relação à disciplina de Física foi o mesmo proposto por Talim (2004) com a diferença de que foi incluída a identificação de gênero. Essa identificação foi utilizada para verificar se existem diferenças de atitude entre acadêmicos dos sexos feminino e masculino. Talim (2004) em seu artigo intitulado *Atitude no ensino de Física* propôs a construção e validação de uma escala de atitudes para alunos de ensino médio. Esse mesmo questionário foi utilizado para os estudantes do curso de Fisioterapia, pois, assim como Talim (2004) acredita-se que a atitude em relação à disciplina pode ser um fator que influencia no seu aprendizado.

Para a obtenção de informações sobre o interesse dos estudantes foi feita a análise descritiva das variáveis. Na tabela 24 estão os valores obtidos através dessa estatística descritiva. “O valor máximo da nota é 140 e o mínimo é 28.” (TALIM, 2004, p. 316)

Tabela 24: Dados estatísticos descritivos

Número de alunos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
54	88,80	39	133	26,1

Para uma amostra de 54 alunos a média obtida foi de 88,80. De acordo com os resultados apresentados por Talim (2004), “um valor acima de 84 indica uma atitude mais favorável em relação à Física” (p. 316). Em comparação com os valores obtidos por ele em sua aplicação com estudantes de ensino médio de escolas estaduais, municipais e particulares, obtivemos um valor muito aproximado. A média apresentada nesse artigo foi de 92, o que também indica que esses alunos também apresentam uma atitude mais favorável com relação à disciplina de Física.

O valor mais baixo para a nota obtida, ou seja, o mínimo foi de 39. Já o valor máximo foi de 133. Os valores obtidos por Talim (2004) foram 36, para o mínimo e 139, para o máximo. Esses valores se mostram muito próximos para níveis de ensino diferentes, o que, como uma hipótese pode indicar que os alunos do ensino superior continuam com as mesmas atitudes e comportamentos com relação à Física quando avançam para outros níveis de ensino.

O desvio padrão representa a variação de um conjunto de dados em relação à média. O valor obtido para o questionário validado foi de 26,1 para cinquenta e quatro (54) estudantes do curso de Fisioterapia e de 19,6 para quinhentos e dois alunos (502) do ensino médio (TALIM, 2004). Pode-se observar que quanto maior o número de indivíduos menor será a variação em relação à média.

Dentre as vinte e oito questões sobre atitude e interesses em relação à disciplina de Física, foram escolhidas oito, que se julgam serem as que apresentam mais informações sobre o comportamento dos acadêmicos. As respostas dadas passaram por análise de frequência e posteriormente foram cruzadas com o gênero para a verificação de possíveis diferenças entre eles. Deve-se levar em consideração que, aqueles indivíduos que deixaram de marcar uma resposta para uma questão ou que marcaram duas respostas para a mesma questão foram desconsiderados, ou seja, sua participação não foi utilizada para fins de contagem e análise. As questões escolhidas foram as de números 1, 2, 10, 15, 16, 23, 26 e 27.

Para a Questão 1, “Os problemas de Física despertam minha curiosidade.”, desconsiderou-se 4 (quatro) indivíduos pelos motivos descritos anteriormente. Num total então, de 50 indivíduos, 44,0% disseram que concordam; 28,0% que discordam e 20,0% não tem opinião sobre a afirmativa. Quando cruzamos essa questão com o gênero, podemos observar que 40,0% dos indivíduos do sexo feminino concordam que os problemas de Física despertam sua curiosidade e 32,5% discordam com essa afirmativa. Já com relação aos indivíduos do sexo masculino, 60,0% concordam e 30,0% não tem opinião sobre a afirmativa.

Com relação à Questão 2, “Eu não gosto de Física.”, desconsiderou-se 1 (um) indivíduo, que deixou de responder essa questão. Dos 53 alunos que a responderam, 41,5% concordam que não gostam da disciplina e 37,7% discordam. Entre o sexo feminino, 40,9% das estudantes concordam e 36,4% discordam com essa afirmativa. Já entre o sexo masculino 44,4% dos acadêmicos concordam e 44,4 % discordam com essa afirmativa. Podem-se observar valores muito próximos para os que concordam e os que discordam com a afirmativa.

Com o intuito de investigar mais sobre o gosto dos estudantes com relação à disciplina de Física, a Questão 16, “Gosto muito da Física”, embora com praticamente o mesmo sentido que a Questão 2, foi analisada para minimizar as discrepâncias com as respostas. Das 54 pessoas que responderam a essa questão 46,3% discordam; 20,4% não tem opinião e 18,5% discordam fortemente. Entre as mulheres 45,5% discordam; 20,5% discordam fortemente e 20,5% não tem opinião. Dos homens, 50,0% discordam; 20,0% concordam e 20,0% não tem opinião. Pode-se observar que os resultados obtido pelas mulheres estão de acordo com as respostas obtidas para a questão 2. Entretanto, entre os homens os resultados são inconclusivos, já que o mesmo número de participantes disse concordar e discordar que não gostam de Física (questão 2) e 30,0% a mais disse que não gostam de Física para a questão 16.

Das 53 pessoas que responderam a Questão 10, “Estudar Física para mim é perda de tempo.”; 74,5% discordam a essa afirmativa. Isso mostra que eles reconhecem a importância que os conhecimentos da Física têm em relação à Fisioterapia. Dentre o sexo feminino 73,8% das mulheres discordam e 11,9% não têm opinião. Já entre o sexo masculino, 77,8% dos homens discordam; 11,1% discordam fortemente e 11,1% não têm opinião. Isso reafirma que os estudantes reconhecem a importância desses conhecimentos.

Com relação à importância dada aos conhecimentos da Física, a questão 15, “Acho a Física muito importante”; mostra que 70,4% dos 54 acadêmicos que responderam, concorda com a afirmativa. Um resultado semelhante ocorre entre as mulheres, já que 75,0% também concordam que a Física é muito importante. Já entre os homens esse resultado é reforçado, mostrando que 50,0% concordam e 30,0% concordam fortemente com a questão 15.

Para a Questão 23, “Os conteúdos estudados em Física não me são de qualquer utilidade.”, obteve-se 66,7% dos estudantes discordando com essa afirmativa e 18,5% discordando fortemente. Isso reforça a ideia de que os conteúdos que são aprendidos em Física são utilizados de alguma forma pelos estudantes. Esses resultados estão dispostos no

gráfico da figura 17, onde se pode observar que a maior fatia do gráfico em pizza, corresponde à opinião de que os conhecimentos da Física são utilizáveis pelos estudantes.

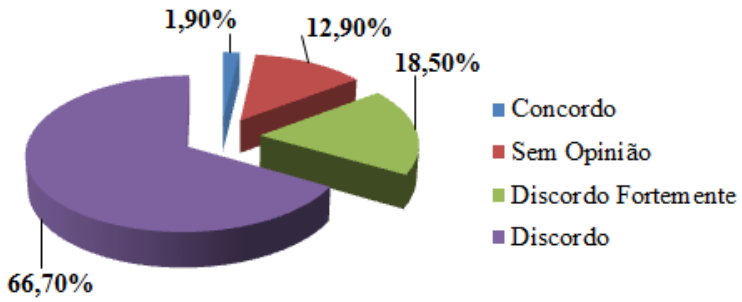


Figura 17 – Gráfico das preferências encontradas para a questão 23

Ainda sobre a questão 23, entre as participantes do sexo feminino, 65,9% discordam e 18,2% discordam fortemente de que os conteúdos de Física não sejam de nenhuma utilidade. Entre os participantes do sexo masculino 70,0% discordam e 20,0% discordam fortemente que os conteúdos de Física não são de qualquer utilidade para eles.

Com relação à utilidade do conhecimento aprendido na disciplina de Física, a Questão 26, "Não acho nenhuma utilidade para o que aprendo em Física.", teve resultados muito semelhantes, tanto no total de alunos quanto na separação por gêneros. Dos 53 acadêmicos que a responderam, 56,6% discordam e 26,4% discordam fortemente. Entre o sexo feminino, 58,1% discordam e 25,6% discordam fortemente. Já entre os homens 50% discordam e 30% discordam fortemente. Esses valores reforçam os mesmos que foram obtidos na questão 23, onde revela que o que é aprendido tem utilidade e é aplicado pelos estudantes em algum momento do aprendizado deles.

Para a Questão 27 "Desejo aprender Física, pois julgo que ela me é necessária e útil.", 42,6% concordam e 35,2% do total não tem opinião sobre essa afirmativa. Os valores dessa afirmativa nos mostram um percentual muito alto de estudantes que não têm opinião sobre ela. Observa-se que entre as mulheres 43,2% concordam e 34,1% não tem opinião; já entre os entre os homens, 40,0% concordam e 40,0% não tem opinião. Em contraste com o obtido para as questões 23 e 26, onde mostrou que os estudantes tem consciência de que os conhecimentos da Física são importantes e utilizados em algum momento da carreira

profissional, pode-se dizer que embora tenham essa consciência, ainda apresentam dúvidas sobre seu real emprego.

Questionário não validado

O segundo questionário empregado com os estudantes foi elaborado por mim, mas não foi validado, porém auxiliou na verificação de alguns interesses com relação à disciplina de Biofísica. Esse questionário foi composto por 35 questões e aplicado a 38 alunos para obter informações não contempladas pelo questionário padronizado de Talim (2004).

Como o questionário não foi validado, não convém falar em desvio padrão, média, máximo e mínimo. Para que pudesse ser colocado aqui, o questionário deveria conter um número de afirmativas ditas positivas iguais ao número de afirmativas ditas negativas, já que apresenta uma escala Likert, sem falar em todo o processo minucioso de análise. No entanto, ainda pode-se analisar quantitativamente o material de tal forma que é possível extrair informações sobre gostos e atitudes com relação às disciplinas de Biofísica e Física e com os tipos de atividades empregadas. Sendo assim, como no questionário anterior, algumas questões foram escolhidas para análise. Dentre eles estão as questões 1, 4, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 28.

Como umas das atividades empregadas com a turma 2 foi justamente as revisões de conteúdos de ensino médio, resolvemos investigar qual a importância dada pelos alunos para esse tipo de atividade. Para isso, a questão 1, “Acho necessária uma revisão de Física do ensino médio antes de passar para conteúdos mais avançados em Biofísica.”, foi analisada mostrando que 57,9% dos acadêmicos concordam plenamente e 34,2% concordam que essas atividades são necessárias. O alto percentual de favoritismo dado a essa afirmativa evidencia que carências no aprendizado da Física, por isso os estudantes dão tanta importância à retomada de conceitos aprendidos no ensino médio.

Ainda sobre os tipos de atividades, a questão 8, “Experimentos são indispensáveis para a compreensão dos conteúdos de Física.”, teve resultados ainda maiores: 73% concordam plenamente e 24,3% concordam com esse tipo de atividade. Esses resultados reforçam as pesquisas que mostram que as atividades experimentais e práticas continuam tendo um nível

de satisfação alto pelos estudantes em qualquer nível de ensino. Também são indicativos da importância dada à integração entre teoria e prática.

Para melhor entender os resultados obtidos de acordo com os interesses e preferências quanto ao que aprender em Física, juntaram-se os resultados das questões 10, 11 e 12 no quadro 16. Através desse quadro, pode-se observar que para as questões 10 e 12 existe o segundo percentual mais alto de estudantes que não tem opinião sobre o assunto, o que pode evidenciar que não existe clareza sobre a importância das equações e conceitos teóricos. Diferentemente das aplicações em Física que tem os dois percentuais mais altos para "concordo plenamente" e "concordo" que aprender essas aplicações seja o mais importante. Embora com um percentual alto para os que não apresentam opinião sobre as questões 10 e 12, a maioria dos alunos mostra que tem esclarecimento de que equações e conceitos são interessantes aprender para que sejam utilizados posteriormente.

É interessante aprender...	**Resultados**
...a aplicar equações em Física.	54,1% concordam plenamente 18,9% não tem opinião
...as aplicações da Física.	73% concordam 16,2% concordam plenamente
...os conceitos teóricos da Física.	64,9% concordam 18,9% não tem opinião

Quadro 16– Resultado da análise das questões 10, 11 e 12.

Assim como para as questões sobre o que aprender em Física, um novo agrupamento foi feito com relação às dificuldades encontradas pelos acadêmicos. Para isso, juntaram-se as questões 13, 14 e 15 e os seus resultados em um pequeno quadro comparativo (quadro 17).

Tenho dificuldade em...	**Resultados**
...analisar gráficos e equações.	31,6% concordam plenamente 36,8% concordam
...visualizar o que os problemas pedem.	32,4% concordam plenamente 32,4% concordam
...identificar a parte do conteúdo que é necessária para a resolução dos problemas.	26,3% concordam plenamente 34,2% concordam

Quadro 17 – Resultado da análise das questões 13, 14 e 15.

Dos resultados do quadro 18, pode-se observar que os maiores resultados concordam com as afirmativas relacionadas às dificuldades de analisar gráfico e equações, de visualizar o que os problemas pedem e de identificar qual parte do conteúdo é necessária para resolver um problema proposto. Esses resultados mostram que mesmo no ensino superior, elementos que julgaríamos já aprendidos por alunos com uma longa jornada de estudos, ainda não o são, o que se refletiu sobre as dificuldades encontradas nas atividades descritas na seção 2.4.

Um novo agrupamento com as questões relacionadas à importância da Biofísica e Física para profissão foi feito com as questões 4, 16, 17 e 28 (quadro 18).

Questão	**Resultados**
A disciplina de Biofísica será útil para a minha vida profissional.	50,0% concordam plenamente 39,5% concordam
Acho a Física muito importante para a carreira que escolhi.	47,4% concordam 28,9% Não tem opinião
Os assuntos estudados em Biofísica são importantes para o desenvolvimento da sociedade.	36,8% concordam 42,1% Não tem opinião
Nesse semestre, prefiro aprender as aplicações médicas da Biofísica.	28,9% concordam plenamente 47,4% concordam

Quadro 18 – Resultado da análise das questões 4, 16, 17 e 28.

Dos resultados apresentados no quadro 18 pode-se verificar que os acadêmicos sentem que a Biofísica apresenta um papel importante em sua vida profissional. Entretanto, ainda, para muitos deles não são claras as razões pelas quais é necessário estudar Biofísica. Isso fica evidente no percentual de estudantes que não têm opinião sobre se a Biofísica é necessária para o desenvolvimento da sociedade. Com relação aos resultados da preferência em estudar as aplicações médicas da Biofísica, têm-se um percentual alto para os que concordam plenamente e os que concordam, reforçando o interesse em estudar as aplicações já mostradas no quadro 16.

2.6 Discussões

A definição dos temas geradores da análise deste trabalho partiu de uma observação piloto das dificuldades dos estudantes do curso de Fisioterapia da UFSM quando cursei a disciplina de Biofísica. Em conversas com o professor da disciplina, pude constatar que essas dificuldades vêm afetando os acadêmicos há anos, uma vez que não conseguiam visualizar as relações tão importantes que a Biofísica traz para o trabalho desenvolvido em ciências da saúde. Desse modo, planejou-se estratégias de investigação em educação baseadas em evidências, a fim de buscar e avaliar a eficiência de uma metodologia capaz de contribuir para que esses acadêmicos pudessem ter uma aprendizagem significativa e dessa forma, aumentar o desempenho acadêmico das turmas de Biofísica.

Antes da definição do problema de pesquisa, partiu-se para a investigação de subsídios que fundamentassem e comprovassem a importância do desenvolvimento desse trabalho. Primeiramente, buscou-se o relato de professores da disciplina de Biofísica de outras instituições, com o intuito de investigar se os problemas e dificuldades apresentados pelos alunos da UFSM, também são encontrados por acadêmicos que vivem a mesma realidade em outras universidades da região. Essa hipótese foi confirmada em entrevista semi-estruturada com duas professoras da rede privada de ensino, e a partir desses depoimentos confirmou-se a necessidade da ampliação de ações voltadas para atender esse aspecto do ensino em ciências da saúde.

Retomando alguns pontos centrais das entrevistas, ambas as professoras relataram que inicialmente tinham dificuldade em abordar os conteúdos de forma interdisciplinar devido à formação inicial que tiveram. Entretanto, em busca de outros recursos, conseguiram contornar, em parte, essas dificuldades, unindo elementos que integrassem conteúdos de Física, Fisiologia e Anatomia. Esse aspecto evidencia que os estudantes estão deixando a disciplina de Biofísica sem conseguir entender plenamente os processos dos sistemas do corpo humano sob um ponto de vista interdisciplinar, o que certamente compromete, em partes, suas funções como futuros profissionais da saúde.

Outro ponto destacado é a falta de apoio dado pelas instituições de ensino que não tomam nenhuma atitude quanto à formação do profissional que ministra esse tipo de disciplina. A Biofísica por seu caráter interdisciplinar exige conhecimentos e contribuições técnicas de diversas áreas, o que exige um profissional habilitado capaz de compreender os mecanismos do corpo humano sob vários pontos de vista e que consiga aliá-los a uma

metodologia de ensino que não exija dos estudantes apenas a memorização de algumas equações e nomes de estruturas. Para isso acontecer, a instituição de ensino deve incentivar a continuidade da formação do professor indicado para essa disciplina, não lhe deixando a responsabilidade para contornar essas dificuldades, sem o devido rigor teórico que a gestão dessa disciplina deveria apresentar.

Com relação às dificuldades de aprendizagem dos estudantes, uma das professoras enfatizou que seus alunos tinham pouco conhecimento de Matemática básica, o que a fazia dar um foco puramente teórico às aulas. Já a outra, destacou que além da Matemática, o uso da calculadora científica era algo que incomodava os alunos, já que se perdiam e não compreendiam os algoritmos da mesma. Essas evidências foram comprovadas em análise qualitativa feita em aulas de resolução de problemas e nas atividades práticas que envolviam cálculos com todas as turmas observadas. Existe um grande receio dos estudantes em resolver problemas de Biofísica que envolvam cálculos, talvez por falta de conhecimentos prévios, autoconfiança e habilidades práticas em resolução de problemas, que deveriam ter sido desenvolvidas em outras etapas de aprendizagem. Entretanto, como comprovado através de questionários, a maioria deles atribui importância a esses conhecimentos para sua futura profissão. O que se torna inconsistente é o fato de não partir dos próprios alunos a atitude em contornar essas dificuldades, mesmo tendo a consciência da sua relevância, motivo que levou ao planejamento de sequências de ensino que objetivassem o desenvolvimento de habilidades intelectuais, motoras e estratégias cognitivas de resolução de problemas. Contudo, o conhecimento das inquietações dessas professoras somadas às observações feitas nas aulas de Biofísica, como aluna, mostrou que a pouca atenção dada ao ensino dessa disciplina, se mostra como uma necessidade regional, já que em três instituições de ensino, praticamente, os mesmos problemas são encontrados e pouco vem sendo feito para que eles sejam resolvidos.

O próximo passo após a identificação dessas necessidades foi a escolha de uma metodologia capaz de dar subsídios para que os estudantes de Fisioterapia pudessem desenvolver as habilidades às quais se propõe a disciplina de Biofísica. Para tanto, escolheu-se a metodologia de Robert Gagné, à qual apresenta como ponto central, uma sistemática no processo de aprendizagem e uma estrutura de exequibilidade prática. Nessa metodologia, a preocupação está em organizar certo conjunto de eventos que são externos à mente do aluno e que vão dar suporte aos processos internos, que são as internalizações cognitivas e habilidades que a mente pode fazer. Dessa forma, a metodologia instrucional de Gagné foi escolhida por possibilitar que se tenha uma visão geral do processo de aprendizagem e dos resultados esperados, permitindo que se planejem as condições que favoreçam o aprendizado de

Biofísica dos alunos visando alcançar os objetivos, através do desenvolvimento de atividades e materiais de apoio.

Após o esclarecimento sobre a necessidade de um estudo sobre o ensino de Biofísica e da escolha da metodologia a ser utilizada, delimitou-se a questão da pesquisa. A fim de respondê-la foram estabelecidos objetivos que englobam a realização de uma revisão bibliográfica; a elaboração de sequências de ensino diversificadas de abordagem dos conteúdos da ementa da disciplina de Biofísica A, utilizando a metodologia de Robert Gagné e a avaliação quantitativa das propostas diversificadas, a fim de verificar qual delas apresenta maior eficácia no desempenho dos alunos de Fisioterapia da UFSM. Com a revisão bibliográfica foi possível ter uma visão da quantidade de trabalhos e pesquisadores que vem desenvolvendo propostas com o objetivo de se ensinar Biofísica. Já a elaboração de sequências diversificadas com a estrutura de Gagné deu condições de analisar qualitativamente as principais dificuldades encontradas pelos alunos, como cálculos, manuseio da calculadora científica, conceitos básicos de Física, Anatomia e Fisiologia; e subsídios que se pudesse analisar quantitativamente as avaliações, verificando a eficácia do método para cada uma delas.

A revisão bibliográfica foi feita como mais uma aliada na justificativa da importância de um estudo mais aprofundado sobre o tema *ensino de Biofísica*. Para tanto, foram analisados duzentos e vinte e três (223) periódicos no período de 2004 a 2013. Destes periódicos, apenas quatro (4) apresentaram artigos sobre o tema, num total de nove (9) trabalhos encontrados. Isso evidencia a carência atual de pesquisas em sala de aula e que sejam direcionadas ao ensino de uma área que proporciona aos profissionais das ciências da saúde, um entendimento mais aprofundado dos processos fisiológicos que envolvem os seres humanos, as patologias e os tratamentos. Assim, o estudo ao qual se propõe este trabalho se mostra relevante por expor essa falta, ao mesmo tempo em que enfatiza a importância da área de Biofísica e apresenta uma tentativa metodológica de atender as necessidades dos estudantes.

A disciplina de Biofísica A sempre é ofertada ao curso de Fisioterapia. A estrutura proposta pela ementa engloba cinco unidades de conteúdo, sendo uma parte destinada às atividades práticas e outra à parte teórica. Também consta na ementa a sugestão de utilização de cinco livros como bibliografia básica. Destes cinco livros, conseguiram-se quatro para análise, o que permitiu que se tivesse uma visão mais aprofundada da qualidade dos mesmos, que são indicados e utilizados, muitas vezes como material confiante pelos alunos e como forma de contornar o despreparo dos professores nos exercícios dessa disciplina.

Em análise a esses quatro livros, se pode verificar aspectos referentes à organização didática; à relevância dos problemas e exemplos; e a utilidade de leituras complementares e apêndices. Essa análise mostrou, com relação à organização didática, que nenhum dos livros apresenta a estrutura de conteúdos prevista pela ementa da disciplina e que existem seções que não estão presentes em nenhuma das referências. Outra evidência encontrada foi a grande importância dada somente aos conteúdos da Física ou da Biologia, sem ter o devido equilíbrio entre a descrição necessária referente a cada área e a real necessidade do estudante de ciências da saúde. Essa preocupação com a estrutura didática é relevante, pois uma bibliografia que tenha uma estrutura adequada contribui para o desenvolvimento do trabalho pedagógico em sala de aula e na continuidade dada fora dela em estudos extraclasse.

Já em análise à relevância dos problemas e exemplos, os resultados são ainda mais desestimulantes. Para essa análise foi montada uma escala, que atribui escores que vão de 1 a 3 e que se referem ao grau de relevância: 1, sem relevância; 2, parcialmente relevante; 3, totalmente relevante. Cada problema foi lido, analisado e refletido sobre qual escore merecia. Apenas os livros 1 e 4 apresentaram problemas e destes a maioria foi classificado como sem relevância, ou seja, aqueles que englobam apenas aplicações em Física ou Biologia, sem as devidas relações. Os demais livros não oferecem situações de aplicação da teoria com situações profissionais reais que permitam ao aluno buscar fundamentos para resolvê-los, fazendo-o interagir com os conteúdos aprendidos. Isso contribui para uma aprendizagem memorística que em nada estimula o estudante a aplicar e buscar meios para resolver os problemas.

Os resultados encontrados em análise aos exemplos não foram diferentes. A maioria deles, que deveria mostrar interligações entre Física e Biologia aplicadas à situações clínicas, também foram classificados como sem relevância. Já as leituras complementares e os anexos enfatizam símbolos, abreviaturas, unidades de medidas físicas, valores de constantes e operações matemáticas básicas. Esses itens são importantes como materiais auxiliares na resolução dos problemas, porém também poderiam mostrar as relações entre conceitos de Física, Biologia, Anatomia, Cinesiologia e Fisiologia.

A falta de relações entre os conteúdos, a inexistência de problemas e exemplos relevantes que mostrem situações clínicas que devem ser resolvidas com relações interdisciplinares entre Física e Biologia, fizeram-nos selecionar outros materiais de apoio que buscassem suprir essas carências. Esses materiais também foram analisados e aliados à metodologia instrucional e demais atividades, formaram uma nova proposta metodológica que se julga ser o recomendável para atender às necessidades de aprendizagens dos acadêmicos de

Fisioterapia. Tendo em vista que os livros sugeridos na ementa da disciplina são os mais utilizados em cursos das ciências da saúde no país, para o ensino de Biofísica, tem-se uma necessidade nacional de referências que consigam englobar os conhecimentos mínimos que esses profissionais devem desenvolver. Isso implica que mais atenção deve ser dada aos materiais de apoio utilizados pelos acadêmicos, já que o livro didático se mostra como um dos recursos mais confiáveis sob o ponto de vista do aluno, que espera ancorar-se nesse tipo de referencial.

A revisão bibliográfica e a análise dos livros sugeridos para a disciplina de Biofísica mostraram que o ensino de Biofísica apresenta problemas, tanto com relação aos poucos trabalhos que vem sendo realizado nos últimos anos, quanto com relação à falta de materiais bibliográficos eficazes para uso em sala de aula. Contudo, deve-se encontrar uma forma de suprir essas necessidades com metodologias planejadas, que preservem a importância do processo de ensino, sem comprometer a aprendizagem dos alunos. Deve-se ressaltar que o livro didático como recurso único é uma questão de debate ativo e críticas ao seu uso, é necessário ter boas referências que deem suporte aos estudantes, juntamente com uma metodologia pedagógica que os incentive a procurar e motive a dar continuidade aos seus estudos.

O segundo objetivo deste trabalho voltou-se para a elaboração de sequências de ensino baseados na metodologia de Robert Gagné envolvendo os conteúdos da ementa da disciplina de Biofísica A. Segundo essa metodologia, a aprendizagem ocorre através de eventos externos, que estão voltados ao ambiente e ao professor, e a eventos internos, que ocorrem na mente do aluno. O papel do professor é planejar, administrar e avaliar os eventos externos, de tal forma que eles provoquem nos alunos a maior modificação observável em seu comportamento e que ela persista por um longo período de tempo, através de sequências estruturadas de acordo com as necessidades de cada curso ou disciplina.

Para isso, tivemos quatro turmas do curso de Fisioterapia participando da pesquisa, tendo a primeira delas uma abordagem puramente tradicional dos conteúdos, onde se tinha a exposição dos mesmos, seguidos da resolução de uma série de problemas previamente escolhida pelo professor. Já a segunda turma, teve a sequência de ensino baseada na resolução de problemas, atividades práticas e aulas de revisão de ensino médio, essas últimas inseridas com o objetivo de suprir carências de aprendizagem, já que não existe a oferta de disciplinas curriculares de Física Básica e Cálculo no currículo do curso de Fisioterapia. Nas terceira e quarta turmas apostou-se na metodologia de resolução de problemas envolvendo situações clínicas. A diferença entre elas ocorreu através da inserção dos Círculos de Cultura de Paulo

Freire na quarta turma, como forma de modificação dos três primeiros eventos externos presentes na metodologia de Gagné. Esses Círculos de Cultura, definidos segundo a obra de Freire, tiveram objetivos diferenciados em aulas de conteúdo e em aulas práticas. Enquanto na primeira buscava-se a verificação da consistência das respostas e na detecção de onde se precisaria reforçar mais os conteúdos, na segunda buscava-se observar critérios referentes a medidas, cálculos e organização de dados. Vale ressaltar que cada tipo de aula e atividade teve um conjunto de eventos externos próprio para cada turma.

As maiores dificuldades encontradas na elaboração das sequências de ensino estavam voltadas para a criação de materiais de apoio para as atividades práticas. Não existem materiais didáticos ou mesmo adequados ao ensino, disponíveis nas instituições regionais para contemplar a parte prática da disciplina. A solução encontrada foi utilizar os laboratórios da universidade, em parceria com alunos, professor e funcionários, que contribuíram para a montagem e aperfeiçoamento dos materiais confeccionados artesanalmente.

Como forma de avaliação de qual metodologia seria a mais promissora para se ensinar Biofísica, resolveu-se manter a estrutura dos três instrumentos avaliativos, para que elas pudessem ser analisadas quantitativamente. Através do uso do software SPSS, pode-se analisar o rendimento dos acadêmicos, cumprindo o terceiro objetivo deste trabalho. Para tanto, foi aplicado o teste ANOVA (análise da variância) pelo qual puderam ser detectadas diferenças entre as turmas nas três provas. Já o teste LSD (Diferença Mínima Significativa) indicou onde essas diferenças ocorreram com maior significância.

Com relação à prova 1, que avaliou os conhecimentos das unidades sobre Radiações Eletromagnéticas e Ultrassonografia, os resultados mostraram que a metodologia empregada na turma 4 se mostrou mais eficaz no ensino dessas duas unidades de conteúdo. Nessa turma, como mencionado anteriormente, a sequência de ensino foi planejada de tal forma que englobasse aulas expositivas ou de conteúdos, atividades práticas e aulas de resolução de problemas, não muito diferente do que foi planejado para as demais turmas. A diferença é a inserção dos Círculos de Cultura de Paulo Freire nos três primeiros eventos externos da sequência. O objetivo da transformação da sala de aula em um Círculo de Cultura é ouvir dos próprios alunos quais suas reais necessidades, como eles enxergam a realidade em que a disciplina de Biofísica é ofertada e qual a importância que dão a ela para o aprendizado de sua futura profissão. Isso permite averiguar o problema de porque os estudantes não conseguem ter um desempenho mais satisfatório em Biofísica, através da visão dos próprios participantes.

Como os Círculos de Cultura foram montados na turma 4, pode-se perceber que as maiores dificuldades dos estudantes estava na falta ou insuficiência de conhecimentos

relacionados a Física e Matemática básicas, e conhecimentos de Anatomia e Fisiologia. Com a análise desses fatores foi possível providenciar ações para mudar essa situação. Essas ações visaram o reforço desses conhecimentos através de atividades que buscavam integrá-los e retomá-los em situações clínicas muito semelhantes com as que os profissionais de Fisioterapia convivem em seu ambiente de trabalho. Vale ressaltar que, embora a dificuldade com a Matemática, mencionada pelas professoras entrevistadas e verificadas em todas as turmas nas aulas de resolução de problemas, na turma 3 que teve sua sequência montada visando a resolução de situações problemáticas que envolviam, algumas vezes, muitos cálculos tendo todo o apoio do professor para isso, a média dos estudantes não foi muito maior do que as turmas 1 e 2, lembrando que a turma 1 teve uma abordagem puramente tradicional dos conteúdos. Outro fato mencionado foi a falta de conhecimentos prévios dos estudantes. Entretanto, a turma 2 que teve em sua sequência aulas de revisão de conteúdos de ensino médio, com a finalidade de estimular esses conhecimentos ou relembrá-los, teve os estudantes com as médias mais baixas, mostrando que existem outras dificuldades de aprendizagem que não só a falta de conhecimentos prévios.

Um motivo possível para essa diferença ter ocorrido mais acentuadamente na turma 4 encontra-se justamente no fato de buscar o conteúdo através das interações dialógicas com os alunos e na organização de sequências de ensino que envolvam a utilização de métodos, técnicas, atividades e materiais relevantes à aprendizagem profissional. O Design Instrucional de Gagné, pela sua estrutura que prevê objetivos e resultados de aprendizagem, atividades e avaliações, antes do ato educacional em si, mostra-se coerente e focaliza a formação e desenvolvimento de competências no indivíduo que aprende. Dessa forma, a prática educativa se torna mais eficiente quando existe a interação dialógica entre professor e alunos e entre alunos e alunos, e quando a sequência de ensino respeita o fato de a aprendizagem ocorrer por fases e que cada fase necessita de estímulos específicos, que partem do que foi investigado primeiramente com os alunos, sem deixar de lado os conteúdos eletivos previstos na ementa.

Os resultados da prova 2 sobre o Sistema Circulatório e Respiração Externa mostraram que a metodologia empregada com a turma 4 se mostrou mais eficaz no ensino destes dois tópicos. As médias obtidas pelos estudantes dessa turma foram as únicas que conseguiram atingir a média sete (7) atribuída pela universidade. Mais uma vez a inserção dos Círculos de Cultura na sequência instrucional, na fase de motivação e processo de expectativa, demonstrou ser um recurso que permite direcionar a sequência para o reforço de conhecimentos e habilidades pouco ou ainda não aprendidos.

Outro ponto importante a destacar é que as turmas 2 e 3 tiveram praticamente as mesmas médias, e muito baixas, com a aplicação de sequências diferenciadas. Isso evidencia que as metodologias empregadas, de revisões de ensino médio, atividades práticas e resolução de problemas para a turma 2; e de resolução de problemas clínicos para a turma 3, para o ensino das duas unidades de conteúdo mencionadas anteriormente não são eficazes. Contudo, comprovam que a implementação de atividades que promovam o estabelecimento de conhecimentos prévios e o reforço dos cálculos e a aplicação de conhecimentos fisiológicos e anatômicos, que foram dificuldades observadas nas aulas e relatadas pelas professoras de Biofísica, não são o suficiente para que os estudantes de Fisioterapia aprendam plenamente os conceitos e aplicações dos conteúdos referentes aos Sistemas Circulatório e Respiratório.

Vale ressaltar que a média da turma 1, que teve uma abordagem tradicional de conteúdos, foi significativamente maior que a das turmas 2 e 3 que tiveram sequências com atividades diferenciadas. Uma hipótese para isso ter ocorrido pode ser a maturidade mais acentuada dos estudantes da turma 1 em pesquisar sobre o assunto, além do que foi mostrado em sala de aula, o que justificaria o aumento da média obtida por eles.

A prova 3 referente às unidades 4 e 5 teve resultados muito semelhantes entre todas as turmas. Praticamente os mesmos valores foram encontrados para as médias das turmas 1, 2 e 4. Uma pequena diferença foi encontrada na turma 3, que teve a média ligeiramente mais baixa que as demais. Esses resultados mostraram que para o ensino dos conteúdos sobre Biofísica da Contração Muscular e Bioeletricidade, tanto a abordagem tradicional (turma 1), a implementação de sequências com revisões e atividades práticas (turma 2), quanto a transformação da sala de aula em fóruns de debate (turma 4) fornece os mesmos efeitos sobre a aprendizagem. Já com relação à turma 3, teve-se uma leve queda na média dos estudantes, o que mais uma vez reforça que devem existir outros fatores que estão impedindo que os estudantes de Fisioterapia tenham um desempenho melhor em Biofísica, que não somente os associados aos cálculos e aplicações de conhecimentos de Fisiologia em situações clínicas. Na Figura 18 podemos observar a média de cada prova para cada uma das turmas, retomando os resultados obtidos.

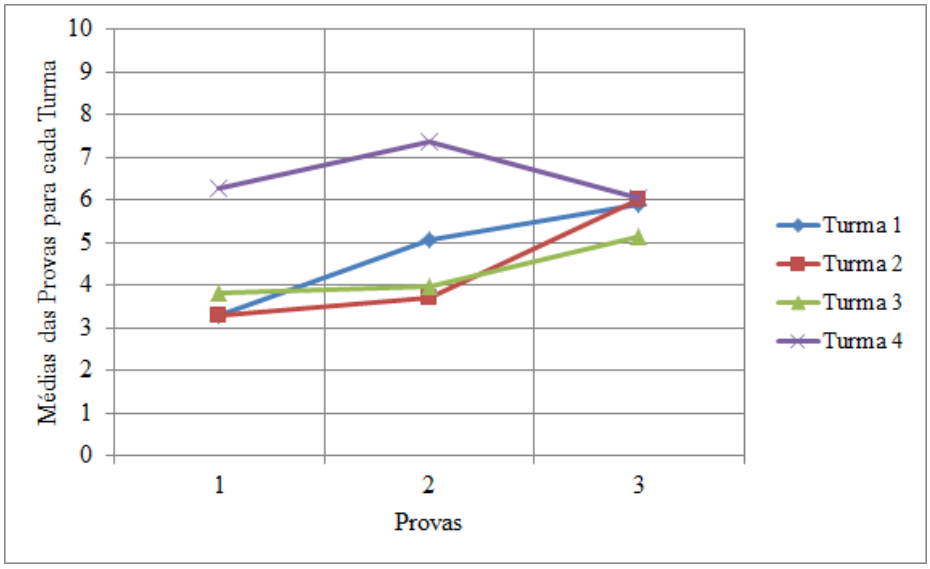


Figura 18: Gráfico resumo das Médias das Provas para cada Turma

Além da análise das provas para a verificação dos desempenhos dos alunos e da eficácia das metodologias empregadas, também foi feita uma avaliação dos eventos externos planejados. Essa avaliação qualitativa foi feita pelo professor da disciplina e por mim, a qual se atribuiu um *nível de êxito* a cada evento externo ou evento instrucional, com a finalidade de identificarmos quais deles foram possíveis serem realizados e quais necessitam de estudos mais aprofundados para uma implementação mais efetiva. Para o nível de êxito foi construída uma escala, onde o valor mais alto corresponde a cinco sinais positivos (+). Os eventos instrucionais, sua caracterização e o nível de êxito estão organizados no quadro 19.

Evento instrucional	**Caracterização**	**Nível de êxito**
Ganhar a atenção	Ações realizadas para obter atenção do estudante, explorando seus interesses e despertando curiosidades, alertar o estudante.	+++
Informar ao aluno, o objetivo	Informar o estudante sobre o desempenho esperado, aquisição de habilidades e competências a cada unidade para que ele próprio possa avaliar seu aprendizado e aquisição das informações.	+++++
Dirigir a atenção	Recuperação de conhecimentos de outras disciplinas para propiciar espaço de combinação de ideias novas a partir de conceitos antigos pelo estudante.	++++
Apresentar o material de apoio	Elaboração do material em ordem crescente de complexidade, organização das atividades e	+++++

continua

conclusão

	estímulo ao raciocínio mnemônico do aluno e na sua percepção seletiva.	
Proporcionar orientação à aprendizagem	Apresentar linhas de raciocínio aos alunos na expectativa de obtenção do resultado desejado (aproveitamento).	+++++
Provocar o desempenho	Aplicação de questionários-modelo e exemplos aos estudantes para avaliar o aprendizado, a organização das ideias e conceitos, e a consolidação da aprendizagem na "prática" (Gagné e Medsker, 1996).	++
Promover a transferência da aprendizagem, a partir do desempenho correto	Realização do retorno aos estudantes a partir dos seus desempenhos nas discussões dos Círculos de Cultura e resultado de instrumentos de avaliação (revisão de provas).	+++++
Avaliar o desempenho	Realização de avaliação criteriosa sobre o desempenho dos estudantes para verificar se o aprendizado realmente ocorreu.	++
Melhorar a retenção e a transferência	Após a avaliação do estudante em cada unidade, deve-se constatar aumento da maestria no conteúdo e nas suas aplicações em outros campos não abordados pelo plano inicial.	+

Quadro 19 – Avaliação dos eventos instrucionais desenvolvidos

Para o primeiro evento externo, *ganhar a atenção*, atribuímos um escore três. Nesse evento o professor realiza ações que buscam obter a atenção do estudante, explorar seus interesses e despertar curiosidades. Infelizmente nem sempre se consegue que todos os alunos despertem interesse pelo assunto a ser estudado, mesmo quando esse conteúdo faz parte dos conhecimentos da profissão escolhida pelo próprio estudante. Durante a implementação da sequência, apenas alguns estudantes contribuem para o andamento das aulas com questionamentos, dúvidas e situações que podem enriquecer os conhecimentos estudados. Existem acadêmicos que, talvez por motivos associados à motivação e expectativa com relação à disciplina, não se consegue descobrir seus reais sentimentos e ajudá-los a seguir a sequência de ensino da melhor maneira possível. A motivação associada a esse evento não foi avaliada, cabendo a testes psicológicos aplicados por profissionais especializados, o papel de extrair informações sobre esse aspecto, entretanto para a turma 4, atribui-se a melhora encontrada a aspectos motivacionais presentes nos três primeiros eventos externos, já que eles iniciam a sequência e provocam efeitos sobre os demais eventos.

O evento relacionado à *informação dos objetivos ao aluno*, mostrando quais as habilidades deverá desenvolver ao final da sequência, foi realizado com maior êxito. Esse evento pode ser mostrado aos estudantes com maior facilidade que o evento anterior, já que

cabe ao aluno apenas tomar conhecimento do propósito de aprendizagem, não exigindo estudos mais aprofundados relacionados aos aspectos motivacionais e dificuldades cognitivas, que são intrínsecos a ele e exigem maior refinamento. Já *dirigir a atenção*, também é um evento que pode ser desenvolvido com bastante eficácia, através do diálogo e de atividades que possam fazer os estudantes recuperarem conhecimentos aprendidos em outras disciplinas, a fim de que sejam combinados e utilizados para a aprendizagem de novos conceitos.

Os seguintes eventos instrucionais relacionados à *apresentar o material de apoio* e *proporcionar orientação à aprendizagem* receberam o máximo escore. O material de apoio foi criteriosamente escolhido e desenvolvido com base nas reais necessidades do estudante de Fisioterapia. As listas de exercícios e os materiais das atividades práticas, por exemplo, foram estruturados e implementados propiciando que os estudantes pudessem se desenvolver com a devida orientação do professor.

Para o evento externo *provocar o desempenho* atribuiu-se um baixo escore. Nesse evento o professor deve propor atividades que propiciem aos alunos mostrarem quais mudanças ocorreram até essa etapa da sequência de ensino. Entretanto, não foi possível a aplicação de testes e questionários que pudessem demonstrar que essas mudanças estavam ou não acontecendo. Um dos motivos para não ter sido feita uma avaliação mais detalhada dessa fase da sequência e a verificação de reais modificações nas performances dos estudantes foi a pouca carga horária disponível para a implementação das aulas teóricas, atividades práticas e de resolução de problemas, e avaliações. Para ter uma análise mais detalhada e efetiva deve-se provocar o desempenho e verificar as modificações para cada estudante, o que também se torna pouco viável devido ao fato de não termos um instrumento que auxilie nessa verificação, tendo em vista o elevado número de estudantes em cada turma.

O evento *promover a transferência da aprendizagem, a partir do desempenho correto* foi realizado de forma bastante eficaz, recebendo também escore máximo. Nesse evento além de ser mostrado aos estudantes qual desempenho deveria ter sido alcançado, com revisões e retomadas das atividades desenvolvidas, o professor, levou até os alunos situações adversas que proporcionaram a extensão dos conhecimentos aprendidos através de listas de exercícios e problemas.

Os dois últimos eventos de instrução, *avaliar o desempenho* e *melhorar a retenção e a transferência*, não tiveram suas implementações efetivamente realizadas. A avaliação criteriosa do ato educacional envolve mais do que a análise quantitativa das provas e qualitativa dos questionários. É necessário para se ter um entendimento mais aprofundado, que testes psicológicos sejam inseridos na sequência para avaliação de aspectos motivacionais

dos estudantes. A motivação é fator essencial para a aprendizagem, já que inicia a sequência de ensino e pode comprometê-la. Para melhorar a transferência após as avaliações é necessário que o evento anterior tenha sido realizado de forma efetiva, já que fornece indícios da eficácia da sequência, do desempenho dos estudantes e de que forma conseguem aplicar os conteúdos em outros campos não abordados pelo plano inicial.

Numa tentativa de conhecer um pouco mais sobre o que pensam e quais as atitudes que os estudantes possuem em relação à Física Geral e à Biofísica foram aplicados um questionário validado e outro não validado. Esses questionários também foram usados para confirmar ou não algumas evidências mostradas pela análise quantitativa das provas. O questionário validado investigou questões relacionadas à Física Geral e mostrou que a maioria dos estudantes não gosta da disciplina, sendo maior a porcentagem entre as mulheres. Entretanto, tanto homens quanto mulheres reconhecem que os conhecimentos da Física são importantes, evidenciando que eles possuem a ideia de que o que eles estudam é de alguma utilidade.

Já o questionário não validado buscou informações sobre a disciplina de Biofísica e aos tipos de atividades que os estudantes mais se identificam. Mais de 80% dos alunos afirmam serem necessárias revisões de ensino médio antes de passar para conteúdos mais avançados em Biofísica, o que reafirma a hipótese da maioria deles apresentarem dificuldades quando os conceitos da Física são retomados em sala de aula. Entretanto, o que foi constatado na análise das provas foi o contrário. Na turma em que as revisões foram implementadas não foram constatadas melhoras significativas com relação ao desempenho dos acadêmicos em outros semestres.

A maioria dos estudantes também entende a importância das atividades experimentais, aplicações, conceitos teóricos e aplicações de equações, mostrando que os alunos tem conhecimento da importância dos saberes proporcionados por esses tipos de atividades. Porém, os resultados da análise das provas mostraram que a maior necessidade dos estudantes não está na implementação de metodologias que simplesmente englobem essas atividades, e sim quando focaliza nelas as principais falhas presentes na estrutura cognitiva deles.

Com relação às dificuldades identificadas neste trabalho também é bastante significativa a porcentagem dos estudantes que afirmam apresentarem obstáculos em analisar gráficos e equações, visualizar o que os problemas pedem e identificar a parte do conteúdo e conceitos que são necessários para a resolução dos problemas. Isso foi comprovado em observação às aulas de resolução de problemas, que demonstraram serem bastante difíceis as tarefas do professor que envolviam esses aspectos. Porém, mesmo na turma que teve a

sequência de ensino direcionada à resolução de problemas, com a devida orientação do professor, foram obtidas baixas médias em todas as provas, o que evidenciou existirem outros problemas de aprendizagem que ainda permanecem a serem estudados.

Outro ponto constatado em algumas questões foi o fato de que os estudantes têm a consciência de que a Biofísica será útil para sua vida profissional, porém ainda não tem esclarecida se será viável para o desenvolvimento da sociedade. Essa constatação é um forte indício de que muitos estudantes passam por disciplinas, mas não entendem a finalidade delas mesmas e dos conhecimentos que estão recebendo. Esse é um ponto que deve ser abordado por todo professor ao iniciar uma turma, já que cabe a ele mostrar o objetivo a qual se destina cada grupo de conhecimentos que coube a ele ensinar.

Em vários pontos investigados pode-se observar certa contradição com os resultados encontrados em análise às metodologias empregadas. Em vários momentos, como nos questionários e nas observações em sala de aula, foram enfatizadas pelos estudantes suas dificuldades com gráficos, equações, visualização e resolução do que os problemas pediam e da importância em revisar conteúdos. Entretanto, os resultados mostraram que mesmo quando a metodologia empregada objetivava contornar esses obstáculos, com o reforço de atividades do tipo, os estudantes continuavam a manter baixas as médias, indicando existirem outras dificuldades que não somente essas.

Contudo, na implementação que visava a transformação da sala de aula em um fórum de debate, através da inserção da metodologia dos Círculos de Cultura, pode-se observar uma melhora nos resultados encontrados nos desempenhos dos acadêmicos com relação à aprendizagem dos conteúdos de Radiações Eletromagnéticas, Ultrassonografia, Sistema Circulatório e Respiração Externa. Essa sequência planejada utilizando a metodologia de Robert Gagné com os Círculos de Cultura introduzidos nos três primeiros eventos da sequência instrucional tinha por objetivo exercitar a fase da motivação, trabalhando a investigação das dificuldades de aprendizagem, através do debate de temas geradores que proporcionavam aos estudantes externalizá-las. A motivação em saber que o professor está focalizando o que o grupo de alunos tem dificuldade, pode ter sido o motivo que levou os estudantes da turma 4 a apresentarem resultados mais satisfatórios que as demais turmas.

3 CONCLUSÕES

As investigações feitas com professores de outras instituições de ensino, a revisão bibliográfica e a análise das referências sugeridas para o ensino de Biofísica na UFSM, para o curso de Fisioterapia confirmam a relevância do trabalho desenvolvido. Essas justificativas evidenciaram a existência de falhas que estão comprometendo o ensino dessa disciplina e que pouco tem sido feito para suprir as necessidades dessa vasta, complexa e necessária área de conhecimento.

Os resultados quantitativos dos instrumentos avaliativos empregados com quatro turmas do curso de Fisioterapia estudadas ajudaram a responder a questão inicial deste trabalho: *"Podemos usar a metodologia de Robert Gagné como auxílio do processo de ensino e aprendizagem dos estudantes da disciplina de Biofísica A do curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Maria?"*. A metodologia de Robert Gagné auxiliou no processo de ensino e aprendizagem desses acadêmicos através do planejamento de sequências de ensino instrucional, que inseriram os Círculos de Cultura de Paulo Freire, nos eventos externos de ganhar, informar o objetivo e dirigir a atenção, relacionados aos processos de expectativa, atenção e percepção no aluno. A metodologia de Gagné por si só não foi suficiente para melhorar o desempenho dos acadêmicos de Fisioterapia, somente surtindo efeitos com a inserção dos Círculos de Cultura, como elemento exploratório e motivador, embora não se tenha aplicado instrumentos que comprovassem aspectos sobre a motivação. Os resultados mostraram que os alunos submetidos a essa metodologia apresentaram melhor desempenho em avaliações que envolveram os conteúdos de Radiações Eletromagnéticas, Ultrassonografia e Biofísica da Circulação e Respiração Externa, do que os acadêmicos das demais turmas que não a receberam. Entretanto, para o ensino de Biofísica da Contração Muscular e Bioeletricidade os resultados mostraram que, tanto as sequências com Círculos de Cultura, quanto as abordagens tradicionais e as sequências de ensino com revisões de ensino médio e atividades práticas, levam a praticamente os mesmos resultados de aprendizagem. Também se deve ressaltar que os eventos externos da metodologia de Robert Gagné que puderam ser implementados com maior êxito foram: informar ao aluno, o objetivo; dirigir a atenção; apresentar o material de apoio; proporcionar orientação à aprendizagem e promover a transferência da aprendizagem, a partir do desempenho correto. Os demais, envolvendo ganhar a atenção, provocar e avaliar o desempenho e melhorar a retenção e a transferência,

não tiveram uma boa avaliação, pois necessitariam de instrumentos mais confiáveis de análise psicológica e uma carga horária que favorecesse sua implementação e replanejamento de atividades que promovam a melhora na retenção dos conhecimentos estudados.

Algumas sugestões para pesquisas futuras seriam o aprofundamento dos estudos relacionados à inserção dos Círculos de Cultura em sequências de Design Instrucional e a elaboração de materiais de apoio que pudessem envolver situações clínicas que necessitem dos conhecimentos interdisciplinares da Biofísica para que possam ser descritas e resolvidas. Essa metodologia surtiu efeitos positivos na turma que a recebeu para a maior parte dos conteúdos trabalhados. A necessidade da transformação da sala de aula tradicional em fóruns de debate, onde se tem a oportunidade de ouvir dos próprios alunos as dificuldades que vêm enfrentando e o quanto sabem sobre assuntos básicos é algo visível e tem efeitos motivacionais na maioria dos acadêmicos, que muitas vezes cursam a disciplina sem ter os conhecimentos básicos que proporcionariam a ele uma aprendizagem mais efetiva e sem ter a motivação necessária para iniciar os estudos. Já o Design Instrucional realmente fornece uma estrutura de objetivos e denominações e um controle sobre o processo de ensino, definindo objetivos, estratégias de abordagem, atividades, materiais e formas de avaliação. Dessa forma, o professor de Biofísica estaria alicerçado em uma metodologia que permite, ao mesmo tempo, a interação dialógica entre ele e os estudantes e o controle da situação de ensino que certamente o fará planejar os conteúdos previstos, incluindo os reforços necessários para que os acadêmicos venham a ter um desempenho de melhor qualidade em resposta ao trabalho do professor e às exigências da disciplina.

O desenvolvimento de materiais de apoio tanto para as atividades práticas quanto de referenciais para as aulas teóricas, também é algo extremamente necessário para os estudantes de ciências da saúde. Dessa forma, o aprofundamento de estudos que fundamentem a escolha e a estruturação desses materiais também são sugestões de trabalhos futuros e que dariam suporte aos cursos em âmbito nacional, já que não existem pesquisas relacionadas ao tema e professores ficam à mercê de materiais de cunho convencional que muitas vezes não apresentam todos os tópicos relevantes à aprendizagem de Biofísica.

Fazendo uma retomada, pode-se dizer que o projeto desenvolvido teve efeito de surtir elementos norteadores de discussões que podem contribuir para que professores de Biofísica consigam desenvolver os trabalhos de forma mais efetiva. A metodologia instrucional permite que os alunos se desenvolvam cognitivamente através de uma sequência de eventos externos bem estruturados e baseados nas principais dificuldades deles. Dessa forma, as atividades desenvolvidas neste trabalho podem ser utilizadas para o ensino de Biofísica em outras áreas

das ciências da saúde que não somente a Fisioterapia. O que deverá ser feito são adaptações aos eventos externos, como por exemplo, nos materiais de apoio, que deverão envolver aspectos da futura profissão dos alunos e aos objetivos, que deverão estar de acordo com as necessidades do público alvo. Também são necessárias investigações sobre a motivação dos estudantes e que estas sejam inseridas na sequência com tanta importância quanto as demais atividades e eventos externos, a fim de que deem suporte para o replanejamento, se necessário. Sendo assim, este trabalho se mostra como uma inovadora proposta que poderá auxiliar professores, alunos e demais pesquisadores interessados em promover de forma mais eficaz a aprendizagem de acadêmicos de ciências da saúde, para que eles consigam desenvolver a percepção de que as interações que envolvem a Biofísica os levarão a ter uma melhor compreensão e descrição dos aspectos relacionados à sua futura profissão.

REFERÊNCIAS

AIZICZON, B., CUDMANI, L. Diseño y evaluación de una propuesta superadora para la enseñanza aprendizaje de biofísica. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v. 27, n. 1: p. 88-114, abr. 2010.

AIZICZON, B.; CUDMANI, L. Evaluación de uma propuesta didáctica em el aula de biofísica de enfermeria universitaria. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v. 29, n. 1: p. 7-32, abr. 2012.

AIZICZON, B.; CUDMANI, L. Modelo de construcción Del conocimiento em Biofísica para Carreras de Medicina**. Revista de Enseñanza de la Física**. v. 22, n. 2: p. 29-41, 2009.

ALMEIDA, D. F. de. A opção de Carlos Chagas Filho pela física biológica: razões e motivações. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 261-275, abr.-jun. 2008.

ALMEIDA, D. F. de. A contribuição de Carlos Chagas Filho para a institucionalização da pesquisa científica na universidade brasileira. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 19, p. 653-668. abr.-jun. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALERGIA E IMUNOPATOLOGIA (ASBAI). IV Diretrizes brasileiras para o manejo da asma. **Rev. bras. alerg. imunopatol**. v. 29, n. 5, p. 222- 245, 2006.

AUSUBEL, D. **Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo**. México: Editorial Trillas, 1981.

AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva.** Editora Plátano, 2003.

AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de Ensino de Física**. v. 13, p. 97-103, 1991.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. [S. l.]: Persona, 1977.

BARROWS, H.; TAMBLYN, R. **Aprendizaje Basado sobre Problemas. Uma propuesta para la Educación Médica.** New York: Springer Publishing Company, 1980.

BERBEL, N. A. N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2(2), p. 139-154, 1998.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Trad. Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2004.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 8. ed. Petrópolis, Ed. Vozes, 1986,

BORDENAVE, J. E. A opção pedagógica pode ter consequências individuais e sociais importantes. **Revista de educação AEC,** nº 54**,** 1984, p. 41-5.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo, Ed. Cortez, 2005.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística:** princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CAMPANARIO, J.; MOYA, A. ¿Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y propuestas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 17, p. 179-192, 1999.

CARVALHO, Y. M. de; CECCIM, R. B. **Formação e Educação em Saúde:** aprendizados com a Saúde Coletiva, 2006.

CORSO, G. Os conteúdos das disciplinas de biofísica e a física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 2, 2703, 2009.

COSTA, S. S. C. da; MOREIRA, M. A. Resolução de problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 1(2), p. 176-192,1996.

COZBY, P. C. **Métodos de pesquisa em ciências do comportamento**. São Paulo, Ed. Atlas, 2003. Tradução do original Methods in behavioral research, Califórnia, 1977.

CUDMANI, L. C. de. La resolucion de problemas en el aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 75-85, mar. 1998.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.; PERNAMBUCO, M. P. **Ensino de ciências: Fundamentos e métodos.** São Paulo, Cortez, 2002.

DEMO, P. **Conhecimento moderno:** sobre ética e intervenção do conhecimento. Petrópolis: Vozes, 1998.

DRIGO FILHO, E. A física no contexto da biologia molecular. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 1, 1302, 2013.

DURÁN, J. E. R. **Biofísica:** Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Makron Books, 2002.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. 4. ed. Campinas, SP: Papirus, 1999.

FEITOSA, S. C. S. **Método Paulo Freire:** princípios e praticas de uma concepção popular de educação. (Dissertação de mestrado) FE- USP, 1999.

FERRAZ, A. P. do C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão e Produção**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo, SP: Paz e Terra, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de janeiro, RJ: Nova Fronteira, 2012.

FRUMENTO, S. A. **Biofísica**. Buenos Aires: Intermédica, 1973.

GAGNÉ, R. M. **The conditions of Learning**. 2. ed. Florida: Holt, Rinehart & Winston, 1970.

GAGNÉ, R. M. **Príncipios essenciais da aprendizagem para o ensino**. Trad. Rute V. A. Baquero. Porto Alegre: Globo, 1980.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem.** Trad. Therezinha Maria Ramos Tovar. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1973.

GAGNÉ, R. M. **The conditions of learning and theory of instruction.** Japão, Holt-Saunders International Editions, 1985.

GAGNÉ, R. M., MEDSKER, K. **The Conditions of Learning:** Training Applications, Harcourt Brace & Company, 1996.

GAMA, A. de S.; FIGUEIREDO, S. A. de. O planejamento no contexto escolar. **Web-Revista Discursividade**, n. 4, Agosto de 2009.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo, SP: Sarvier, 2002.

GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo, SP: Atlas, 2012.

GLASER, R. **Biophysics**. Berlin: Springer, 2005.

GOLDBERG, M. A. A. Avaliação e planejamento educacional: problemas conceituais e metodologias. **Cadernos de Pesquisa**, 7: 63-72, 1973.

GONZÁLEZ DE GALINDO, S.; CUDMANI, L. Estrategia didáctica en clases multitudinarias de matemática: Opiniones de los alumnos. **Revista Educación**, v. 30, n. 2, p. 111-131, 2006.

HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2000.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 4 – Ótica e física moderna. v. 4, 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1995.

HENEINE, I. F. **Biofísica Básica**. São Paulo, SP: Atheneu, 2010.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e Patologia do saber**. Rio de Janeiro, RJ: Imago, 1976.

LAUGHLIN, P. R.; HATCH, E. C.; SILVER, J. B.; BOH, L. **Groups perform better than the best individuals on letters-to-numbers problems:** effects of group size, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 90(4), p.644-651. 2006.

LIBÂNEO, J. C. Pedagogia e pedagogos, para quê? São Paulo: Cortez, 2008,10. ed.

LIKERT, Rensis "A Technique for the Measurement of Attitudes", **Archives of Psychology**. 140: pp. 1-55, 1932.

LIMA, A. L. G. S. de. Formação científica e prática profissional na trajetória de Carlos Chagas Filho. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, abr.-jun. 2012, p. 683-701.

LIMA, A. B. de; COSTA, A. C. M. Avaliação como forma de controle e de emancipação humana**. Anais...** V SIMPÓSIO INTERNACIONAL: O ESTADO E AS POLÍTICAS EDUCACIONAIS NO TEMPO PRESENTE, 2009, Uberlândia. Disponível em: <http://www.simposioestadopoliticas.ufu.br/imagens/anais/pdf/DC15.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2012.

LORETO, E. L. da S.; SEPEL, L. M. N.; SARTORI, P. H. dos S. Radiações, moléculas e genes: Atividades didático-experimentais. 1ª edição. Ribeirão Preto, SP: SBG (Sociedade Brasileira de Genética), 2008.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisas em educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

LÜDKE, E.; CAUDURO, P. J. Um experimento hemodinâmico em sala de aula para o ensino de biofísica da circulação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 3, 3506, 2013.

LÜDKE, E.; CAUDURO, P. J.; VIEIRA, A. M.; ADORNES, R. B. Velocidade do som no ar e efeito Doppler em um único experimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** v. 34, nº1, p. 1702, 2012.

MARTINEZ, M. J.; LAHORE, C. E. **Planejamento escolar.** Tradução (de) Maria Aparecida Viggiani Bicudo e Sandra Machado Lunardi. 2. ed. São Paulo, Ed. Saraiva, 1978.

MASSETO, M. T. Competência pedagógica do professor universitário. 2. ed. São Paulo, Ed. Summus, 2012.

MIZUKAMI, M. da G. N. **Ensino:** as abordagem do processo. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

MORAES, R. (Org.) **Construtivismo e ensino de ciências:** reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2000.

NATHANSON, L. A.; McCLENNEN, S.; SAFRAN, C.; GOLDBERGER, A. L. **ECG Wave-Maven:** Self- Assessment programan for students and clinicians, 2003.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas.** 2. ed. São Paulo, SP: Harbra, 1982.

OKUNO, E.: FRATIN, L. **Desvendando a física do corpo humano:** biomecânica. Barueri, SP: Manole, 2003.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre, Ed. Artmed, 2000. Tradução do original Dix nouvelles compétences pour enseigner, Paris, 1999.

PONTES, T. dos S. **A avaliação na educação infantil, frente aos novos desafios**. 2001. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia) – Universidade da Amazônia, Pará, 2001.

ROSITO, B. A. O Ensino de Ciências e a Experimentação. In: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e Ensino de Ciências:** Reflexões Epistemológicas e Metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

SAUL, A. M. **Avaliação emancipatória, desafio á teoria e a prática de avaliação e reformulação de currículo.** São Paulo, Ed. Cortez/Autores Associados, 1988.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

SILVEIRA, F. L. da; GASPARIAN, J. C. Medida da atitude em relação à disciplina de laboratório de física geral. **Educação e Seleção**, v. 3, p. 65-70, 1984.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (SBC). Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso. **Arq Bras Cardiol**. v. 80, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA (SBPT). I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. **J Pneumol.** v. 22, p. 105-164, 1996.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA (SBPT). II Consenso brasileiro sobre doença pulmonar obstrutiva crônica. **J Pneumol**. v. 30, 2004.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 8, n. 2, 2008.

QUALIS Periódicos. Disponível em: http://www.capes.gov.br/avaliacao/qualis. Acesso em 15 de abril de 2012.

TALIM, S. L. A atitude no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3: p. 313-324, dez 2004.

TIPLER, P. Física para cientistas e engenheiros. v. 2, 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1995.

VENTURELLI, J. Educación Médica. Nuevos enfoques, metas y métodos. **Serie Paltex:** Salud y Sociedad, n. 5. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Washington, 2000.

VIANNA, H. M. **Pesquisa em Educação: a observação.** Brasília, Ed. Plano, 2003.

VYGOTSKY, L. S. Interação entre aprendizado e desenvolvimento. In: COLE, M.; SCRIBNER, S. e SOUBERMAN, E. (Org). **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes.1998.

WEFFORT, M. F. **Educando o olhar da observação.** São Paulo, Ed. Espaço Pedagógico, 1995.

WILMO, E. Francisco Jr. et al. Experimentação problematizadora: Fundamentos teóricos e práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola,** São Paulo, n. 30, p. 34-41, 2008.

ZABALA, A. **A prática educativa:** como ensinar. Porto Alegre, Ed. ARTMED, 1995.

ANEXOS

Anexo A – Ementa da disciplina de Biofísica A (FSC 1067)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

PROGRAMA DE DISCIPLINA

DEPARTAMENTO:

FÍSICA

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:

CÓDIGO	NOME	(T-P)
FSC 1067	**BIOFÍSICA "A"**	**(3-2)**

OBJETIVOS - ao término da disciplina o aluno deverá ser capaz de :

Identificar aspectos físicos que envolvem o sistema biológico, usando recursos de investigação.

PROGRAMA:

TÍTULO E DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES

UNIDADE 1 - RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

1.1 - Ondas curtas.
1.2 - Micro-ondas.
1.3 - Ultravioleta.
1.4 - Infravermelho.
1.5 - Raios laser.
1.6 - Raios X e raios gama.

UNIDADE 2 - ULTRASSONOGRAFIA

2.1 - US diagnóstico.
2.2 - US terapêutico.

UNIDADE 3 - BIOFÍSICA DOS SISTEMAS

3.1 - Circulação.
3.2 - Respiração externa.

UNIDADE 4 - BIOFÍSICA DA CONTRAÇÃO MUSCULAR

4.1 - Tensões no músculo em repouso.
4.2 - Tensões no músculo em atividade.
4.3 - Termodinâmica muscular.
4.4 - Geração de calor no músculo.

UNIDADE 5 - BIOELETRICIDADE

5.1 - Potenciais bioelétricos.
5.2 - Fundamentos de eletrocardiograma.
5.3 - Fundamentos de eletromiograma.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

BIBLIOGRAFIA

DEPARTAMENTO:

FÍSICA

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:

CÓDIGO	NOME	(T-P)
FSC 1067	**BIOFÍSICA "A"**	**(3-2)**

BIBLIOGRAFIA:

BIBLIOGRAFIA BÁSICA E COMPLEMENTAR

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

OKUNO, E.; CALDAS, I.L. e CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas.** 2ª ed. São Paulo: Harbra, 1986.

FRUMENTO, S. A. **Biofísica.**1ª ed. Buenos Aires: Intermédica, 1973.

OKUNO, E.; FRATIN, L. **Desvendando a Física do Corpo Humano.** São Paulo: Manole,2003

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

DURÁN, J.E.R. **Biofísica: Fundamentos e Aplicações.** São Paulo: Makron Books, 2002.

GARCIA, E.A.C. **Biofísica.** 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

Anexo B – Questionário validado

[ ] homem [ ]mulher

Questionário sobre a atitude dos alunos em relação à Física

		Concordo fortemente	Concordo	Sem opinião	Discordo	Discordo fortemente
1	Os problemas de Física despertam a minha curiosidade.	CF	C	SO	D	DF
2	Eu não gosto de Física.	CF	C	SO	D	DF
3	Não consigo entender nada de Física.	CF	C	SO	D	DF
4	A Física é fascinante.	CF	C	SO	D	DF
5	Estudo Física porque sou obrigado.	CF	C	SO	D	DF
6	Tenho prazer em resolver um problema de Física.	CF	C	SO	D	DF
7	Nas aulas de Física me sinto muito bem.	CF	C	SO	D	DF
8	Quando estudo Física, sinto-me incomodado.	CF	C	SO	D	DF
9	Física é a matéria que mais me interessa.	CF	C	SO	D	DF
10	Estudar Física para mim é perda de tempo.	CF	C	SO	D	DF
11	Quando tento resolver um problema de Física desanimo logo.	CF	C	SO	D	DF
12	Aprender Física me traz satisfação.	CF	C	SO	D	DF
13	Eu sinto facilidade em aprender Física.	CF	C	SO	D	DF
14	Fico nervoso só de pensar em ter que resolver problemas de Física.	CF	C	SO	D	DF
15	Acho a Física muito importante.	CF	C	SO	D	DF
16	Gosto muito da Física.	CF	C	SO	D	DF
17	Estudo Física apenas para passar de ano.	CF	C	SO	D	DF
18	A Física me ajuda a resolver problemas práticos.	CF	C	SO	D	DF
19	Um problema difícil de Física me desafia a resolvê-lo.	CF	C	SO	D	DF
20	Sinto-me completamente perdido quando estudo Física.	CF	C	SO	D	DF
21	As aulas de Física me deixam inquieto, irritado e desconfortável.	CF	C	SO	D	DF
22	Quando estudo Física, sinto-me estimulado a aprender.	CF	C	SO	D	DF
23	Os conteúdos estudados em Física não me são de qualquer utilidade.	CF	C	SO	D	DF
24	Sinto-me bem resolvendo problemas de Física.	CF	C	SO	D	DF
25	Sinto desgosto só de ouvir a palavra Física.	CF	C	SO	D	DF
26	Não acho nenhuma utilidade para o que aprendo em Física.	CF	C	SO	D	DF
27	Desejo aprender Física, pois julgo que ela me é necessária e útil.	CF	C	SO	D	DF
28	Sinto-me tranqüilo e confiante nas aulas de Física.	CF	C	SO	D	DF

APÊNDICES

Apêndice A – Roteiro da atividade prática sobre a determinação do comprimento de onda do laser

Experimento: Comprimento de onda do laser

Objetivo do experimento: Determinar o comprimento de onda do laser

Material utilizado: Material: laser, régua, rede de difração e anteparo

Procedimento experimental:

1- Observe o aparato experimental.

2- O que é possível observar na figura de difração? Qual é a relação entre o Máximo central e os outros máximos?

3- Meça a distancia (L) entre a rede de difração e o anteparo.

4- Meça a distancia (x) entre o Maximo central e o Maximo adjacente.

5- Para calcularmos o comprimento de onda usaremos a seguinte equação $dsen\theta = m\lambda$, onde d é o numero de linhas da rede de difração por milímetro, que é igual a $4{,}86 \times 10^{-6}$ m.

6- Para calcular o senθ usaremos a seguinte relação $sen\theta \approx tg\theta = \frac{x}{L}$

7- Calcule senθ e encontre o ângulo.

8- Calcule o comprimento de onda do Laser.

Apêndice B – Questionário não validado

Questionário de Avaliação

I. INSTRUÇÕES

1. Por favor, devolva o questionário de avaliação, pois seu principal objetivo é melhorar as aulas, o método de avaliação e consequentemente seu desempenho na disciplina.
2. Não coloque nome, os resultados serão usados para tratamento de forma estatística.
3. Nas questões que seguem você encontrará várias afirmativas, portanto, preste atenção, pois, você deverá assinalar com um *X* a alternativa que melhor expressa sua opinião sobre ela.
4. O código que aparecerá é o seguinte:

CP = Concordo plenamente
C = Concordo
NO = Não tenho opinião ou estou indeciso
D = Discordo
DT = Discordo totalmente

5. Se tiver algum comentário adicional não deixe de expressá-lo, você pode usar o espaço abaixo para colocá-los. Para melhor interpretarmos suas respostas, por favor, coloque o número da questão que deseja fazer uma anotação.
6. Comentários.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

II. QUESTÕES

Questão	CP	C	NO	D	DT
1. Acho necessário uma revisão de Física do ensino médio antes de passar para conteúdos mais avançados em Biofísica.					
2. Gosto da disciplina de Física e de fazer cálculos matemáticos.					
3. Concordo como eram as avaliações de Física na minha escola.					
4. A disciplina de Biofísica será útil para a minha vida profissional.					
5. Havia o uso de novas tecnologias nas aulas no ensino médio.					
6. Novas tecnologias auxiliam no entendimento dos conteúdos.					

7. Na minha escola, havia atividades experimentais em ciências.					
8. Experimentos são indispensáveis para a compreensão dos conteúdos de Física.					
9. Gosto de atividades experimentais que as puramente teóricas.					
10. É interessante aprender a aplicar equações em Física.					
11. É interessante aprender as aplicações da Física.					
12. É interessante aprender os conceitos teóricos da Física.					
13. Tenho dificuldade em analisar gráficos e equações.					
14. Tenho dificuldade em visualizar o que os problemas pedem.					
15. Tenho dificuldade em identificar a parte do conteúdo que é necessária para a resolução dos problemas.					
16. Acho a Física muito importante para a carreira que escolhi.					
17. Os assuntos estudados em Biofísica são importantes para o desenvolvimento da sociedade.					
18. Não vejo aplicação prática do que aprendo nas aulas de Física.					
19. Estudo Física e Biofísica apenas para passar na disciplina.					
20. Gosto de trabalhar com atividades de Física.					
21. Acho uma tarefa difícil, aprender Física.					
22. Tenho facilidade em aprender Física.					
23. Procuro em outros materiais assuntos que me interessam na Física.					
24. Gosto das curiosidades da Física.					
25. Já usei algum conceito que aprendi em sala de aula para resolver algum problema no meu cotidiano.					
26. Já usei algum termo que aprendi em sala de aula para melhor compreender informações obtidas em congressos ou artigos científicos.					
27. Acho que a forma das aulas de biofísica deveriam ser como as que tive no ensino médio.					
28. Nesse semestre, prefiro aprender as aplicações médicas da biofísica.					
29. Eu gosto de matemática e resolução de seus problemas.					
30. Estou bem adaptado (a) ao curso desta universidade, desde que aqui entrei.					
31. Consigo lembrar perfeitamente os conceitos aprendidos em semestres prévios, se necessário.					
32. Tenho reservado ou esquematizado horários fixos de estudo em casa, pois acho importante ter disciplina nos estudos.					
33. Procuro ler livros e artigos científicos referentes ao curso por minha própria iniciativa.					
34. Gosto de escrever/ler textos longos sobre assuntos na área em que atuo.					
35. Prefiro provas com questões objetivas (“de marcar”) que discursivas.					

Apêndice C – Lista de exercícios das turmas 1 e 2

BIOFÍSICA A – Aula de exercícios de ondas eletromagnéticas e luz

1) Qual a pressão de radiação a um metro de distância longe de uma lâmpada infravermelha de 500 W, se a luz que superfície do corpo onde a luz incide for perfeitamente absorvida e que a lâmpada irradie uniformemente em todas as direções.

2) Na prática, a luz é constituída de pequenas partículas chamadas fótons, sendo que cada fóton carrega energia que se relaciona com a frequencia da luz na forma $E=hf$, onde h é a constante de Planck. Prove, que , para um feixe de partículas de massa m que incidem normais a um plano, a pressão da radiação é duas vezes a a densidade de energia cinética do feixe incidente. A mesma analogia vale para a onda plana incidindo sobre uma superfície absorvente, onde a pressão de radiação é proporcional à densidade de energia eletromagnética.

3) Uma onda eletromagnética plana na frequencia de 100 MHz viaja na direção +x com um campo elétrico que tem amplitude de 3,0 V/m ao longo do eixo y. Determine a densidade de energia, o vetor campo magnético, o número de onda e a frequencia angular. Determine também a taxa de fluxo de energia por unidade de área associada com essa onda. Se essa onda incidisse sobre uma folha perfeitamente absorvedora de área A, qual o momento entregue à folha por unidade de tempo e qual a pressão de radiação exercida sobre a folha ?

4) A diferença em comprimento de onda entre um feixe de microondas incidente e aquele refletido por um automóvel é usado para determinar a velocidade do tráfego em uma rodovia. (a) Mostre que um carro com velocidade V aproximando-se da fonte de microondas muda a frequencia do feixe de microondas recebida pelo sensor colocado sobre a fonte por um fator 2Vf/c. b) Qual o desvio de frequencia que um feixe de microondas com o mesmo comprimento de onda daquelas usadas em um forno doméstico (2450 MHz) por km/h de velocidade ?

5) Em que comprimentos de onda a sensibilidade do olho humano cai à metade do seu valor ? Qual a frequencia e o período da onda onde o olho humano é mais sensível à luz ?

6) Mostre que, para uma absorção completa de um feixe de luz paralelo, a pressão de radiação sobre um objeto absorvedor é dada por $p=S/c$, onde S é a magnitude do vetor de Poynting e c é a velocidade da luz no espaço livre.

7) Um feixe paralelo de luz com fluxo de energia de 10 W/cm^2 incide sobre uma hora em um espelho refletor perfeito de área 1,0 cm^2. (a) Qual é o momentum entregue ao espelho por unidade de tempo ? (b) Que força age no espelho ?

8) Uma onda de rádio empregada por uma máquina de diatermia possui um campo elétrico médio de 10^{-2} V/m. Calcular (a) B_m e b) a intensidade da onda medido por S_{med}.

Apêndice D – Lista de exercícios das turmas 2, 3 e 4

EXERCÍCIOS DE BIOFÍSICA DO ULTRASSOM

Exercício 1: Ultrassom oftalmológico de 25 MHz é utilizado para paquimetria oftalmológica, que é um exame imprescindível para avaliar a gravidade de inúmeras condições oculares, incluindo glaucoma, ceratocone, edema corneano e avaliação pré-operatória de cirurgia refrativa a laser Excimer, dentro das técnicas não-invasivas de foto-ablação corneana (PRK) e a *ceratomileusis* assistida a laser (LASIK).

Se a densidade do humor aquoso dentro do globo ocular for 1,2 vezes a da água ($\rho_{H2O} = 1 \times 10^3$ kg/m^3) e se a velocidade do ultrasom no seu interior for a mesma do sangue ($v_s = 1566$ m/s), calcule:

(a) O comprimento de onda λ do ultrassom quando se propaga no humor aquoso;

(b) O coeficiente elástico B do humor aquoso;

(c) A impedância acústica Z_a do humor aquoso;

Exercício 2: O rim pode ser visto muito facilmente com o ultrassom abdominal em 2,5 MHz possibilitando a identificação imediata de tumorações e cistos com conteúdo líquido em pacientes com suspeita de doença renal pela elevada excreção de proteínas pela urina (proteinúria). As características biofísicas do rim são que possui uma densidade de $1,04 \times 10^3$ kg/m^3 e a velocidade do som no seu interior é 1446 m/s, sendo praticamente independente da frequencia.

Calcule:

(a) Quantas vezes a impedância acústica do rim é maior que a do pulmão que apresenta $Z_a = 2,6 \times 10^5$ kg/m^2·s ?

(b) Qual a porcentagem de aumento do comprimento de onda de um ultrassom que opera em modo B na frequencia de 2,5 MHz quando passa pelo rim em relação ao seu comprimento de onda quando viaja pelo ar livre ?

Exercício 3: No exame de ultrassom abdominal em modo B para procurar possíveis massas intra-abdominais, o feixe de ultrassom deve viajar por uma camada de pele, gordura abdominal e músculo antes de chegar na cavidade peritonial. Suponha que um feixe de ultrassom de 5 MHz entre pela pele e chegue na gordura subcutânea com uma intensidade de 0,1 W/m^2

A gordura apresenta uma impedância acústica de $Z_g = 1,33 \times 10^6$ kg/m^2·s enquanto que o músculo apresenta uma impedância de $Z_m = 1,68 \times 10^6$ kg/m^2·s.

(a) Qual é o coeficiente de reflexão R da interface gordura-músculo ?

(b) Qual é o correspondente coeficiente de transmissão T ?

(c) Qual é a intensidade do ultrassom no interior do músculo ?

(d) Qual é a intensidade do ultrassom refletido na direção da cápsula ?

(e) Calcule a atenuação do feixe do ultrassom quando passa da gordura para o músculo, em decibéis.

Exercício 4: Um feixe de ultrassom terapêutico de 3,5 MHz e 0,5 W/m^2 em modo pulsado é empregado para tratamento de uma tendidite de tornozelo. Se a atenuação total do ultrassom pela pele, gordura subcutânea e músculos superficiais for 1,64 dB/MHz·cm, calcule:

(a) A intensidade do ultrassom que realmente atinge o processo inflamatório no tendão.

(b) A amplitude de oscilação das partículas (amplitude de deslocamento) dentro do processo inflamatório.

Exercício 5: Em geral, a aplicação de ultra-sons ou ondas eletromagnéticas de baixa potência funcionam de acordo com a lei de Arndt-Schultz, que afirma que o estímulo fisiológico ao um tecido vivo maior quando a intensidade da radiação é menor que aquela necessária para provocar dano no tecido. Voltando ao tratamento do processo inflamatório descrito no exercício

No ultrassom com as mesmas características técnicas do exemplo anterior, em modo CW ao invés de pulsado, calcule o valor eficaz da transferência de energia cinética do ultrassom ao processo inflamatório.

Exercício 6: Se a velocidade sistólica máxima do sangue em uma artéria carótida for de 52 cm/s, calcule a variação de frequencia Doppler esperada para um ultrassom vascular de 10 MHz com a cápsula fazendo um ângulo de 32 graus com o eixo vertical ao plano da pele, na direção contrária ao fluxo do sangue.

Exercício 7: Um feixe cônico de ultrassom terapêutico é produzido por uma cápsula de um aparelho de 3,2 MHz a uma potência de 1,8 Watts. Despreze as dimensões físicas da cápsula e considere-a uma fonte puntual anisotrópica nos seus cálculos. Se o ângulo de abertura do vértice do cone for 40 graus:

(a) Estime a intensidade do ultrassom a uma distância de 32 cm da cápsula, se não houvesse atenuação do ar;

(b) Se a atenuação do ar ao ultrassom for aproximadamente 160 vezes maior que a dos músculos humanos onde é 1,06 dB/MHz·cm). Recalcule a intensidade obtida no item anterior considerando esse efeito;

(c) Qual o nível de intensidade em dB acima do limiar de audição do ser humano, que é $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2 ?

(d) Para a atmosfera normal, podemos adotar os seguintes valores termodinâmicos: $\gamma = 1,4$, $R = 8,31$ J/mol.K, $M = 29 \times 10^{-3}$ kg/mol. Qual é o valor da velocidade das ondas de ultrassom no ar a uma temperatura de 28 graus centígrados ?

Exercício 8: Se a amplitude de deslocamento de um ultrassom no ar que tem uma densidade atmosférica de $1,293$ kg/m^3, com frequencia 1 MHz é 2×10^{-9} metros, qual é a amplitude de pressão sobre as partículas do meio ?

Exercício 9: Um certo feixe de ultrassom de 1,42 MHz e intensidade de 0,12 W/m^2, passa pela gordura humana com densidade de $0,92 \times 10^3$ kg/m^3 e impedância acústica de $1,33 \times 10^6$ kg/m^2·s é usado para fins terapêuticos.

Despreze a atenuação do ultrassom pelo corpo humano para simplificar seus cálculos.

Determine:

(a) A equação da pressão da onda na gordura;

(c) A equação do deslocamento das partículas ao longo do fluxo de energia do ultrassom;

(d) O módulo de elasticidade da gordura.

Apêndice E – Revisão de Ensino Médio sobre Eletricidade

REVISÃO DE ELETRICIDADE

Paola Jardim Cauduro

I. ELETROSTÁTICA E ELETRODINÂMICA

A. Princípios da eletrostática

1. *Princípio da quantização da carga elétrica:* um corpo só pode apresentar uma quantidade de carga elétrica Q que deve ser múltiplo inteiro da carga elétrica elementar e=1,6x10^{-19}C.

$$Q = ne$$

2. *Princípio de atração e repulsão:* cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais opostos se atraem.

3. *Princípio da conservação de cargas elétricas:* A soma algébrica das quantidades de carga elétrica, presentes em um sistema eletricamente isolado, é constante.

B. Força elétrica

A interação entre partículas eletrizadas obedece a uma relação que ficou conhecida como Lei de Coulomb. A intensidade da força de interação elétrica F entre duas partículas eletrizadas q_1 e q_2 é diretamente proporcional ao produto das cargas, inversamente proporcional ao quadrado da distância d que as separa e depende do meio (K= constante eletrostática que depende do meio, para o vácuo o valor é 9x10^9 Nm^2/C^2). A direção da força elétrica é dada pela reta que une as duas partículas eletrizadas e o sentido será de aproximação se os corpos estiverem eletrizados com cargas de sinais opostos e de afastamento se os corpos forem eletrizados com cargas de mesmo sinal.

$$F = \frac{Kq_1q_2}{d^2}$$

C. Campo elétrico

Em qualquer ponto do espaço em torno de uma carga Q existe um campo elétrico E criado por esta carga. Podemos ainda dizer que em um ponto do espaço existe um campo elétrico quando uma carga de prova q, colocada neste ponto, sofre uma ação em decorrência de uma força de origem elétrica F. A direção e o sentido do vetor campo elétrico são dados pela direção e pelo sentido da força elétrica que atua em uma carga de prova em um determinado ponto no espaço. A intensidade do campo elétrico pode ser calculada por:

$$E = \frac{F}{q}$$

D. Potencial elétrico e Trabalho da força elétrica

Uma partícula de carga q, colocada num ponto do campo elétrico gerado por uma carga fonte fixa, adquire uma energia potencial elétrica E_p. A esse ponto associamos um potencial elétrico V, que representa a energia potencial armazenada por unidade de carga.

$$V = \frac{E_P}{q}$$

A diferença de potencial elétrico (ddp) representa a diferença de nível elétrico entre dois pontos num campo. Para deslocar uma carga q de um ponto a outro nesse campo, o trabalho W realizado não depende da trajetória e sim do desnível de energia potencial elétrica entre os pontos final e inicial. A ddp entre dois pontos num campo elétrico $(V_A - V_B)$ representa o trabalho da força elétrica no deslocamento da carga q, então:

$$W = q(V_A - V_B)$$

E. Corrente elétrica i e a Lei de Ohm

É o movimento ordenado de cargas elétricas através de um condutor num intervalo de tempo Δt.

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

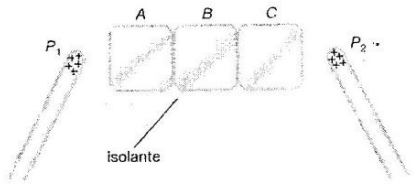
Um condutor submetido a diversas diferenças de potencial elétrico é percorrido por correntes de diferentes intensidades. Quanto maior a ddp, maior a intensidade de corrente que o atravessa. Assim, há uma relação entre a ddp U a qual o condutor está submetido e a corrente i que o atravessa. A relação U/i é chamada de resistência elétrica R do condutor. Assim, essa relação também pode ser escrita como,

$$U = Ri$$

conhecida como Lei de Ohm.

II. EXERCÍCIOS

1. Três blocos metálicos, A, B e C, encontram-se em contato, apoiados sobre uma mesa de material isolante. Dois bastões, P_1 e P_2, eletrizados positivamente, são colocados próximos às extremidades dos blocos A e C, como mostra a figura. Uma pessoa (usando luvas isolantes) separa os blocos entre si e, em seguida, afasta os bastões eletrizados.

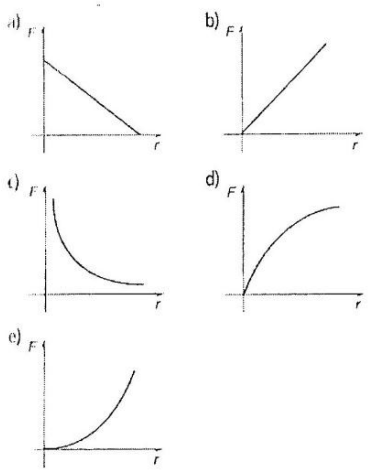


(a) Descreva o movimento de elétrons livres nos blocos, causado pela aproximação dos bastões P_1 e P_2.

(b) Diga qual é o sinal da carga de cada bloco após serem separados.

2. Duas cargas elétricas $q_1 = 10^{-6}$C e $q_2 = 4\text{x}10^{-6}$C, estão fixas nos pontos A e B, separadas pela distância $d = 30cm$ no vácuo. Determine a intensidade da força elétrica de repulsão.

3. Seja F o módulo da força entre duas cargas puntuais, separadas de uma distância r. Entre os gráficos mostrados na figura deste problema, assinale aquele que melhor representa a relação entre F e r.



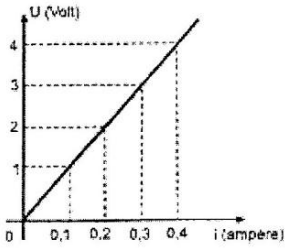
4. Deseja-se determinar o campo elétrico que deve ser aplicado a um elétron de tal modo que a força exercida pelo campo equilibre o peso desta partícula.

(a) Sabendo-se que a massa do elétron é $9,1\text{x}10^{-31}$kg, qual é o seu peso? (Considere $g = 10m/s^2$.)

(b)Qual deve ser a direção e o sentido do campo elétrico procurado?

(c) Calcule a intensidade que deve ter este campo elétrico (sabe-se que a carga do elétron vale $1,6\text{x}10^{-19}$C

5. (PUC-PR) Um estudante de Física mede com um amperímetro a intensidade da corrente elétrica que passa por um resistor e, usando um voltímetro, mede a tensão elétrica entre as extremidades do resistor, obtendo o gráfico abaixo. Pode-se dizer que a resistência do resistor vale:



(a) 1Ω

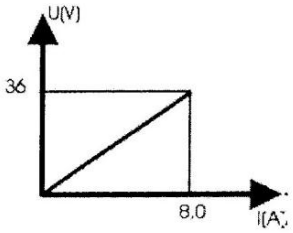
(b) 10Ω

(c) 100Ω

(d) 0,1Ω

(e) 0,01Ω

6. Aplica-se uma ddp nos terminais de um resistor e mede-se a intensidade de corrente que o atravessa. Determine:



(a) O resistor é ôhmico? Justifique a sua resposta.

(b) A resistência elétrica do resistor.

(c) A ddp nos terminais do resistor quando percorrido por corrente de intensidade 1,6 A .

Apêndice F – Revisão de Ensino Médio sobre Magnetismo

REVISÃO DE MAGNETISMO

Paola Jardim Cauduro

I. MAGNETISMO

A. Campo magnético

O espaço sobre o qual um ímã exerce sua influência é chamado campo magnético. Quando uma carga elétrica é posta num campo magnético, fica sujeita a uma força de origem magnética.

B. Lei de Ampère - campo magnético criado por corrente elétrica em condutores retilíneos

Num ponto situado a uma distância r do centro do condutor, uma corrente i gera um campo magnético B, num plano perpendicular ao condutor.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

onde, para o vácuo, a permissividade magnética $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}\mathrm{Tm/A}$

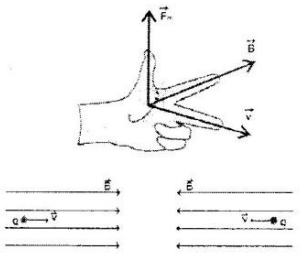
C. Campo magnético no centro de uma espira

Considere um condutor circular (espira) no qual O é o centro da espira, R é o seu raio e i é a intensidade de corrente que a atravessa. A intensidade B do campo no centro O da espira é dada por:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R}$$

D. Força magnética sobre cargas elétricas

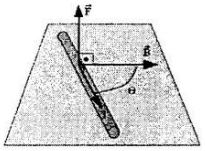
Uma partícula abandonada no interior de um campo magnético uniforme pode sofrer a ação de uma força magnética.



$$F_m = qvBsen\theta$$

E. Força magnética sobre um condutor retilíneo percorrido por corrente elétrica

Considere um condutor retilíneo, de comprimento l, imerso em um campo magnético uniforme B. Seja i a corrente que passa pelo condutor e θ o ângulo entre B e i. A força magnética a qual esse condutor está submetido pode ser calculada através da equação:



$$F_m = Bilsen\theta$$

F. Fluxo magnético

Variações do campo magnético produzem uma corrente elétrica induzida. Este fenômeno é conhecido como indução eletromagnética e está relacionado com o fluxo magnético, que por sua vez está relacionado com o número de linhas de indução. O fluxo magnético pode ser calculado através da equação:

$$\Phi = BAcos\alpha$$

G. Força eletromotriz induzida - Lei de Faraday

A força eletromotriz induzida num circuito é expressa pela razão entre a variação do fluxo magnético e o intervalo de tempo decorrido nessa variação.

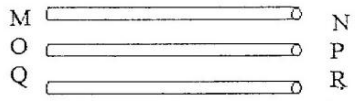
$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

H. Lei de Lenz

O sentido da corrente elétrica induzida em um circuito condutor fechado é aquele que dá origem a um fluxo magnético induzido que sempre se opõe à variação do fluxo que lhe deu origem.

II. EXERCÍCIOS

1. Três barras aparentemente idênticas, MN, OP e QR, são analisadas experimentalmente. A análise da ação isolada entre duas barras mostra que M atrai O e P; N atrai O e P; M atrai Q e repele. Pode-se prever, portanto:



(a) Q atrai O e repele P;

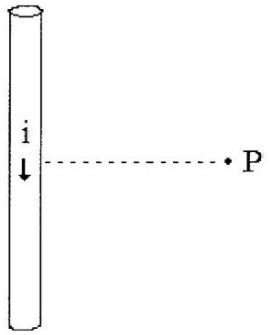
(b) R atrai O e repele N;

(c) Q repele M e N;

(d) R atrai M e N;

(e) Q atrai O e P.

2. Um condutor reto e extenso é percorrido por uma corrente de intensidade $2A$. Determine a intensidade e o sentido do vetor indução magnética num ponto P, localizado a $10cm$ do condutor. (Use $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}\text{Tm/A}$)

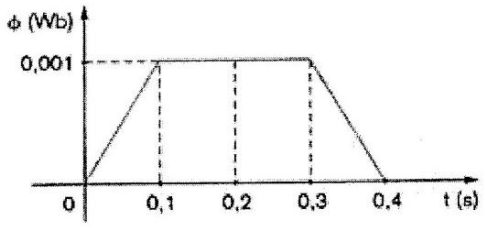


3. Uma partícula de carga 6μC é lançada perpendicularmente a um campo magnético uniforme de intensidade $0,4T$, com velocidade de 10^4m/s. Calcule e represente a força magnética que atua sobre ela. (Dados q= 6μC; $v = 10^4$m/s)

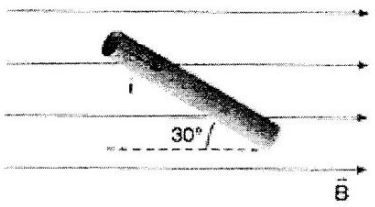
4. O gráfico mostra como varia com o tempo o fluxo magnético através de cada espira de uma bobina de 400 espiras, que foram enroladas próximas umas das outras para ser garantia de que todas seriam atravessadas pelo mesmo fluxo.

(a) Explique porque a fem induzida na bobina é zero entre 0,1s e 0,3s.

(b) Determine a máxima fem induzida na bobina.



5. Um condutor de comprimento $2m$ é percorrido por uma corrente i de intensidade $10A$. Esse condutor está situado num campo magnético uniforme de intensidade $B = 0,05$T. Qual a direção, o sentido e a intensidade da força magnética que atua no condutor?



Apêndice G – Revisão de Ensino Médio sobre Ondas

REVISÃO DE ONDAS

Paola Jardim Cauduro

I. O QUE É UMA ONDA?

É uma perturbação que se propaga através do espaço e que não carrega matéria.

II. CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS

1. Mecânica: precisa de um meio para propagar-se (não se propaga no vácuo).
2. Eletromagnética: não necessita de um meio natural para propagar-se.
3. Transversal: é aquela que possui vibração perpendicular à direção da propagação.
4. Longitudinal: as vibrações coincidem com a direção da propagação.

III. ELEMENTOS DE UMA ONDA

1. Período (T): é o tempo necessário para a onda completar uma oscilação.
2. Frequência (f): é o número de oscilações que a onda completa a cada segundo. (Unidade de medida: hertz - Hz)
3. Comprimento de onda (λ): é a distância entre dois vales ou duas cristas de uma onda.
4. Amplitude (A): é a distância de uma crista ou um vale ao nível de equilíbrio, é denominada amplitude A.

IV. VELOCIDADE DE UMA ONDA

A velocidade de uma onda pode ser calculada através da equação: v=λf.

A velocidade da propagação da onda em uma corda depende da densidade linear da corda μ e da força da tração (T).

$$v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

V. FENÔMENOS RELACIONADOS ÀS ONDAS

1. Reflexão: ocorre quando a onda, após incidir num segundo meio de características diferentes, volta a se propagar no meio original.
2. Refração: ocorre quando a onda passa de um meio para outro de características diferentes. Devido à mudança, a velocidade e o comprimento se modificam, mas a frequência não se altera porque esta depende apenas da fonte.
3. Difração: é a curvatura que uma onda faz ao passar por um obstáculo. Só ocorre a difração se o tamanho do obstáculo for da ordem do comprimento de onda.

VI. ONDAS SONORAS

O som é uma onda longitudinal, ou seja, que se propaga em um meio material (sólido, líquido ou gasoso), cuja frequência está compreendida, aproximadamente entre $20Hz$ e $20000Hz$. A velocidade de uma onda depende do meio no qual ela está se propagando. A velocidade do som no ar a 20°C tem o valor de 340m/s. A velocidade de uma onda sonora em um fluido pode ser calculada através da equação

$$v=\sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

No caso de ondas sonoras, numa barra sólida, comprida,o módulo de compressibilidade B fica substituído pelo módulo de Young Y.

$$v=\sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

A velocidade do som em um gás tem o módulo de compressibilidade proporcional à temperatura do gás.

$$v=\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

A. Nível de intensidade sonora

A intensidade do som está relacionada com a energia que é transportada pela onda sonora. A intensidade I pode ser calculada através da equação: $I=\frac{\Delta E}{A\Delta t}$. O nível de intensidade sonora está relacionado com a sensação que o som causa ao nosso ouvido e pode ser calculado através da equação: $\beta = log\frac{I}{I_0}$.

B. Ressonância

Ocorre quando um corpo começa a vibrar por influência de outro, na mesma frequência deste ou numa frequência muito próxima.

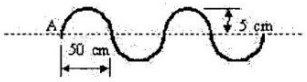
C. Efeito Doppler

Caracteriza-se por uma mudança aparente da frequência recebida por um observador, emitida por uma fonte, quando entre eles há um movimento relativo.

$$f' = f\left(\frac{v \pm v_0}{v \pm v_F}\right)$$

VII. EXERCÍCIOS

1. Uma onda é estabelecida numa corda, fazendo-se o ponto A oscilar com uma frequência igual a $1x10^3$Hz, conforme a figura:



Considere as afirmativas:

I. Pela figura ao comprimento de onda é 5cm.

II. O período da onda é $1x10^{-3}$s.

III. A velocidade de propagação da onda de $1x10^3$m/s. São corretas:

(a)I e II (b)I e III

(c)II e III (d)I, II e III

2. Em Belo Horizonte há três emissoras de rádio, que estão listadas abaixo, juntamente com as frequências de suas ondas portadoras, que são de natureza eletromagnética:

EMISSORA	FREQUÊNCIA (KHz)
Rádio América	750
Rádio Atalaia	950
Rádio Itatiaia	610

(Dado: velocidade da luz=c= $3,0x10^8$ m/s)

Assinale a alternativa que contém os comprimentos de onda dessas ondas portadoras, NA MESMA ORDEM em que foram apresentadas:

(a) 316m, 400m e 492m.

(b) 316m, 492m e 316m.

(c) 492m, 316m e 400m.

(d) 400m, 316m e 492m.

(e) 492m, 400m e 316m.

3. A função de onda de uma onda Harmônica numa corda é

$$y(x,t) = 0,05sen(2,0x - 4t)$$

onde y e x estão em metros e t está em segundos. Achar a amplitude, o comprimento de onda, a frequência angular, a frequência, o período, o número de onda e a velocidade da onda.

4. Uma onda harmônica, de amplitude $0,03m$, desloca-se com uma velocidade de $1,59m/s$. Sabendo-se que a frequência angular dessa onda é de $3,5s^{-1}$, marque a alternativa que corresponde à função de onda apropriada dessa onda.

(a) y(x,t)=0,06sen(2,0x-8t)

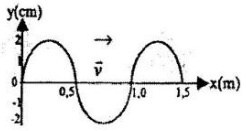
(b) y(x,t)=0,05sen(2,0x-4t)

(c) y(x,t)=0,03sen(2,2x-3,5t)

(d) y(x,t)=0,04sen(2,6x-3,5t)

(e) y(x,t)=0,03sen(2,4x-2t)

5. A figura representa uma onda produzida por um aparelho de 100Hz, propagando-se em uma corda de grande comnprimento.

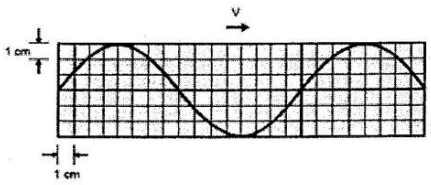


A velocidade de propagação da onda nessa corda é, em m/s:

(a) 1 (b) 10

(c) 50 (d) 100 (e) 500

6. A figura abaixo mostra uma onda numa corda num dado momento. Sabe-se que ela se desloca com uma velocidade de $4cm/s$. Com a ajuda da figura, sabendo que o lado de cada quadrado corresponde a $1cm$, determine:



(a) A amplitude da onda.

(b)O comprimento de onda.

(c) O período e a frequência.

Apêndice H – Revisão de Ensino Médio sobre O uso da Calculadora Científica

O USO DA CALCULADORA CIENTÍFICA

Paola Jardim Cauduro

I. INTRODUÇÃO

O uso da calculadora científica é fundamental pois, existem várias ocasiões que será necessário o cálculo de diversas fórmulas com operações que uma calculadora com apenas as quatro operações básicas não seria capaz de executar.

II. EXEMPLOS

1. Adicione 243,04 a 334,29.

   Solução: pressione 243,04+334,29=

   O resultado será 577,33.

2. Multiplique o resultado anterior por 5.

   Solução: pressione x5= (neste caso não será necessário pressionar novamente o resultado 577,33 pois ele já se encontra no visor)

   O resultado será 2886,65

3. Calcule 33,55x8,4-6.

   Solução: antes de executar este cálculo pressione a tecla AC para limpar a memória, possibilitando o início de novos cálculos.

   Pressione 33,55x8,4-6=

   O resultado será 275,82. Observe que nesta operação não é necessário a colocação de parênteses pois a multiplicação precede a subtração.

4. Calcule (33-12)x(40-8)

   Solução: novamente pressione AC e em seguida pressione as teclas (33-12)x(40-8)=. Atenção, não esqueça de pressionar os parênteses.

   O resultado será 672.

5. Calcule:

   Novamente pressione AC e em seguida reflita sobre a necessidade de parênteses nesta situação, neste caso deve-se pressionar 8/(3/5)=.

   O resultado ser 13,3333333.

6. Interprete os números em notação científica, transcrevendo-os em notação decimal.

   $4x10^{-7}$ significa 0,0000004

   $9x10^{-5}$ significa 0,00009

   $9x10^{6}$ significa 9.000.000

   $5x10^{5}$ significa 500.000

7. Calcule as seguintes potências:

   (a) $2^{10}=$

   (b) $3^{7}=$

   (c) $10^{5/4}=$

   (d) $6^{-4}=$

   (e) $2^{1/2}=$

   (f) $3^{2}=$

8. Potências de 10:

   (a) $10^{10}=$ E10

   (b) $10^{7}=$

   (c) $10^{5/4}=$

   (d) $10^{-4}=$

   (e) $10^{1/2}=$

9. Função Logarítmica

   A intensidade do ladrar de um cão a uma distância de $5m$ é de $3{,}18x10^{-6}w/m^2$. Calcule o nível de intensidade sonora a essa distância.

10. Funções Trigonométricas

    Preencha a tabela abaixo.

Ângulo	seno	cosseno	tangente
20°			
123°			
$4\pi/5$			

11. Função Inversa

    Para cada valor de período, calcule o valor da frequência.

    (a) 10s

    (b) 25s

    (c) 60s

12. Raízes

    Calcule a velocidade do som no ar a 0°C.

Apêndice I – Revisão de Ensino Médio sobre Hidrostática

REVISÃO DE HIDROSTÁTICA

Paola Jardim Cauduro

I. HIDROSTÁTICA

A hidrostática estuda os fluidos em repouso. Os fluidos são substâncias que podem escoar facilmente e que mudam de forma sob a ação de pequenas forças, tomando assim, a forma do recipiente que os contém.

A. Pressão

Fluidos experimentam a ação de uma força através de uma superfície. Assim, a grandeza denominada pressão é definida como a razão entre o módulo da força normal F pela área da superfície A sobre a qual essa força atua:

$$P = \frac{F}{A}$$

onde a pressão é medida em unidades de N/m^2 que é um Pa (pascal).

B. Pressão Atmosférica

A Terra está envolvida por uma camada de ar chamada de atmosfera. A pressão atmosférica (Patm) é a pressão exercida sobre a superfície da Terra pelo peso da atmosfera.

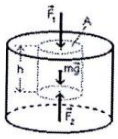
O valor da pressão atmosférica ao nível do mar de 760 mm Hg = 1 atm = 10^5 Pa.

C. Milímetros de Mercúrio(mmHg)

Torricelli usou um tubo de vidro com cerca de 1 m de comprimento fechado em uma das extremidades, e cheio de mercúrio, emborcando-o em um recipiente contendo também mercúrio, sem que entrasse ar no tubo. A coluna de mercúrio no interior do tubo permaneceu com uma altura de aproximadamente 760 mm, sustentada pela pressão atmosférica na superfície livre do recipiente. A pressão atmosférica é equivalente à pressão de uma coluna de mercúrio de 760 mm de altura, ao nível do mar, a 0 °C e em um local onde a aceleração gravitacional $g = 9{,}81\ m/s^2$. Lembrando que: 1mmHg = 1torr.

D. Pressão no interior de um fluido

A pressão em um fluido varia linearmente com a profundidade. À medida que se aprofunda em um fluido a pressão aumenta, pois o peso da camada líquida torna-se maior. A pressão P_h no interior de um fluido com densidade ρ pode ser determinada através da equação:



$$P_h = \rho g h$$

onde g a aceleração da gravidade local e h a diferença de nível entre dois pontos no fluido.

E. Densidade ou massa específica

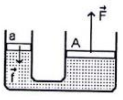
Definimos densidade ou massa especfica ρ de um corpo como o quociente de sua massa m pelo seu volume V:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

onde =Kg/m^3 ou =g/cm^3.

F. Teorema de Pascal

Uma variação de pressão produzida em um ponto do fluido em repouso se transmite a todos os outros pontos. Este resultado constitui o teorema de Pascal. A prensa hidráulica é uma aplicação deste teorema. Sendo f a força aplicada ao êmbolo do cilindro de menor diâmetro, de seção reta com área a, e F , a força do fluido sobre o êmbolo de maior diâmetro, de seção reta com área A, como a pressão exercida pela força se transmite integralmente a todos os pontos do fluido, temos:



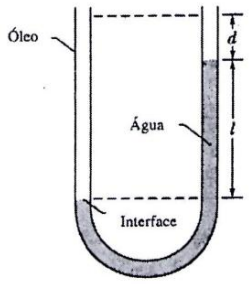
$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

II. EXERCÍCIOS

1. Imagine que você esté em pé numa sala. Seus pés exercem uma força sobre o chão. Em seguida levante um dos pés. O que muda em termos das grandezas força e pressão exercida pelos seus pés nas duas situações?

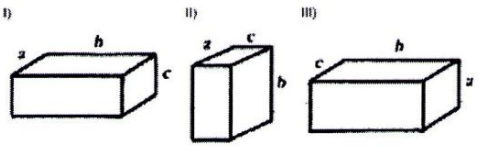
2. Determine a massa de um bloco de chumbo que tem arestas de 10 cm. Dado que a massa específica do chumbo é igual 11,2 g/cm^3.

3. O tubo em U da figura contém dois líquidos em equílibrio estático : água de densidade ρ_a no braço direito e óleo de densidade desconhecida ρ_x no esquerdo. Medindo as alturas, encontramos l=135 mm e d= 12,3 mm. Qual é a densidade do óleo?



4. Um cubo maciço de alumínio (massa específica = 2,1 g/cm^3), de 50 cm de aresta, está apoiado sobre uma superfície horizontal. Qual a pressão, em Pa e em atm, exercida pelo cubo sobre a superfície?

5. A caixa da figura abaixo tem peso 400 N e dimensões a=10cm, b = 20 cm e c = 5 cm e apóia-se em uma superfície plana horizontal. Qual a pressão, em N/cm^2 , que a caixa exerce no apoio em cada uma das situações propostas?



6. Determine aproximadamente a altura da coluna de água que exerce pressão de 1 atm. Considere g = 10 m/s^2.

7. Uma piscina com 5,0 m de profundidade está cheia com água. Determine a pressão hidrostática a 3,0 m de profundidade. Considere: g = 10 m/s^2 .

8. A pressão absoluta no fundo de uma piscina de 1,4 atm. Logo a profundidade da piscina de aproximadamente:

   (a) 14 m;

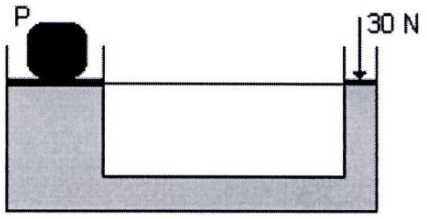
   (b) 0,4 m;

   (c) 4 m;

   (d) 0,70 m;

   (e) n.d.a.

9. As áreas dos pistões do dispositivo hidráulico da figura mantm a relao 50:2. Verifica-se que um peso P, colocado sobre o pistão maior é equilibrado por uma força de 30 N no pistão menor, sem que o nível de fluido nas duas colunas se altere. De acordo com o Princípio de Pascal, o peso P vale:



Apêndice J – Revisão de Ensino Médio sobre Hidrodinâmica

REVISÃO DE HIDRODINÂMICA

Paola Jardim Cauduro

I. HIDRODINÂMICA

A hidrodinâmica estuda os líquidos em movimento. Aqui não serão considerados os casos em que o escoamento do líquido é turbulento.

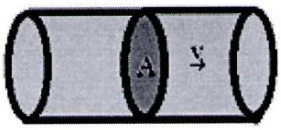
A. Escoamentos

Laminar ou Permanente: é definido como aquele no qual o fluido se move em camadas, ou lâminas, uma camada escorregando sobre a adjacente.

Turbulento: é aquele no qual as partículas apresentam movimento caótico macroscópico, isto é, a velocidade apresenta componentes transversais ao movimento geral do conjunto ao fluido.

B. Vazão

A vazão Q mede a rapidez com a qual certo volume de fluido escoa. Considere um tubo (como o da figura abaixo)com área de secção A, onde um determinado volume V escoa com velocidade v através da área de secção num intervalo de tempo Δt. A vazão pode ser determinada através das equações:



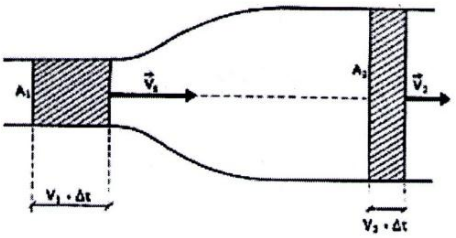
$$Q = Av$$

ou

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$

C. Equação da continuidade

Imagine um fluido escoando pelo tubo da figura abaixo. Como a vazão é a mesma nos dois lados do tubo, a velocidade de escoamento é maior na parte mais estreita. Em outras palavras, podemos dizer que a velocidade de escoamento é inversamente proporcional à área de secção atravessada.

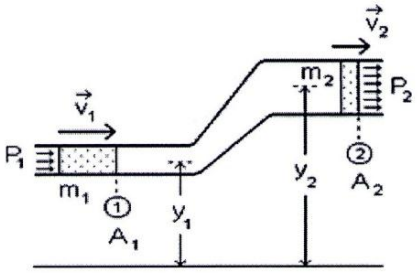


A equação da continuidade:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

D. Equação de Bernoulli

Considerações sobre energia aplicada ao escoamento de fluidos estão estabelecidas na conhecida equação fundamental da Hidrodinâmica. Tal equação é uma relação entre a pressão, a velocidade e a altura em pontos de uma linha de corrente.



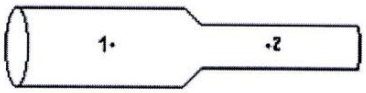
$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

II. EXERCÍCIOS

1. (UFSM) Um fluido ideal percorre um cano cilíndrico em regime permanente. Em um estrangulamento onde o diâmetro do cano fica reduzido à metade, a velocidade do fluido fica:
   (a) Reduzida a $\frac{1}{4}$.
   (b) Reduzida à metade.
   (c) A mesma.
   (d) Duplicada.
   (e) Quadruplicada.

2. Em um cano de $5cm^2$ de seção reta ligado a um tanque, escoa água em regime permanente. Se, em 15s, o cano despeja 0,75l de água no recipiente. Calcule então, a velocidade da água no cano em centímetros por segundo.

3. A figura abaixo representa uma tubulação horizontal em que escoa um fluido ideal.

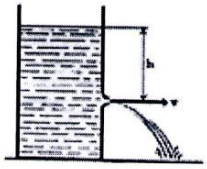


   A velocidade de escoamento do fluido no ponto 1 é ..... que a velocidade no ponto 2, e a pressão no ponto 1, em relação à pressão no ponto 2, é .....

4. Uma mangueira de área de secção reta igual a $0{,}5.10^{-4}m^2$ despeja água em uma proveta na razão de 3 litros em 0,5 minutos. Calcule a vazão (em m^3/s) e a velocidade média do líquido (em m/s).

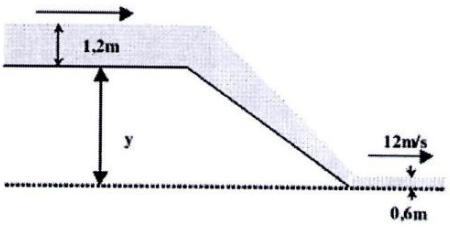
5. Num tubo de raio R_1=2 cm corre água com velocidade de 3m/s. Se o tubo sofrer um estrangulamento e o novo raio for R_2=1 cm, qual será o valor da nova velocidade?

6. (Mackenzie-SP) A figura ilustra um reservatório contendo água. A 5m abaixo da superfície livre existe um pequeno orifício de área igual a $3cm^2$. Admitindo g=10m/s^2, podemos afirmar que a vazão instantânea através desse orifício é:



   (a) 2 l/s
   (b) 3 l/s
   (c) 1 l/s
   (d) 10 l/s
   (e) 15 l/s

7. Em um canal de concreto, a profundidade é de 1,2m e as águas escoam com velocidade de 2,4m/s, até certo ponto, onde, devido a uma pequena queda, a velocidade se eleva para 12m/s, reduzindo-se a profundidade a 0,6m. Desprezando as possíveis perdas por atrito, determine a diferença de cota entre os pontos.



Apêndice K – Revisão de Ensino Médio sobre Mecânica

REVISÃO DE MECÂNICA

Paola Jardim Cauduro

I. FORÇA

A. Leis de Newton

1. *Primeira lei de Newton:* Considere um corpo sobre o qual não atue força resultante alguma. Se o corpo está em repouso, ele permanece em repouso. Se o corpo está em movimento com velocidade constante, ele permanecerá assim indefinidamente.

2. *Segunda lei de Newton:* princípio fundamental da dinâmica.

$$F_R = ma$$

Unidade de medida: N - newton

3. *Terceira lei de Newton:* se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B (F_{AB}),o corpo B reage em A com uma força de mesma intensidade, mesma direção, mas sentido oposto (F_{BA}).

B. Tipos de Força

1. *Força Peso* O peso é a força com que o objeto astronômico mais próximo atrai o corpo.

$$P = mg$$

2. *Força Normal* Força de reação ao plano de apoio. O termo normal refere-se ao fato de essa força ser sempre perpendicular à superfície de apoio.

3. *Força Elástica* São forças exercidas por molas e elásticos. Quando uma mola está sob a ação de uma força F_{el}, esta sofre uma deformação x.

$$F_{el} = kx$$

4. *Força centrípeta* Para que um corpo descreva um movimento circular uniforme, ou em curva, deve atuar sobre ele uma força centrípeta, que faz a velocidade mudar continuamente de direção.

$$F_{CP} = \frac{mv^2}{R}$$

II. TRABALHO

Trabalho é a medida da energia que é transferida para um corpo, em razão da aplicação de uma força ao longo de um deslocamento.

$$W = Fdcos\theta$$

III. ENERGIA

A. Tipos de Energia

1. *Energia cinética:* expressa a capacidade que um corpo em movimento tem para realizar trabalho.

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

2. *Energia potencial gravitacional:* A energia potencial depende da posição do objeto. No caso da energia potencial gravitacional a posição é definida pela a altura em que o objeto se encontra de um nível horizontal definido como nível de referência.

$$E_{Pg} = mgh$$

3. *Energia potencial elástica:* Se uma mola é deformada, ela acumula energia potencial elástica. Sendo K a constante elástica da mola e x a deformação:

$$E_{Pel} = \frac{Kx^2}{2}$$

4. *Energia Mecânica:* É soma das energias cinética e potencial de um sistema. Em um sistema que não há atrito (dissipaçãoo de energia), a energia mecânica se conserva.

$$E_M = E_C + E_P$$

B. Teorema trabalho-energia cinética

O trabalho total de todas as forças atuantes em um sistema físico é dado pela variação da energia cinética do sistema.

$$W = \Delta E_C = E_{Cf} - E_{Ci}$$

C. Princípio da conservação da energia mecânica

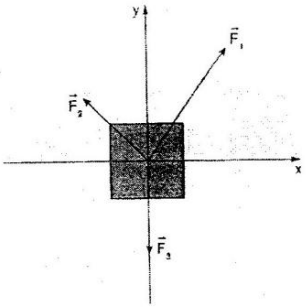
A quantidade total de energia em um sistema isolado permanece constante.

$$E_{M1} = E_{M2}$$

IV. EXERCÍCIOS

1. Um corpo de massa 4kg tem velocidade de 12m/s em uma superfície lisa e horizontal. A partir de certo instante uma força constante de 2N, em sentido contrário à velocidade, retardando o movimento. Quanto tempo o corpo leva para parar?

2. Um objeto de massa m=3,0kg é colocado sobre uma superfície sem atrito, no plano xy. Sobre esse objeto atuam 3 forças conforme o desenho abaixo.



Sabendo-se que o módulo de $F_3 = 4,0N$ e que o objeto adquire uma aceleração de $2,0m/s^2$ no sentido oposto a F_3, foram feitas as seguintes afirmações:

I. a força resultante soobre o objeto tem o mesmo sentido e direção da aceleração do objeto.

II. o módulo da força resultante sobre o objeto é de $6N$.

III. a resultante das forças F_1 e F_2 vale $10,0N$ e tem sentido oposto a F_3.

Pode-se afirmar que so verdadeiras:

a)I

b)II

c)III

d)I e II

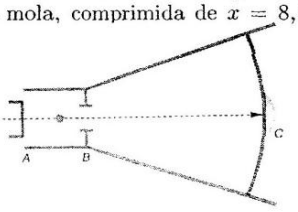
e)I, II e III

3. A figura deste problema representa, esquematicamente, um tubo de TV. Nesse tubo, um elétron (massa $m = 9.10^{-31}$Kg) é acelerado, a partir do repouso, de A até B, por uma força constante $F = 2,7.10^{-13}$N. Depois que o elétron passa por B, nenhuma força atua sobre ele (seu peso é desprezível) até atingir a tela fluorescente, em C. Sabendo-se que $AB = 0,60$cm e $BC = 42$cm, responda:

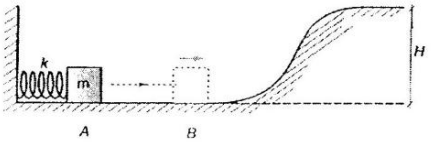
(a) Qual a aceleração do elétron entre A e B?

(b) Qual o tipo de movimento do elétron entre A e B? Entre B e C?

4. Um bloco de massa $m = 160$g, está encostado em uma mola, comprimida de $x = 8,0$cm, como



mostra a figura. Partindo do repouso em A, o bloco é empurrado pela mola, abandonando-a em B e dirigindo-se para a rampa, cuja altura máxima $H = 50$cm.

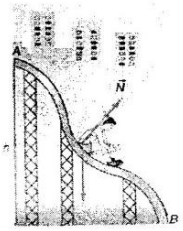


(a) Sabendo-se que a constante da mola é $k = 200$N/m, determine a energia potencial elástica do bloco em A.

(b) Supondo que o atrito seja desprezível, mostre que o bloco não conseguirá subir até o alto da rampa.

(c) Determine a altura h que o bloco consegue atingir ao subir a rampa. (Considere $g = 10m/s^2$)

5. Um menino desliza, sem atrito, ao longo do escorregador representado na figura. Se ele parte do repouso em A, com que velocidade chega ao ponto mais baixo do escorregador?



Apêndice L – Revisão de Ensino Médio sobre Termodinâmica

REVISÃO DE TERMODINÂMICA

Paola Jardim Cauduro

I. ESTUDO DOS GASES

A. Equação Geral do gás ideal

A lei do gás ideal relaciona as três variáveis de estado - pressão (**P**), volume (**V**) e temperatura absoluta (**T**) - com o número de mols do gás.

$$PV = nRT$$

A energia cinética média e a velocidade média das moléculas de um gás pode ser calculada através das equações

$$E_K = \frac{3}{2}kT \text{ e } V_m = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

Onde $R = 8,31 J/mol.K$ é a constante universal dos gases, $k = 1,38\text{x}10^{-23} J/K$ é a constante de Boltzmann e M=m/n, sendo M a massa molar, m a massa total e n o número de mols.

A razão das velocidades de difusão de um gás através de outro é inversamente proporcional à razão da raiz quadrada das densidades dos gases. Essa lei é conhecida como a Lei de Graham

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{\rho_2}}{\sqrt{\rho_1}}$$

O estado de certa massa constante de gás fica definido quando conhecemos o volume que ela ocupa, sua temperatura e a pressão por ela exercida nas paredes do recipiente que o contém.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = constante$$

B. Transformações Gasosas

1. Transformação Isotérmica - Lei de Boyle

   Mantendo-se constante a temperatura de certa massa de gás, o volume por ele ocupado e a pressão exercida sobre ele são inversamente proporcionais.

   $$PV = constante$$

2. Transformação Isobárica - Lei de Gay-Lussac

   À pressão constante, o volume ocupado por uma determinada massa de gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta.

   $$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = constante$$

3. Transformação Isocórica - Lei de Charles

   Para uma dada massa de gás mantida a volume constante, a pressão exercida é diretamente proporcional à temperatura absoluta.

   $$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = constante$$

C. Trabalho realizado numa transformação isobárica

O trabalho realizado durante uma transformação isobárica pode ser calculado através da equação:

$$\text{W=P}\Delta\text{V=P}(V_f - V_i)$$

W é o trabalho realizado pelo sistema; sendo positivo se o sistema se expande e negativo se ele se contrai.

II. TERMODINÂMICA

A. Primeira Lei

É o princípio de conservação de energia. A troca de energia ocorre com o ambiente através de trabalho e calor que varia a energia interna do fluido de acordo com:

$$\Delta E_{int} = n\Delta E_K = \frac{3}{2}nk(T_2 - T_1) = Q - W$$

ΔE_{int} é a energia interna do material que representa a soma de todos os tipos de energia que as moléculas podem ter. ΔE_{int} depende de T. Q representa o calor que é trocado pelo sistema e o ambiente; Q é positivo se o sistema ganhar calor e negativo se perder.

III. LEI DE POISSON

Um processo adiabático é aquele que não troca calor com a sua vizinhança, ou porque se encontra termicamente isolado desta, ou porque ocorre muito rapidamente. Para um processo adiabático reversível, que ocorre por compressão de uma amostra de gás ideal, sem troca de calor com o meio, vale a lei de Poisson, expressa por:

$$PV^\gamma = constante$$

Para gases monoatômicos γ tem o valor de 1,7 e para gases diatômicos, 1,4.

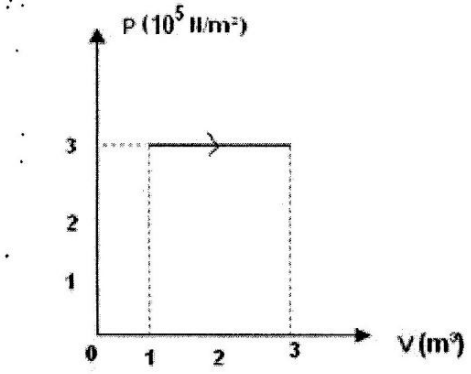
IV. EXERCÍCIOS

1. Escreva a primeira lei da termodinâmica para o caso das transformações:
   (a) isotérmica ($\Delta T = 0$);
   (b) isovolumétrica ($\Delta V = 0$);
   (c) adiabática ($\Delta Q = 0$).

2. Numa transformação isovolumétrica, um gás recebe uma quantidade de calor igual a 1000 joules. Qual será a variação da energia interna desse gás e qual será o trabalho por ele realizado?

3. (*PEIES* – 96) Um gás ideal, sofrendo uma compressão isotérmica, ... e sua temperatura .....
   Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas.
   (a) Recebe calor- aumenta
   (b) Recebe trabalho- diminui
   (c) Realiza trabalho- não varia
   (d) Cede calor- aumenta
   (e) Cede calor- não varia

4. (*PEIES* – 99)



   Conforme o gráfico, um gás sofre uma expansão isobárica, onde P é a pressão e V é o volume. Nesse processo, o gás recebe $8x10^5$J de energia na forma de calor. A variação de energia interna do gás, em 10^5J, é
   (a) 1
   (b) 2
   (c) 3
   (d) 4
   (e) 5

5. (*UNIMEP – SP*) Quinze litros de uma determinada massa gasosa encontram-se a uma pressão de $8,0atm$ e à temperatura de 30°C. Ao sofrer uma expansão isotérmica, seu volume passa a 20 litros. Qual será a nova pressão do gás?

6. Certa massa de um gás ideal sofre uma transformação isotérmica. Com base na lei de Boyle, complete a tabela abaixo.

Estado	P(atm)	V(L)	PV (atm L)
I	0,5	12	
II	1,0		
III	1,5		
IV	2,0		

7. Em um tubo aberto ocorre uma grande compressão em um gás que tornou o volume ocupado por ele 10 vezes menor. Sendo a temperatura inicial igual a 20°C, qual será a temperatura final do gás?

8. Qual é a energia cinética média e a velocidade média das moléculas de oxigênio no ar à temperatura ambiente?

9. A densidade de um gás X em relação ao gás oxigênio é 2. Nas mesmas condições de temperatura e pressão, determine a velocidade de difusão (efusão) em relação ao gás oxigênio.

Apêndice M – Roteiro para a atividade prática sobre a Medida de Velocidade do Som no Ar

Velocidade do som no ar

Objetivo do experimento: Encontrar a velocidade do som no ar

Material utilizado: Fonte emissora de som em várias frequências, alto-falante, osciloscópio, microfone, régua, receptor/microfone, ponteiras.

Procedimento experimental:

1- Montar o aparato experimental como ilustra a fig.01.

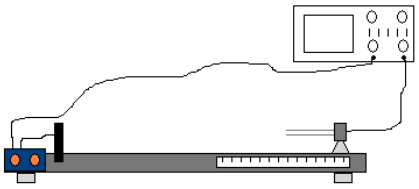


Fig. 01

2- Observe a onda formada no osciloscópio quando a frequência da onda sonora varia. O que você consegue observar?

3- Aproxime e afaste o microfone do alto-falante. Ocorre alguma mudança na onda observada? Qual?

4- Fixe uma frequência, e meça o comprimento da onda sonora utilizando a régua e no osciloscópio, meça o período da onda. Anote o valor na tabela abaixo. Repita esse procedimento para mais 04 frequências diferentes.

5- Calcule a frequência para cada um dos períodos medidos.

	λ (m)	**T (s)**	**f (hz)**	**v=λ.f**
1				
2				
3				
4				

6- Calcule os valores da velocidade do som para cada frequência medida.

7- Utilizando papel mono-log, construa um gráfico logλ x f. Calcule a inclinação da reta encontrada $\log \lambda = \log cont - \log f$

Apêndice N – Roteiro para a atividade prática sobre a Determinação da Velocidade do Sangue na Artéria Axilar e Braquial

Prática de ultrassom para diagnóstico vascular

Material utilizado: Doppler vascular portátil, gel de ultrassom, microcomputador, software Wavepad para análise espectral, atlas de anatomia vascular.

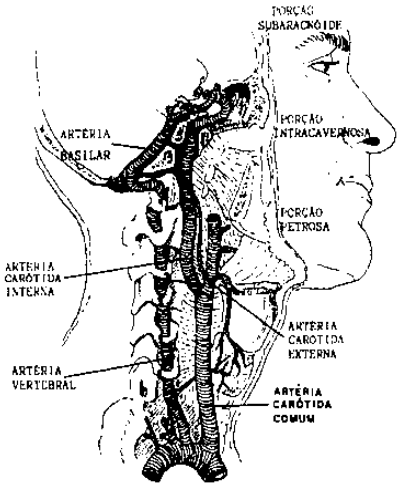
Procedimento experimental:

As alterações em frequência do feixe de ultrassom recebido com respeito àquela do ultrassom emitido f_0 são causadas devido a diferença de impedância acústica Z_0 entre o tecido sanguíneo e os tecidos da camada adjacentes como vasos e músculos, de modo que $Z_0=\rho V_c$.

Assim, a alteração em frequência do ultrassom recebido é proporcional a sua velocidade relativa com respeito ao ângulo que a cápsula faz com o eixo de velocidade do vaso insonado, onde ϕ é o ângulo de insonação.

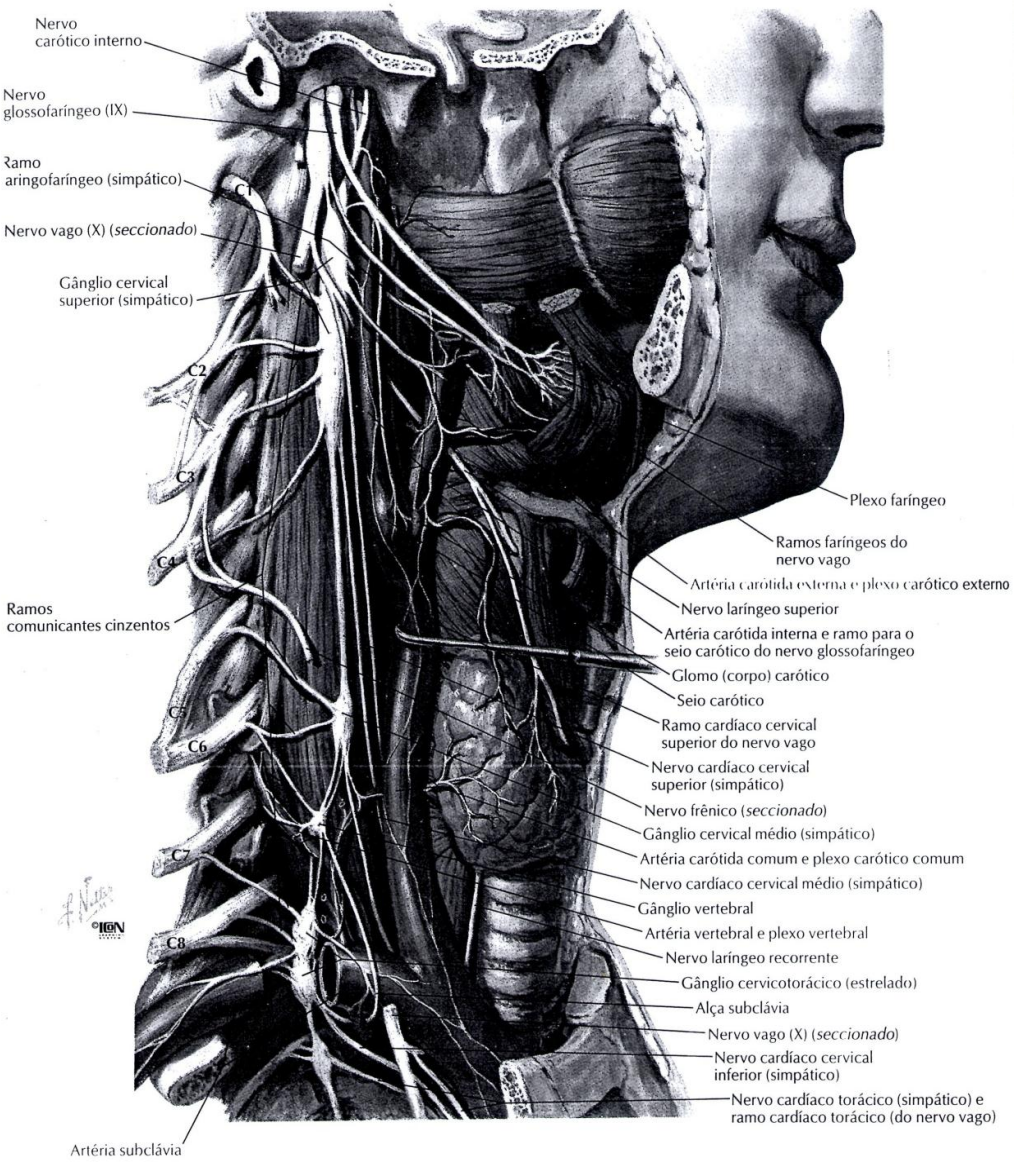
Nessas condições, a frequência Doppler f_D é calculada pela fórmula $f_D = f_0(2V/V_D)\cos\phi$

1) Sabendo que a impedância acústica do sangue é Z=1,66x10^6 Ry e a sua densidade é 1,06x10^3 kg/m^3, obtenha a velocidade do som nesse meio em unidades de m/s;
2) Localize a artéria carótida comum direita no seu (sua) colega (ver figura abaixo) usando o método da palpação e coloque a sonda fazendo um ângulo de aproximadamente 45^o.
3) Meça a diferença em frequência entre o ultrassom emitido e o recebido pela análise espectral das frequencias das pulsações (sístoles) detectadas feitas com o programa Wavepad.
4) Meça o desvio Doppler da corrente sanguínea no intervalo entre as sístoles.
5) Com o valor da diferença de frequências, estime a velocidade das ondas de pulso e mostre que é cerca de seis vezes a velocidade média de fluxo do sangue nessa artéria.
6) Repita o mesmo procedimento para a artéria braquial e compare as velocidades medidas.

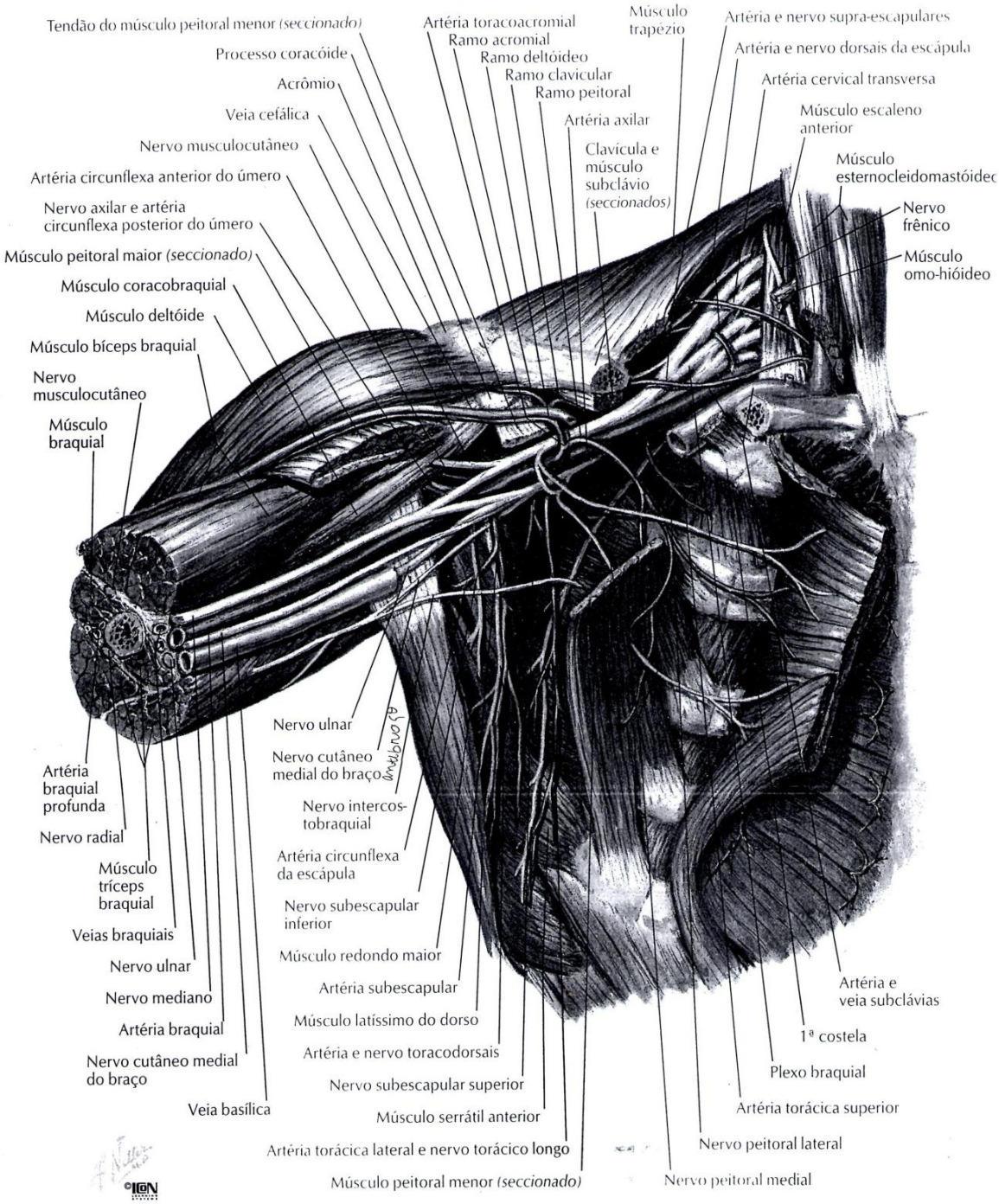


Nervos Autônomos no Pescoço

VER TAMBÉM LÂMINAS 65, 119, 120, 152, 198, 214, 228 e 300



Axila (Dissecação): Vista Anterior



Apêndice O – Roteiro para a atividade prática sobre a Determinação Experimental do Coeficiente Adiabático do Ar

Transformação adiabática de um gás

Previsão

Existe relação entre pressão e volume do ar que respiramos?

Objetivo do experimento

Encontrar a relação matemática entre pressão e volume do ar que respiramos.

Material Utilizado

Para a realização deste experimento serão utilizados os seguintes materiais: aparato experimental, calculadora e papel milimetrado.

Procedimento experimental

1. Observe o aparato experimental.
2. Faça oito medidas diminuindo o volume do ar e preenchendo a tabela abaixo.

N	P(atm)	V (ml)	logP	logV	logP (escala)	logV (escala)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

3. Construa o gráfico P x V.

A transformação adiabática de um gás é um processo que não troca calor com o meio, ou porque se encontra termicamente isolado ou porque ocorre muito rapidamente. Através da construção do gráfico P x V, você obteve uma curva, que pode ser descrita através da relação matemática:

$$P = kV^{\gamma}$$

Esta curva pode ser linearizada aplicando-se a função logarítmica à equação acima.

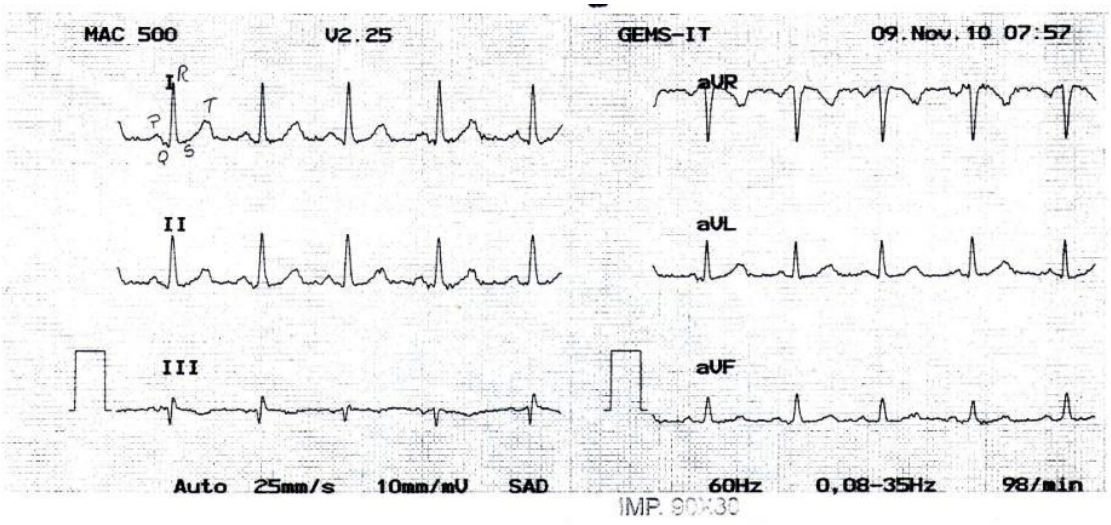
4. Mostre que $PV^{-\gamma} = constante$.
5. Construa o gráfico logP x logV e encontre o valor γ.

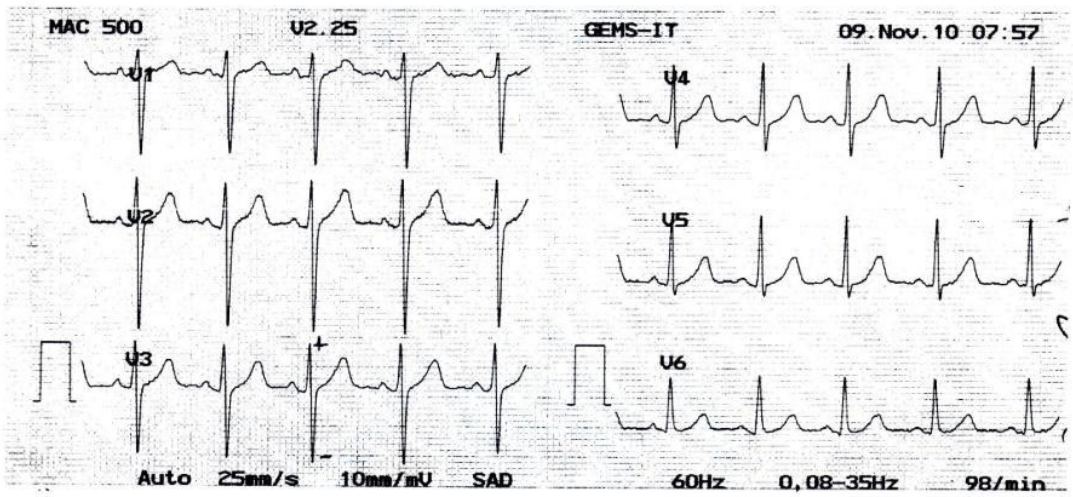
Questões sobre a atividade

Retome a questão da previsão e compare com a resposta encontrada.

Se existe relação entre pressão e volume, qual é essa relação?

Apêndice P – Eletrocardiograma





Apêndice Q – Lista de Exercícios da Turma 4

Aula de Atividades em Grupo sobre ondas eletromagnéticas
Biofísica "A" - Prof. Everton

Problema 1) Qual deve ser a potência de uma lâmpada de luz azul em 461 nm para produzir uma intensidade mínima de 30 $\mu W/cm^2$ a uma distância de 80 cm de um recém-nascido em tratamento de icterícia neonatal, sabendo que apenas 32% da luz total que a lâmpada é emitida nesse comprimento de onda ? Lembre-se que 10000 $W/m^2 = 1\ W/cm^2$

Problema 2) Um laser dermatológico possui uma potência de 2,0 mW produz um ponto de iluminação onde a luz vermelha em 637 nm é distribuída por uma superfície circular de 2,2 mm de diâmetro. Determine as equações das ondas eletromagnéticas para *B(t)* e *E(t)* que incidem sobre a pele.

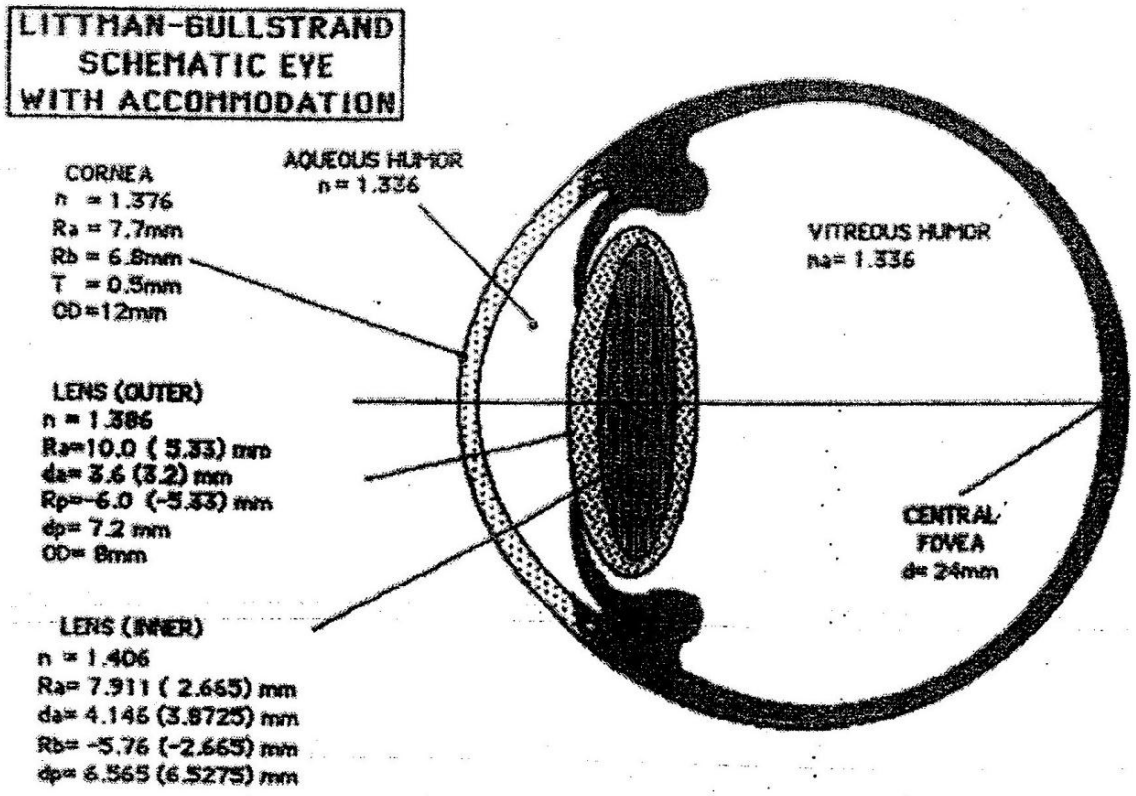
Problema 3) Uma unidade de medida de energia para ondas eletromagnéticas é o elétron-volt, sendo que 1 eV = 1,602 x 10^{-19} Joules. O isótopo Cobalto-60 ($_{27}Co^{60}$), usado em radioterapia, decai a um Níquel 60 ($_{28}Ni^{60}$) pela produção de emissão de dois raios gama em 1,17 MeV e 1,33 MeV. Quais os comprimentos de onda dos raios gama produzidos em nm durante esse processo, sabendo que a energia é dada pela lei de Planck $E=hf$ com a constante de Planck dada por h=6,626x10^{-34} J.s? Lembre-se que 1 MeV=10^6 eV.

Problema 4) Segundo as normas européias de proteção à exposição de radiação, a exposição máxima diária permitida da radiação ultravioleta em banda UVA (315nm-400nm) à córnea humana máxima é cerca de 5 mJ/m^2 em um período total de 18 μs (um microssegundo é 10^{-6} segundos).

(a) Determine a pressão de radiação incidente sobre a córnea e a energia total absorvida pela mesma durante um piscar de olhos que dura cerca de 0,25 segundos.

(b) Calcule o valor das amplitudes do campo magnético e elétrico incidentes sobre a córnea.

(c) Usando o modelo padrão biofísico do olho humano segundo o modelo de Littman-Gullstrand para o meio transparente da córnea temos um índice de refração de 1,376. Calcule a velocidade da luz ultravioleta dentro da córnea (figura abaixo extraída do livro: Waynant, R., Lasers in Medicine, CRC Press, 2002, Florida/EUA).



Problema 5) A banda UVC, também chamada ultravioleta longínquo ou "far-UV" praticamente não é produzida pelo sol mas é abundantemente produzida por lâmpadas ultravioleta de câmaras de bronzeamento artificial. A UVC compreende a zona espectral do espectro eletromagnético na faixa de comprimentos de onda entre 100nm até 280 nm, sendo que a partir desta, inicia a banda de raios X, sendo a porção mais perigosa do espectro ultravioleta pois induz neoplasias de pele.

a) Qual o valor de comprimento de onda máximo da banda de raios X ?

b) Qual a energia da onda eletromagnética correspondente a esse comprimento de onda em joules ?

c) Qual o intervalo de frequencias em THz dessa banda, sabendo-se que 1 Tera-Hertz (THz) corresponde a 10^{12} Hz.

d) Quais os limites de energia dessa onda em elétrons-volts usando os dados enunciados do problema 3 ?

Apêndice R – Lista de Exercícios da Turma 4

ATIVIDADES EM GRUPO SOBRE TEORIA DE ULTRASSONOGRAFIA
BIOFISICA "A

Problema 1: Sabendo-se que a velocidade do som no fígado humano é aproximadamente a mesma que no sangue humano e do baço (1566) m/s e a sua densidade média é $1,06 \times 10^6$, obtenha o módulo de compressibilidade do fígado.

Problema 2: Se a massa molecular de um átomo de hélio for $6,642 \times 10^{-25}$ e 1 mol = $6,023 \times 10^{23}$ átomos, obtenha a a velocidade de propagação de ondas acústicas em um cilindro que contém He a uma temperatura de 120°C.

Problema 3: Suponha uma cápsula de ultrassom isotrópica que irradie ultrassons a uma frequencia de 2,3 MHz a uma potencia de 0,25 W. A cápsula está imersa em um tanque d´água a temperatura ambiente. Obtenha:

(a) A intensidade da onda acústica a 23 cm da cápsula.
(b) A equação das ondas de deslocamento;
(c) A equação da onda de pressão.

Problema 4: Uma cápsula de ultrassom de 18 MHz de uso oftalmológico é usada para paquimetria da córnea. Usando o modelo de olho humano de Littman-Gullstrand que prevê um índice de refração de 1,336 para o humor vítreo, determine:

(a) O comprimento de onda das ondas ultrassônicas residuais que incidem na fóvea.
(b) A frequencia angular e o comprimento de onda dos ultrassons que incidem na fóvea.
(c) O desvio de frequencia Doppler esperado para a circulação do ramo anterior da artéria oftálmica se a velocidade sistólica máxima for 45 cm/s e a velocidade diastólica for 19,4 cm/s (ref: Brandão *et al.*, Radiologia Brasileira, vol 45, no. 1, jan/fev 2012m p.20-23.
d) Determine a razão entre a pressão sonora e a amplitude de deslocamento p_0/s_0 no interior da artéria oftálmica.

Problema 5: Uma cápsula de 1,3 W em 1,64 MHz para ultrassom terapêutico sofre atenuação geométrica e envia 32% do ultrassom produzido na direção da lesão no tornozelo do paciente e a cápsula está a uma distância de 5 cm do paciente. Estima-se que apenas 12% da radiação ultrassônica seja absorvida pelo músculo lesado onde a densidade é $1,07 \times 10^3$ kg/m^3 e a velocidade de propagação do ultrassom é a mesma que no sangue humano (ver problema 1).

a) Obtenha a impedância acústica do músculo e da água pura sabendo-se que a velocidade do som na água é 1480 m/s e a sua densidade é 10^3 kg/m^3.
b) Obtenha o coeficiente de transmissão e reflexão na interface água-pele e músculo, supondo que as características acústicas da pele sejam análogas àquelas dos músculos.
c) Determine a quantidade de energia por unidade de volume presente no músculo que está sendo tratado.
d) Determine a atenuação em decibéis (dB) na interface água/pele+músculo.

Apêndice S – Lista de Exercícios da Turma 4

EXERCÍCIOS DE BIOFÍSICA "A- **ONDAS ELETROMAGNÉTICAS** - Prof. Dr. Everton Lüdke

Exercício 1: Um músculo pode ser considerado, em primeira aproximação, como tendo propriedades eletromagnéticas semelhante à água, que possui $\mu_r = 0,999$ e $\varepsilon_r = 81,1$. Aplica-se ondas curtas de 27,12 MHz para tratamento terapêutico com um campo elétrico homogêneo de 225,32 V/m e se deseja obter as propriedades das ondas eletromagnéticas durante a terapia, no interior do feixe muscular.

Calcular:

(a) A velocidade da onda eletromagnética no músculo;

(b) O comprimento de onda ;

(c) O valor da amplitude do campo magnético da onda no músculo;

(d) Escreva a equação da onda para os campos elétricos e magnéticos no músculo;

(e) Calcule a densidade de energia eletromagnética total nas fibras musculares.

(f) Calcule a potência média da onda por unidade de área dentro do músculo.

Exercício 2: Uma lâmpada infravermelha de 120 W é disposta a uma distância de 90 cm do joelho de um paciente. O líquido sinovial no joelho pode ser considerada como água pura para efeitos de cálculo ($\mu_r = 1$ e $\varepsilon_r = 88$).

Calcular:

a) A intensidade da radiação que incide sobre a pele;

b) A amplitude campos elétricos e magnéticos devido à radiação;

c) Se a absorção da onda eletromagnética ocorrer totalmente pela pele, calcule a pressão de radiação em unidades de μ N/m^2;

d) As densidades de energia elétrica e magnética esperadas para o líquido sinovial ;

e) A densidade total de energia eletromagnética em μJ/cm^3.

Exercício 3: Considerado uma eficiência na conversão de energia elétrica em ondas infravermelhas de 38% e uma absorção cutânea de 28% para uma lâmpada infravermelha, refaça os cálculos do exercício 2 e compare os resultados.

Exercício 4: Dois feixes de fótons de raios gama (γ) provenientes de uma fonte radioativa de Cobalto 60 com uma energia média de 1,25 MeV são usados em radioterapia para tratamento de diversos tipos de câncer. Se 1 elétron-volt for $1,602 \times 10^{-19}$ joules, calcule a frequencia e o comprimento de onda desses fótons usando as fórmulas estudas para as ondas eletromagnéticas. Para braquiterapia, usa-se tanto o cobalto-60 quanto o irídio radioativo que emite em várias energias, sendo que os fótons de interesse têm energia 390 keV. Repita os cálculos para o Ir^{192}.

Exercício 5: A luz solar possui uma intensidade de 1360 W/m^2 no espaço cima da atmosfera terrestre. Na superfície do mar, a atenuação pelos gases que compõem a atmosfera faz com que esse valor caia a 932 W/m^2. Para a radiação solar ao nível do mar, calcule:

(a) Determine o valor eficaz do campo elétrico e o valor eficaz do campo magnético da radiação solar que incide sobre banhistas na superfície do mar;

(b) Determine a atenuação atmosférica da luz solar, em decibéis, realizada pela atmosfera;

(c) A pressão de radiação que a radiação solar incidente em uma folha de papel A4 de tamalho padronizado $21 \times 29,7$ cm completamente pintado de cor preta.

(d) Se a distância média entre a terra e o sol for 149.597.871 km, calcule a potência em watts emitida pelo sol.

(e) Quantos Joules de energia o sol produz em apenas 1 minutos ?

Exercício 6: Um laser de hélio-neônio com $\lambda = 632,8$ nm para terapia dermatológica produz um feixe luminoso cilíndrico de 2 mm de diâmetro com intensidade de brilho uniforme ao longo da sua área de seção reta. Como o modo de operação é CW ("continuous wave") ou onda contínua, se a potência do feixe for 2,8 mW, calcule:

(a) Qual a intensidade do laser quando incide sobre a pele ?

(a) Quais os campos eletromagnéticos eficazes no ponto de incidência ?

(b) Se o laser for aplicado durante 2 minutos, qual o valor da energia total transmitida à pele, se somente 45% da energia fosse absorvida ?

(c) Qual seria a pressão de radiação se a absorção pela pele fosse total ?

Exercício 7: Qual deveria ser a potência de uma lâmpada para que produzisse a mesma pressão de radiação estando situada a uma distância de 80 cm do paciente ? Essa lâmpada existe ?

Exercício 8: Um gerador de microondas para uso em diatermia usa uma antena dipolar como fonte de radiação e uma corneta metálica para focalização. A diatermia por microondas(*), embora mais profunda do que o aquecimento superficial por infravermelho não é tão profunda quanto as ondas curtas capacitivas ou o aquecimento por ultra-som. O feixe de radiação possui o formato aproximadamente cônico com um vértice de 12 graus. Um diodo Gunn fornece uma potência de transmissão de microondas de 4,2 W na frequencia de 2450,0 MHz, segundo as especificações técnicas do aparelho. A corneta fica a uma distância de 65 cm do músculo a ser tratado.

Se pudermos modelar um feixe muscular elíptico prolato com volume $V = 4\pi ab^2/3$ como o bíceps de um paciente cuja medida ultrasonográfica mostrou dimensões elípticas de semi-eixo maior $a = 16,3$ cm por semi-eixo menor $b = 5,8$ cm e usando o modelo de fantoma de água para o músculo ($\varepsilon_r = 0,98$, $\mu_r = 84$, $\rho = 993.6872$ kg m^{-3} a 36° C), e supondo que apenas 12% das microondas incidentes sobre a pele cheguem efetivamente até o músculo, calcule:

(a) Qual é a velocidade de propagação das microondas no ar e dentro do músculo ?

(b) Quais são os comprimentos de onda das microondas no ar e dentro do músculo ?

(b) Quais são os campos eficazes E_{rms} e B_{rms} no interior do músculo ?

(c) Qual é a intensidade da radiação I dentro meio muscular, sabendo que o feixe se propaga dentro de um formato cônico ?

(d) Qual é a densidade total da radiação eletromagnética dentro do músculo em W/m^3 ?

(e) Se a temperatura inicial do músculo for 36°, quanto tempo de exposição deve ser empregado para que a temperatura suba quatro graus centígrados ? Use o calor específico da água como 1,0 cal g^{-1} °C^{-1};

(*) OBS: Para diatermia por microondas, Weinberger et al. (1989) sugeriram que o calor pode potencializar os efeitos de agentes antiinflamatórios concorrentes no caso de pacientes com artrite reumatóide. Lehmann et al. (1970) e Wright e Johns (1961) relataram o aumento da extensibilidade dos tecidos colagenosos e redução na rigidez articular, consecutivamente. Lateur, Stonebridge e Lehmann (1978) demonstraram o alongamento do músculo quadríceps retraído. Essas referências e mais aplicações da diatermia, podem ser encontradas no livro "Eletroterapia: Prática baseada em evidências - 11ª ed."de Sheila Kitchen, publicado pela editora Manole.

Apêndice T – Lista de Exercícios da Turma 4

EXERCÍCIOS DE BIOFÍSICA DO SISTEMA CIRCULATÓRIO E RESPIRATÓRIO

Exercício 1: Encontre o aumento de pressão de um medicamento em uma seringa quando um técnico em enfermagem aplica uma força de 32 N ao êmbolo da seringa de raio 1,1 cm. Se a pressão média do sangue na veia for 28 mmHg, se a agulha tiver 0,45 mm de diâmetro e comprimento 3 cm e se a viscosidade do medicamento líquido for igual a da água destilada $\eta_{H_2O} = 1$ mPa.s, determine:

(a) a vazão em ml/s que o medicamento entra no corpo.

(b) a resistência da agulha cilíndrica à passagem do medicamento.

Exercício 2: Calcule a diferença de pressão hidrostática sanguínea entre o cérebro e o pé de uma pessoa de 1,83 m de altura. Use $\rho = 1,06 \times 10^3$ kg/m^3 para a densidade do sangue e g=9,8 m/s^2 para a aceleração da gravidade local.

Exercício 3: Encontre a pressão, em pascal, em atmosferas e em torricelli a uma profundidade de 124 metros abaixo do nível do mar. A densidade da água salgada é 1,03 g/cm^3 e a pressão atmosférica ao nível do mar é $1,01 \times 10^5$ Pa.

Exercício 4: Os pulmões humanos podem operar sob uma diferença de pressão de até cerca de 1/20 da atmosférica. Se um mergulhador usar um respirador, a que distância abaixo da superfície o ser humano pode nadar ?

Exercício 5: Uma caixa d´água no alto de uma colina está ligada a um cano com área de seção transversal de 4,0 cm^2 de modo que a água escoa por ele com uma velocidade de 5,0 m/s. O cano liga essa caixa até uma emenda no chão e o topo da colina onde está a caixa está a uma altura de 12,4 m em relação ao plano do chão, onde a seção reta do cano aumenta para 12,0 cm^2.

(a) Qual é a velocidade de escoamento da água no nível do chão ?

(b) Se a pressão no nível mais alto for $1,5 \times 10^5$ Pa, qual será a pressão no nível mais baixo ?

Exercício 6: A artéria carótida comum direita de um jovem, com raio de 2,3 mm se subdivide na artéria carótida externa, de raio 1,2 mm e artéria carótida interna de raio 1,8 mm para possibilitar a irrigação dos segmentos anteriores e posteriores do cérebro. A velocidade sistólica máxima do sangue em uma artéria carótida medida por velocidopplermetria em modo B é 61 cm/s. Se a velocidade do sangue na artéria carótida interna for 34 cm/s, qual é a velocidade sistólica do sangue na artéria vertebral ?

Exercício 7: Um cachorro possui uma seção reta da aorta ascendente de 2,2 cm^2 e a velocidade do sangue na ejeção é 28 cm/s. Um capilar típico possui um diâmetro de 9,2μm e tem uma velocidade de escoamento de 0,023 cm/s. Quantos capilares o cachorro possui ? Quantas vezes a área de seção reta combinada de todos os capilares é maior que a aorta ?

Exercício 8: Na equação de Starling, $J_v = K_f([P_c - P_i] - [\pi_c - \pi_i])$,sempre que J_v for positivo haverá passagem de água do capilar ao tecido formando edema. Suponha que o coeficiente de filtração que depende da condutividade hidráulica e da área de superfície do capilar seja unitária. Medidas indicam que a pressão hidrostática capilar P_c for 10,3 mmHg, P_i = para a pressão hidrostática intersticial for -3,1 mmHg onde o sinal negativo indica a sucção de líquidos inter-

sticiais pelo capilar. Nos indivíduos normais, a quantidade de líquido filtrada é aproximadamente igual à quantidade de líquido absorvida e não ocorre a formação de edema.

Se a pressão coloidosmótica capilar exercida pelas proteínas plasmáticas π_c for 28,7 mmHg e a pressão coloidosmótica intersticial π_i for 8,9 mmHg, determine se haverá absorção de líquido pelo capilar ou se formará edema local nessas condições.

Exercício 9: Seu João, 57 anos, tabagista pesado (30 anos-maço), está em investigação hemodinâmica devido a fortes dores nos membros inferiores que limitam a deambulação e melhoram com o repouso. O exame de ultrassonografia doppler e arteriografia da perna direita mostrou que o sangue flui pela artéria tibial posterior cujo raio é 3,4 mm e a velocidade é 16,2 cm/s para uma região onde o raio foi reduzido para 1,8 mm devido a uma placa aterosclerótica que se desenvolveu na parede. Qual é a velocidade do sangue na região de estenose ?

Exercício 10: A veia intermédia cefálica e a veia intermédia basílica possuem aproximadamente mesmo diâmetro de 3,4 mm. Elas se unem à veia intermédia do antebraço de 2,8 mm de diâmetro por onde o sangue retorna da mão com uma velocidade de 6,2 cm/s. Qual é a razão volumar de sangue na veia intermédia basílica se o fluxo venoso puder ser considerado laminar ? Use a densidade do sangue = 1060 kg/m^3 e a viscosidade do sangue = 4 mPa.s se necessário.

Exercício 11: O brônquio principal esquerdo se subdivide no brônquio lobar superior que conduz o ar para o lobo superior do pulmão esquerdo e no brônquio lobar inferior que ventila o lobo inferior esquerdo. Anatomicamente, a área do brônquio lobar superior é 64% menor que a área do brônqio lobar inferior. Durante a inspiração que dura 1,8 segundos, ocorre a passagem de um volume de ar de 568 ml pelo brônquio principal esquerdo. Use a densidade do ar atmosférico a 30°C como $\rho_{ar} = 1,165$ kg/m^3 e a viscosidade do ar nessa temperatura como 17,4 μPa.s

a) Qual a velocidade média do ar em cada um dos brônquios lobares ?

b) O escoamento é laminar ou turbulento nos brônquios lobares ?

Exercício 12: O sangue entra na aorta através de uma valva tricúspide que consiste em uma abertura circular de raio 0,9 cm. Se a pressão do sangue for 120 mmHg, que força que deve ser exercida pelo coração para injetar o sangue na aorta ?

Exercício 13: Um exame de arteriografia da artéria renal esquerda após um procedimento de angioplastia renal mostra que demora cerca de 0,17 segundos para o sangue passar através dessa artéria de 2,1 mm de diâmetro e 16,2 cm de comprimento da parte abdominal da aorta para o hilo renal. Se o gradiente de pressão através da artéria renal for 16 mmHg (Nahman et al. Am.J.Kidney Dis. 24(4), 695, (1994)), qual é a viscosidade do sangue que é conduzido por ela ?

Formulário:

1 torr = 1 mmHg = 133,32 pascais 1 atm = $1,01 \times 10^5$ Pa = 760 torr

1 L = 10^3 cm^3 = 10^{-3} m^3 = 1 dm^3 1 mL = 1 cm^3 1 Pa.s = 1 N.s/m^2= 10 poise

$$\rho = \frac{m}{V} \quad I_v = vA \quad Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad v = \sqrt{2gh} \quad P = F/A \quad B = -\frac{P}{\Delta V/V} \quad P = P_0 + \rho gh \quad R = \frac{\Delta P}{I_v}$$

$$F = \gamma 2L + mg \quad P + \rho gy + \frac{1}{2}\rho v^2 = cte \quad \Delta P = \frac{8\eta L}{\pi r^4} I_v \quad N_R = \frac{2r\rho v}{\eta}$$

Apêndice U – Formulário de auxílio para resolução de lista de Exercícios da Turma 4

FORMULÁRIO DE BIOFÍSICA A - UNIDADES 1 E 2

a) Ondas eletromagnéticas

$$E = E(x,t) = E_0\, sen(kx - \omega t) \qquad B = B(x,t) = B_0\, sen(kx - \omega t) \qquad \frac{E_0}{B_0} = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \qquad k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \qquad c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \qquad \lambda = \frac{c}{f}$$

$$S_{med} = \frac{\Delta U}{A \Delta t} = \frac{[E(x,t)B(x,t)]_{med}}{\mu_0} = \frac{1}{2\mu_0} E_0 B_0 \qquad I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$U_m = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{E^2}{2\mu_0 c^2} = \frac{1}{2}\epsilon_0 E_0^2 \qquad U_e = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$U = U_m + U_e = \epsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0 c} \qquad U_m = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0 c}$$

$$p = \frac{U}{c} \qquad P_r = \frac{I}{c} = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0 c} = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c^2} = \frac{B_0^2}{2\mu_0}$$

b) Ondas sonoras

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \qquad v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} \qquad T = T(^{\circ}\mathrm{C}) + 273 \qquad I = \frac{P_m}{4\pi r^2}$$

$$s(x,t) = s_0\, sen(kx - \omega t) \qquad v = \lambda f = \frac{\omega}{k} \qquad k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$p = p_0\, sen\left(kx - \omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad p_0 = \rho \omega v s_0 \qquad P_m = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \eta A v \qquad I = \frac{P_m}{A} = \eta v$$

$$\eta = \frac{\Delta E}{\Delta V} = \frac{1}{2}\rho \omega^2 s_0^2 \qquad I = \frac{P_m}{A} = \eta v = \frac{1}{2}\rho v \omega^2 s_0^2 = \frac{1}{2}\frac{p_0^2}{Z_a} \qquad Z_a = \rho v$$

$$\delta = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda} \qquad \frac{\Delta f}{f_0} = \pm \frac{u}{v} \qquad f_r = f_0\left(1 \pm \frac{u}{v}\right) \qquad \beta = 10\, log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

c) Constantes físicas

$c = 3,0 \times 10^8$ m/s $\qquad \epsilon_0 = 8,9 \times 10^{-12}$ C^2/N.m^2 $\qquad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A

$R = 8,314$ J/mol.K $\qquad I_0 = 10^{-12}$ W/m^2 $\qquad \gamma = 1,4$ $\qquad M = 29,0 \times 10^{-3}$kg/mol

Apêndice V – Prova 1

UFSM – CCNE – Departamento de Física
Ia PROVA DE BIOFÍSICA A

Nome:_____

Observações:

Responda cada questão à caneta.

Marcação dupla, rasura, respostas à lápis, uso de corretivo ou borracha invalidam a questão.

Use o verso das páginas para cálculos, se necessário.

O uso de calculadora é pessoal e facultativo. O uso de celular é proibido.

BOA PROVA!!

Questão 1: Uma lâmpada infravermelha para diatermia emite radiação eletromagnética isotropicamente em todas as direções e possui a potência de 100W. Um fisioterapeuta posicionado a uma distância de 3 metros da lâmpada. Valores aproximados da intensidade da radiação e o campo elétrico da onda eletromagnética recebida pelo profissional de saúde são respectivamente:

(a) 0,44 W/m² e 18,2 V/m
(b) 0,64 W/m² e 12,2 V/m
(c) 0,56 W/m² e 16,8 V/m
(d) 0,22 W/m² e 9,7 V/m
(e) 0,22 W/m² e 17,5 V/m

Questão 2: Micro-ondas na faixa de frequência de 2, 54 GHz são emitidas por um aparelho de diatermia muito frequentemente empregados em fisioterapia. A fonte de micro-ondas mais provável para médias potências (10-20 Watts) certamente seria?

(a) Válvula Klystron
(b) Válvula Magnetron
(c) Válvula Tiratron
(d) Ressonador dielétrico
(e) Diodo Gunn

Questão 3: Eletrodos capacitivos tipo Schliephake são normalmente empregados em fisioterapia desde a década de vinte do século passado para:

(a) Diatermia por micro-ondas.
(b) Fisioterapia motora e respiratória.
(c) Diatermia de ondas curtas.
(d) Termometria por infravermelho.
(e) Radiometria de microondas.

Questão 4: Na geração de raios X de uso médico com voltagem de 95kV e corrente de 12mA, é incorreto afirmar que:

(a) São valores de tensão e corrente de válvula tipicamente usados em fluoroscopia.
(b) Os raios X são obtidos a partir da desaceleração brusca de elétrons de alta velocidade por um bloco de tungstênio.
(c) Não há indicação de radioterapia com raios X em fisioterapia moderna.
(d) O efeito elétron-pósitron não é relevante no uso da técnica.
(e) Todas as alternativas acima são falsas.

Questão 5: Sobre o espectro da radiação eletromagnética, não é verdade afirmar que:

(a) A energia dos fótons da radiação de microondas é maior que em ondas curtas.
(b) A radiação visível ao olho humano consiste em uma faixa muito estreita do espectro entre o ultravioleta e as microondas.
(c) A radiação ultravioleta UV-C é produzida pelo Sol em grandes quantidades e pode provocar neoplasias na pele.
(d) A radiação ultravioleta UV-A é menos danosa para a pele do que a radiação UV-B
(e) Raios Gama só podem ser produzidos com uso de substâncias naturalmente radioativas.

Questão 6: Sobre os equipamentos de ultrassom diagnóstico, pode-se afirmar que:

I. O modo B de imageamento em ultrassonografia é o mais utilizado para diagnósticos clínicos.
II. A água produz atenuação desprezível ao feixe de ultrassons, em comparação com músculo e gordura.
III. Na esteatose hepática, há aumento do contraste da imagem do parênquima hepático com a gordura periférica pela diminuição da diferença de impedância acústica entre esses meios.
IV. Tecidos neoplásicos malignos, por serem de conteúdo necrótico, normalmente não produzem variações de frequência Doppler no eco do ultrassom.

(a) I, IV
(b) I, II

(c) Apenas a III
(d) I, II, III
(e) II, IV

Questão 7: Três fisioterapeutas, Paulo, João e Helena fizeram os seguintes comentários sobre o ultrassom terapêutico:

Paulo: "Porque a gordura é mais densa do que a água, ultrassons de 1 MHz não são muito eficientes em tratar processos inflamatórios em planos musculares abaixo da gordura, pois age como isolante pela maior densidade que a gordura apresenta."

João: "O gel aplicado serve para ajudar a resfriar a pele e o efeito de aquecimento em planos profundos é bem menor, tanto em modo CW quanto em modo pulsado."

Helena: "Para tratar um processo inflamatório próximo aos ossos, é melhor ligar o aparelho em 3 MHz que em 1 MHz."

(a) Somente Helena está errada.
(b) Helena e João estão certos.
(c) Paulo e Helena estão certos.
(d) Somente Paulo está certo.
(e) Esses três fisioterapeutas deveriam voltar a fazer a disciplina de Biofísica.

Questão 8: Marque a alternativa incorreta sobre os ultrassons:

(a) A intensidade da onda sonora é inversamente proporcional ao quadrado do comprimento de onda λ.

(b) A velocidade da onda sonora é diretamente proporcional à raiz quadrada do módulo de compressibilidade elástica *B* do meio onde se propaga.

(c) Diferenças em impedâncias acústicas nem sempre produzem ecos sonoros.

(d) A resolução em profundidade de imagens ecográficas aumenta com a frequência do ultrassom.

(e) Ultrassons de 10MHz possuem menor precisão em medidas de desvio Doppler que em 1MHz.

Questão 9: Qual das seguintes alternativas não é propriedade de ondas de ultrassons acima de 1 MHz:

(a) Velocidade das partículas e pressão atmosférica local estão em fase.

(b) Partículas no meio onde o ultrassom se propaga oscilam com desvios iguais nas direções positivas e negativas.

(c) A frente de onda é atenuada pela conversão da energia da onda de pressão em calor.

(d) Há movimento de material orgânico para longe da cápsula em contato com a pele.

(e) A quantidade de atenuação do feixe acústico aumenta com a frequência da oscilação.

Questão 10: Observe a seguinte ilustração abaixo, com o sensor de um aparelho de ultrassom vascular. As posições (A), (B), (C), (D) e (E) correspondem à orientação relativa dos transdutores de ultrassom com respeito à direção do fluxo sanguíneo em uma artéria.

O transdutor detectará a maior quantidade de desvio Doppler da frequência e aquele que não será capaz de medir a velocidade do fluxo arterial são, respectivamente:

(a) A, E
(b) B, D
(c) A, C
(d) E, A
(e) E, C

Questão 11: Observe as seguintes alternativas sobre um ultrassom que passa de uma camada de gordura para uma camada de músculo.

I. Em qualquer ponto, a intensidade do ultrassom é igual ao produto da velocidade da onda pela potência média da onda nesse meio.

II. A energia de um ultrassom no meio é a energia de oscilação das moléculas que vibram em movimento harmônico simples na direção da onda.

III. A intensidade da onda é inversamente proporcional à impedância acústica do meio.

Marque a alternativa correta:

(a) VFF
(b) VFV
(c) FFV
(d) FVV
(e) VVV

Questão 12: Uma fonte de ultrassom isotrópica com 1 mW de potência produz, a uma distância d= 5metros, um nível de intensidade acima do limiar de audição do ser humano (I_0=10^{-12}W/m²) de:

(a) 45dB
(b) 55dB
(c) 65dB
(d) 70dB
(e) Nenhuma resposta correta.

Questão 13: Para a atmosfera normal, podemos adotar os seguintes valores termodinâmicos: γ=1,4; R=8,31J/mol.K; M=29x10^{-3}Kg/mol. Sendo assim, a velocidade do ultrassom no ar a 20 graus centigrados é:

(a) 331m/s
(b) 338 m/s
(c) 341 m/s
(d) 350 m/s
(e) 360 m/s

Questão 14: Se a amplitude de deslocamento de uma onda sonora no ar de frequência 300Hz é de 10^{-7}m, isso corresponde a uma amplitude de pressão de cerca de:

(a) 6,27X10^{-2}Pa
(b) 7,27X10^{-2}Pa
(c) 8,27X10^{-2}Pa
(d) 9,27X10^{-2}Pa
(e) 10,27X10^{-2}Pa

Questão 15: Sobre o processo de geração de raios X para uso médico, foram lidas as seguintes frases na internet:

I. "Ossos e cartilagens absorvem mais que músculos e tecido adiposo e dão uma sombra na imagem".

II. "Vasos sanguíneos são radio-opacos aos raios X na faixa de 85-120kV e não podem ser detectados nas chapas obtidas".

III. "A qualidade e poder de penetração do feixe de raios X é obtida pela escolha da kilovoltagem do tubo".

Assinale a alternativa correta:

(a) VFF
(b) FFV
(c) VVV
(d) VFV
(e) FVV

Questão 16: Sobre as características dos LASERs dermatológicos de Arseneto de Gálio em fisioterapia, podemos dizer que:

(a) A razão entre os campos magnéticos e elétricos em uma porção do feixe da luz no ar é sempre igual à velocidade da luz.

(b) O comprimento de onda dos lasers comerciais é na ordem de 0,01-0,1 milímetros.

(c) A técnica funciona assumindo a lei de Arndt-Schultz, que prevê que o estímulo radioativo a um tecido vivo é indiretamente proporcional à qualidade e intensidade do mesmo.

(d) Luz de laser, por ser especial em natureza, não pode ser descrita pela física das radiações eletromagnéticas como as ondas curtas e micro-ondas, por exemplo.

(e) Lasers em infravermelho e visual não tem nenhuma aplicação médica, somente os lasers ultravioleta.

Questão 17: Sobre os efeitos biológicos da exposição prolongada do corpo humano à radiação ultravioleta artificial, não podemos dizer que:

(a) Em um primeiro tempo, podem surgir lentigos simples que são hiperplasias focais de melanócitos.

(b) Longas exposições a câmaras de bronzeamento artificial podem provocar o efeito indesejável da liquenificação ("pele de jacaré")

(c) O Melanoma e Carcinoma Basocelular são os efeitos mais temidos pela afinidade com tecidos neurológicos mais profundos e velocidade de progressão.

(d) Ceratoacantomas são lesões benignas que podem surgir da exposição à radiação UV solar durante uma vida de trabalho em que se é exposto ao Sol.

(e) Câncer de pele é uma doença letal, mas pode ser revertida com a laserterapia dermatológica.

Questão 18: Sobre os efeitos biológicos da exposição prolongada do corpo humano à radiação ultravioleta artificial, não podemos dizer que:

(a) Em um primeiro tempo, podem surgir lentigos simples que são hiperplasias focais de melanócitos.

(b) Longas exposições a câmaras de bronzeamento artificiais podem provocar o

efeito indesejável da liquenificação (“pele de jacaré”).

(c) O Melanoma e Carcinoma Basocelular são os efeitos mais temidos pela afinidade com tecidos neurológicos mais profundos e velocidade de progressão.

(d) Ceratoacantomas são lesões benignas que podem surgir da exposição à radiação UV solar durante uma vida de trabalho em que se é exposto ao sol.

(e) Câncer de pele é uma doença letal, mas pode ser revertida com a laserterapia dermatológica, dentre outras técnicas.

Questão 19: Fototerapia com luz azul na faixa de 460nm e com irradiância de no mínimo 30μW/nm/cm² é indicação para tratar qual doença abaixo em ambiente hospitalar?

(a) Icterícia neonatal.
(b) Carcinoma Basocelular em fase inicial.
(c) Cloasma.
(d) Efélides.
(e) Nódulos de artrite reumatoide.

Questão 20: Uso de radiofármacos emissores de radiação gama servem para uma variedade de diagnósticos em medicina moderna, mas é falso afirmar que:

(a) Cintilografia cardíaca serve para ver disponibilidade tecidual pós-infarto miocárdico.

(b) Cintilografia renal possibilita testar a porcentagem de funcionamento de um rim.

(c) Emissão concentrada de raios gama surge em tecidos neoplásicos, metástases, regiões de grande concentração de agentes inflamatórios, mas nunca são exacerbadas em ossos normais.

(d) Raios gama podem ser descritos como ondas eletromagnéticas ou como partículas de massa nula chamadas de fótons, o que não influi na aplicação deles em medicina.

(e) É uma técnica disponível para planejar um tratamento fisioterapêutico, como em casos avançados de doença reumatoide e complicações.

Apêndice W – Prova 2

UFSM – CCNE – Departamento de Física
IIa PROVA DE BIOFÍSICA A

Nome:_____

Observações:

Responda cada questão à caneta.
Marcação dupla, rasura, respostas à lápis, uso de corretivo ou borracha invalidam a questão.
Use o verso das páginas para cálculos, se necessário.
O uso de calculadora é pessoal e facultativo.
O uso de celular é proibido em qualquer momento da prova e deve ser desligado.
BOA PROVA!!

Questão 1: Seu João, 68 anos, apresentou um quadro de tosse, rouquidão, febre de 39 graus centígrados à noite nos últimos dois dias. Consultando na Unidade Básica de Saúde (UBS) foi solicitado um Rx de tórax PA + perfil que apresentou o seguinte comentário no laudo: "Aorta ectásica, com cerca de 3,2 cm de lúmen e calcificações parietais difusas". Se a velocidade do sangue na aorta for 1,2m/s e a velocidade do sangue em um capilar de 1,4 nm de diâmetro for 0,4mm/s, o número provável de capilares que o Seu João possui é cerca de:

(a) Quatrocentos mil.
(b) Seiscentos mil.
(c) Oitocentos mil.
(d) Um milhão.
(e) Menos que quatrocentos mil.

Questão 2: Marque a alternativa correta:

I. Onda de pulso é a energia da contração cardíaca que se propaga pelo sangue e se propaga com pelo menos 4 vezes a velocidade da corrente sanguínea.
II. Sob determinadas condições clínicas, pode-se verificar em ambulatório de fisioterapia pós-exercício que a pressão diastólica pode subir e assumir valores similares à sistólica, o que pode ser revertido pela farmacoterapia.
III. A permeabilidade capilar pode ser diminuída por substâncias endógenas como histamina e bradicinina, provocando edema subcutâneo.

(a) VVF
(b) FFV
(c) FVF
(d) VFF
(e) VVV

Questão 3: A consequência principal da Equação de Poiseuille para o organismo, dentre as opções a seguir, é:

(a) Surgimento de sopros cardíacos mitrais.
(b) Relação entre o fluxo sanguíneo e diâmetro do vaso.
(c) Relação entre diâmetros de vasos maiores e a viscosidade do sangue em diferentes trechos do aparelho circulatório.
(d) O fato de haver maior vazão sanguínea em artérias renais que em cerebrais.
(e) Relação entre pressão e turbilhonamento do sangue nos ventrículos cardíacos.

Questão 4: Sobre o número de Reynolds hidrodinâmico:

(a) Indica a taxa de perda e albumina pelas paredes capilares ao líquido extracelular.
(b) Indica experimentalmente o limite ente fluxos laminares e turbilhonares.
(c) Serve para calcular a velocidade da corrente sanguínea em qualquer vaso.

(d) É uma característica dos fluidos corpóreos e depende basicamente da viscosidade e da densidade do líquido que circula.

(e) Todas as alternativas acima não se aplicam a essa grandeza física.

Questão 5: Assinale a alternativa correta:

I. Fluxo sanguíneo é o volume de sangue escoado por unidade de tempo.

II. Nas fistulas arteriovenosas, o sangue possui escoamento laminar e não produz ruído.

III. Estenoses em valvas cardíacas e redução da viscosidade sanguínea por doenças como anemias profundas podem produzir transições entre fluxos sanguíneos laminares para turbulentos.

(a) VFV
(b) VFF
(c) FVF
(d) FFV
(e) VVV

Questão 6: Sobre a circulação humana, temos as seguintes alternativas:

I. A vazão sanguínea sobre os pulmões é cerca de 5 litros por minuto, sendo menor que a do sistema nervoso central.

II. O fenômeno de Raynaud pode ser explicado pela dilatação neurológica das artérias periféricas pelo efeito do frio, o que leva a um aumento da pressão sanguínea nas extremidades.

III. A resistência periférica aumentada é um fator importante na gênese da hipertensão vascular e pode ser tratada com drogas vasodilatadoras como a Atensina e a Nifedipina.

IV. A lei de Laplace descreve a relação entre a velocidade do sangue e a tensão na parede do vaso que o conduz.

(a) I, IV
(b) I, II
(c) Apenas a III
(d) I, II, III
(e) II, III, IV

Questão 7: Se líquidos fisiológicos podem ser estudados pelo modelo dos fluidos físicos ideais, não é possível dizer que:

(a) Líquidos difíceis de comprimir possuem menor variação volumétrica relativa para uma dada pressão.

(b) A pressão em um ponto do vaso que o contem é igual em todos os pontos dentro dele.

(c) Dentro de líquidos com conteúdo lipoproteico ocorrem forças coesivas e adesivas que tendem a aumentar a viscosidade, pelas características polares das lipoproteínas.

(d) A velocidade do sangue na veia cava inferior é maior que a velocidade do sangue nas veias ilíacas comum interna e externa.

(e) Mesmo considerando a viscosidade do sangue, a queda de pressão (perda de carga) é proporcional à razão volumar e à resistência hidráulica do vaso.

Questão 8: O soro sanguíneo flui de um frasco, através de um tubo, para a veia do paciente que tem pressão média de 12mmHg. A densidade do soro a 37°C é 1,03g/cm³. O valor mais próximo da elevação do frasco acima do nível do braço para que o soro comece a entrar nessa veia a vazão constante deve ser:

(a) 8cm
(b) 16cm
(c) 10cm
(d) 20cm
(e) 26cm

Questão 9: O sangue entra na aorta através de uma valva tricúspide que consiste em uma abertura circular de raio 0,9cm. Se a pressão do sangue for 120torr, a força que deve ser exercida pelo coração para injetar o sangue na aorta é:

(a) 24,5N
(b) 245,5N
(c) 38,93N
(d) 389,3N
(e) Nenhuma resposta correta.

Questão 10: A linfa leva cerca de 1 segundo para passar através de um capilar de 1mm de comprimento no sistema circulatório do organismo humano. Se o diâmetro do capilar for de 7μm e se a queda de pressão for de 2,60kPa, o valor mais provável para a viscosidade da linfa será:

(a) 1mPa.s
(b) 2mPa.s
(c) 3mPa.s
(d) 4mPa.s
(e) 5mPa.s

Questão 11: Quando o sangue flui da aorta através das artérias principais, das pequenas artérias, dos capilares e das veias para o átrio direito, a pressão manométrica cai de aproximadamente 100 torr até zero. Se a vazão do sangue for 0,8 litros por segundo, a resistência total do sistema circulatório humano é cerca de:

(a) $1{,}7x10^7 N.s/m^5$
(b) $2{,}4x10^7 N.s/m^5$
(c) $3{,}8x10^7 N.s/m^5$
(d) $4{,}2x10^7 N.s/m^5$
(e) $5{,}8x10^7 N.s/m^5$

Questão 12: Um paciente com Hepatite C e cirrose hepática apresenta-se ao pronto socorro com ascite volumosa (líquido amarelo-citrino livre na cavidade abdominal) e dificuldade respiratória. O cirurgião de plantão decide fazer uma abdominocentese para alívio respiratório e punciona a cavidade com um agulha de 0,3mm de diâmetro conectada a um tubo de plástico que termina em um frasco de vidro de 500ml de volume. A agulha está posicionada a uma distância de 8cm abaixo da linha do umbigo e o paciente está em decúbito dorsal durante o procedimento. Se a pressão intracavitária for constante em 12 vezes a pressão atmosférica, o tempo necessário para encher o frasco será na ordem de:

(a) 5 minutos
(b) 15 minutos
(c) Meia hora
(d) 45 minutos
(e) Uma hora

Questão 13: Quanto ao enfisema pulmonar (DPOC), três fisioterapeutas, Jacque, Osvaldo e Jason afirmaram, em um congresso, que:

Jacque: "Caracteriza-se pela hiperdistensão alveolar com destruição progressiva dos septos e consequente confluência dos grupos alveolares, tendendo a formar bolhas".

Osvaldo: "Nos casos de distúrbio hipersecretor, há uma hipertrofia das glândulas secretoras de muco nas paredes brônquicas e um aumento das células caliciformes no revestimento epitelial da árvore brônquica, produzindo expectoração e uma predisposição à infecção brônquica".

Jason: "No enfisema podem ocorrer estenose bronquiolar, aumento dos espaços aéreos e ruptura das paredes alveolares que reduzem a superfície respiratória e levam ao surgimento da horizontalização do diafragma e hipertransparência pulmonar em Rx de tórax de pacientes mais graves".

Marque a alternativa correta:

(a) Só Jason e Osvaldo estão certos.
(b) Só Jacque está certa.
(c) Osvaldo e Jacque estão corretos.
(d) Jacque e Jason estão certos.
(e) Os três eram excelentes alunos de biofísica e estão certos.

Questão 14: Em relação à Biofísica pulmonar, marque a resposta correta:

(a) A principal função do pneumócito tipo I é realizar a troca gasosa, que ocorre por difusão ativa.
(b) O diafragma é inervado pelo nervo frênico, que se origina de raízes da 4ª e 5ª vértebras cervicais.
(c) São exemplos de músculos exclusivamente inspiratórios, o diafragma, esternocleidomastóideos, intercostais internos e externos.
(d) O pneumócito tipo II é a célula indiferenciada, metabolicamente ativa, capaz de se diferenciar em pneumócitos tipo I no reparo de injúrias pulmonares.

(e) Nos lobos inferiores pulmonares, a pressão arterial é maior que a pressão alveolar que, por sua vez, é maior que a pressão venosa.

Questão 15: É correto afirmar que:

(a) Grandes volumes pulmonares aumentam a resistência das vias aéreas.

(b) As regiões pulmonares inferiores apresentam maior volume em repouso que as regiões superiores.

(c) As regiões pulmonares inferiores apresentam pressão intrapleural menos negativa que as regiões superiores.

(d) Para que ocorra fluxo inspiratório, é necessário que haja aumento dos valores de pressão alveolar e da pressão intrapleural.

(e) No enfisema pulmonar, detecta-se árvores de muco no exame microscópio de escarro e os pulmões estão hiperinsuflados "post-mortem".

Questão 16: A relação entre alguns parâmetros do sistema circulatório contribui para regular o fluxo sanguíneo através dos tecidos. As afirmativas abaixo são componentes da lei de Poiseuille (Lei do fluxo), exceto:

(a) Comprimento do vaso
(b) Raio do vaso
(c) Viscosidade do sangue
(d) Gradiente de pressão do vaso
(e) Pressão dinâmica no vaso

Questão 17: Marque a alternativa que melhor completa o texto abaixo, na sequência lógica do texto:

A.....afirma que a difusão do gás é inversamente proporcional à raiz quadrada da massa molar enquanto que a.....afirma que o volume do gás dissolvido é proporcional à pressão do gás sobre o líquido e um fator de solubilidade e volume do líquido. A..... afirma que a pressão total de uma mistura de gases é a soma das pressões parciais de cada gás.

(a) Lei de Dalton; Lei de Henry; Lei de Graham.

(b) Lei de Charles; Lei de Boyle; Lei de Gay-Lussac.

(c) Lei de Dalton; Lei de Graham; Lei de Henry.

(d) Lei de Charles; Lei de Dalton; Lei de Graham.

(e) Lei de Graham; Lei de Henry; Lei de Dalton.

Questão 18: Em provas espirométricas, a redução da capacidade vital forçada (CVF) pode ser observada nas situações abaixo. exceto:

(a) DPOC grave.
(b) Fibrose pulmonar idiopática.
(c) Cifoescoliose em pacientes geriátricos.
(d) Derrame pleural volumoso.
(e) Gravidez pós 28 semanas de idade gestacional.

Questão 19: Quanto à biofísica de sensores de pletismógrafos de uso pulmonar, tipo fluxo-volume, pode-se dizer que:

(a) Sensores tipo turbina são menos precisos que sensores por efeito Doppler de ultrassom.

(b) Não estão indicados para diagnósticos de doenças pulmonares intersticiais do tipo não-alveolar.

(c) Sensores tipo ultrassom necessitam de calibração periódica.

(d) Sensores tipo pneumotacógrafos medem a resistência do fluxo aéreo pelo diferencial de pressão entre dois pontos.

(e) A eficiência de sensores tipo turbinas é maior para fluxos unidirecionais de baixa velocidade que em alta velocidade.

Questão 20: A figura abaixo indica uma prova espirométrica, que é normal dentro da teoria biofísica de aplicação das provas de função pulmonar. Marque a alternativa incorreta:

(a) Esse resultado pode ser alterado por drogas como o cromoglicato, metilxantinas como teofilinas ou até mesmo corticóide

inalatório como a fluticasona em pacientes suscetíveis.

(b) Pacientes com hiper-reatividade brônquica como na asma podem apresentar VEF_1 alterada após exercício físico moderado.

(c) Pacientes com asma leve podem não apresentar alterações significativas da CVF.

(d) Na caracterização dos distúrbios ventilatórios restritivos considera-se redução da CVF menor ou igual a 50% do valor previsto.

(e) Obstruções respiratórias de qualquer natureza, tanto alta como baixa com relação à carina traqueal, levam ao estreitamento dessa curva com a evolução da doença.

Apêndice X – Prova 3

UFSM – CCNE – Departamento de Física
IIIa PROVA DE BIOFÍSICA A

Nome:_____

Observações:

Responda cada questão à caneta.
Marcação dupla, rasura, respostas à lápis, uso de corretivo ou borracha invalidam a questão.
Use o verso das páginas para cálculos, se necessário.
O uso de calculadora é pessoal e facultativo.
O uso de celular é proibido em qualquer momento da prova e deve ser desligado.
BOA PROVA!!

Questão 1: A teoria da comporta da dor, proposta por Melzack e Wall em 1965 propõe que estímulos elétricos de determinada frequência e forma, através de um mecanismo de concorrência, seriam capazes de bloquear a passagem de estímulos nociceptivos para centros neuronais de integração superiores através da medula espinhal é a base biofísica de qual técnica abaixo?

(a) Eletrocardiografia
(b) Eletroneuromiografia
(c) Marca-passo cardíaco
(d) Ablação de condução atrial por radiofrequência
(e) TENS

Questão 2: Marque a alternativa correta:

I. A velocidade de condução de impulsos elétricos em junções "gap" de células miocárdicas dependem da densidade das junções intercalares, amplitude do potencial de ação e velocidade da onda de despolarização.

II. A fibra de Bachmann transmite o impulso para o átrio esquerdo permitindo a transposição da parede fibrosa do septo interatrial, a qual, naturalmente, tem alta condutividade.

III. A velocidade rápida das fibras de Purkinje permite o enchimento de sangue dos ventrículos relaxados.

(a) VVF
(b) VFF
(c) FVF
(d) FFF
(e) VVV

Questão 3: A estrutura interna cardíaca que contem o sistema His-Purkinje apresenta melhor condução elétrica que as fibras miocárdicas apresentam potencial de ação de propagação mais rápida pelos fatores seguintes, menos:

(a) São fibras de maior diâmetro
(b) Menor quantidade de miofibrilas
(c) Maior densidade de junções intercalares
(d) São fibras musculares modificadas e especializadas
(e) Inervação direta ao sistema nervoso autônomo por fibras nervosas mielinizadas.

Questão 4: Sobre a biofísica de neurônios que inervam os músculos esqueléticos, é verdadeiro dizer que:

(a) O principal neurotransmissor é a serotonina com ativação do complexo AMP-ciclíco.
(b) O interior celular é sempre positivo em relação ao líquido extracelular.
(c) São fibras com proteínas transmembrana insensíveis a descargas elétricas.
(d) O sódio é expulso ativamente enquanto que o potássio retorna ao exterior passivamente pela sua grande mobilidade.
(e) Não há alternativas citadas verdadeiras.

Questão 5: Assinale a alternativa incorreta:

(a) A pressão sanguínea é o fluxo de sangue vezes a resistência vascular periférica.

(b) O débito cardíaco é a taxa sistólica vezes o volume de sangue ejetado em cada sístole.

(c) Onda P é uma onda composta da soma de ondas individuais de despolarização dos átrios direito e esquerdo.

(d) Derivações V1 a V4 no eletrocardiograma permitem avaliar o plano vertical do coração.

(e) Derivações AVL, AVR, I, II e III permitem avaliar melhor o plano vertical do coração.

Questão 6: Assinale a alternativa correta:

(a) O complexo QRST somente é normal quando os níveis de potássio sérico estão acima de 7mEq/L.

(b) Níveis séricos de cálcio, que podem estar alterados por diversas doenças, praticamente não influem na atividade elétrica cardíaca.

(c) Tamponamento cardíaco pós-traumático pode ser detectado pela ausculta cardíaca e pela amplificação da milivoltagem nas derivações do eletrocardiograma.

(d) O magnésio é um eletrólito tão importante quanto o sódio e potássio para o correto funcionamento eletromecânico do coração.

(e) Os pacientes sempre apresentam sintomas de hipertrofia ventricular, mesmo em estágios iniciais da doença na forma de "aperto no peito" quando executa esforço físico.

Questão 7: As síndromes de túnel é a segunda mais frequente causa de dor em membros superiores de adultos, com as condições biofísicas de instalação da doença normalmente causadas pelas seguintes doenças de base:

(a) Osteoartrite, artrite reumatoide, faturas de cotovelo.

(b) Febre reumática, esclerose amiotrófica, Parkinsonismo.

(c) Dislipidemia, cardiopatia dilatada, meningite.

(d) Sífilis, dislipidemia, meningite.

(e) Radiculopatia diabética, osteoartrite, dislipidemia.

Questão 8: Sobre a biofísica do sistema muscular humano, podemos afirmar que:

I) Tecido muscular visceral são miofibrilas longitudinais e transversais, polinucleadas, contração rápida e inervadas por neurônios tipo alfa mielinizadas.

II) Tecido muscular estriado possuem miofibrilas longitudinais e transversais, mononucleadas, contração lentas e involuntárias e o neurotransmissor principal é a acetilcolinesterase.

III) Fibras anastomosadas, bifurcadas, mononucleares podem formar estruturas de contração involuntária como no endocárdio humano.

(a) VFF

(b) FFV

(c) VFF

(d) FVF

(e) Nenhuma opção dada acima é a resposta.

Questão 9: Observe a figura abaixo e identifique a condição cardíaca representada nela:

(a) É um eletrocardiograma com ritmo sinusal normal.

(b) Fibrilação atrial.

(c) Síndrome coronariana aguda.

(d) Taquicardia com ritmo sinusal normal.

(e) Bloqueio de ramo esquerdo.

Questão10: Observe a figura abaixo e assinale a alternativa correta:

(a) É um eletrocardiograma com ritmo sinusal normal.

(b) É uma taquicardia sinusal com frequência cardíaca de 140bpm.

(c) Relata um caso de bradicardia com cerca de 40bpm.

(d) Caracteriza um infarto fulminante em progressão.

(e) É uma consequência da exacerbação da DPOC.

Questão 11: Sobre a biofísica do tecido muscular, é incorreto afirmar que:

(a) Componentes elásticos são miofilamentos e tecidos conjuntivos que retornam à forma original no relaxamento.
(b) Componentes plásticos não retornam à forma original cessada a contração.
(c) Mitocôndrias, retículo sarcoplasmático e sistema tubular são componentes plásticos.
(d) Músculos podem ser fusiformes, unipenados, bipenados e multipenados de acordo com o arranjo de fibras em um músculo.
(e) Os principais componentes dos filamentos finos das miofibrilas são actina, miosina, troponina e tropomiosina.

Questão 12: Observe a figura abaixo e identifique a condição cardíaca representada nela:

(a) É um eletrocardiograma normal.
(b) Sobrecarga de átrio direito.
(c) Obstrução total de artéria coronária.
(d) Taquicardia com ritmo sinusal normal.
(e) Bloqueio de ramo direito.

Questão 13: Quanto ao estudo biofísico de um feixe de fibras musculares esqueléticas vivas, não se pode dizer que:

(a) Um estímulo simples do neurônio motor resulta em brusca resposta do feixe.
(b) Séries repetidas de estímulo elétrico do neurônio motor resulta em séries de respostas bruscas se o tempo entre eles for longo.
(c) Na contração muscular haverá exocitose de acetilcolina, difusão pela fenda sináptica e ligação ao receptor de membrana na placa motora pós-sináptica.
(d) Os íons de sódio e potássio ligam-se aos filamentos de actina e miosina causando a contração.
(e) A mudança conformacional da troponina se deve à ligação aos íons de cálcio recuperados das cisternas intersticiais.

Questão 14: Em relação à biofísica das tensões no músculo em repouso, marque a resposta incorreta:

(a) A elasticidade muscular é a propriedade cinética da distensão.
(b) Contrações musculares podem ser isotônicas, isométricas e isocinéticas.
(c) No músculo em repouso isométrica, temos o equilíbrio entre forças ativas dos filamentos finos e grossos e a força passiva das estruturas elásticas como tendões e colágeno.
(d) Na ação concêntrica sobre o corpo, temos a aceleração dos ossos envolvidos e o trabalho externo é positivo.
(e) O trabalho mecânico é negativo na ação muscular isométrica.

Questão 15: É correto afirmar que:

(a) Quanto maior o tempo entre o alongamento do músculo e a contração concêntrica subsequente, maior é a força de contração.
(b) Unidades motoras tipo A, de fibras brancas, possuem contração rápida, força moderada e são resistentes à fadiga com metabolismo glicolítico lento.
(c) Os modos de Lapierre não consideram se a contração muscular e estiramento são completos ou incompletos.
(d) As forças musculares englobam a capacidade de vencer, suportar ou atenuar uma resistência mecânica externa e são afetadas pela hipertrofia das fibras musculares induzidas pelo exercício.
(e) As reservas energéticas são diminuídas pelo conteúdo de fosfagênios, ATP, glicogênio hepático, eficiência da circulação periférica e metabolismo renal das catecolaminas.

Questão 16: Observe o eletrocardiograma abaixo. Qual o diagnóstico?

(a) Bradicardia com ritmo sinusal.
(b) Hipertrofia de ventrículo esquerdo.
(c) Infarto agudo do miocárdio.
(d) Síndrome de Wolff-Parkinson-White.
(e) Estenose de válvula mitral.

Questão 17: Sobre as tensões em um músculo em atividade, não se pode afirmar que:

(a) A lei de Hill para velocidade de contração muscular não pode ser demonstrada pela modelagem biofísica de sistemas biológicos e é puramente experimental.

(b) Somente um terço da demanda energética do músculo na via aeróbia em repouso vem da glicose e o resto vem das gorduras.

(c) A variação da quantidade de ATP é diretamente proporcional ao produto da força externa pelo tempo aplicado às fibras.

(d) Efeitos do treinamento consistem em melhoria de tecidos conectivos, tendinosos e ligamentosos e número de miofibrilas por fibras musculares.

(e) Na medição do trabalho mecânico muscular, o método de Fenn é mais complexo de trabalhar que o método de Cavagna e Kaneko.

Questão 18: Da lista abaixo, a doença que causa alterações no eletrocardiograma como sinais de sobrecarga atrial e ventricular direita com ondas P agudas em II, QR em V1 com QRS estreito, transição precordial atrasada com ondas S terminais em V5-V6, desvio superior de eixo com padrão S1-S2-S3 é:

(a) Doença pulmonar obstrutiva crônica.
(b) Infarto agudo do miocárdio.
(c) Diabetes Mellitus descompensado.
(d) Artrite reumatoide não-tratada em crise aguda.
(e) Acidente vascular cerebral (AVC) de longa evolução.

Questão 19: O sinal elétrico devido à biofísica da despolarização das fibras de Bachmann surge na assinatura do eletrocardiograma como:

(a) Segunda metade da onda P.
(b) Complexo QRS.
(c) Onda T.
(d) Surgimento de onda RR.
(e) Aumento brusco de milivoltagem na onda R.

Questão 20: No eletrocardiograma, ondas Q amplas (>40ms) em I, III e AVF, onda R alargada em V1, ausência de desvio para o eixo direito e presença de ondas T para cima em V1-V2 indicam:

(a) Infarto antigo de parede inferior.
(b) Artrite reumatoide.
(c) Diabetes Mellitus de longa evolução.
(d) Bloqueio de átrio esquerdo.
(e) Estafa mental por ter estudado tanto para essa prova.