



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
PROGRAMA MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA – POLO UFABC

Construção de um *website* sobre Leis de
Conservação na Física Básica

Ivania de Oliveira

Dissertação apresentada ao programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Polo Universidade Federal do ABC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Kenichi Mizukoshi

Santo André – SP
2018

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC

Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Oliveira, Ivania de

Construção de um website sobre Leis de Conservação na Física Básica /
Ivania de Oliveira. — 2018.

84 fls. : il.

Orientador: José Kenichi Mizukoshi

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Santo André, 2018.

1. Leis de Conservação. 2. Energia. 3. Momento Linear. 4. Momento
Angular. 5. Ensino de Física. I. Mizukoshi, José Kenichi. II. Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, 2018. III. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

Santo André, 7 de fevereiro de 2019.

Assinatura do autor: Ivanir de Almeida

Assinatura do orientador: Aluísio



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade Federal do ABC
Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física
Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017
ppg.mnpef@ufabc.edu.br

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Ivania de Oliveira, realizada em 17 de dezembro de 2018:

Prof.(a) Dr.(a) **Jose Kenichi Mizukoshi** (Universidade Federal do ABC) – Presidente

Prof.(a) Dr.(a) **Leticie Mendonça Ferreira** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Jose Paulo Cury Kirkorian** (Instituto Federal de São Paulo) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Laura Paulucci Marinho** (Universidade Federal do ABC) – Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) **Iva Gurgel** (Universidade de São Paulo) – Membro Suplente



Universidade Federal do ABC

Resumo

Construção de um *website* sobre Leis de Conservação na Física Básica

Ivania de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. José Kenichi Mizukoshi

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Polo Universidade Federal do ABC, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Esta dissertação tem como objetivo descrever os aspectos didático-pedagógicos e de conteúdo de Física de um *website* criado como um produto educacional que tem como conteúdo as leis de conservação na Física Básica. As leis de conservação, são um importante tema na Física e fazem parte da grade curricular da disciplina de Física no Ensino Básico. No entanto, devido ao recorte didático-pedagógico do estudo Física nessa etapa escolar, as leis de conservação da energia e momento linear são vistas de forma bastante simplificada, sem a devida atenção em se discutir o quando e o porquê da conservação dessas grandezas. A situação muito pior ocorre com a grandeza momento angular. Por razões didático-pedagógicas ou por limitação de tempo, o momento angular não costuma ser abordado explicitamente no Ensino Básico. Porém, o conteúdo do Ensino Médio contempla o ensino do átomo de Bohr, onde essa grandeza física desempenha um papel importante. Omitindo-se novamente o momento angular, o currículo do Ensino Médio preconiza o estudo de spin do elétron. Esta formatação do Ensino Básico reflete nos conteúdos de *websites* em língua portuguesa; pesquisas na internet mostraram que quando acessamos uma página sobre “Leis de Conservação”, o conteúdo que aparece não é completo e costuma ser apresentado de forma bastante fragmentado. Em virtude desse panorama, construímos um *website* que tem como objetivo reunir e colocar em um mesmo nível de igualdade as leis de conservação da energia, momento linear e momento angular. Tentamos mostrar que sendo elas leis fundamentais da Natureza, permeiam toda a área da Física, da Mecânica a Eletromagnetismo, passando pela Termodinâmica, da Física Clássica até a Física Relativística e Quântica.

Palavras-chave: Leis de Conservação; Energia; Momento Linear; Momento Angular; Ensino de Física.

Abstract

Constructing a website about Conservation Laws in Basic Physics

Ivania de Oliveira

Supervisor: Prof. Dr. José Kenichi Mizukoshi

Abstract of master's dissertation submitted to Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Polo Universidade Federal do ABC, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Physics Teaching.

This dissertation aims to describe the didactic-pedagogical and content aspects of Physics of a Website created as an educational product and which has as content the conservation laws in Basic Physics. The conservation laws, which are an important subject in Physics, are part of the curriculum of the discipline of Physics in High School. However, due to the didactic-pedagogical cut of the physical study in this school stage, the laws of conservation of energy and linear momentum are seen in a very simplified way, without due attention in discussing when and why of the conservation of these magnitudes. A much worse situation occurs with angular momentum magnitude. For reasons of pedagogy or time limitation angular momentum is not explicitly addressed in High School. However, the content of High School includes the teaching of the Bohr atom, where this physical greatness plays an important role. Omitting again the angular momentum, the curriculum of High School advocates the study of spin of the electron. This format of High School reflects in the content of websites in the Portuguese language; Internet surveys have shown that when we access a page on Conservation Laws, the content that appears is not complete and is usually presented in a rather fragmented way. In view of this situation, we have built a website that aims to bring the and put the laws of energy conservation, linear momentum and angular momentum together on an equal footing. We have tried to show that they are fundamental laws of Nature, and permeate the entire area of Physics, from Mechanics to Electromagnetism, going through Thermodynamics, from Classical Physics to Relativistic and Quantum Physics.

Keywords: Conservation Laws, Energy, Linear Momentum; Angular Momentum; Physics Teaching.

*Dedico este trabalho aos meus queridos alunos do passado, presente
e futuro.*

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade e forças que meu deu ao longo dessa jornada.

Meus sinceros agradecimentos ao Profº José Kenichi Mizukoshi por sua orientação.

A minha família pela compreensão da minha ausência em muitos momentos durante o processo da condução do trabalho. Agradeço ainda minhas amigas Talita, Fernanda, Jaqueline, Tamara e Bianca que sempre me incentivaram principalmente nos momentos mais difíceis dessa longa trajetória.

E finalmente aos meus amigos do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física pelo companheirismo, ajuda e risadas durante todo o curso.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Índice

1	Introdução	7
2	Criação de um site sobre leis de conservação	9
2.1	Motivação e Proposta	9
2.2	Leis de Conservação – justificativas	10
2.3	Materiais existentes na Internet	12
2.4	Documento oficial sobre o ensino de Física	13
2.5	Uso da internet no processo de ensino	15
3	Referencial Teórico	18
3.1	Introdução	18
3.2	Teoria de Ensino de Jerome Bruner	19
3.3	Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel	21
4	Descrição do site	24
4.1	Estrutura geral	24
4.2	Estratégias e recursos utilizados	26
4.3	Páginas de Conteúdo	28
4.3.1	Conservação de Energia	28
4.3.2	Conservação de Momento Linear	30
4.3.3	Conservação de Momento Angular	32
4.3.4	Leis de Conservação Além da Física Clássica	34
4.3.5	Problemas e Questões	36
4.4	O Guia do Professor	37
5	Aplicação do produto educacional e a sua avaliação	38
5.1	Aplicação do <i>website</i>	38
5.1.1	Público alvo	38
5.1.2	Detalhes da aplicação do <i>website</i>	39
5.2	Questionário de avaliação do <i>website</i>	40
5.2.1	Análise das respostas do questionário de satisfação	41

6	Conclusão	54
A	Guia do Professor	56
B	Questionário de avaliação do <i>website</i>	67
C	Transcrição da Avaliação dos Visitantes do <i>website</i>	73
C.1	O que você achou da abordagem sobre Conservação de Energia, Momento Linear e Momento Angular fora da área da Mecânica Clássica?	73
C.2	Aspectos positivos	74
C.3	Aspectos negativos	75
C.4	O que você achou da página que contém exercícios de vestibulares e Enem?	76

Capítulo 1

Introdução

A presente dissertação tem como objetivo apresentar a construção de um *website*, que é o nosso produto educacional produzido de acordo com as diretrizes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

O *website* discute três leis de conservação abordadas na física básica, a saber, energia, momento linear e momento angular, e tem como público alvo os alunos do Ensino Médio. Apesar de ser escrito em uma linguagem acessível a alunos desse ciclo básico, o *website* aprofunda em detalhes pouco explorados em livros de Ensino Médio, até por conta da limitação matemática e maturidade científica do público alvo. Desta forma, pode ser útil a estudantes recém-ingressantes do ensino superior e para a formação continuada de professores do ensino básico.

Na medida do possível, cada tema ou conceito foi contextualizado com exemplos do dia-a-dia, com o intuito de mostrar que a física não precisa ser e de fato não é, apenas uma disciplina que os alunos aplicam fórmulas dadas e decoradas, sem se preocupar com a discussão fenomenológica. Além disto, sendo o *website* uma plataforma multimídia, possui vários recursos didáticos-pedagógicos, que além de figuras estáticas, permite a inserção de vídeos, links para simulações virtuais, entre outros recursos.

Por conta desse conteúdo multimídia, o nosso produto educacional pode ser bastante útil também a professores que queiram usá-lo para a complementação de suas aulas. Além dos recursos multimídia, o *website* traz também uma compilação de problemas sobre o assunto que foram explorados pelos principais vestibulares e ENEM.

Apresentamos a seguir, de forma resumida, a estrutura desta Dissertação.

No capítulo 2 apresentamos as justificativas em abordar o assunto sobre as leis de conservação e a escolha do *website* como o nosso produto educacional.

Já no capítulo 3, apresentamos os referenciais teóricos pedagógicos que nortearam a construção do *website*, a saber, a teoria da aprendizagem de Ausubel e a teoria de instrumentalismo evolucionista de Bruner.

O capítulo 4 é dedicado à descrição e apresentação do conteúdo e da estrutura geral do *website*.

O capítulo 5 descreve a aplicação do produto junto a alunos do segundo ano do Ensino Médio do colégio Argumento, uma escola privada localizada no município de São Paulo. Após a aplicação, os alunos foram convidados a dar um *feedback* do *website* através de um questionário a ser respondido via internet. Nesse questionário, as questões foram agrupadas em vários grupos com o intuito de avaliar os recursos usados e a forma que o conteúdo foi apresentado. Além disto, foram realizadas várias perguntas para os visitantes pudessem destacar os aspectos positivos e negativos do *website*. Incluímos também questões para levantar a afinidade do visitante pela Física.

Finalmente, no capítulo 6 apresentamos as conclusões gerais desta Dissertação.

Capítulo 2

Criação de um site sobre leis de conservação

2.1 Motivação e Proposta

Segundo Moran [1], o processo de educação se dá pela colaboração entre alunos e professores nas escolas, em um processo no qual ocorrem transformações permanentes de aprendizagem. Educar significa ajudar os alunos na sua construção de identidade, do seu caminho pessoal e profissional, no desenvolvimento de habilidades de compreensão, emoção e comunicação, tornando-se cidadãos realizados e produtivos.

Pensando nas habilidades que os alunos devem desenvolver, identificamos um grande influenciador nesse processo, que é a tecnologia. Com a evolução da tecnologia, primeiramente com a internet acessada por computadores e atualmente pelo Whatsapp via smartphones, uma nova forma de comunicação se estabeleceu na sociedade. A rede social Facebook é um bom exemplo de um aplicativo que proporciona a integração entre indivíduos ou entre grupos. De uma forma espantosa, os avanços tecnológicos – que têm ocorrido de forma muito rápida, vêm apresentando recursos inovadores que favorecem a melhoria de comunicação.

É nesse cenário que está imersa hoje a nossa sociedade, mais especificamente os mais jovens. É inegável que o avanço da tecnologia cada vez mais causem influência sobre essa faixa etária, que em grande maioria são estudantes. Para estes jovens acostumados com uma plataforma multimídia de fácil e rápido acesso, o ensino de formato tradicional, baseado em giz e lousa, se mostra pouco atrativo.

Esta Dissertação não tem como escopo aferir a efetividade do ensino tradicional versus a do ensino baseado em novas tecnologias educacionais. O objetivo é apenas fornecer um material disponível num ambiente que esta geração de alunos tem mais familiaridade e que apresenta um vasto recurso didático-pedagógico. Figuras animadas, vídeos, simulações, entre outros recursos, são bastante interessantes para a aprendizagem da Física, em

especial.

De fato, a existência de um amplo material na internet mostra que o meio virtual tem sido bastante útil no processo de ensino–aprendizagem. Atualmente, existem inúmeros canais de vídeos hospedados, por exemplo, na plataforma Youtube que disponibilizam cursos sobre diversas disciplinas que fazem parte do currículo de educação no Brasil. Eles são visitados por estudantes que desejam fazer uma complementação da aula do seu professor, eliminar dúvidas ou ver resoluções de problema. Nesse ambiente virtual, é possível encontrar diferentes tipos e formatos de curso. Há desde as tradicionais aulas expositivas gravadas, até vídeos que utilizam recursos mais elaborados, como demonstrações experimentais de fenômenos, uso de simuladores virtuais, jogos educativos, etc.

Apesar de uma quantidade enorme de material disponível na internet, uma análise mais cuidadosa mostra que há muitos conteúdos similares entre si e informações parciais, imprecisas e às vezes, até erradas. A internet, por ser colaborativa, muitas vezes pode-se tornar “uma terra de ninguém”. Desta forma, é importante que os educadores se familiarizem com esse “território”, para que possam orientar seus alunos a identificar sites e ter acesso a materiais confiáveis.

É dentro deste contexto que construímos o *website* “leis de conservação na física básica”. Trata-se de um produto educacional produzido de acordo com as normas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que tem como público alvo alunos do Ensino Médio, mas que também atinge alunos de nível superior ingressante e professores que almejam uma educação continuada.

2.2 Leis de Conservação – justificativas

As leis de conservação são constatações básicas que ocorrem em todos os domínios da Física, desde a escala macro até o micro, ou seja, desde o movimento de planetas e outros objetos astronômicos, até na escala subatômica, onde se investigam as interações fundamentais das partículas elementares.

No entanto, a Física é apresentada de forma compartimentada, ou seja, que não relaciona as diversas áreas que a compõe, a saber, Mecânica, Termodinâmica, Ondas, Eletromagnetismo, etc. Por conta disto, a experiência docente desta autora mostra que dificilmente um aluno consegue associar, por exemplo, o trabalho de expansão e compressão de um gás com o trabalho da força gravitacional. Prosseguindo, apesar da similaridade entre as leis da gravitação universal de Newton e da eletrostática de Coulomb, pouco se fala da similaridade entre a energia potencial gravitacional e a energia potencial eletrostática.

Além da falta de conexões entre diferentes áreas da Física, uma grandeza fundamental é pouco explorada no ensino médio: o momento angular. Embora se fale na três leis de Kepler, dificilmente se abordam no Ensino Médio o momento angular e a sua conservação, que explicam, juntamente com a lei da gravitação universal de Newton, essas três leis.

Mais grave ainda, sem o conceito de momento angular, alguns livros falam em átomo de Bohr e introduzem (erroneamente, muitas vezes) o conceito de spin do elétron.

Chama a atenção uma reportagem recente do Portal G1 [2] acerca do problema enfrentado pelo telescópio Hubble – mais especificamente, o dispositivo de orientação (giro) do Hubble havia parado de funcionar.

Diz a reportagem que [2]

Você já se perguntou como o Hubble se orienta no espaço para fazer as imagens fantásticas que a gente vê por aí? Então, ele não usa retrofoguetes, como muita gente acha. Para fazer isso por mais de 10 anos, imagine a quantidade de gás que ele precisaria transportar em órbita. Ao invés disso, ele usa 6 giroscópios, discos pesados em altíssima rotação que a partir do princípio da conservação do momento angular não só faz o Hubble apontar para a posição correta com altíssima precisão, mas também o mantém nessa posição.

O nosso objetivo não é questionar essas “falhas” e lacunas, mas elaborar um material cujo foco principal está nas leis de conservação da energia, momento linear e momento angular na física básica, sem nos prendermos às sequências didáticas dos livros, que apresentam a Física em grandes áreas.

O interesse pelo assunto “leis de conservação em física básica” surgiu devido aos obstáculos enfrentados por esta autora em sala de aula. As leis de conservação conseguem explicar diversos fenômenos físicos observados no dia-a-dia. No entanto, com a física apresentada de forma compartimentada, aliada a um ensino propedêutico centrado em aplicação de fórmulas para resolução de exercícios, dificilmente um aluno médio consegue associar o conteúdo trabalhado em sala de aula com os fenômenos reais. Como quase todos os conteúdos de Física, muitos alunos decoram fórmulas para resolver problemas “padrões”, porém sem pensar quando e porque algumas grandezas físicas se conservam.

Ainda, de acordo com as experiências pessoais da autora, há obrigação em cumprir o conteúdo no prazo programado pela escola. Além disto, é comum colégios particulares adotarem um sistema apostilado e diferentes professores cuidarem de diferentes “frentes” de Física. Nesse cenário, não se consegue por exemplo fazer uma relação entre o princípio da conservação de energia na Mecânica com a Termodinâmica, energia potencial gravitacional e energia potencial eletrostática e assim por diante.

A conservação de momento linear, por exemplo, só fica restrita a problemas de mecânica, em processos de colisões por contato. Com essa abordagem compartimentada em áreas da Física, os alunos não estão preparados para entender que o momento linear também se conserva durante a colisão de feixes de prótons no Grande Colisor de Hádrons (LHC, da sigla em inglês) no laboratório do CERN. É bem verdade que há correções relativísticas nas fórmulas clássicas, mas a lei da conservação do momento linear é universal

e têm validade além da física clássica.

Uma outra questão que levou a uma reflexão da autora foi acerca do comportamento dos alunos fora da sala de aula: como eles estudavam e como sanavam as suas dúvidas em casa? Estamos falando de um universo de alunos preocupado em “passar de ano”, ir bem no ENEM ou vestibulares e ingressar em boas universidades, já que é majoritariamente com esse público que a autora desta Dissertação trabalha.

A resposta é que a maioria recorre à internet, seja assistindo vídeo aulas ou lendo o conteúdo explicativo em alguma *webpage* encontrado pelo buscador Google, ou seja, sem uma pré-seleção de sites confiáveis.

Entre as justificativas do uso da internet está a rapidez com que se encontra a informação desejada, além de que ela se encontra de uma forma mais interativa e exemplificada. Nas simulações encontradas na rede, por exemplo, os alunos conseguem ver a situação de forma mais dinâmica em relação ao que foi apresentado na sala. Uma figura animada ou vídeo podem ser mais eficientes do que desenhos de bolinhas com setas na lousa indicando que objetos estão em movimento.

É nesse panorama apresentado acima que a autora viu a necessidade de incorporar os conteúdos em forma de uma *webpage*.

A oportunidade surgiu com o MNPEF, onde se poderia colocar em ação essa ideia.

2.3 Materiais existentes na Internet

Antes da criação do *website* “leis de conservação na física básica”, foi feito um apanhado em língua portuguesa sobre esse assunto. Digitando-se “leis de conservação” no buscador Google, o primeiro *site* listado é o Wikipedia (acesso em 31/01/2019),

https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_conserva%C3%A7%C3%A3o

que apresenta o seguinte texto:

Em física, uma lei de conservação estabelece que determinada propriedade mensurável de um sistema físico isolado é invariante no tempo. Cada lei de conservação quantidade de movimento linear e quantidade de movimento angular particular é uma identidade matemática que se aplica ao sistema. A física moderna admite, entre outras, as seguintes leis de conservação (para as quais nunca se observou uma violação)...

A página faz menção a conservação de quatro quantidades, a saber, energia, momento linear, momento angular e cargas, onde há um *link* para cada uma das grandezas. No entanto, essas páginas são aparentemente independentes entre si, falam dessas grandezas, mas não dão ênfase para as leis de conservação. Ou seja, similarmente aos conteúdos de

livros do ensino médio, a informação é compartimentada. Além disto, ela é “enciclopédica”, como os conteúdos do Wikipedia costumam ser.

Partindo para outras fontes, verificou-se que o assunto “leis de conservação”, assim como no Wikipedia, é tratado também de forma fragmentada – cada *site* trata de um tipo de conservação ou apenas uma pequena introdução sobre leis de conservação.

Para efeito de ilustração, apresentamos a seguir uma lista de sites – que embora incompleta –, que apresenta o conteúdo buscado ¹:

- <https://www.infoescola.com/fisica/lei-da-conservacao-de-energia/>
- <http://www.valdiraguilera.net/leis-de-conservacao.html>
- <https://sophiaofnature.wordpress.com/2012/10/06/leis-de-conservacao-i/>
- <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/lei-conservacao-massa.htm>
- <https://pt.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/a/what-is-conservation-of-energy>
- <https://www.institutonetclaroembratel.org.br/educacao/para-ensinar/pla-nos-de-aula/conservacao-do-momento-angular/>

Não é do escopo deste mestrado realizar uma análise detalhada do conteúdo dos diversos materiais disponíveis na internet. Nós só fazemos uma observação que as leis de conservação são apresentadas em uma determinada área da Física, isoladamente, sem se fazer relação com as outras áreas.

A partir desse levantamento preliminar, acreditamos que seria pertinente criar um *website* cujo enfoque central fosse a discussão das principais leis de conservação na física básica.

2.4 Documento oficial sobre o ensino de Física

Como se trata de um conteúdo que tem como público-alvo o aluno do ensino médio, a apresentação do conteúdo foi norteador pelos documentos oficiais de educação referentes ao Ensino de Física, no caso os Parâmetros Curriculares Nacionais/Ensino Médio (PCNEM) [3].

O PCNEM – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, orienta e organiza o aprendizado nessas áreas para a produção efetiva do conhecimento e não somente prope-dêutica, buscando a interdisciplinaridade e a contextualização, com o objetivo educacional

¹Todos os sites listados abaixo foram reaccessados em 31/01/2019 e, nesta data, todos se encontravam em funcionamento.

de promover uma relação entre os conhecimentos científicos tecnológicos e o desenvolvimento de competências humanas.

Sobre a interdisciplinaridade, o PCNEM preconiza, na sua p. 9, que

O princípio físico da conservação da energia, essencial na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos, pode ser verificado em processos de natureza biológica, como a fermentação, ou em processos químicos, como a combustão, contando em qualquer caso com o instrumental matemático para seu equacionamento e para sua quantificação.

Segue ainda que de acordo com esse documento, o ensino deve ser concebido para a universalização da Educação Básica e precisa desenvolver o saber matemático, científico e tecnológico como condição de cidadania e não uma pré-formação de especialista. O aprendizado deve ser desenvolvido de forma que o aluno tenha o papel ativo. É esperado que ele consiga interpretar e resolver problemas relacionados ao seu dia-a-dia aplicando o que aprendeu e não ficando em uma posição de receptor, na qual só consegue resolver problemas propostos pelo seu professor.

Espera-se que no ensino de Física, a escola contribua para a formação de uma cultura científica, permitindo que o indivíduo faça interpretação de fatos, fenômenos e processos naturais. Isto inclui a compreensão e o domínio da teoria e dos procedimentos técnicos e tecnológicos do cotidiano.

De acordo com o PCNEM [3], na p. 23, o ensino de Física deve:

Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado.

Alguns temas estruturadores recomendados pelo PCNEM são:

- Movimentos: variações e conservações;

- Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia;
- Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações;
- Som, Imagem e Informação;
- Matéria e Radiação;
- Universo, Terra e Vida.

A abordagem dos conteúdos deve ser realizada de forma a verificar que tipo de competências deseja-se explorar. Ela pode ser feita por modelos abstratos, experimentos, história, vídeos, uso de simuladores ou situações de vivência, como por exemplo a relação que existe entre força aplicada em um corpo para colocá-lo em movimento.

Especificamente sobre as leis de conservação, diz na p. 25 do PCNEM [3] que

...é na Mecânica onde mais claramente é explicitada a existência de princípios gerais, expressos nas leis de conservação, tanto da quantidade de movimento quanto da energia, instrumentos conceituais indispensáveis ao desenvolvimento de toda a Física.

Para cumprir a interdisciplinaridade defendida pelo PCNEM, é preciso consolidar o conceito de leis de conservação dentro da própria Física. Com isto em mente, devemos partir da Mecânica e ir, por exemplo, na Termodinâmica e discutir a conservação de energia através da primeira lei da termodinâmica. Isso é a Física que se deve ensinar, a qual os conteúdos não são independentes, mostrando que existe uma relação entre as áreas da Física que explicam os fenômenos presentes em nosso cotidiano. Posteriormente, aplicar esses conceitos na Química, Biologia, etc.

2.5 Uso da internet no processo de ensino

Com a popularização da internet, tem ocorrido um grande avanço no uso da chamada Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) na educação. Esses recursos podem ser levados diretamente para as salas de aulas, mas podem e têm sido usado como recurso de pesquisa extraclasse por professores e alunos.

De acordo com Moran [4], o acesso à internet vem se tornando cada vez maior, principalmente por partes dos jovens e é um fato que o interesse deles pelas informações e a rapidez em adquirir essas informações bem como seus recursos, que para alguns alunos, são muito mais interessantes do que é ensinado nas salas de aulas, como por exemplo, equações de movimento ou cálculos de energia utilizando fórmulas que são impostas.

A internet propicia a liberdade e facilidade para que as pessoas possam procurar informações, decidindo o que quer pesquisar e durante processo poder obter várias outras informações que estão ligadas à procura inicial.

Segundo Kenski [5], a revolução digital transformou o espaço educacional, pois a educação que era oferecida em espaços físicos e pelas mentes dos professores, agora viaja em alta velocidade em estradas digitais, permitindo o acesso a qualquer um que tenha conexão com a internet.

Isso é muito importante, pois a educação passa a alcançar um público mais variado, como por exemplo, pessoas que moram distantes dos centros urbanos podem estudar em “instituições virtuais”. Atualmente, diversas instituições fornecem uma formação inicial (uma graduação) na modalidade conhecida como ensino a distância (EAD), onde quase a totalidade do curso é realizada via internet.

Pensando no avanço tecnológico e sua influência sobre os jovens, como por exemplo, dispositivos de jogos e redes sociais, é de se esperar que a internet cause influências dentro das escolas e principalmente nas salas de aulas, onde ainda prevalecem os métodos tradicionais de ensino. Por isso, cabe ao educador conhecer essa tecnologia e os recursos que ela oferece para que possam ser inseridos no desenvolvimento das aulas tradicionais ou que permitam que os estudantes tenham acesso a um material de qualidade.

De acordo com Valente [6], a internet tem um potencial muito grande podendo ser utilizada no processo de construção do conhecimento, revolucionando as formas tradicionais de ensino, tornando os estudantes autônomos e ativos ou pode ser utilizada como complementação referentes aos processos de transmissão de informação que existe em algumas escolas. No entanto, ele ressalta que é importante que o uso da internet seja orientado para que o conhecimento seja construído, cabendo ao professor saber explorar os recursos fornecidos pela internet, criando situações para que o aluno possa compreender e dar significado à informação obtida e assim construir novos conhecimentos.

Na Ref. [6], Valente afirma que

... a Web, cria verdadeiros desafios de ordem pedagógica ao mesmo tempo em que pode ser importante recurso educacional, auxiliando o desenvolvimento de capacidades e habilidades fundamentais para a sobrevivência em um mundo permeado de informação. No entanto, o desenvolvimento dessas habilidades depende da ênfase do processo de ensino-aprendizagem e da intenção pedagógica do professor.

A internet dá aos internautas uma grande possibilidade de buscas, permitindo muitas conexões de endereços, imagens e textos que se sucedem. Por isso é importante que o educador tenha definido qual o objetivo deseja alcançar para que os estudantes não dispersem diante dos vários caminhos que podem seguir.

De acordo com Moran [7],

Ensinar utilizando a Internet exige uma forte dose de atenção do professor. Diante de tantas possibilidades de busca, a própria navegação se torna mais sedutora do que o necessário trabalho de inter-

pretação. Os alunos tendem a dispersar-se diante de tantas conexões possíveis, de endereços dentro de outros endereços, de imagens e textos que se sucedem ininterruptamente. Tendem a acumular muitos textos, lugares, ideias, que ficam gravados, impressos, anotados. Colocam os dados em sequência mais do que em confronto. Copiam os endereços, os artigos uns ao lado dos outros, sem a devida triagem.

No entanto, não podemos esquecer que o estudante é autor do desenvolvimento do seu próprio conhecimento e que o site deve proporcionar possibilidades de fazer conexões com outros endereços de forma a expandir o conteúdo em diversas áreas do conhecimento. É importante considerar também que a internet possa ser usada pelos estudantes também como forma de adquirir novos conhecimentos por curiosidade e não apenas para cumprir tarefas planejadas pelo educador. Assim, é importante que o visitante do site tenha liberdade, dentro do mesmo, de seguir os caminhos que julgar mais coerentes de acordo com seus objetivos e curiosidades, assumindo um papel de pesquisador.

Para que isto ocorra, é importante destacar que uma *webpage* deverá apresentar diversos recursos multídia. De acordo com Studart [8] o uso das TIC no ensino não fará sentido se o método tradicional de ensino continuar sendo empregado e se, por exemplo, a página da *web* for uma transcrição de um livro ou uma apostila. É importante que a *webpage* seja interativa e que forneça opções de utilização de objetos educacionais digitais, como simuladores, vídeos, animações e jogos.

Studart afirma que [8]:

Enfatizo que o uso de TIC não fará sentido se os métodos tradicionais e enfiadinhos de ensino continuarem a ser empregados. Seria persistir no mesmo com nova roupagem. O ensino com TIC deve contemplar novas metodologias baseadas no ensino interativo e na aprendizagem ativa...

Assim, ao pensar em construir um *website*, é necessário tomar o cuidado para que ele não se torne apenas um livro digitalizado. Ele deve ser construído de forma que o visitante se sinta interessado a navegar pelas páginas e traçar estratégia para procurar suas respostas e construir seu conhecimento.

Capítulo 3

Referencial Teórico

3.1 Introdução

Além do conteúdo de Física propriamente dito para a construção do *website*, nos preocupamos também com a forma com que apresentariamos esse conteúdo. Para esta finalidade, nos inspiramos em duas teorias de ensino–aprendizagem, a saber, a teoria de ensino de Bruner [9] e a aprendizagem significativa de Ausubel [10].

A teoria de ensino de Bruner nos encorajou a falar de temas pouco familiares aos alunos do ensino médio, como momento angular, relatividade restrita e mecânica quântica. Bruner acreditava que qualquer conteúdo pode ser apresentado para qualquer pessoa, em qualquer faixa etária, desde que a linguagem usada seja adequada ao nível de desenvolvimento cognitivo dela.

Na medida do possível, os conceitos físicos são explicados por meio de textos simples e contextualizados, de forma que o nosso público-alvo principal, o aluno do ensino médio, pudesse compreender. Além de exemplos, utilizamos figuras, sendo algumas animadas, simuladores e ou vídeos. Para a satisfação dos visitantes com conhecimentos mais avançados, nos aprofundamos na derivação de fórmulas, inclusive fazendo-se o uso do cálculo diferencial e integral, um conhecimento que o aluno padrão do ensino médio não domina. Porém, que poderia estimular o visitante que sentir necessidade em aprofundar seus conhecimentos.

A aprendizagem significativa de Ausubel nos orientou a forma como a qual os conteúdos do *website* seriam abordados. Inspirados em Ausubel, introduzimos uma grandeza ou fenômeno físico de forma contextualizada. Como escolhemos exemplos do dia-a-dia, os visitantes poderiam associar o conteúdo com os conhecimentos já estabelecidos anteriormente. No decorrer da leitura, estes deveriam adquirir novos conhecimentos, amadurecendo os pré-existentes.

Este elemento didático-pedagógico está presente nas páginas de “leis de conservação em física básica”. Como exemplo, introduzimos o movimento de giro de uma bailarina.

É um conhecimento relativamente comum que quando ela recolhe os membros, gira mais rápido. Novos conhecimentos podem ser adquiridos a partir do momento que os visitantes tentam entender como a Física explica esse fenômeno.

Abordamos a seguir essas duas teorias, de uma forma bastante resumida, dando ênfase nos aspectos que nos inspiraram para a construção do *website*.

3.2 Teoria de Ensino de Jerome Bruner

Bruner [11] é talvez mais conhecido por ter dito “é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento”. Ao dizer isso, de acordo com Moreira [12], ele quis dizer que se deve levar em consideração as diversas etapas do desenvolvimento intelectual.

De acordo com Bruner, os conhecimentos adquiridos podem ser avaliados pelo instrumentalismo evolutivo, pois a forma como o homem usa sua mente depende da capacidade de desenvolver e usar ferramentas (instrumentos) ou tecnologias que lhe possibilitem o seu desenvolvimento. A linguagem é um exemplo de tecnologia que permite a comunicação e a codificação da realidade, possibilitando a criação de regras e suas modificações para que possamos interpretá-las de vários contextos.

O crescimento mental, como afirma Bruner [11], é desencadeado quando algumas capacidades começam a se desenvolver tendo que ser amadurecidas e reforçadas antes que outras apareçam. Essas capacidades estão ligadas com a idade e depende do ambiente que pode ajudar a desenvolvê-las ou fazê-las parar. De acordo com Bruner [11],

...o crescimento mental não é um acréscimo gradual de associações, nem ligações estímulo à resposta, nem prontidões meios-fins, ou do que quer que seja. Parece muito mais assemelhar-se a uma escadaria de degraus bastante altos, uma questão de avanços e pausas. Os avanços do crescimento parecem ser desencadeados quando certas capacidades começam a desenvolver-se.

Como afirma Moreira [12] a forma de ensinar destaca-se pelo processo da descoberta, por meio da exploração de alternativas e do conteúdo que pode ser organizado na forma de espiral. O ambiente e conteúdo devem ser percebidos pelo aprendiz em termos de relações, problemas e lacunas. O desenvolvimento intelectual é caracterizado por uma crescente capacidade em conseguir lidar com as alternativas, atendendo simultaneamente a várias sequências ao mesmo tempo, distribuindo tempo e atenção de maneira apropriada a todas as demandas de múltiplas escolhas.

Segundo Kishimoto [13], para Bruner o lúdico é uma forma de ensinar pessoas de diferentes idades em situações estruturadas de acordo com o nível cognitivo de cada indivíduo, pois o brincar é uma forma prazerosa de exploração em busca de respostas sem a

preocupação de encontrar de imediato uma resposta correta. É possível criar estratégias, procurar alternativas para alcançar o objetivo estabelecido.

De acordo com Bruner [14], uma proposta de educação deve considerar os preceitos construtivistas, os quais possibilitam o aluno a interagir com o meio e se desenvolver cognitivamente, internalizando os conhecimentos que serão externalizados em novas situações desafiadoras, criadas pelo educador. Ao criar novas situações, respeitando as diversas culturas, deve-se considerar as aptidões dos educandos, de forma a oferecer instrumentos para que eles possam construir significados de diversas maneiras para serem aplicados em situações diferentes.

Outro preceito a ser considerado é o institucional, em que temos a escola com todas as características de forma de organização social. A escola deve se responsabilizar pelo seu papel na preparação dos seus alunos para que estes tenham uma postura mais ativa em outras instituições da cultura. Em relação ao preceito da auto-estima, considerando que o primeiro contato social do aluno fora do ambiente familiar é a escola, essa experiência é de fundamental importância para que a criança comece a elaborar a autoconsciência, a consciência do outro e comece a sofrer julgamento. A partir do julgamento, o estudante começa a fazer uma auto-avaliação e construir sua auto-estima. Portanto, é importante que a escola reconheça seu papel nesse processo, pois é por meio deles que o aluno vai acreditando no que pode realizar.

Olson [15] afirma que é importante que se construa uma proposta pedagógica considerando os aspectos internalistas do desenvolvimento humano, pois atingir habilidades e adquirir conhecimentos não basta. É necessário fornecer subsídios que favoreçam o desenvolvimento de sua mente.

A forma de organizar as experiências e conhecimentos de uma forma mais natural é por meio da narrativa, seja ela oral ou escrita. De acordo com Prado e Soligo [16] a narrativa é uma sequência de acontecimentos que têm a possibilidade de serem revelados, pela sua valorização e pela forma como são relatados. Porém de acordo com Bruner [14], o narrador que escolhe as partes que devem ser narradas, estruturando de forma a considerar o tempo necessário para que consiga desenvolver as particularidades do assunto a ser abordado de acordo com seu público.

De acordo com Contier e Neto [17], para Bruner existem dois tipos de pensamentos: o narrativo que já foi descrito acima e o paradigmático sendo ambos pensamentos complementares. O paradigmático é associado ao discurso teórico no qual são utilizados argumentos para se estabelecer um sistema formal e matemático de descrição e explicação.

Trazendo essa forma de pensamento para a educação e olhando o papel do professor, ele procura criar categorias e conceitos relacionando-os até formar um sistema de hipóteses fundamentadas que podem ser provadas. Enquanto isso, a narrativa procura uma forma de abordar o comportamento humano em diversas situações, criando relatos das histórias criadas, relatando as ações humanas de acordo com suas experiências em espaço e tempo

definidos.

De acordo com Bruner, o domínio das aptidões simples permite que o domínio das aptidões mais complexas seja atingido. Cita o exemplo da geometria euclidiana (Ref. [11], p. 49):

Pode-se conseguir a prontidão para a geometria euclidiana ensinando a geometria intuitiva ou dando às crianças a oportunidade de realizarem construções crescentemente elaboradas com polígonos.

De acordo com Lefrançois [18], Bruner propõe que o currículo deva ser na forma de espiral, isto é, qualquer conteúdo pode ser abordado desde que respeite a faixa etária do seu público, usando linguagem e metodologias adequadas. O conteúdo abordado quando o aluno tem cinco anos pode ser abordado novamente quando o aluno estiver no ensino médio, porém a forma de desenvolvê-lo será diferente.

Pode-se afirmar, portanto, que Bruner traz em sua teoria um desenvolvimento de ensino e aprendizagem considerando não apenas seus processos internos, mas considerando também aspectos relacionados com a sua cultura e de outras, juntamente com a comunicação, utilizando diversas linguagens e símbolos.

3.3 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel

De acordo com Pelizzari [19], a teoria da aprendizagem de Ausubel propõe que os conhecimentos adquiridos em outros momentos pelos alunos sejam reconhecidos e valorizados para que possam ser construídas estruturas mentais, utilizando como meio mapas conceituais, os quais permitem descobrir outros conhecimentos.

Segundo este autor, a aprendizagem é significativa no momento em que o novo conhecimento é incorporado às estruturas dos conhecimentos prévios, estabelecendo-se assim uma relação entre o antigo e o novo. Para que a aprendizagem significativa ocorra é preciso entender e reconhecer os processos mentais. É necessário que o aluno tenha interesse, ou seja, esteja disposto a aprender e não apenas a memorizar o conteúdo de forma arbitrária e também que o conteúdo a ser aprendido tenha significado lógico, relacionado com a natureza do conteúdo, e significado psicológico, relacionado com a experiência de cada indivíduo.

Assim, como afirma Pelizzari, de acordo com as proposições de Ausubel, os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna, baseada nas relações conceituais entre os conhecimentos prévios e o novo conhecimento, a ser adquirido.

A aprendizagem significativa começa no processo de organização e estruturação do conteúdo em torno de forma que seja abordado em dimensões de aprendizagem por descobertas. Está relacionada com a forma sobre a qual os alunos recebem o conteúdo que

devem aprender, sendo que quando são recebidos da forma de aprendizagem por descoberta, os estudantes devem defini-lo e depois assimilá-lo.

Segundo Moreira [20], os conhecimentos adquiridos anteriormente são chamados por Ausubel de subsunçor, que permite dar um novo significado ao novo conhecimento que é descoberto. O subsunçor pode ter uma maior ou menor estabilidade cognitiva. Tal classificação depende de como seu desenvolvimento foi estabelecido anteriormente em termos de significados. Assim, os subsunçores têm uma representação de âncora para que um novo conhecimento possa ser adquirido.

Em relação a perspectiva cognitiva clássica da aprendizagem significativa, Moreira afirma [21]:

O núcleo firme dessa perspectiva é a interação cognitiva não-arbitrária e não-literal entre o novo conhecimento, potencialmente significativo, e algum conhecimento prévio, especificamente relevante, o chamado subsunçor, existente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Na visão de Ausubel, de acordo com Moreira [20], o conhecimento prévio é fator mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos, ou seja, se fosse possível isolar um único subsunçor, este conhecimento prévio (conhecimento teórico já estabelecido) seria o subsunçor mais importante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que está aprendendo, permitindo realizar as relações entre o novo e antigo para construir um novo conhecimento.

Os subsunçores, são provenientes de conceitos adquiridos pela criança durante sua infância que permitem a aprendizagem significativa. De acordo com Moreira [12], os subsunçores também podem ser obtidos por meio da aprendizagem mecânica, na qual as novas informações não interagem com nenhum conceito anterior, sendo armazenada de forma arbitrária. No entanto, essas informações armazenadas de forma arbitrária ou os conceitos estabelecidos na infância podem servir de subsunçores para aprendizagem por descoberta, na qual o aluno tem o papel fundamental de mobilizar seus conhecimentos para descobrir novos.

Para resolver o problema da ausência de subsunçores, deve-se usar os organizadores prévios. Moreira [22] explica que os organizadores prévios são recursos de instrução abstrato e geral em relação ao material de aprendizagem. Na Ref. [23], Moreira afirma que os recursos podem ser um enunciado, um filme, uma simulação ou qualquer outro recurso podendo ou não ser familiar ao estudante.

Como afirma Moreira [22], na teoria da aprendizagem significativa, o aluno aprende a partir do que já sabe, da sua estrutura cognitiva prévia. O aluno vai diferenciando progressivamente e ao mesmo tempo reconciliando os conceitos antigos e novos, hierarquizando sua estrutura cognitiva. Isso nos leva a repensar a forma de organizar o conteúdo do currículo escolar. Este poderia ser mapeado, tendo como início com conceitos mais

gerais e ir criando ramificações com conceitos mais complexos, que vão ser adquiridos de acordo com o desenvolvimento cognitivo de cada indivíduo.

Capítulo 4

Descrição do site

4.1 Estrutura geral

Este capítulo tem como objetivo apresentar a estrutura do *website*, os recursos utilizados para sua construção, a lógica de navegação, o conteúdo nele presente e os recursos didáticos auxiliares.

O *site* está hospedado no endereço

`http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/`

que é vinculado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do ABC.

Por ser bastante popular, gratuito e de fácil manipulação, adotamos o Wordpress como sendo o nosso aplicativo de sistema de gerenciamento de conteúdo para web. Tomamos o cuidado em escolher um tema de fácil navegação, visualmente limpo e o mais importante, que fosse responsivo, de forma que pudesse ser visualizado tanto por computadores, tablets e celulares.

O URL acima leva à página principal, chamada de “home”. Nesta página é feita a apresentação do *website*, informando que se trata de um produto educacional do programa de Mestrado Nacional em Ensino de Física (MNPEF), Polo Universidade Federal do ABC (UFABC) com três logomarcas: do MNPEF, da UFABC e da Sociedade Brasileira de Física (SBF).

Na sequência, após a identificação dos autores, é feita uma breve apresentação da estrutura do site. Finalmente, na base da página há uma caixa onde o navegador pode deixar um comentário, mediante sua identificação através do nome e de um e-mail.

Já os conteúdos de Física estão divididos em páginas principais, que estão organizadas em um menu estruturado em caixas. Os nomes dessas páginas principais remetem à temática física. São elas:

- Conservação de Energia
- Conservação de Momento Linear

- Conservação de Momento Angular
- Leis de Conservação Além da Física Clássica
- Problemas e Questões

Sob cada página principal, existem as subpáginas, que se tornam visíveis quando o cursor é colocado sobre a caixa dessa página principal. Na página “Conservação de Energia”, por exemplo, existem as subpáginas

- Trabalho e Energia Cinética
- Trabalho e Forças Conservativas
- Energia Potencial
- Conservação de Energia Mecânica
- Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica

A figura 4.1 mostra a estrutura completa do menu, onde aparecem os nomes das páginas principais e das subpáginas.



Figura 4.1: Estrutura do menu do *website*.

Durante a navegação por uma página ou subpágina (rolamento para baixo), o menu desaparece momentaneamente. Porém, quando o visitante tentar rolar a página para

cima, o menu reaparece imediatamente e o visitante não tem necessidade de voltar ao topo da página ou subpágina para acessar o menu novamente.

As subpáginas podem ser acessadas de forma independente de acordo com o interesse do visitante. No entanto, isto poderá resultar na quebra da sequência. Discutiremos esta questão mais adiante.

4.2 Estratégias e recursos utilizados

Sabendo-se que um *website* é um ambiente multimídia por excelência, tentamos ao máximo utilizar os recursos permitidos por ele, como a utilização de vídeos, simuladores, figuras animadas, *links* para materiais complementares, entre outros recursos. Detalharemos mais abaixo os principais recursos utilizados.

Quanto à estratégia didática, ao se iniciar um tema/assunto, na medida do possível recorremos a exemplos do cotidiano para introduzir um determinado conceito físico ou usá-lo como justificativa para o seu estudo. Por exemplo, relacionamos o momento linear com o chute de uma bola. O momento angular é apresentado após questionarmos o porquê do aumento da velocidade de rotação da bailarina quando ela encolhe os seus membros. A partir dessas situações, o conteúdo físico é desenvolvido.

A linguagem usada para apresentar o conteúdo tenta ser a mais simples possível, de forma que durante o processo de escrita os conceitos físicos não sejam distorcidos e não percam seus verdadeiros significados.

Sabemos que a Física usa a linguagem matemática para demonstrar em linguagem simbólica seus fenômenos e que uma das principais ferramentas é o cálculo diferencial e integral. Para as explicações de muitas situações, foram realizados o desenvolvimento matemático com o uso dessa ferramenta. Por ser um texto destinado ao público do Ensino Médio, esse desenvolvimento fica “escondido” em um link “acesse aqui para ver a demonstração”. O uso deste recurso faz com que o visitante não se distraia ou se desanime com a explicação matemática do fenômeno físico. Por outro lado, esse conteúdo pode ser um diferencial positivo em relação ao material do Ensino Médio, aos visitantes interessados em se aprofundar no desenvolvimento matemático da teoria. Trata-se de uma estratégia para mostrar que fórmulas “prontas” na verdade não “caem do céu”; um gênio não acorda num belo dia, tem um lampejo e escreve $E = mc^2$.

Enfatiza-se que apesar do rigor matemático, muitas manipulações mais complexas se encontram escondidas. Houve a preocupação de se explicar os fenômenos com linguagem acessível e auxílio de imagens e gráficos para que o visitante compreendesse o fenômeno físico.

Nas páginas disponibilizamos *links* de simulação computacional para complementar os seus estudos. Os seguintes simuladores, com os seus respectivos URL, foram usados¹:

¹Todos em funcionamento na data do último acesso, em 31/01/2019.

- PhET – Interactive Simulations. Conforme consta no seu site, “Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências”. A versão em português pode ser acessado no endereço

https://phet.colorado.edu/pt_BR/

- LabVirt – Laboratório Didático Virtual. É uma iniciativa da Escola do Futuro da Universidade de São Paulo e trata-se de um projeto de cooperação entre a Universidade de São Paulo, com a coordenação da Escola Futuro e a Faculdade de Educação, a Escola Politécnica e a Escola de Comunicação e Artes. O LabVirt pode ser acessado no endereço

<http://www.labvirt.fe.usp.br/>

- sim-bucket. O site contém simulações gratuitas referentes às áreas de Biologia e Física para o nível de Ensino Fundamental e Médio. Foi construído por uma equipe de professores que pode ser contactada pelo endereço: developers@nerdislandstuios.com. O endereço é

<https://www.simbucket.com/welcome-to-simbucket/>

O site recebe doações dos visitantes para se manter no ar.

- Vascak. Apresenta simulações e animações de diversas áreas da Física, como Mecânica, Termodinâmica, Física Nuclear, entre outras áreas. O endereço é

<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>

Em relação aos vídeos, esses estão expostos na página de conteúdo. Alguns vídeos disponibilizados estão hospedados no site do Youtube. Por ser de acesso livre e fácil, além de possui um vasto conteúdo de material disponibilizado por Universidades e instituições de ensino, que geralmente são fontes confiáveis.

Para não violar direitos autorais, os vídeos estão disponibilizados em forma de link diretamente na fonte. Uma exceção é um vídeo ordinário de uma partida de bilhar. Ele sofreu uma edição de forma que somente a colisão frontal entre as bolas é mostrada.

Acreditamos que o ideal seria que todos os vídeos fossem gravados exclusivamente para o *website*. No entanto, devido a limitação de tempo e recurso, a gravação dos vídeos por si só já constituiriam um produto educacional e portanto está além do escopo deste trabalho. Entretanto, como experiência, a autora da presente dissertação gravou e disponibilizou no site dois vídeos: um que mostra a colisão entre uma bola de basquete e uma de tênis e um outro com o lançamento da vassoura, executando um movimento composto de translação e rotação.

Em relação às figuras e *gifs* (figuras animadas), alguns foram retirados da internet e outros foram feitos pelos autores do produto. O objetivo desse recurso é associar as

discussões teóricas com alguma imagem concreta do fenômeno. Evidentemente, as animações, em particular, são muito eficientes para a explicação de fenômenos dinâmicos, que ocorrem em função do tempo e do espaço.

4.3 Páginas de Conteúdo

Vamos detalhar nesta seção o conteúdo de Física abordado em cada uma das subpáginas que compõem as páginas principais, a saber, Conservação de Energia, Conservação de Momento Linear, Conservação de Momento Angular, Leis de Conservação Além da Física Clássica e Problemas e Questões.

Os temas são bastante comuns e abordados em praticamente todos os livros do Ensino Médio. Como discutimos o momento angular e fazemos uso do cálculo diferencial e integral, utilizamos como referências básicas livros populares de Física universitários dos autores Serway e Jewett Jr. [24–27] e Hallyday, Resnick e Walker [28–31]. Já para discussões de Física de Partículas e Mecânica Quântica, utilizamos respectivamente as Refs. [32] e [33].

4.3.1 Conservação de Energia

O conteúdo desta página que aparece no menu está dividido em subpáginas que levarão ao entendimento da conservação de energia. As subpáginas estão organizadas na seguinte ordem e com os seguintes títulos:

- Trabalho e Energia Cinética
- Trabalho e Forças Conservativas
- Energia Potencial
- Conservação de Energia Mecânica
- Calor e Primeira Lei da Termodinâmica.

Em “Trabalho e Energia Cinética” é apresentada a definição de energia, energia cinética, trabalho realizado por forças constantes e variáveis, bem como o teorema do trabalho–energia cinética.

Na subpágina “Trabalho e Forças Conservativas”, é explicado, por meio de textos e cálculos, quais são as condições para que uma força seja classificada como conservativa. São apresentados também algumas forças conservativas, tais como as forças gravitacional e elétrica, e forças não conservativas, como as forças de atrito e magnética.

Para a explicação de trabalho, é utilizado como recurso matemático o cálculo diferencial integral. Para que o visitante possa acompanhar o desenvolvimento matemático, ele é direcionado para um endereço (último acesso em 31/01/2019)

<http://ecalculo.if.usp.br/>

que é uma página de curso online de cálculo mantida pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

A subpágina “Energia Potencial” irá iniciar seu desenvolvimento subentendendo que o visitante saiba o teorema do teorema-energia cinética (visto na subpágina anterior), fazendo as seguintes perguntas: (i) para onde vai a energia quando o trabalho é negativo (corpo perde energia)? (ii) De onde vem a energia quando o trabalho é positivo (corpo ganha energia)? Essas perguntas são acompanhadas de um pêndulo em movimento. O desenvolvimento irá fazer com que o visitante conclua que a variação da energia potencial é o trabalho negativo.

Ainda nesta subpágina, calculamos a energia potencial gravitacional a partir da lei da gravitação universal de Newton, onde a força da gravidade é dada por $\vec{F} = \frac{GMm}{d^2}$ e a comparamos com a energia potencial próxima à superfície da Terra, dada por $U = mgh$. Além disto, mostramos a similaridade entre a força da gravidade e a lei de Coulomb da força eletrostática entre duas cargas pontuais. Mostramos que devido a similaridade das duas forças, fica fácil entendermos a energia potencial elétrica e a similaridade com a energia potencial gravitacional:

$$U_{\text{grav}} = -G \frac{m_1 m_2}{r} \quad \text{e} \quad U_{\text{el}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

Ambas as forças são inversamente proporcionais ao quadrado da distância e a energia potencial inversamente proporcional à distância.

Por conta da sequência didática padrão de livros didáticos, essa conexão entre as energias Mecânica e Eletrostática é muito pouco explorada nos materiais do ensino médio.

Em “Conservação da Energia Mecânica” discutimos que energia total, que é a soma das energias cinética e potencial, é conservada em sistemas conservativos. É um assunto bastante estudado no ensino médio em Mecânica, inclusive com resolução de vários problemas.

Continuando, abordamos os sistemas não-conservativos e falamos de trabalho de uma força não-conservativa, discutindo o que ocorre com a energia perdida, utilizando como exemplo a energia dissipada pelo atrito, algo já bastante familiar ao aluno do ensino médio. Este exemplo serve de gancho para estender o conceito de energia, introduzindo o calor, a ser abordado na próxima subpágina, intitulada “Calor e Primeira Lei da Termodinâmica”.

Essa subpágina é iniciada introduzindo a ideia de calor por meio de situações presentes no dia-a-dia do visitante, como por exemplo um alimento que esfria ou esquentando ao ser deixado sobre uma mesa a temperatura ambiente. O propósito dessa introdução é para que o navegador tenha um claro entendimento que calor é um tipo de manifestação de energia, mas que está associado também à temperatura.

Ao contrário das sequências didáticas do ensino médio, estendemos o conceito de con-

servação de energia através da primeira lei da Termodinâmica. Esta abordagem permite, além de definir o que é calor e energia interna de um sistema, estabelecer uma relação direta entre o trabalho de uma força, que é visto em Mecânica, com o trabalho de expansão e compressão de um fluido.

4.3.2 Conservação de Momento Linear

A página “Conservação de Momento Linear” está organizada de forma que leva ao entendimento da importância do momento linear, bem como a sua conservação. O conteúdo está dividido nas seguintes subpáginas, com os seguintes títulos e sequência:

- Momento Linear
- O Momento Linear e sua Conservação
- Colisões
- Centro de Massa
- Conservação de Momento Linear em Sistema de Massa Variável.

Nesta primeira subpágina, chamada de “Momento Linear”, o conteúdo é iniciado com uma pergunta: o que é momento linear? Esta pergunta é respondida logo em seguida com a definição de momento linear estabelecendo a equação $\vec{p} = m\vec{v}$. Em seguida é feita uma outra pergunta: por que estudar o momento linear? Esta pergunta não foi respondida imediatamente; foram apresentadas algumas situações do cotidiano, a saber, um jogador chutando uma bola de futebol e um tenista rebatendo uma bola de tênis com a raquete.

Após a apresentação dessas situações é feita uma explicação sobre os fenômenos que se espera fazer com que o visitante entenda porque é importante estudar e entender o momento linear.

Ainda nesta subpágina, é introduzido o conceito de impulso a partir da segunda lei de Newton $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$. Embora utilizamos a integral da força em relação ao tempo para o cálculo do impulso, deixamos claro que essa grandeza corresponde à área da curva da força em função do tempo.

O exemplo da bola de tênis sendo rebatida pela raquete é retomado para explicar a variação de momento linear. A terceira lei de Newton, o princípio da ação e reação, também é abordada nesta seção para explicar como ocorre a conservação de momento linear. Para essa explicação é usado o exemplo de dois patinadores que inicialmente estão em repouso um de frente para o outro, quando de repente um dos patinadores aplica uma força no outro e ambos começam a se movimentar.

Em “Momento Linear e sua Conservação”, inicialmente é abordado o conceito de forças internas e externas retomando o exemplo dos patinadores, explicando por fim quais são

as condições para que o momento linear se conserve em um sistema. É feito um desenvolvimento matemático mostrando que quando a resultante das forças externas que atuam sobre o sistema é zero, o momento linear é conservado:

$$\vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt} = 0.$$

Exemplos como pêndulo de Newton e o movimento no espaço sideral são apresentados para exemplificar a conservação de momento. Existe ainda uma simulação do pêndulo de Newton para que o visitante possa verificar a conservação do momento linear variando a quantidade de esferas no pêndulo que darão início ao movimento.

A subpágina “Colisões”, que apresenta colisões unidimensionais e bidimensionais, é uma aplicação direta da conservação do momento linear. Esse conteúdo é desenvolvido utilizando-se a linguagem matemática familiar a um visitante do Ensino Médio.

Ainda nesta subpágina, é apresentado o coeficiente de restituição para a classificação das colisões em elásticas, inelásticas e perfeitamente inelásticas.

Para colisões elásticas unidimensionais, foram manipuladas algumas fórmulas para situações específicas. No Exemplo 1 um vídeo mostra uma bolha de bilhar entrando em repouso após colidir frontalmente com uma outra, inicialmente em repouso, conforme esperado teoricamente.

O Exemplo 2 também é uma comprovação de uma situação descrita teoricamente. Trata-se de uma bola de tênis que ganha uma velocidade muito grande ao colidir com uma bola de basquete, de massa muito maior. O conteúdo da subpágina prossegue discutindo outros tipos de colisão.

Em “Centro de Massa”, o desenvolvimento do conteúdo tem início com a explicação de movimento de corpos extensos, que é elaborada a partir de um vídeo mostrando o lançamento de uma vassoura. Para a explicação do movimento da vassoura, é introduzido o conceito de centro de massa. Após um entendimento conceitual do centro de massa, passou-se a discutir o aspecto matemático. Inicialmente, falou-se no centro de massa de dois corpos e em seguida o conceito foi estendido a sistemas de N partículas.

No Exemplo 1, foi realizado o cálculo do centro de massa de um sistema formado por quatro partículas posicionadas, formando um quadrado. Aproveitamos o exemplo para relacionar o centro de massa com um ponto ou eixo de simetria.

Aprofundamos a discussão do centro de massa ao abordarmos em seguida os corpos maciços. Nesta parte, foi utilizada uma matemática mais avançada, através do uso de integrais. Não obstante, discutimos que o uso de simetria e a decomposição de objetos em objetos com simetria poderia evitar cálculos desnecessários. É aí que retomamos o exemplo da vassoura.

O último conteúdo abordado nesta subpágina é a relação entre a conservação de momento linear e o centro de massa de um sistema de partículas – primeiramente duas

partículas e posteriormente generalizando para mais N partículas. A partir da segunda lei de Newton, estabelecemos a relação entre momento e centro massa:

$$\vec{P} = M \frac{d\vec{R}}{dt} = M \frac{d}{dt} \left(\frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{M} \right) = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

No fim desta seção existe uma simulação que permite o visitante tentar achar o centro de massa de alguns corpos.

A última subpágina desta página, denominada “Conservação de Momento Linear de Sistemas de Massa Variável”, faz uma abordagem sobre como o momento linear pode ser conservado se a massa do sistema varia. Não se trata de um assunto abordado no Ensino Médio. Não obstante, ele pode despertar uma grande curiosidade, especialmente a um público jovem, visto que é a base teórica da aceleração de um foguete no espaço sideral. Por conta disto, toda a discussão é baseada exclusivamente no movimento do foguete, embora haja outras situações físicas com conservação de momento e massa variável.

4.3.3 Conservação de Momento Angular

Com o objetivo de explicar o que é momento angular e sua importância para explicar determinados fenômenos e a sua conservação, o conteúdo desta página está organizado nas seguintes subpáginas:

- Movimento de Rotação
- Cinemática e Dinâmica de Rotações
- Momento de Inércia de objetos extensos
- Momento Angular e sua Conservação
- Energia no Movimento de Rotação
- Energia de um Corpo Rolando

Na primeira subpágina, “Movimento de Rotação”, são apresentados três exemplos de corpos que giram em torno de um eixo: 1) a bailarina girando com braços abertos e depois fechando; 2) um homem sentado em uma cadeira giratória segurando uma roda de bicicleta girando e 3) o movimento dos planetas. Neste último exemplo, lembramos o leitor das três leis de Kepler para descrever o movimento planetário em torno do Sol. Esta subpágina tem o objetivo de instigar a curiosidade dos navegadores, ao questionar qual a razão da variação da velocidade de rotação desses corpos. Não introduzimos aqui a grandeza momento angular.

Em “Cinemática e Dinâmica de Rotações” é abordado o movimento circular, em particular, a cinemática do movimento circular, estabelecendo uma relação entre as grandezas

cinemáticas de translação e rotação. Na parte de dinâmica é introduzido o conceito de torque por meio de exemplos do cotidiano, que estabelece uma relação entre a força e a rotação, como uma chave que aperta o parafuso de uma roda de carro e a abertura de uma torneira ou de uma porta. A explicação é feita tanto de forma conceitual como de matemática.

Após o conceito de torque, é introduzida a grandeza momento de inércia, a qual deixamos seu aprofundamento para a subpágina seguinte.

Em “Momento de Inércia de Objetos Extensos” discute-se em maiores detalhes o conceito de momento de inércia. A sua expressão, válida para um corpo simples girando em torno de um eixo fixo é estendida para um corpo extenso. Neste caso, como o cálculo do momento de inércia envolve uma matemática mais avançada, os detalhes técnicos não estão expostos na página; um link permite abrir a demonstração matemática para quem se interessar.

Há também links que direcionam o visitante para uma página que contém um formulário com as expressões do momento de inércia de vários objetos.

Por completeza, é apresentado o teorema dos eixos paralelos. Como há uso de integrais na demonstração do teorema, deixamos o seu desenvolvimento oculto na página, sendo acessado somente através de um link.

Finalmente, disponibilizamos também um link a um vídeo da Khan Academy para complementar a explicação do momento de inércia.

Em “Momento Angular e sua Conservação”, é apresentado o conceito de momento angular e as condições para que ocorra a sua conservação. Retomamos novamente a relação entre as variáveis de translação e as de rotação para explicar o momento angular, que tem como correspondente translacional o momento linear.

Ainda usando esta correspondência, discutimos a segunda lei de Newton para as variáveis de rotação, onde se estabelece as equivalências entre as equações

$$\vec{F}_{\text{res}} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad \text{e} \quad \tau_{\text{res}} = \frac{d\vec{L}}{dt}.$$

Após enunciar a condição para o qual o momento angular é conservado, retornamos aos três exemplos da subpágina “Movimento de Rotação”.

Com os conhecimentos desenvolvidos nesta e nas subpáginas anteriores, conseguimos finalmente explicar qual a razão das velocidades de rotação da bailarina aumentar, da cadeira começar a girar e o porquê das velocidades dos planetas ao redor do Sol não serem constantes – conforme diz a lei das áreas de Kepler.

Como aplicações do princípio de conservação do momento angular, mencionamos o giroscópio, que é o dispositivo responsável para a mudança de direção de um foguete no espaço sideral.

O mesmo princípio físico é também explorado pelo telescópio Hubble. Nós incluimos

nesta página a reportagem recente reproduzida pelo Portal G1, em que relata o problema enfrentado pelo Hubble devido à falha dos giroscópios, conforme mencionamos na Seq. 2.2, onde justificamos a nossa escolha em incluir o momento angular nas leis de conservação.

Em “Energia no Movimento de Rotação”, o conceito de trabalho, bem como o teorema trabalho e energia cinética, é aplicado no movimento de rotação. Para isso é estabelecida a correspondência entre as energias cinéticas no movimento de translação, $K = \frac{1}{2}mv^2$, e no movimento de rotação, $K = \frac{1}{2}I\omega^2$.

Na última subpágina, “Energia de um Corpo Rolando”, discute-se a energia cinética de um movimento combinando: rotação mais a translação. Isto é feito por completeza, visto que falamos de ambas as energias cinéticas, mas em situações distintas.

Este assunto remete à página “Conservação de Energia”, generalizando a conservação da energia total quando um objeto executa o movimento de rolamento.

Ao incorporar o movimento de rolamento, conseguimos aplicar a conservação de energia mecânica para algumas situações evitadas até então. Como exemplo ilustrativo e instigante, tratamos da “competição” entre um cilindro maciço e um anel. O desafio consiste em deixar rolar esses dois objetos, ambos com a mesma massa e raio, sobre uma rampa inclinada. Qual deles chega primeiro na base da rampa?

Após fazermos as considerações teóricas, de que o fator determinante é o momento de inércia, mostramos um vídeo do Youtube onde esse experimento é realizado, comprovando as predições teóricas.

4.3.4 Leis de Conservação Além da Física Clássica

Esta página mostra que as leis de conservação válidas na Física Clássica podem ser estendidas para a Física Moderna. O conteúdo está organizado nas subpáginas da seguinte forma:

- Relatividade e a Conservação de Energia e Momento
- Momento Angular e a Física Moderna e Contemporânea

A subpágina “Relatividade e a Conservação de Energia e Momento” inicia questionando a conservação da massa, que antes da Relatividade Restrita, era tratada como grandeza conservada. Na visão do aluno de Ensino Médio, que aprende a lei de Lavoisier em Química, trata-se de um paradigma da lei de conservação – não há questionamento sobre isso.

No entanto, a conservação da energia é questionada analisando-se as massas de um núcleo de hidrogênio e do deutério, segundo modelo bem estabelecido, a saber, o núcleo atômico é constituído por prótons e nêutrons.

Para instigar mais ainda sobre a questão da massa, avançamos a discussão para os constituintes de um próton, deixando claro na escala subatômica a massa não é uma grandeza conservada. Mais ainda, de alguma forma, a energia está contribuindo, por

exemplo, com quase 90% da massa de próton, se acreditarmos nos avanços da Física de Partículas Elementares.

O objetivo desta subpágina não é o de tentar explicar a teoria da relatividade. Para um estudo dessa teoria, sugerimos o *website*

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/relatividade-restrita/>

criado pelo professor Ricardo Pereira, também como produto educacional do programa MNPEF - Polo UFABC.

O nosso objetivo é partir da definição do momento linear na teoria da relatividade, a saber,

$$\vec{p} = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} m \vec{v}$$

e utilizá-la no teorema trabalho – energia cinética, discutido na página “Conservação de Energia”. A partir desta expressão, obtemos $E = mc^2$, a famosa equação de Einstein expressando a equivalência entre a massa e a energia.

Ao se estabelecer a relação entre a energia e momento linear na relatividade, discutimos também que fóton, embora possua massa zero, possui momento linear:

$$p = \frac{E}{c}.$$

Trata-se de uma importante observação, já que o currículo do Ensino Médio contempla o estudo de átomos e transições atômicas – emissão e absorção de fótons com energia $E = hf$ de um átomo de hidrogênio, por exemplo.

Para explorar a não conservação da massa, encerramos esse assunto com um exemplo da física contemporânea: o decaimento do nêutron. Para um estudo mais detalhado do decaimento do nêutron e sobre a Física de Partículas Elementares, é sugerido ao visitante o *website*

<https://felipe9aes.wixsite.com/particulas/dinamica>

criado pelo Prof. Felipe Ponciano de Novaes, também como produto educacional do programa MNPEF – Polo UFABC. Trata-se de um material escrito em uma linguagem acessível aos alunos do Ensino Médio.

Como último assunto desta subpágina, são abordados as colisões relativísticas e os processos de decaimento. O assunto é encerrado tratando, como exemplo, o decaimento da partícula subatômica conhecida como pión (π), ou méson pi, produzida de forma natural na atmosfera a partir da interação dos raios cósmicos com a atmosfera da Terra.

O espírito na apresentação dos conteúdos nesta subpágina é bastante claro: mostrar a importância da conservação do momento linear nas várias áreas da Física. A lei básica observada num jogo de bilhar, por exemplo, tem validade em uma escala subatômica, de partículas que não obedecem às equações de Newton da Mecânica Clássica.

“Momento Angular e a Física Moderna e Contemporânea” tem como objetivo explicar

o momento angular no contexto da Mecânica Quântica, ou seja, no domínio da física atômica e subatômica.

Inicialmente, discutimos as linhas espectrais dos átomos, em particular o átomo de hidrogênio, para mostrar que o espectro é quantizado. A explicação teórica inicial foi feita por Bohr, ao enunciar um conjunto de postulados que resultou no chamado “modelo de Bohr” do átomo de hidrogênio. Um dos enunciados postula a quantização do momento angular do elétron descrevendo a órbita atômica: $L = n\hbar$, onde \hbar é igual à constante de Planck dividida por 2π .

Ao descrever o átomo de hidrogênio, damos ênfase aos ditos números quânticos, os quais estão associados às quantizações de grandezas físicas. Acreditamos que esse contexto é o ideal para introduzir a grandeza “spin”, um tipo de momento angular, que reflete uma característica intrínseca do elétron.

Há uma simulação sobre o experimento de Stern-Gerlach, que permite verificar o comportamento dos elétrons quando submetidos a um campo magnético externo. Além de falar em spin, esse experimento é bastante interessante para se entender a própria essência da Mecânica Quântica.

No entanto, não nos estendemos muito nessa discussão porque se trata de um assunto que foge do escopo desta *website*.

Por fim, expandimos a discussão de spin, mostrando que todas as partículas subatômicas possuem algum valor de um múltiplo inteiro ou semi-inteiro de \hbar , o que faz com que classifiquemos as partículas em bósons e férmions.

Munidos dessa informação, ilustramos a conservação do momento angular em processos que envolvem partículas subatômicas. Neste contexto, revisitamos o decaimento do nêutron e analisamos o processo à luz da conservação do momento angular.

4.3.5 Problemas e Questões

Esta seção é composta por duas subpáginas, a saber,

- Problemas envolvem as leis de conservação
- Exercícios de vestibulares e Enem.

A primeira subpágina apresenta quatro atividades, compostas por um problema, os quais são abordados a conservação de energia, momento linear e momento angular. Todos os problemas possuem um roteiro que direciona o visitante às subpáginas que auxiliaram na resolução.

A primeira atividade aborda trabalho, variação de energia cinética e conservação de energia mecânica no movimento de um esquiador que desce uma montanha. A segunda atividade apresenta uma colisão inelástica frontal entre dois corpos. O conteúdo abordado envolve a conservação de momento linear, teorema do impulso, colisões, trabalho

e conservação de energia. O problema apresenta uma colisão inelástica frontal entre dois corpos.

A atividade três é referente a um ciclista que está andando em sua bicicleta e solta o guidão e que não cai imediatamente. O objetivo desta questão é abordar os conceitos de momento de inércia, momento angular, torque e energia cinética. Por fim, a quarta e última atividade tem como objetivo verificar a conservação de momento angular em um sistema formado por duas latinhas ligadas por um barbante.

A subpágina “Exercícios de vestibulares e Enem” possui 46 exercícios de vestibulares de universidades federais e estaduais e também do Enem à respeito dos temas abordados na *webpage*. Estão organizados em seções de acordo com o tipo de conservação em ordem cronológica e todos os exercícios possuem gabarito com resolução comentada.

4.4 O Guia do Professor

Apresentamos no Apêndice A o documento intitulado “Guia do Professor”, que como o próprio nome sugere, trata-se de um material para orientar o professor interessado em utilizar o *website* em suas aulas. Nesse documento, detalhamos o conteúdo abordado, o nível de dificuldades, os recursos presentes, entre outros aspectos.

Além disto, deixamos como sugestão uma proposta para o uso do *website*.

Capítulo 5

Aplicação do produto educacional e a sua avaliação

5.1 Aplicação do *website*

Pelas regras do programa MNPEF, é esperado que o produto educacional seja aplicado junto aos alunos, no intuito de se verificar a sua aceitação e o impacto no ensino-aprendizagem do aluno do Ensino Básico. No entanto, não existe a necessidade de se realizar uma investigação científica para a validação do produto educacional.

A avaliação do produto tem mais o sentido de “feedback” do público alvo ao qual ele se destina. No nosso caso, interpretamos uma parte da avaliação do nosso produto – o *website* –, como sendo uma pesquisa de satisfação, que tem como objetivo verificar o grau de aceitação do produto em relação a vários aspectos, desde a apresentação visual, navegabilidade, linguagem, entre outros, que detalharemos mais adiante.

5.1.1 Público alvo

O público alvo escolhido para a realização da pesquisa foram os alunos da segunda série do Ensino do Médio do Colégio Argumento, uma escola particular de médio porte, localizada na cidade de São Paulo. Ela tem como metodologia didática-pedagógica o uso de material apostilado, cujo conteúdo é elaborado por terceiros e o curso de Física é ofertado em várias “frentes”, ou áreas.

O público desta série é composta por 105 alunos, distribuídos em três turmas. Essa série foi escolhida para a aplicação do produto educacional por diversos fatores, a saber,

- (i) esta autora ministra Física para esses alunos;
- (ii) Todos têm familiaridade com o conteúdo abordado, com exceção de “Leis de Conservação além da Física Clássica”, pois estudaram Mecânica na primeira série, também com esta autora;

- (iii) De acordo com a proposta pedagógica da escola, uma aula por semana foi destinada para revisão sobre os assuntos de Mecânica, vista no ano anterior.

5.1.2 Detalhes da aplicação do *website*

A divulgação do *website* se deu no momento em que se abordou a conservação de energia em sala de aula. Enquanto o tema era discutido em sala de aula, os alunos foram solicitados que visitassem o *website* fora do ambiente escolar, para a realização de atividades complementares. Esse processo teve duração de três semanas.

É importante ressaltar que não foi preparada uma sequência didática para o desenvolvimento dos conteúdos a partir do site, pois a escola adota o material apostilado, de forma que a sequência de aula, assim como o conteúdo, são rigidamente estabelecidos.

À medida que os temas foram abordados em sala, esta autora orientava os alunos a visitarem as páginas específicas, ou seja, quando se estava estudando a conservação da energia na Mecânica em sala de aula, o aluno visitava a página correspondente.

Algumas rápidas explicações eram realizadas, porque o *website* aborda a conservação de energia de forma muito mais abrangente, envolvendo a primeira lei da Termodinâmica, energia eletrostática, massa como forma de energia, etc. Neste sentido, o intuito era propiciar ao aluno uma visão mais geral desse tema, complementando a abordagem mais estreita das apostilas.

Vamos a seguir detalhar um pouco melhor a sequência das aulas nessas três semanas e como os alunos utilizaram o *website*.

Os alunos que compõem o público alvo do produto têm normalmente uma aula de 50 minutos por semana destinada à revisão dos conteúdos de Mecânica. Porém, quando chegou o momento de abordar conservação de energia e momento linear, os alunos passaram a ter duas aulas por semana de Mecânica, durante três semanas para que o site pudesse ser utilizado.

Na primeira aula, foi feita uma breve revisão sobre conservação de energia e momento linear em uma aula de 50 minutos. O objetivo foi fazer com que os alunos tentassem lembrar do conteúdo abordado no ano anterior. No fim da aula, os alunos foram orientados a visitarem o site e realizarem a primeira atividade – atividade 1. Para realizar essa atividade, os visitantes foram orientados a seguir o roteiro presente na mesma, que favorecerá uma navegação direcionada no site.

Na aula seguinte, as questões presentes na atividade 1 sobre conservação de energia foram expostas e os alunos foram estimulados pela autora, durante aproximadamente 15 minutos, a expor suas ideias e repostas em relação às questões, ou seja, os alunos tiveram um papel ativo no desenvolvimento da aula. Após a exposição dos alunos, a autora fez a fundamentação teórica do conteúdo, partindo das respostas dos alunos e apresentou os resultados esperados para as questões.

Na terceira aula, foi proposta a atividade 2, referente à conservação de momento linear e energia. Os alunos novamente foram instigados a falar como resolveram as questões e qual o seu entendimento sobre o conteúdo das páginas visitadas. Baseada nos argumentos dos alunos, a autora deste produto conduziu a fundamentação teórica.

Na quarta aula foi introduzido o conceito de momento angular e os alunos foram orientados a fazer duas atividades abordando os conceitos de momento de inércia, energia cinética, torque, momento angular e conservação de momento angular. Na atividade 3, foi proposta a discussão da Física envolvida quando um ciclista anda em sua bicicleta.

Na aula seguinte, os alunos foram encorajados a expor suas ideias e conclusões sobre o tema estudado na atividade 3. Nesta aula, como o tema era pouco familiar aos alunos, houve uma pequena participação. A autora acabou tendo um papel principal em apresentar os fenômenos envolvidos no problema e realizar a fundamentação teórica.

No entanto na última atividade, a atividade 4, sobre a conservação de momento angular de corpos rotacionando, os alunos se sentiram mais a vontade para discutir o fenômeno.

No fim da sexta aula, os alunos foram orientados a visitar as outras páginas do site que ainda não haviam sido exploradas e fazer a gentileza de responder a pesquisa de satisfação que pode ser acessada pelo link

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeH1crU4yubBVgt0pzcV0YcRF_J87eQ0KCvWtNQckaNto3ZfA/viewform.

cujo “printscreen” se encontra no Apêndice B.

As seis aulas destinadas ao uso do site não permitiu que o explorássemos como um todo. No entanto, isso não é um problema, pois o objetivo de fazer com que os alunos navegassem e fizessem uma complementação das atividades de sala foi atingido.

Para realizar as quatro atividades propostas, os alunos visitaram as páginas Conservação de Energia, Conservação de Momento Linear e Conservação de Momento Angular, acessando as subpáginas de cada uma. Porém, conforme mostram mais adiante os resultados do questionário de avaliação do *website*, os alunos acessaram livremente as outras páginas, a saber, Leis de Conservação Além da Física Clássica e a subpágina de exercícios de vestibulares e Enem.

5.2 Questionário de avaliação do *website*

O questionário para a avaliação *website* foi criado no “Google Forms”, que é um serviço *online* gratuito para criar formulários. Ele pode ser acessado pelo endereço

<https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>.

Ele é bastante funcional, prático e responsivo: funciona em todos os dispositivos de acesso à internet, dispõem de recursos para personalizar os formulários, como cores, anexação de logotipos, fotos e vídeos para exemplificar melhor as questões, etc.

Ainda sobre esta ferramenta, existem várias opções para se montar o formulário, a saber, pesquisas de múltiplas escolhas, pesquisas discursivas, solicitação para avaliações em escala numérica ou qualitativa. Outra ferramenta muito interessante é a organização dos resultados da pesquisa em tabelas e gráficos, que são feitas automaticamente conforme os visitantes vão respondendo as perguntas.

O formulário para a pesquisa de opinião do *website* é composto por perguntas, algumas apresentando como opção de resposta o “sim” e “não”, outras com opções de “excelente”, “bom”, “regular” e “ruim”, além daquelas como respostas discursivas. As perguntas estão organizadas nas seguintes seções:

- Identificação do visitante. Ela é composta por perguntas sobre a série cursada pelo visitante, o curso superior pretendido, se gosta de estudar Física na escola e se possui interesse nela fora da escola.
- Avaliação dos recursos do *website*. Esta seção é composta por perguntas sobre a acessibilidade linguagem do texto, navegação do site, uso de simulações, imagens, vídeos e textos complementares.
- Avaliação do conteúdo. Perguntas desta seção têm como objetivo avaliar a satisfação em relação aos diversos aspectos de conteúdo do site, como o uso de exemplos do dia-a-dia antes da descrição teórica, das relações entre diversas grandezas físicas familiares ao aluno de Ensino Médio, etc. Um outro aspecto pesquisado foi quanto à aceitação ou curiosidade em relação ao uso de uma matemática mais avançada. A avaliação foi finaliza pergunta-se qual a opinião do visitante quanto às páginas de exercícios de vestibulares e Enem.
- Opinião. Nesta seção foram elaboradas perguntas para sondar a aprovação do *website*. Em especial, há duas perguntas de livre resposta: uma solicitando ao visitante destacar os aspectos positivos do site e a outra os aspectos negativos. Finalmente, uma pergunta para verificar se o *website* motivou o visitante a se interessar mais por Física.

O questionário na íntegra, apresentado no formato exibido para o avaliador, encontra-se no Apêndice B.

5.2.1 Análise das respostas do questionário de satisfação

Vamos nesta seção realizar a análise das respostas do questionário de satisfação. Dos 105 alunos convidados a avaliar o *website*, um total de 76 alunos preencheram o questionário na íntegra.

Identificação do visitante

A pergunta sobre a identificação da série foi irrelevante, pois esta autora decidiu aplicar o questionário somente aos alunos do segundo ano do Ensino Médio.

A próxima pergunta está relacionada com o curso superior que o visitante pretende cursar. O curso de Medicina, com um total de 9 interessados (cerca de 12%), foi o mais almejado pelos alunos. Vale destacar que dentre os 76 alunos, somente 1 tem interesse em cursar Física. Não vamos listar aqui todos os cursos pretendidos, pois a variedade é muito grande. Ao fazer uma análise por área, verifica-se que os cursos de Biológicas e Química correspondem 42%, os cursos de Humanas correspondem a 32,4% e apenas 25,4% pretendem cursar algum curso de engenharia ou Física.

Sobre a pergunta gostar de estudar Física na escola, 71,1% responderam que sim e 28,9% responderam que não, conforme mostra a Fig. 5.1. Trata-se de um resultado um tanto surpreendente em vista da resposta anterior, onde somente em torno de 25% pretende ingressar num curso de Exatas.



Figura 5.1: Visitantes que afirmam gostar ou não de Física na escola.

A última pergunta desta seção é sobre o interesse em Física fora da escola. Como resultado, a Fig. 5.2 mostra que 52,6% não tem interesse fora da escola e 47,4% possuem interesse em Física fora do âmbito escolar. Embora seja um número bem menor do que os 70% que dizem gostar de Física na escola, ainda assim é um número bem significativo.

Avaliação dos recursos do site

As perguntas desta seção têm como objetivo avaliar os recursos usados no *website*, como simuladores, figuras e vídeos, bem como a linguagem.

Sobre a primeira pergunta relacionada à linguagem dos textos, 93,4% julgaram a linguagem dos textos acessível e apenas 6,6% não gostaram da linguagem, conforme mostra a Fig. 5.3. A aprovação da linguagem foi quase total, nos permitindo afirmar que o objetivo em escrever um texto de fácil entendimento foi alcançado.

Possui interesse em Física fora do ambiente escolar?

76 respostas

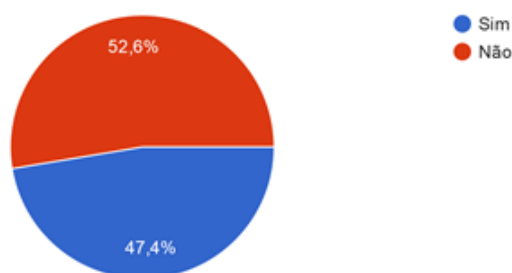


Figura 5.2: O gráfico mostra a porcentagem de interesse dos visitantes em Física fora do ambiente escolar.

Você achou a linguagem (texto em português) no site acessível?

76 respostas

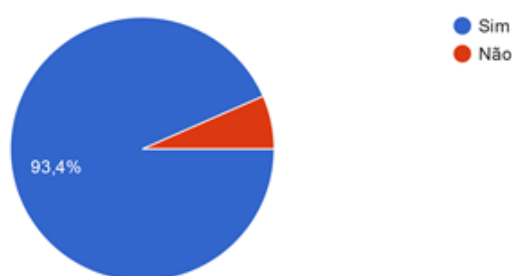


Figura 5.3: O gráfico mostra o índice de aprovação em relação a linguagem usada nos textos.

Sobre a navegação do site, a Fig. 5.4 mostra que quase a totalidade (cerca de 90%) dos visitantes a classificaram como sendo bom ou excelente.

O uso de simuladores para dar exemplos atingiu 97,4% do público entre as opiniões de excelente e bom (veja Fig. 5.5), enquanto 2,6% se mostraram insatisfeitos.

O uso das simulações no site mostram-se bem atrativas, pois a aceitação foi quase de 100%, ou seja, os visitantes se sentiram interessados em poder interagir com o conteúdo abordado. Em virtude do resultado, podemos afirmar que a inclusão de simulações foi uma decisão acertada.

A avaliação referente à satisfação do uso das imagens, o resultado se mostrou positivo para a maioria dos visitantes – 92,1% de positivo e apenas 7,9% de negativo, conforme exibido na Fig. 5.6

A última pergunta sobre os recursos do site foi sobre o uso de vídeos, com a finalidade de complementação teórica. Como mostra a Fig. 5.7, obteve-se 96% entre respostas de

A navegação do site é

76 respostas

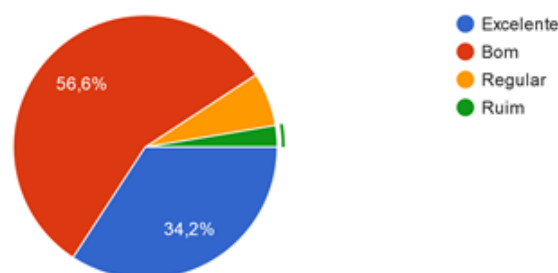


Figura 5.4: Opinião referente à navegabilidade no site.

O uso de simulação para dar exemplos foi

76 respostas

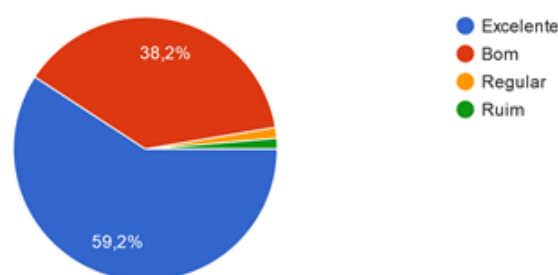


Figura 5.5: Satisfação em relação ao uso de simuladores para dar exemplos.

excelente e bom – quase a totalidade.

A análise geral desta seção nos permite verificar que os recursos utilizados no site, como linguagem acessível dos textos, simulações, vídeos, e figuras foram bem avaliados por quase todos os visitantes. Isto significa que o objetivo em disponibilizar os recursos para tentar chamar a atenção do visitante do site foi alcançado.

Avaliação do conteúdo

Esta terceira seção tem como objetivo realizar a avaliação da satisfação do visitante em relação ao conteúdo abordado.

Em relação a forma como o conteúdo foi exposta apresentou uma classificação de 80,3% de aprovação e 19,7% de reprovação, conforme mostra a Fig. 5.8. De acordo com a Fig., observamos que a forma linear com que o conteúdo foi desenvolvido, dividido em tópicos, agradou a maioria dos visitantes.

Conforme mostra a Fig. 5.9, os exemplos referentes a situações do dia-a-dia para

A imagem que ilustra e exemplifica o problema é

76 respostas

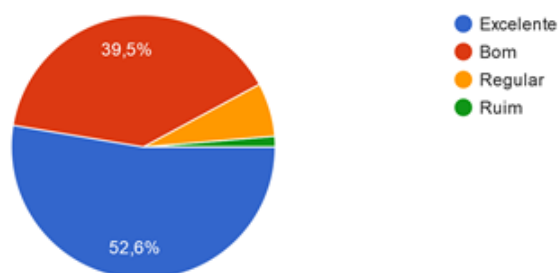


Figura 5.6: Avaliação dos visitantes sobre o uso de imagens.

O uso de vídeo com a finalidade de complementação teórica ou exemplificação é

76 respostas

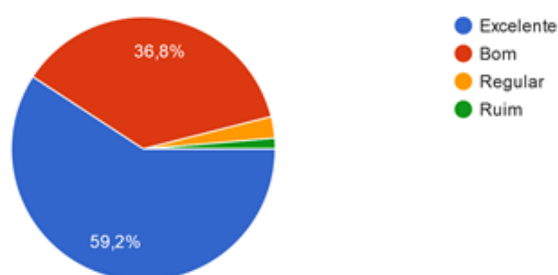


Figura 5.7: Opinião do visitante em relação ao uso de vídeos para complementação teórica ou exemplificação.

introduzir o conteúdo teórico foi avaliado como excelente e bom atingindo 92,1% e apenas 7,9% classificaram como regular ou ruim. Os dados mostram que os visitantes aprovam a abordagem de um tema apresentando inicialmente uma situação simples de nossos dia-a-dia para depois ser explicado de forma técnica, com o desenvolvimento da teoria.

Em relação sobre o conhecimento da existência da relação entre Conservação de Energia na Mecânica e Termodinâmica 44,7% responderam que sabiam da relação, no entanto 55,3% responderam que não, como mostra a Fig. 5.10. São alunos que estavam estudando Termodinâmica e fazendo a revisão de Mecânica simultaneamente, mas mais da metade dos visitantes não conseguem transportar o conceito de conservação para as diversas áreas da Física, de forma a fazer relações entre os conceitos.

Já sobre o entendimento do aluno de que trabalho calculado na Mecânica tem o mesmo significado na Termodinâmica, a Fig. 5.11 mostra que 61,8% responderam que sim e 38,2% responderam que não. Os dados mostram que em algum momento de seu desenvolvimento

A forma como o conteúdo Leis de Conservação foi exposta é

76 respostas

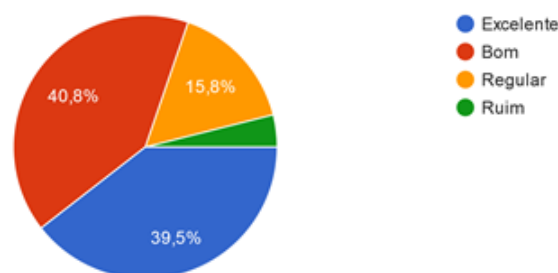


Figura 5.8: Opinião dos visitantes em relação à forma como o conteúdo Leis de Conservação foi exposta.

O exemplo referente a situações do dia - a - dia para introduzir o conteúdo teórico é

76 respostas

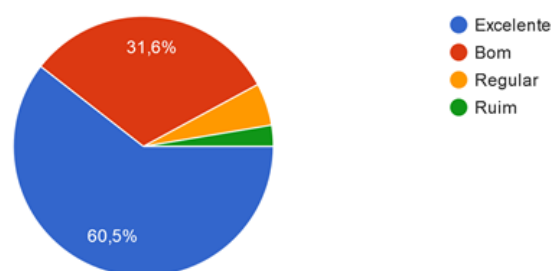


Figura 5.9: Aprovação do uso de exemplos de situações do dia-a-dia para introduzir o conteúdo teórico.

cognitivo, uma boa parte dos visitantes conseguiu estabelecer a relação do conceito físico de trabalho em diferentes áreas da Física.

Em relação à pergunta sobre o conhecimento da relação entre Energia e Momento Linear, o gráfico Fig. 5.12 mostra que 51,3% disseram saber da existência da relação, enquanto 48,7% afirmaram não saber da relação.

O resultado mostra que pelo menos a metade do grupo participante da pesquisa consegue estabelecer uma relação entre energia e momento. No entanto, é curioso ao compararmos esse resultado com o resultado referente à pergunta sobre a relação entre a Conservação de Energia na Mecânica e na Termodinâmica, onde apenas 44,7% afirmaram saber da existência da relação de conservação de energia nas duas áreas da Física.

A diferença não é significativa, mas o aluno consegue fazer uma relação direta de grandezas vistas numa mesma área de Física, mas apresenta uma certa dificuldade em as-

Você sabia que existia relação entre a Conservação de Energia na Mecânica com a Conservação de Energia na Termodinâmica?

76 respostas

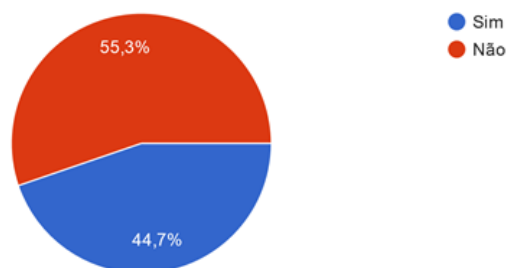


Figura 5.10: Avaliação sobre o conhecimento da relação existente entre Conservação de Energia na Mecânica e Termodinâmica.

Você sabia que o Trabalho calculado na Mecânica é o mesmo calculado na Termodinâmica?

76 respostas

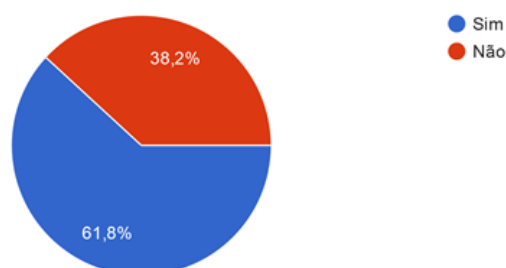


Figura 5.11: Sobre o entendimento da similaridade do conceito de Trabalho na Mecânica e na Termodinâmica.

sociar uma grandeza em diferentes áreas. Lembrando que esses alunos estavam estudando Termodinâmica e simultaneamente fazendo revisão de Mecânica.

A próxima pergunta é sobre se o visitante viu o conteúdo de momento angular na escola. De acordo com a Fig. 5.13 56% afirmaram que sim, enquanto o restante responderam não. Este resultado mostra que esses estudantes estão em uma escola que ainda aborda o conteúdo momento angular, mesmo este não ser mais cobrado no Ensino Médio.

É importante ressaltar que a autora deste produto foi professora desses alunos no ano anterior, e que abordou o conteúdo de momento angular, já que tinha como objetivo aplicar o site no ano seguinte. No entanto um pouco mais da metade lembraram do conteúdo abordado.

Sobre a pergunta “O que você achou da abordagem sobre Conservação de Energia, Momento Linear e Momento Angular fora da área da Mecânica Clássica?”, ela permitia

Você sabia que existia relação entre e Energia e Momento Linear?

76 respostas

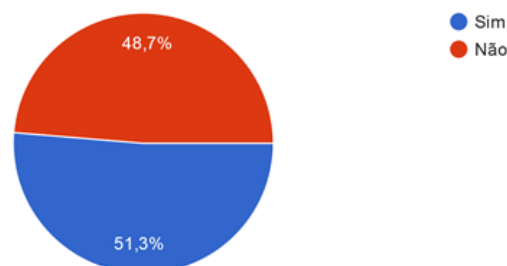


Figura 5.12: Dados referentes ao conhecimento da relação entre Energia e Momento Linear.

Já aprendeu em sua escola o conteúdo Momento Angular?

75 respostas

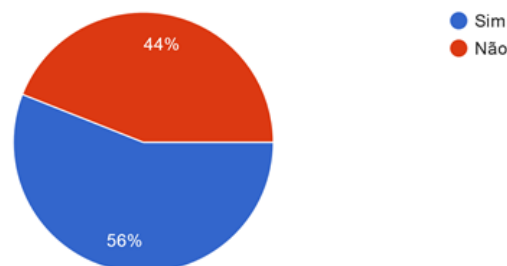


Figura 5.13: Visitantes que afirmam ter aprendido Momento Angular na escola.

uma resposta livre, que foi respondida por 64 pessoas. Dessas, apenas 4 visitantes não gostaram da abordagem feita; alguns afirmaram que a abordagem foi ruim e um colocou que “poderia estar mais acessível para o entendimento dos alunos e melhor explicado”. O restante, um total de 60 visitantes, julgaram que o conteúdo estava bom e opiniões como “importante ampliar os conhecimentos fora do habitual”.

No apêndice C encontram-se as transcrições das respostas mais significativas.

A pergunta sobre demonstrações utilizando matemática avançada mostrou que 63,2% acham que são importantes e 36,8% afirmam não achar importantes, conforme exhibe a Fig. 5.14.

Esses dados se mostraram surpreendentes, pois a maioria acha importante o desenvolvimento da matemática, mas isso não significa que eles tem interesse por esse tipo de matemática.

Conforme mostra a Fig. 5.15, apenas 42,1% se mostram interessadas por Cálculo, enquanto 59,7% não possuem interesse. A quantidade de respostas positivas para essa

Você acha que as demonstrações realizadas com uma matemática mais avançada (nível acadêmico) são importantes para um melhor entendimento?

76 respostas

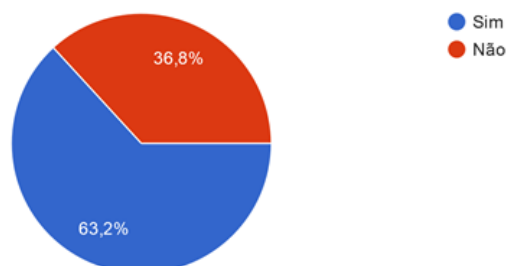


Figura 5.14: Importância da matemática de nível superior para um melhor entendimento do assunto.

pergunta também surpreende, visto que somente 25% dos visitantes pretendem cursar algo na área que envolva Cálculo.

Você se interessou pelo uso da matemática avançada, ou seja, o cálculo?

76 respostas

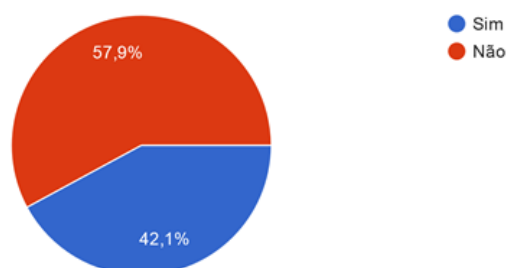


Figura 5.15: Interesse dos visitantes pelo cálculo.

Em relação aos textos complementares 90,8% acham que são importantes em quanto 9,2% não julgam ser importantes para um melhor entendimento (Fig. 5.16. A julgar pelas respostas, os textos complementares atingiram seu objetivo, que era o de auxiliar no entendimento do conteúdo.

A próxima pergunta, sobre a impressão do visitante quanto a existência da página de exercícios de vestibulares e Enem, permitiu uma resposta discursiva. A grande maioria, respondeu de forma monossilábica, declarando que se trata de uma ideia boa, muito boa e excelente.

Vamos destacar aqui a resposta de um(a) aluno(a):

“Há uma grande quantidade de exercícios, porém eu prefiro os tipos de exercícios que foram mostrados na aba de: exercícios para avaliação do site. Porque além de possuírem

Você acha que os textos complementares são importantes?

76 respostas

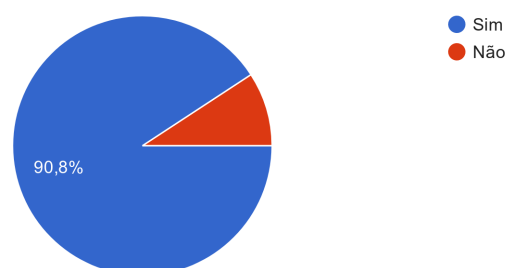


Figura 5.16: Pesquisa sobre a importância dos textos complementares.

o roteiro (o que eu achei uma ideia bem legal), em um único exercício há várias perguntas. Isso é bom porque faz com que a pessoa que está fazendo o exercício memorize melhor as regras e as fórmulas”.

Na subpágina a qual o(a) navegador(a) se refere, os problemas propostos e resolvidos tendem a ser mais completos e a sua resolução através de um roteiro faz o aluno pensar mais sobre a física do processo, deixando a resolução menos mecânica.

As respostas compiladas podem ser consultadas no Apêndice C.

Sobre esta seção, verificamos que o conteúdo abordado no site teve uma boa aceitação. Para muitos itens de avaliação, o índice de satisfação ficou acima de 50%. Chega a ser surpreendente que mais de 40% dos visitantes mostraram interesse por uma matemática avançada, visto que somente 25% dos alunos têm intenção de ingressar num curso de Exatas no ensino superior.

Percebe-se também um grau de satisfação maior de 95,5% dos visitantes em relação à página de exercícios.

Opinião

As perguntas desta seção tem como objetivo verificar se os visitantes indicariam o site para algum amigo ou professor, se acham que o site pode servir como material auxiliar e possibilitam que os mesmos possam expor a sua opinião sobre os aspectos positivo e negativo do *website*, através de respostas dissertativas.

A primeira pergunta é referente ao *website* ser um bom material para estudo. Como resposta, a Fig. 5.17 mostra que 96,1% acham que sim, uma aprovação quase unânime.

Em relação a indicação do site para um colega 92,1% afirmam que indicariam o site para colegas, conforme mostra a Fig. 5.18. Apenas 7,9% não indicariam o site.

O resultado desta pergunta reforça o resultado da pergunta anterior, da Fig. 5.17, já que em ambas há uma demonstração de satisfação em querer usar o site para estudar e

Você acha que o site é um bom material para o estudo de Leis de Conservação?

76 respostas

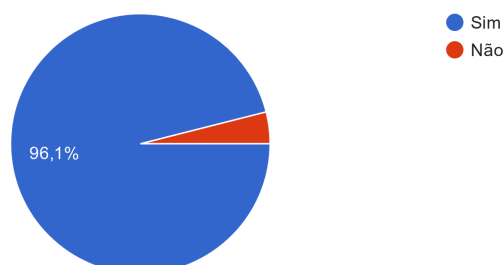


Figura 5.17: Opinião sobre o site ser um bom material para o estudo de Leis de Conservação.

Você indicaria o site para algum colega?

76 respostas

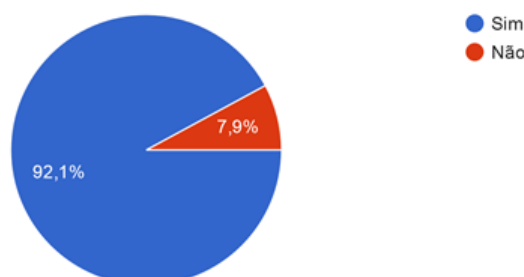


Figura 5.18: Pergunta se os visitantes indicariam o site para colegas.

consequentemente indicar para amigos.

A confirmação de que o site agradou os visitantes encontra-se na próxima questão. Perguntando se o navegador indicaria o site para um professor usá-lo como material extraclasse, a Fig. 5.19 mostra que 90,8% responderam sim.

A próxima pergunta é tomar a opinião do navegante quanto aos aspectos positivos do site. Por ser uma pergunta com resposta descritiva, somente 59 pessoas responderam.

Dentre os pontos positivos do site enumerados pelos visitantes, podemos destacar a linguagem acessível, o uso de simulações, *gifs*, figuras e vídeos que proporcionaram um melhor entendimento do conteúdo, páginas como problemas propostos, entre outros.

As respostas selecionadas podem ser acessadas no Apêndice C.

Em relação ao pontos negativos do site, apenas 52 pessoas responderam. Também com resposta de caráter descritivo, destacam-se as críticas ao uso da matemática mais

Você indicaria o site para que algum professor usasse como material auxiliar extraclasse?

76 respostas

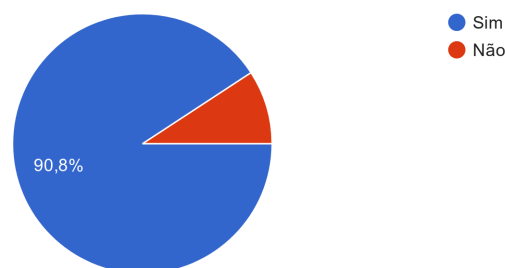


Figura 5.19: Pergunta se os visitantes indicariam o site para o professor usá-lo como material extraclasse.

pesada. Alguns afirmaram também que o texto era longo e cansativo, que o endereço do site era complicado, entre outras.

Algumas dessas respostas são bastante críticas e podem contribuir para uma melhoria do site. É positivo, por exemplo, repensar a estrutura de alguns textos, verificando a possibilidade de dividi-los em mais tópicos, de forma que o conteúdo de cada página fique menor. Quanto às críticas negativas sobre o uso de matemática avançada para explicar o conteúdo, acreditamos que o *website* deveria atender um amplo espectro de visitantes. Nós já parcialmente minimizamos a exposição das manipulações matemáticas ao escondê-las.

As respostas seleccionadas quanto aos aspectos negativos do site também estão disponíveis no Apêndice C.

A última pergunta versa sobre o interesse em Física após entrar em contato com o conteúdo do site. Como mostra a Fig. 5.20, 55,3% se mostraram interessados em Física fora do ambiente escolar e 44,7% continuam não tendo interesse em Física fora desse ambiente. Estes números são bastante animadores. Mais da metade não enxergam a Física como sendo meramente uma disciplina a ser cursada na escola. Não é do escopo deste trabalho, mas seria interessante analisar qual a diferença de desempenho escolar em Física entre esses dois grupos distintos.

Ao fim da análise do questionário, verificamos que o *website* no geral teve uma boa aceitação. A linguagem acessível e o uso de ferramentas interativas foi essencial para o sucesso, possibilitando um melhor entendimento do conteúdo por parte dos visitantes. No entanto, algumas demonstrações matemáticas e textos longos deverão ser revistos.

A partir da navegação no site e do conteúdo abordado nele, você passou a se interessar por Física fora da escola?

76 respostas

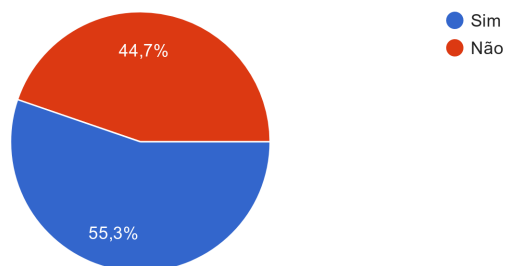


Figura 5.20: Interesse dos visitantes em Física fora da escola.

Capítulo 6

Conclusão

Como parte de programa de Mestrado profissional em Ensino de Física, desenvolvemos um produto educacional que tem o objetivo de contribuir para uma melhora no ensino de Física no Ensino Médio.

O tema “Leis de Conservação” faz parte da grade curricular do Ensino Médio. No entanto, muitas vezes é abordado de forma simplista e/ou fragmentada – não há uma exposição clara que essas leis são válidas em diferentes áreas da Física. A conservação da energia vista em Mecânica, por exemplo, tem o seu conceito ampliado em Termodinâmica, com a introdução do calor, mas conceitos como trabalho tem um significado único. Trata-se de uma grandeza fundamental para definir tanto a energia potencial gravitacional como a energia potencial eletrostática. A conservação da energia também é válida na Física Moderna e Contemporânea. Em particular, em Relatividade Restrita a massa é identificada como sendo uma forma de energia, quebrando-se assim o paradigma clássico da conservação da massa, mas preservando a conservação da energia.

No intuito de mostrar esse recorte não convencional para discutir as leis de conservação é que criamos o nosso *website*. A proposta teve como objetivo reunir as leis de conservação na Mecânica Clássica, a saber, energia, momento linear e momento angular, em um único material e depois expandir essas leis para as outras áreas da Física, inclusive dentro da Física Moderna e Contemporânea.

A análise do questionário de satisfação mostrou que o *website* obteve um bom nível de satisfação. Todas as perguntas relacionadas com linguagem dos textos, uso de simulações, vídeos, figuras, textos complementares, organização e navegação apresentaram em média uma aprovação de 90% (respostas bom e excelente).

Abordamos temas como momento angular e discutimos temas além da Física Clássica. Embora esses tópicos não sejam muito explorados pelos alunos do Ensino Básico, houve uma boa aceitação. Destaca-se aqui a opinião de um dos alunos: “importante ampliar os conhecimentos fora do habitual”.

Outro fator que chamou a atenção foi a satisfação em relação ao exemplos relacionados com situações que podem ser identificadas no nosso dia-a-dia, tendo como aprovação mais

de 92% dos visitantes, que corresponde a 70 pessoas de um total de 76 participantes.

Este resultado comprova que a partir de um pré-conhecimento que uma pessoa possui é possível construir um novo conhecimento, estabelecendo uma relação entre o conhecimento antigo e o novo.

Foi verificado também que os visitantes julgaram importante a página de exercícios, justificando a importância de se aplicar às discussões mais conceitos das páginas de conteúdo e já se preparar para o vestibular. Quanto a esse aspecto, nos alinhamos um pouco com um ensino propedêutico em voga hoje, onde o ENEM e os principais vestibulares moldam os processos de ensino-aprendizagem nos cursos de Ensino Médio.

Destacamos também que mais de 90% dos visitantes indicariam o *website* a colegas e também aos professores, para que eles utilizem-o como material extraclasse.

A análise dos pontos positivos do nosso produto ressaltou a importância do uso de simulações e vídeos, o que nos mostra que quando usamos recursos tecnológicos em nossas explicações, conseguimos despertar mais interesse dos alunos, já que essa geração é muito conectada com a tecnologia.

Em relação aos pontos negativos, houve críticas bastante construtivas. Textos longos e principalmente demonstrações com matemática avançada não foram bem avaliados por uma parcela dos alunos. Sobre as críticas, cabe uma reflexão sobre a estrutura dos textos e possivelmente fazer alterações para que se possa alcançar o máximo de satisfação possível.

Já em relação aos desenvolvimentos matemáticos, acreditamos que eles são importantes para explicar os fenômenos em uma linguagem formal. E há visitantes bastante interessados em tópicos avançados. Para resolver esse problema, pode-se pensar em deixar mais demonstrações “escondidas” em links, deixando à mostra só a fórmula final, a qual a maioria dos visitantes estão acostumados.

Sendo o *website* um produto dinâmico, as sugestões serão analisadas e alterações serão feitas gradativamente, de acordo com o *feedback* dos usuários. Além disto, pretendemos dar continuidade ao trabalho, fazendo complementação das Leis de Conservação em mais áreas da Física.

Em conclusão, a partir dos resultados da pesquisa de satisfação, podemos afirmar que atingimos o nosso objetivo de produzir um material que abarcasse o máximo de conteúdo possível sobre leis de conservação na física básica, de forma que despertasse, mesmo que de forma tímida, o interesse pela Física. Ou pelo menos mudar a opinião de muitos alunos do Ensino Médio, de que Física é uma disciplina onde se aplicam fórmulas jogadas para resolver problemas padrões de vestibulares e do ENEM. Se o *website* conseguiu transmitir que Física é muito mais do que isso, teremos cumprido o nosso papel.

Apêndice A

Guia do Professor

1 Apresentando o *website*

Prezado professor, o *website* “Leis de Conservação na Física Básica” é um produto educacional do programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UFABC. Ele reúne as seguintes leis de conservação:

- Energia Mecânica
- Momento Linear
- Momento Angular

O conteúdo é abordado dentro da Física Clássica. Porém, disponibilizamos uma página em que se discutem as leis de conservação na Física Moderna e Contemporânea, mostrando a importância das leis de conservação das grandezas físicas básicas.

Cada página, relacionada a uma grandeza conservada, possui várias subpáginas, nas quais o conteúdo é organizado por temas, de forma que julgamos ser mais didático para o visitante. Porém, cabe ressaltar que a navegação do site é livre, ou seja, cada uma das páginas pode ser acessada independentemente uma da outra, de acordo com o interesse do visitante. Quando for necessário utilizar um conceito abordado numa outra página, há um link para facilitar a leitura.

A página “Conservação de Energia Mecânica” apresenta as subpáginas

- Trabalho e Energia Cinética
- Trabalho e Forças Conservativas
- Energia Potencial
- Conservação da Energia Mecânica
- Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica

Em “Conservação de Momento Linear” temos

- Momento Linear
- Momento Linear e a sua Conservação
- Colisões
- Centro de Massa
- Conservação de Momento Linear em Sistema de Massa Variável

Em “Conservação de Momento Angular” temos

- Movimento de Rotação
- Cinemática e Dinâmica das Rotações
- Momento de Inércia de Objetos Extensos
- Momento Angular e sua Conservação
- Energia no Movimento de Rotação
- Energia de Um Corpo Rolando

A página “Leis de Conservação Além da Física Clássica” é composta por

- Relatividade e a Conservação de Energia e Momento
- Momento Angular e a Física Moderna e Contemporânea

O conteúdo é apresentado em uma linguagem acessível aos alunos do Ensino Médio na medida do possível, mas que também atinge o público que está iniciando um curso de graduação em uma área de Exatas. Para deixar claro que fórmulas físicas “não caem do céu”, procuramos sempre que pudemos realizar as suas demonstrações matemáticas; em alguns casos, fizemos uso do cálculo diferencial e integral.

Os desenvolvimentos matemáticos que exigem uma demonstração mais complexa, está “escondida” em um link “clique aqui para ver a demonstração”, de forma que somente os visitantes que tenham um interesse em matemática de nível superior, terão contato. Para o restante, a leitura prossegue em prejuízo maior.

Para introduzir uma grandeza física, utilizamos na medida do possível situações em que essas grandezas possam estar relacionadas com observações do nosso cotidiano, como por exemplo, bailarina girando, o chute de uma bola, colisões entre bolas de bilhar, entre outros. Essa estratégia visa o aluno a pensar a Física, através de uma análise fenomenológica, antes de aplicar fórmulas matemáticas como se fossem regras memorizadas.

Para auxiliar no entendimento, o *website* utiliza diversos recursos multimídias, como figuras ilustrativas, *gifs* ou figuras animadas, links para *sites* de simulações, vídeos e links para textos complementares.

Para um melhor aproveitamento do *website* e para o professor que não está preso às aulas apostiladas, sugerimos uma proposta para o ensino de conservação da energia mecânica, através de uma sequência didática de 7 aulas de 45 minutos, cada, disponibilizada no final deste guia.

Essa sequência foi elaborada aplicando-se duas metodologias de ensino: a primeira, “Instrução por Colegas” e a segunda, “Ensino sob Medida”.

2 Proposta para o uso do *website*

Nesta seção apresentamos as duas metodologias de ensino que podem ser bastante interessantes para o uso do *website* e que formaram a base pedagógica para a elaboração do roteiro.

2.1 Metodologias de Ensino

A metodologia “Instrução por Colegas” (IpC) busca promover a aprendizagem com o foco no questionamento para que os alunos passem o tempo na sala de aula pensando e discutindo o conteúdo que o professor deseja abordar, ao invés de ficarem apenas como ouvintes.

De acordo com Araujo e Mazur¹

Em vez de usar o tempo em classe para transmitir em detalhe as informações presentes nos livros-texto, nesse método, as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações orais por parte do professor, focadas nos conceitos principais a serem trabalhados, seguidas pela apresentação de questões conceituais para os alunos responderem primeiro individualmente e então discutirem com os colegas.

Para isso, é necessário que o professor faça um estudo prévio dos materiais que disponibilizará, que apresente questões conceituais, para os alunos discutirem entre si na sala de aula. Em relação ao planejamento, os alunos devem ser divididos em pequenos grupos. As apresentações orais por parte do professor devem ter o foco nos principais conceitos para os alunos responderem individualmente e então discutirem com os colegas. Por meio

¹Ives S. Araujo e Eric Mazur, *Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física*, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.

de uma votação, as respostas são dadas e quando mais de 70% dos alunos concordarem, o professor pode lançar outra pergunta referente a outro assunto e prosseguir ou caso não se sinta satisfeito, pode retornar à mesma questão lançando outra pergunta e iniciando o processo novamente.

A metodologia “Ensino sob Medida” (EsM) é uma metodologia que cria no aluno o hábito de estudar antes de ir à aula. O professor fornece materiais de leituras para os alunos estudarem e em seguida lança questões para os mesmos. As respostas devem ser encaminhadas via internet em um período pré-determinado antes da aula.

Com essas respostas, o professor identifica as dificuldades dos alunos e prepara sua aula com o foco nas respostas dos alunos. Durante as aulas, o professor promove uma discussão sobre o texto e as respostas certas e erradas sem expor ninguém.

De acordo com Araujo e Mazur,

O ponto principal no EsM é a possibilidade do professor planejar suas aulas a partir dos conhecimentos e dificuldades dos seus alunos, manifestadas através das respostas que eles fornecem em atividades de leitura prévias aos encontros presenciais.

A exposição oral do professor é de curta duração, intercaladas com atividades, como exercícios de fixação ou atividades práticas que podem ser realizadas individualmente ou em grupos. Após esse momento, os alunos recebem outras questões sobre o assunto abordado, porém em outro contexto para responderem eletronicamente e assim o professor poder fazer uma avaliação e decidir quais assuntos novos serão abordados. Caso o resultado não seja satisfatório, deverá repensar uma nova forma de abordar o conteúdo e tentar identificar as falhas.

A integração dos dois métodos pode se dar a partir do momento em que o professor disponibiliza os textos para as leituras e em seguida as questões de sondagem de conhecimentos prévios para poder preparar as aulas. Com os dados nas mãos, ele cria a situação de questionamentos nos grupos onde cada um irá tentar explicar e convencer seus colegas, até concordarem com uma resposta final.

Assim pensando em uma sugestão de como usar o site, apresentamos a seguir uma breve sequência didática que pode servir de orientação em como usar o site.

2.2 Sugestão de uma sequência didática

Sequência didática: Conservação de Energia Mecânica

Disciplina: Física

Série: primeira série do Ensino Médio

Tempo de aulas: 7 aulas

Tema: Conservação de Energia Mecânica

Objetivo: Abordar leis de conservação

Aula 1

Tema: Trabalho e Energia cinética

Objetivo da aula: Verificar o teorema trabalho-energia cinética

Recursos utilizados: Aplicativo PhET:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new

Metodologia: Instrução pelos colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

- 1º) O professor irá abordar brevemente o conceito de trabalho e energia cinética.
- 2º) Após a abordagem, será solicitado para que os discentes abram o aplicativo ou o site do PhET no simulador “Rampa”, que pode ser encontrado no link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/the-ramp.

Tal simulador poderá ser aberto no celular dos respectivos alunos. Para a utilização do simulador, os alunos devem receber algumas instruções:

- (i) Não considere atrito.
- (ii) Mantenha o grau de inclinação da rampa igual a zero para forças de módulos diferentes.
- (iii) Varie o ângulo de inclinação da rampa e use as forças com mesma intensidade do item anterior. O que você observa?
- (iv) Verifique a relação entre os gráficos de energia e trabalho.
- (v) Refaça os procedimentos agora usando a força atrito. O que você conclui

Os alunos fazem suas anotações em papel sem identificação e entregam para o professor. Tais anotações servirão para que o professor identifique as percepções dos alunos sobre o assunto e organize o desenvolvimento e abordagem da sua aula. Para finalizar, os alunos são orientados, em casa, a visitar a página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/introducao/>
e responderem algumas perguntas que estão disponíveis na plataforma.

- (i) O que é trabalho?
- (ii) Como podemos determinar o trabalho realizado em um corpo a partir de uma força aplicada sobre o mesmo?

- (iii) Como podemos determinar a variação da energia cinética a partir de forças aplicadas em um corpo?

As informações adquiridas pelo uso do site em sala de aula pelos grupos, devem ser registradas sem identificação e entregue ao professor. As respostas provenientes da leitura do texto devem ser apresentadas em uma plataforma. Tais informações servirão para que o professor identifique as percepções dos alunos sobre o assunto e organize o desenvolvimento e abordagem da sua aula.

Aula 2

Tema: Trabalho e Energia cinética

Objetivo da aula: Verificar o teorema trabalho–energia cinética

Recursos utilizados: Apresentação das repostas dos alunos

Metodologia: Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

Com o levantamento das respostas é estabelecida uma discussão, com participação ativa dos estudantes para que a fundamentação teórica seja estabelecida. Para verificar se os alunos conseguem aplicar o conhecimento em novas situações, alguns problemas são sugeridos.

(UFAC–2009) Um carro se desloca com velocidade de 72 km/h na Avenida Ceará. O motorista observa a presença de um radar a 300 m e aciona imediatamente os freios. Ele passa pelo radar com velocidade de 36 km/h. Considere a massa do carro igual a 1.000 kg. O módulo da intensidade do trabalho realizado durante a frenagem, em kJ, vale:

- a) 50
- b) 100
- c) 150
- d) 200
- e) 250

(UEM) Um corpo de massa $m = 2$ kg é abandonado de uma altura $h = 10$ m. Observa-se que, durante a queda, é gerada uma quantidade de calor igual a 100 J, em virtude do atrito com o ar. Considerando $g = 10$ m/s², calcule a velocidade (em m/s) do corpo no instante em que ele toca o solo.

(UNICAMP) Sob a ação de uma força constante, um corpo de massa $m = 4,0$ kg adquire, a partir do repouso, a velocidade de 10 m/s.

- a) Qual é o trabalho realizado por essa força?
- b) Se o corpo se deslocou 25 m, qual o valor da força aplicada?

Ao final do conjunto dessas duas aulas, espera-se que os alunos tenham entendido o teorema trabalho-energia cinética e conseguido aplicá-lo em problemas simples.

Aula3

Tema: Trabalho, Forças Conservativas e Forças não Conservativas

Objetivo da aula: Abordar o conceito de força conservativa e não conservativa bem como o trabalho realizado por elas.

Recursos utilizados: página de web e simuladores

Metodologia: Aula invertida (Aprendizagem Baseada em Equipes)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

Para o estudo prévio em casa, serão sugerido o estudo do conteúdo que está na página <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/sistema-conservativo/>, que possui recursos de animação e simuladores.

Para nortear o estudo, os alunos devem responder em casa, algumas questões:

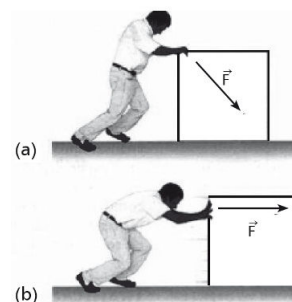
- (i) Como podemos definir se uma força é ou não conservativa?
- (ii) Por que a força gravitacional é conservativa?
- (iii) Se a força elástica não tem módulo constante, porque é considerada conservativa?
- (iv) A força de atrito é conservativa? Justifique sua resposta.

Em classe, serão formados os grupos para a realização da dinâmica relacionada a aprendizagem baseada em equipes. Os alunos irão expor suas concepções e com a mediação do educador estabelecer a fundamentação teórica. Após a finalização, os alunos irão fazer alguns problemas mais complexos, como os exemplificados a seguir.

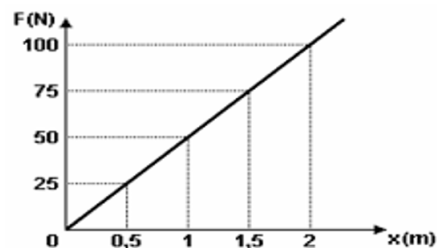
(UEMG) Uma pessoa arrasta uma caixa sobre uma superfície sem atrito de duas maneiras distintas, conforme mostram as figuras (a) e (b). Nas duas situações, o módulo da força exercida pela pessoa é igual e mantém-se constante ao longo de um mesmo deslocamento.

Considerando a força F , é correto afirmar que:

- a) o trabalho realizado em (a) é igual ao trabalho realizado em (b).
- b) o trabalho realizado em (a) é maior que o trabalho realizado em (b).
- c) o trabalho realizado em (a) é menor que o trabalho realizado em (b).
- d) não se pode comparar os trabalhos, porque não se conhece o valor da força.



(UFSM-RS) O gráfico representa a elongação de uma mola, em função da tensão exercida sobre ela. Qual o trabalho da tensão para distender a mola de 0 a 2 m?



(CESGRANRIO) A lei de Coulomb afirma que a força de intensidade elétrica de partículas carregadas é proporcional:

- I. às cargas das partículas;
- II. às massas das partículas;
- III. ao quadrado da distância entre as partículas;
- IV. à distância entre as partículas.

Das afirmações acima

- a) somente I é correta;
- b) somente I e III são corretas;
- c) somente II e III são corretas;
- d) somente II é correta;
- e) somente I e IV são corretas.

Uma criança de 40 kg sobe em um escorregador de 3,5 m de altura. Calcule o trabalho da força peso na subida até o alto do escorregador. Lembre-se, quando o deslocamento é contra o sentido da força peso, o trabalho é negativo.

- a) -140 J
- b) 1400 J
- c) 1400 J
- d) 140 J
- e) -400 J

Analisando as respostas dos alunos, cabe o professor julgar se irá continuar com o desenvolvimento do conteúdo ou fazer uma retomada do conteúdo já abordado.

Aula 4

Tema: Energia Potencial

Objetivo da aula: Abordar o conceito de energia potencial e sua relação com trabalho.

Recursos utilizados: página de web e simuladores

Metodologia: Ensino sob Medida

Tempo estimado: 45 minutos (1aula)

Desenvolvimento:

Para um estudo prévio os alunos são orientados a visitarem a página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/energia-potencial/>

e responderem alguns questões que nortearam o planejamento e desenvolvimento da aula.

(i) Para onde vai a energia, quando o trabalho é negativo?

(ii) Existe relação entre energia potencial gravitacional, elástica e eletrostática?

Em sala, a partir das respostas o professor irá apresentar algumas respostas dos alunos, sem identificá-los, com o objetivo de estabelecer uma discussão. Após as discussões, o professor faz a fundamentação teórica e apresenta um problema com o objetivo de verificar se os alunos são capazes de aplicar o conhecimento, como por exemplo as que seguem:

(FATEC 2002) Um bloco de massa 0,60 kg é abandonado, a partir do repouso, no ponto A de uma pista no plano vertical. O ponto A está a 2,0m de altura da base da pista, onde está fixa uma mola de constante elástica 150 N/m. São desprezíveis os efeitos do atrito e adota-se $g = 10 \text{ m/s}^2$. A máxima compressão da mola vale, em metros:

a) 0,80

b) 0,40

c) 0,20

d) 0,10

e) 0,05

(FUVEST SP) No rótulo de uma lata de leite em pó lê-se valor energético: 1509 kJ por 100 g (361 kcal). Se toda energia armazenada em uma lata contendo 400 g de leite fosse utilizada para levantar um objeto de 10 kg, a altura máxima atingida seria de aproximadamente ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Aulas 5 e 6

Tema: Conservação de Energia Mecânica

Objetivo da aula: Abordar a energia mecânica em sistemas conservativos e não conservativos

Recursos utilizados: página de web e simuladores

Metodologia: Instrução pelos colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 90 minutos (2 aulas)

Desenvolvimento:

Em sala os alunos (em grupo) irão acessar dois simuladores sobre conservação de energia que estão presentes na página

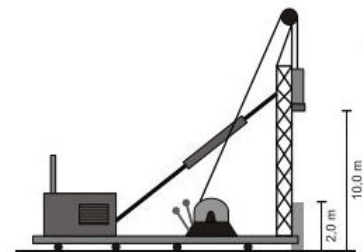
<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/conservacao-da-energia-mecanica/>.

Para nortear a investigação deverão responder as seguintes perguntas:

- (i) Quais são os tipos de transformação de energia que ocorrem?
- (ii) Nos sistemas, a energia mecânica é conservada?

Após as observações, os grupos expõem suas respostas para os outros colegas e inicia-se uma discussão. Com as justificativas, o professor oferece o seguinte problema e pede para que os grupos expliquem a solução.

(IFSC- 2012) O bate-estacas é um dispositivo muito utilizado na fase inicial de uma construção. Ele é responsável pela colocação das estacas, na maioria das vezes de concreto, que fazem parte da fundação de um prédio, por exemplo. O funcionamento dele é relativamente simples: um motor suspenso, através de um cabo de aço, um enorme peso (martelo), que é abandonado de uma altura, por exemplo, de 10 m, e que acaba atingindo a estaca de concreto que se encontra logo abaixo.



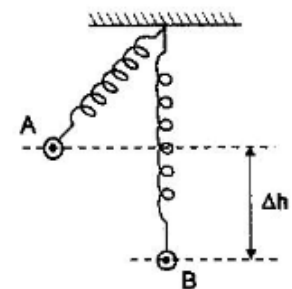
O processo de suspensão e abandono do peso sobre a estaca continua até a estaca estar na posição desejada.

É CORRETO afirmar que o funcionamento do bate-estacas é baseado no princípio de:

- a) transformação da energia mecânica do martelo em energia térmica da estaca.
- b) conservação da quantidade de movimento do martelo.
- c) transformação da energia potencial gravitacional em trabalho para empurrar a estaca.
- d) colisões do tipo elástico entre o martelo e a estaca.
- e) transformação da energia elétrica do motor em energia potencial elástica do martelo.

(UFF RJ 1997) A figura mostra um pêndulo que consiste em um corpo com 5 kg de massa pendurado a uma mola de constante elástica igual a 400 N/m e massa desprezível.

Na posição A, em que a mola não está deformada, o corpo é abandonado em repouso. Na posição B, em que a mola se encontra na vertical e distendida de 0,5 m, esse corpo atinge a velocidade de 4 m/s.



Considerando-se a resistência do ar desprezível e a aceleração da gravidade igual a 10 m/s², pode-se afirmar que a diferença entre as alturas do corpo nas posições A e B é:

- a) 3,6 m
- b) 1,8 m
- c) 0,8 m
- d) 2,4 m
- e) 0,2 m

Baseado nas explicações dos alunos, na segunda aula, o professor realiza a fundamentação teórica e orienta que os alunos façam os exercícios que estão disponíveis na página <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/exercicios-de-vestibulares-e-enem/> sobre conservação de energia mecânica.

A análise das respostas dos alunos irá determinar se o professor deve continuar abordando o assunto ou pode prosseguir com o assunto.

Aulas 7

Tema: Calor e Primeira Lei da Termodinâmica

Objetivo da aula: Verificar a conservação de energia na Termodinâmica

Recursos utilizados: página de web

Metodologia: Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

Previamente os alunos serão orientados a visitar a página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/calor-e-a-primeira-lei-da-termodinamica/>

e responder as seguintes questões:

- (i) Quais são as condições para que ocorra conservação de energia?
- (ii) Como se calcula o trabalho realizado por um gás.

Com as respostas, o educador irá desenvolver a aula, tornando pública as respostas com o objetivo de promover discussões sobre o assunto. Em seguida, ele faz a fundamentação teórica e propõem que os alunos façam em grupo os exercícios que estão na página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/exercicios-de-vestibulares-e-enem/>.

A sequência de 7 aulas é fechada com o professor enfatizando o caráter conservativo da energia. Vale a pena observar que embora se tenha dada uma ênfase na energia mecânica, a sequência envolve também questões relativas à energia térmica. Essa estratégia em trabalhar simultaneamente com duas “frentes” de Física mostra que a conservação de energia é um tema central na Física e portanto, na medida do possível, trabalhar de forma a integrar as diferentes áreas, ou “frentes”.

Apêndice B

Questionário de avaliação do *website*

	PERGUNTAS	RESPOSTAS	76
Seção 1 de 4			
<h3>Avaliação do site Leis de Conservação</h3> <p>O formulário tem como objetivo saber sua opinião sobre o site Leis de Conservação</p> <p>Em qual série do Ensino Médio você está?</p> <p><input type="radio"/> Segunda série</p> <p><input type="radio"/> Terceira série</p> <p>Qual curso superior pretende cursar?</p> <p>Texto de resposta curta</p> <p>Gosta de estudar Física na escola?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p> <p>Possui interesse em Física fora do ambiente escolar?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>			

Avaliação dos recursos do site

Avaliação dos recursos do site

Você achou a linguagem (texto em português) no site acessível?

☐ Sim

☐ Não

A navegação do site é

☐ Excelente

☐ Bom

☐ Regular

☐ Ruim

O uso de simulação para dar exemplos foi

☐ Excelente

☐ Bom

☐ Regular

☐ Ruim

A imagem que ilustra e exemplifica o problema é

- ☐ Excelente
- ☐ Bom
- ☐ Regular
- ☐ Ruim

O uso de vídeo com a finalidade de complementação teórica ou exemplificação é

- ☐ Excelente
- ☐ Bom
- ☐ Regular
- ☐ Ruim

Seção 3 de 4



Avaliação do conteúdo

Descrição (opcional)

A forma como o conteúdo Leis de Conservação foi exposta é

- ☐ Excelente
- ☐ Bom
- ☐ Regular
- ☐ Ruim

O exemplo referente a situações do dia - a - dia para introduzir o conteúdo teórico é

- ☐ Excelente
- ☐ Bom
- ☐ Regular
- ☐ Ruim

Você sabia que existia relação entre a Conservação de Energia na Mecânica com a Conservação de Energia na Termodinâmica?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Você sabia que o Trabalho calculado na Mecânica é o mesmo calculado na Termodinâmica?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Você sabia que existia relação entre a Energia e Momento Linear?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Já aprendeu em sua escola o conteúdo Momento Angular?

- ☐ Sim
- ☐ Não

O que você achou da abordagem sobre Conservação de Energia, Momento Linear e Momento Angular fora da área da Mecânica Clássica?

Texto de resposta longa

Você acha que as demonstrações realizadas com uma matemática mais avançada (nível acadêmico) são importantes para um melhor entendimento?

☐ Sim

☐ Não

Você se interessou pelo uso da matemática avançada, ou seja, o cálculo?

☐ Sim

☐ Não

Você acha que os textos complementares são importantes?

☐ Sim

☐ Não

O que você achou da página que contém exercícios de vestibulares e Enem?

Texto de resposta longa

Opinião

Você acha que o site é um bom material para o estudo de Leis de Conservação?

☐ Sim

☐ Não

Você indicaria o site para algum colega?

☐ Sim

☐ Não

Você indicaria o site para que algum professor usasse como material auxiliar extraclasse?

☐ Sim

☐ Não

Quais os pontos positivos do site?

Texto de resposta longa

Quais os pontos negativos do site?

Texto de resposta longa

A partir da navegação no site e do conteúdo abordado nele, você passou a se interessar por Física fora da escola?

☐ Sim

☐ Não

Apêndice C

Transcrição da Avaliação dos Visitantes do *website*

Esta seção é dedicada à transcrição das respostas discursivas. As respostas são transcritas na íntegra, sendo realizadas algumas correções óbvias de português.

C.1 O que você achou da abordagem sobre Conservação de Energia, Momento Linear e Momento Angular fora da área da Mecânica Clássica?

Sobre esta pergunta tivemos várias repostas entre bom, excelente e interessante 2 repostas, ruim e complexa. A seguir destacamos algumas respostas que nos chamou mais a atenção que podem representar um grupo de respostas com opiniões parecidas:

- Muito boa, de um jeito diferente do que aprendemos na escola;
- A abordagem utilizando os exemplos do dia a dia foi vital para o meu entendimento, todavia acredito que a parte dos cálculos (comprovação das leis e fórmulas) nem sempre são necessárias para a compreensão do fenômeno em estudo, chegando a me confundir às vezes. Contudo, entendo que a parte matemática seja essencial principalmente para os alunos de exatas que muitas vezes absorvem melhor o conteúdo a partir das fórmulas. Não é possível agradar a gregos e troianos. Logo, espero que o site permaneça e que progrida cada vez mais.
- Complicado entender por texto, com vídeos explicando é mais fácil Abordagem de assuntos interessantes e importantes;
- Muito interessante, principalmente envolvendo situações cotidianas;
- Importante para ampliar nossos conhecimentos fora do “habitual” ;

- Boa, porém textos tão longos acabam tornando-se repetindo a mesma ideia e pode cansar o aluno;
- A abordagem está ótima, não tinha visto o assunto, e agora vi e compreendi boa parte, achei super interessante;
- Poderia estar mais acessível para o entendimento dos alunos e melhor explicado.

C.2 Aspectos positivos

As respostas em relação aos aspectos positivos totalizam 59 respostas. Há opiniões positivas sobre diversos aspectos do *website*, como sobre a linguagem, uso de simulações e gifs para dar exemplos. Abaixo temos algumas respostas

- Conteúdo com linguagem e entendimento acessível;
- Por ser um site é mais fácil demonstrar a matéria com vários exemplos, como vídeos e simulações, que as vezes em sala de não seria possível;
- A explicação é muito boa;
- Ótima organização, e de fácil acesso, além de completamente gratuito;
- Exercícios acima do nível escolar e o guia para fazê-los;
- Teoria clara e de fácil entendimento;
- Conteúdo;
- Exercícios ótimos, navegação suave, extremamente dinâmico e de fácil compreensão;
- A acessibilidade em relação a linguagem, a presença de cálculos de nível acadêmico pra completar a explicação;
- Boas exemplificações do uso das leis no dia-a-dia com os gifs, gera um entendimento mais rápido. Os textos complementares são bons, didática legal;
- Existem muitos exemplos práticos para um melhor entendimento do conteúdo e o site apresenta linguagem acessível;
- Muita informação adicional e como aplicar na vida;
- A explicação, os exemplos e a disponibilidade de exercícios do ENEM e vestibulares para os alunos;
- O site possui um conteúdo muito bem explicado com uma abordagem de fácil compreensão. Também há uma grande quantidade de exercícios, sendo que alguns deles possuem um roteiro para ajudar na compreensão e revisar o que foi lido.

C.3 Aspectos negativos

Esta seção apresenta 51 respostas referentes aos aspectos negativos que os visitantes julgaram que o site apresenta. Muitas respostas apontam o uso dos cálculos de nível superior como ponto negativo, outro tipo de de respostas que apareceram foi em relação aos textos, que foram julgados como longos, também foram feitas críticas em relação à navegação do site.

- Falta um pouco de praticidade, demora para pegar o jeito de como funciona a mecânica do site;
- O excesso de exemplos matemáticos a nível acadêmico;
- Apesar da excelente organização, abas como momento angular não se demonstraram muito úteis para a resolução de exercícios. A teoria exemplificada é uma boa ideia, porém exemplos mais simples facilitariam o raciocínio. Sobretudo apesar de bem estruturadas, as teorias precisam ser apresentadas de forma mais clara e objetiva, pois os textos são longos e se tornam de difícil compreensão. Talvez uma melhor divisão de tópicos nas abas facilitasse ainda mais;
- Penso que ao final de cada tópico poderia ter um resumo com as fórmulas e o assunto abordado;
- A linguagem teórica é um pouco confusa;
- O fundo preto em cima dificuldade a visibilidade dos links;
- Certos assuntos foram tomados de maneira superficial;
- Link de acesso para o site de difícil memorização, certa lentidão para abrir (talvez seja problema do meu dispositivo);
- Um pouco de dificuldade de entender os exercícios;
- É um pouco cansativo ter que abrir várias abas no navegador pra conseguir realizar o exercício ou relembrar a matéria. Não é algo dinâmico e eficiente;
- Os desenhos não são tão autoexplicativos, o que dificulta o entendimento caso queira imaginar a situação;
- Alguns exercícios são muito difíceis;
- No site não há pontos negativos que o prejudique, porém existe uma coisa que ao meu ver é desnecessário, que é a explicação que o site quer dar em tudo (na página inicial, a apresentação de quem fez o site e a explicação sobre o seu funcionamento,

eu ainda acho válido). Como por exemplo: quando clicamos na aba: conservação de energia. aparece um texto escrito "Este tópico tem como objetivo discutir a conservação de energia em processos físicos". Eu acredito que não seja necessário essa explicação porque quem estiver acessando, já saberá o propósito dessa aba. Tirando isso, não encontrei algo a mais;

- O layout mal organizado;
- Sugestão: Criar uma área de resumo com as fórmulas e destacar os subtítulos.

C.4 O que você achou da página que contém exercícios de vestibulares e Enem?

O número de respostas para a referente à pagina de exercícios corresponde a 67 repostas, ou seja, todos os visitantes responderam. Um grande número de respostas foi entre boa e exelente. A seguir destacaremos algumas respostas.

- Muito útil, é bom para termos uma noção de como a matéria é cobrada nesses vestibulares;
- Não tive a chance de realizar os exercícios de vestibulares e Enem, não obstante a página sobre as atividades complementares para a compreensão do conteúdo exposto está excelente;
- Muito bom, pois o roteiro explica passo a passo;
- De boa exemplificação para estudos de física preparatórios para vestibulares, muito útil;
- Boa para treino e complemento da matéria;
- Nível mediano;
- Exercícios muito bem escolhidos;
- Regular;
- É uma proposta excelente para conferir o entendimento do conteúdo exposto no site, no entanto senti falta da resolução dos exercícios a fim de ter maior segurança quanto as minhas respostas;
- Muito bom, mas poderia ser mais bem distribuído e dividido em sub itens pra melhor organização;

- Eu achei muito boa, pois ajuda muito na fixação de conceitos e promove um melhor desempenho para a compreensão da matéria;
- Achei uma ótima ideia ter tal página, a fim de incentivar os alunos a fazerem os exercícios, porque, afinal, nós vamos enfrentá-los ano que vem, então nosso dever é praticar, e esse site nos ajudará muito;
- Há uma grande quantidade de exercícios, porém eu prefiro os tipos de exercícios que foram mostrados na aba de: exercícios para avaliação do site. Porque além de possuírem o roteiro (o que eu achei uma ideia bem legal), em um único exercício há várias perguntas. Isso é bom porquê faz com que a pessoa que está fazendo o exercício memorize melhor as regras e as fórmulas;

Referências Bibliográficas

- [1] José M. Moran, *Mudar a forma de ensinar e aprender com tecnologias*. Interações, vol. V, núm. 9, jan-jun, 2000, pp. 57-72 Universidade São Marcos -São Paulo, Brasil. Disponível em <http://www.redalyc.org/pdf/354/35450905.pdf>. Acesso em 18/07/2018.
- [2] Portal G1, *O telescópio Hubble passa por problemas*, <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/blog/cassio-barbosa/post/2018/10/12/o-telescopio-hubble-passa-por-problemas.ghtml>
- [3] BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio, Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2000. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em Novembro 2018.
- [4] José M. Moran, *Novos desafios na educação: a Internet na educação presencial e virtual - Saberes e Linguagens de educação e comunicação*. Pelotas, Editora UFPel-Pelotas, 2001, p. 19-44. Disponível em http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_eduacacao/novos.pdf. Acesso em 20/07/2018.
- [5] Vani M. Kenski, *Tecnologias e ensino presencial e a distância*. Editora Papirus, Campinas, 2003.
- [6] José A. Valente, *Uso da internet em sala de aula*. Educar, Curitiba, n. 19, p. 131-146. 2002. Editora da UFPR 132. Disponível em <http://www.redalyc.org/html/1550/155018108009/>. Acesso em 18/07/2018.
- [7] José M. Moran, *Como utilizar a Internet na educação*. Ci. Inf. v. 26 n. 2 Brasília May/Aug. 1997. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19651997000200006>. Acesso em 18/07/2018
- [8] Nelson Studart, *Simulações, Games e Gamificação no Ensino de Física*, em XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2015.
- [9] Jerome S. Bruner, *The process of Education*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1960.

- [10] David P. Ausubel, *Education psychology: a cognitive view*. Hotl, Rienhart and Winston, New York, 1968.
- [11] Jerome S. Bruner, *Para uma teoria da educação*, 1ªed., Relógio D'Água Editores, Lisboa, 1999. p.46.
- [12] Marco A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem*, Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo, 1999.
- [13] Tizuko M. Kishimoto, *O brincar e suas teorias*, Cengage Learning, São Paulo, 1998 p.139-153.
- [14] Jerome S. Bruner, *Realidade Mental, Mundos Possíveis*, 2ª ed., Artes Médicas, Porto Alegre, 2002.
- [15] David R. Olson e Nancy Torrence, *Educação e desenvolvimento humano*. Artes Médicas Sul, Porto Alegre, 2000. pp. 21-35.
- [16] Guilherme do V. T. Prado e Rosaura Soligo, *Memorial de formação - quando as memórias narram a história da formação*. Disponível em https://www.fe.unicamp.br/drupal/sites/www.fe.unicamp.br/files/pf/suportais/graduacao/proesf/proesf_memoriais13.pdf. Acesso em 19/07/2018.
- [17] Ana T. Contier e Marcio L. Netto, *Representações mentais: o pensamento narrativo e o pensamento paradigmático integrados*, Fênix – Revista de História e Estudos Culturais Janeiro/ Fevereiro/ Março de 2007 Vol. 4 Ano IV n.º 1. Disponível em <http://www.revistafenix.pro.br/PDF10/ARTIG07.SECA0%20LIVRE.Ana.Teresa.Contier.pdf>. Acesso em 18/07/2018.
- [18] Guy R. Lefrançois, *Teorias da aprendizagem: o que o professor disse*, 6ªed., Cengage Learning, São Paulo, 2016.
- [19] Adriana Pelizzari, Maria de L. Kriegl, Márcia P. Baron, Nelcy T. L. Finck, Solange I. Dorocinski, *Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel*. Revista PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002. Disponível em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>. Acesso em novembro de 2018.
- [20] Marco A. Moreira, *O que é afinal aprendizagem significativa?* Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em julho de 2018.
- [21] Marco A. Moreira, *Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão*. Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>. Acesso em julho de 2018.

- [22] Marco A. Moreira, *Aprendizagem Significativa: a teoria e os complementares*, 1. ed. Livraria da Física, São Paulo, 2011.
- [23] , Marco A. Moreira, *Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa*, Revista Chilena de Educación Científica, Vol. 7, No. 2, pág. 23-30, 2008. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESep.pdf>. Acesso em julho de 2018
- [24] R. A. Serway e J. W. Jewett Jr., *Princípios de Física, Vol. 1 – Mecânica Clássica e Relatividade*, Cengage Learning, São Paulo, 2008.
- [25] R. A. Serway e J. W. Jewett Jr., *Princípios de Física, Vol. 2 – Oscilações, Ondas e Termodinâmica*, Cengage Learning, São Paulo, 2008.
- [26] R. A. Serway e J. W. Jewett Jr., *Princípios de Física, Vol. 3 – Eletromagnetismo*, Cengage Learning, São Paulo, 2008.
- [27] R. A. Serway e J. W. Jewett Jr., *Princípios de Física, Vol. 3 – Óptica e Física Moderna*, Cengage Learning, São Paulo, 2008.
- [28] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física, Vol. 1 – Mecânica*, 9^a Ed., LTC.
- [29] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física, Vol. 2 – Gravitação, Ondas e Termodinâmica*, 9^a Ed., LTC.
- [30] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física, Vol. 3 – Eletromagnetismo*, 9^a Ed., LTC.
- [31] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física, Vol. 4 – Óptica e Física Moderna*, 9^a Ed., LTC.
- [32] D. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008.
- [33] D. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, 2. Ed., Pearson Prentice Hall, 2005.