



AS ABORDAGENS DOS PRINCIPAIS LIVROS-TEXTOS UTILIZADOS NA DISCIPLINA FÍSICA I PARA AS ENGENHARIAS

Marcel Almeida do Amaral – aamarcel2009@hotmail.com

Adrielle de Sousa Nascimento – adriellesousa@live.com

Alexandre Guimarães Rodrigues – alexgr@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia

Campus Universitário Guamá

Rua Augusto Corrêa, nº 01

66075-110 – Belém – Pará

***Resumo:** Este trabalho apresenta uma discussão sobre as abordagens utilizadas por alguns dos principais livros-textos da disciplina Física Fundamental I, com a finalidade de fornecer subsídios para que professores e discentes possam explorar os principais recursos e pontos fortes de cada obra. A pesquisa de ementários dos cursos de graduação em Engenharia e recomendações usuais dos professores da Universidade Federal do Pará justificam a escolha dos seguintes livros para análise: Física para Cientistas e Engenheiros; Fundamentos de Física; Curso de Física Básica; Física I. São analisados a maneira como se dá a abertura de capítulos, recursos didáticos utilizados pelos autores, problemas propostos e preocupação em mostrar aplicações do conteúdo estudado. Com base na análise, é traçado um perfil dos principais objetivos e público alvo preferencial de cada material.*

***Palavras-chave:** Livro-texto, Física, Mecânica, Resenha*

1. INTRODUÇÃO

A disciplina Física Fundamental I, que pode aparecer na grade curricular dos cursos de exatas com nomes similares, referenciada no presente trabalho simplesmente por Física I, é lecionada nos primeiros semestres da graduação em Engenharia e é o primeiro contato dos alunos com a Mecânica no Ensino Superior. É por meio dela que são introduzidos conceitos básicos e essenciais para o entendimento de toda a Física como os de vetores, deslocamento, força, energia, momento linear e torque. Com pequenas variações, os livros-textos da disciplina costumam seguir a seguinte ordem de tópicos: noções de Física e ferramentas utilizadas nas ciências básicas; Vetores; Cinemática Unidimensional; Cinemática Bi e Tridimensional; Leis de Newton e suas aplicações; Trabalho; Conservação de energia mecânica; Conservação de momento linear; Rotação (cinemática e dinâmica) e Conservação de momento angular. Algumas obras trazem tópicos relacionados à gravitação, relatividade, equilíbrio de corpos extensos e elasticidade.

Sabe-se que usualmente os cursos de Física I são ministrados paralelamente a outras quatro ou mais disciplinas, em um período de menos de 6 meses. Essa situação pode levar o aluno a ter que escolher um único livro-texto para estudar, ou ainda, a estudar somente pelas informações transmitidas pelo professor através de aulas, apostilas ou apresentações de *slides*.



Apesar dessa variedade de recursos alternativos disponíveis, Costa e Rabelo (2012) chamam atenção para o fato de que a abordagem teórica nos livros-textos de Física constitui um método de ensino que contempla as especificidades da disciplina, no que diz respeito à investigação, compreensão, representação e contextualização dos fenômenos físicos. Os autores destacam ainda nessas obras o discurso científico, desenvolvido por meio de questionamentos sobre os fenômenos físicos, a exposição das relações de interdependência entre as grandezas físicas e o desenvolvimento algébrico de equações matemáticas que representam os comportamentos físicos.

A fim de fornecer subsídios para que os docentes da disciplina escolham o material de acordo com os objetivos do curso, e para que discentes possam guiar seu estudo de forma a maximizar seu rendimento, foi feita uma varredura dos principais livros-textos utilizados na disciplina Física I. Essa varredura é importante para os professores não só para que possam escolher um material a ser utilizado ao longo dos estudos, mas também para que tenham base para explorar com os alunos os pontos fortes de cada obra. A pesquisa analisou a abertura dos capítulos, recursos didáticos utilizados no corpo do texto e problemas propostos. Discutem-se, ainda, as diferentes abordagens utilizadas pelos autores para convencer estudantes de Engenharia, ciências básicas ou o público em geral a estudar a disciplina. Dessa forma, é apontado um público alvo preferencial para cada material.

Para a seleção de livros e edições a serem analisados foi feita uma pesquisa nos ementários dos cursos de Engenharia Biomédica, Engenharia Civil, Engenharia da Computação, Engenharia de Telecomunicações, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Naval e Engenharia Química do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC-UFPa), e do curso de Engenharia de Bioprocessos do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará (ICB-UFPa). Os ementários dos demais cursos de Engenharia da instituição, a saber, Engenharia de Alimentos, Engenharia Ferroviária e Logística e Engenharia Sanitária e Ambiental, não foram tornados públicos. Deu-se preferência, dentre as obras listadas nesses documentos, aos livros e edições mais recomendados pelos docentes que ministram a disciplina para as engenharias da universidade.

2. ANÁLISE DOS LIVROS-TEXTOS

Os livros analisados estão referenciados na Tabela 1

Tabela 1 – Livros-textos analisados no trabalho.

Livro	Autor(es)	Edição
Física para Cientistas e Engenheiros - vol.1	TIPLER & MOSCA	6ª edição
Fundamentos de Física - vol.1	HALLIDAY <i>et al.</i>	8ª edição
Curso de Física Básica - vol.1	NUSSENZVEIG	4ª edição
Física I	YOUNG & FREEDMAN	12ª edição

2.1. Física para Cientistas e Engenheiros

A 6ª edição do livro Física para Cientistas e Engenheiros (TIPLER & MOSCA, 2012) tem conteúdo voltado para abranger um curso de um ano de Física, contendo, portanto, muitos tópicos explorados geralmente na disciplina Física II, como oscilações e ondas. Apresenta equilíbrio e elasticidade, assim como o livro Física I (YOUNG & FREEDMAN,



2008), e Gravitação, da mesma forma que o Curso de Física Básica (NUSSENZVEIG, 2004), como tópicos de Física I. É o único dentre as obras analisadas que traz capítulos dedicados à Relatividade Especial e à Mecânica dos Fluidos como parte da disciplina. Os autores relacionam os conteúdos estudados a possíveis aplicações na engenharia, contextualizando-os. Utilizam linguagem acessível e recursos visuais como gráficos, tabelas e imagens. No início de cada capítulo, é exibida uma curiosidade referente ao que será estudado e propõe um questionamento, direcionando a um determinado exemplo que dará a resposta. Em seguida, um pequeno parágrafo apresenta os tópicos abordados no capítulo. Apresenta exemplos resolvidos de forma detalhada. A seção *Checagem Conceitual* e os alertas de armadilha ao longo do desenvolvimento dos tópicos fornece base para a resolução de vários problemas, verificando o entendimento através de pontos curiosos e chamando atenção para tópicos que geralmente causam confusão. Os temas tratados na seção *Física em Foco* relacionam os conteúdos estudados a tecnologias atuais, baseadas nas pesquisas mais recentes, principalmente às relacionadas à Engenharia. A Tabela 2 apresenta os artigos da seção *Física em Foco* dos capítulos referentes à disciplina Física I. No capítulo referente a movimento em duas e três dimensões, por exemplo, a referida seção apresenta o artigo *GPS: Calculando Vetores Enquanto Você se Move*, no qual descreve a importância da análise vetorial para o funcionamento dessa tecnologia. O *Tutorial Matemático*, presente em alguns capítulos, revê resultados básicos de Geometria, Álgebra, Trigonometria e Cálculo, relaciona conceitos matemáticos com conceitos físicos no texto e fornece exemplos e problemas práticos para que os estudantes possam testar sua compreensão dos conceitos matemáticos. As listas de problemas propostos apresentam questões que aumentam o nível de dificuldade gradualmente, indo desde questões teóricas até problemas que exigem o pleno domínio dos conteúdos e ferramentas matemáticas. Algumas das questões trazem possíveis aplicações na engenharia e ciências, indicadas pelos sinalizadores *Aplicação em Engenharia*, *Aplicação Biológica* e *Rico em contexto*.

Tabela 2 – Artigos da seção *Física em Foco* dos capítulos relacionados à Física I da 6ª edição do livro Física para Cientistas e Engenheiros.

Capítulo	Artigo
Medidas e vetores	O Segundo Bissesto de 2005
Movimento em uma dimensão	Aceleradores Lineares
Movimento em duas e três dimensões	GPS: Calculando Vetores Enquanto Você se Move
Leis de Newton	Montanhas-russas e a Necessidade de Velocidade
Aplicações adicionais das Leis de Newton	Reconstituição de Acidentes - Medidas e Forças
Trabalho e energia cinética	Trabalho na Correia Transportadora de Bagagem
Conservação da energia	Vento Quente
Conservação da quantidade de movimento linear	Motores a Detonação Pulsada: Mais Rápidos (e Ruidosos)
Rotação	Ultracentrífugas
Quantidade de movimento angular	O Mundo Girando: Quantidade de Movimento Angular Atmosférica



Gravitação	Lentes Gravitacionais: Uma Janela para o Universo
Equilíbrio Estático e Elasticidade	Nanotubos de Carbono: Pequenos e fortes
Fluidos	Aerodinâmica Automotiva: Viajando com o Vento

A clareza e a aproximação da Física ao cotidiano dos estudantes facilita a visualização do que está sendo estudado e auxilia o processo de aprendizagem. As perguntas introdutórias e as *Checagens Conceituais* trazem questionamentos que ajudam na reflexão e instigam a curiosidade. Os problemas mais contextualizados trazem desafios e mostram a importância do aprendizado juntamente com os artigos do quadro *Física em Foco*. Dessa forma, as ferramentas empregadas pelos autores facilitam não só a aprendizagem dos fenômenos físicos como também tornam a leitura menos cansativa e despertam o interesse do público em geral pela Física, sendo interessante não só para estudantes de Engenharia e ciências naturais. Esses são, no entanto, o principal público alvo do livro, que explicita isso já desde seu título e na nomenclatura das seções e sinalizadores.

2.2. Fundamentos de Física

A filosofia da 8ª edição do livro Fundamentos de Física (HALLIDAY *et al.*, 2009), exposta já em seu prefácio, se baseia na ideia de que é possível utilizar conceitos estudados em Física para se chegar a conclusões a respeito do mundo real, adicionando um aspecto lúdico ao aprendizado. Cada capítulo é introduzido com um pequeno texto e uma pergunta sobre fenômenos curiosos cuja ligação com o conteúdo do capítulo parece pouco óbvia. Por exemplo, a orientação das formigas no deserto no capítulo de vetores, a sensação de frio na barriga sentida em uma montanha russa no capítulo de Leis de Newton e o movimento de um bailarino no capítulo de momento angular. As respostas são inseridas em alguma parte do texto. A Tabela 3 apresenta as perguntas introdutórias de cada capítulo. Em seguida a seção *O que é Física?* faz uma pequena enumeração de aplicações do assunto a ser abordado na explicação de acontecimentos do cotidiano, nas Ciências e na Engenharia. O corpo dos capítulos é caracterizado por uma escrita econômica, com linguagem e formulação simples e recursos didáticos como imagens, gráficos, tabelas e exemplos de problemas resolvidos. Eventualmente o leitor se depara com testes para avaliar seu entendimento sobre os últimos parágrafos lidos, e explicações de fenômenos do cotidiano baseadas nos tópicos estudados. No final dos capítulos são apresentados problemas propostos que exigem o entendimento conceitual do texto e a capacidade de operar com as fórmulas, sendo alguns deles tratando de situações inusitadas, como “corridas de camas” ou o deslizamento de uma “caixa de dinheiro sujo”.

Tabela 3 – Perguntas introdutórias dos capítulos da 8ª edição do livro Fundamentos de Física.

Capítulo	Pergunta
Medição	Como pode um edifício afundar no chão?
Movimento Retilíneo	Como um pica-pau pode sobreviver aos violentos impactos de seu bico em uma árvore?
Movimento em Duas e Três dimensões	O que um jogador faz para saber onde deve estar para apanhar uma bola de beisebol?



Vetores	Como uma formiga consegue encontrar o caminho de casa se não há pontos de referência no deserto?
Força e Movimento – I	Qual é o fator responsável pela sensação de perigo para alguém que está no último carro de uma montanha russa?
Força e Movimento – II	Como os antigos egípcios levantaram os gigantescos blocos de madeira usados para construir a grande pirâmide?
Energia Cinética e Trabalho	Que propriedade de um <i>funny car</i> determina se ele será o vencedor de uma <i>drag race</i> ?
Energia Potencial e Conservação de Energia	Por que uma grande avalanche pode atingir uma distância quase 30 vezes maior que uma avalanche pequena?
Centro de Massa e Momento Linear	Como os carneiros monteses sobrevivem às cabeçadas violentas com as quais estabelecem sua supremacia?
Rotação	Como o pequeno camarão-de-estalo produz com a garra um som tão forte que atordoia a presa?
Rolamento, Torque e Momento Angular	Como se explica a mágica de rotação de um bailarino em pleno ar em um <i>tour jeté</i> ?

A ideia de “aprender se divertindo” foi incorporada ao livro quando Jearl Walker se juntou à equipe de autores. Professor de Física, Walker se preocupava com o distanciamento entre o conteúdo ministrado em sala e o dia-a-dia dos alunos. Dessa preocupação, surgiu o livro *O Circo Voador da Física* (WALKER, 2008), em que o autor traz diversas questões e aplicações que viriam a ser aproveitadas na obra *Fundamentos de Física*. Essa filosofia torna o livro atraente não só para o estudante de Engenharia, como também para o público em geral que busca ampliar seu conhecimento científico. Os textos introdutórios provocam o leitor e despertam o interesse na disciplina. Alguns problemas menos triviais induzem à investigação e à pesquisa inclusive em outros materiais, enquanto as questões inusitadas são úteis para o propósito de divertir. Apesar da linguagem simples, o material não se distancia da formalização matemática e do rigor conceitual. Esses aspectos tornam o livro especialmente atraente para iniciantes no estudo da Física, incluindo calouros de Engenharia e curiosos em geral.

2.3. Curso de Física Básica

Os textos da 4ª edição do livro *Curso de Física Básica* (NUSSENZVEIG, 2002) iniciam ora através de uma discussão muito breve sobre fenômenos de fácil visualização para a maioria dos alunos, como o movimento de um automóvel, ora com textos sobre História da Ciência, ora sem nenhuma discussão. Em alguns capítulos, o autor disserta detalhadamente a respeito dos processos históricos que levaram às formulações dos modelos e definições apresentados, discutindo a construção do método científico. Por exemplo, o capítulo sobre trabalho e energia cinética traz um recorte da obra de Galileu Galilei a respeito das suas observações de experimentos com pêndulos que dariam origem ao princípio de conservação de energia mecânica. As definições são apresentadas de forma direta, as deduções de fórmulas se utilizam de linguagem matemática avançada. No entanto, a obra conta com poucos gráficos



e exemplos ilustrativos e não há exercícios resolvidos. Os problemas propostos exigem o pleno domínio teórico dos assuntos e a resolução de uma grande parte deles exige mais do que a simples leitura do material, mas também a investigação e a reflexão sobre o texto lido e o conhecimento já possuído pelo aluno. Dentre os livros analisados no presente trabalho, o Curso de Física Básica, é o único que traz um capítulo para forças inerciais e uma discussão do movimento de partículas carregadas em campos elétricos e magnéticos uniformes. Tal qual na obra *Física para Cientistas e Engenheiros*, o tema Gravitação é tratado como tópico da Física I. Pode-se dizer que não há maiores preocupações por parte do autor em apontar aplicações à engenharia ou ao cotidiano.

A concisão na abordagem dos tópicos permite ao livro um aprofundamento maior dentre as obras discutidas no presente trabalho e o torna uma referência para os estudantes que já possuem certo domínio de Física e querem ampliar sua bagagem teórica. Além disso, os textos sobre História da Ciência saciam a curiosidade de leitores afeiçoados à disciplina ou à Ciência em geral. Por outro lado, o aprofundamento e investigações propostos podem dificultar significativamente o aprendizado de alunos que ainda não solidificaram sua base conceitual. Ademais, a falta de conexão do conteúdo à vida profissional e cotidiana por meio de aplicações não instiga o discente iniciante a avançar. Por esses motivos, apesar de rico em conteúdo, o livro dificilmente pode ser utilizado como porta de entrada ao mundo da Física.

2.4. Física I

A 12ª edição do livro Física I (YOUNG & FREEDMAN, 2008) apresenta em seu capítulo introdutório a Física como uma ciência fundamental, base de toda engenharia e tecnologia, sendo o seu estudo uma “aventura”. No entanto, no decorrer do livro, não há relações mais aprofundadas entre o conteúdo visto e sua utilização na engenharia. É uma das obras analisadas, assim como o *Física para Cientistas e Engenheiros* (TIPLER & MOSCA, 2012), a reservar um capítulo de equilíbrio e elasticidade para ser lecionado na Física I. Os capítulos iniciam-se com uma pergunta de abertura, respondida no final do capítulo. A seguir, a seção *Objetivos de Aprendizagem* lista os conceitos que uma leitura atenta do capítulo esclarecerá e as habilidades que deverão ser adquiridas pelo leitor. Ao abordar os assuntos, os autores geralmente utilizam situações do cotidiano para descrever os fenômenos físicos, facilitando a visualização do que está sendo estudado. O texto busca ser claro e direto, chamando atenção para erros comuns, e há recursos didáticos como imagens, gráficos, tabelas, *Testes de Compreensão* ao término da maioria das seções e vários exemplos de problemas resolvidos. No final dos capítulos a seção *Questões para discussão*, cujos questionamentos são exemplificados na tabela 4, exigem a reflexão do aluno ou a habilidade de prever o comportamento de fenômenos dada uma alteração em algum parâmetro. As perguntas dessa seção não são respondidas no livro. Os *Exercícios* trazem problemas operacionais clássicos da área da mecânica em nível introdutório.

Tabela 4 – Exemplos de questões da seção *Questões para discussão* dos capítulos da 12ª edição do livro Física I.

Capítulo	Questão para discussão
Unidades, Grandezas Físicas e Vetores	Algumas vezes falamos de "um sentido para o tempo" que evolui do passado para o futuro. Isto significa que o tempo é uma grandeza vetorial? Explique seu raciocínio.



Movimento Retilíneo	Em movimento com aceleração constante, a velocidade de uma partícula é igual à metade da soma da velocidade inicial com a velocidade final. Isto é verdade quando a aceleração não é constante? Explique.
Movimento em Duas ou Três Dimensões	No caso de uma chuva forte, o que determina a melhor posição do guarda-chuva?
Leis De Newton do Movimento	Quando as extremidades de uma corda são puxadas com forças de mesmo módulo, mas sentidos contrários, por que a tensão na corda não é igual a zero?
Aplicações das Leis de Newton	A lua está acelerando em direção à terra. Por que ela não está se aproximando de nós?
Trabalho e Energia Cinética	Um caminhão descendo de um elevador possui muita energia cinética em relação a uma pessoa em repouso na estrada, mas nenhuma energia cinética em relação ao motorista do caminhão. Para esses dois sistemas de referência, o trabalho necessário para fazer o caminhão parar é o mesmo? Explique.
Energia Potencial e Conservação da Energia	Quando as pessoas estão com frio elas em geral esfregam as mãos para se aquecer. Como esse gesto produz calor? De onde vem o calor?
Momento Linear, Impulso e Colisões	Para rachar um tronco de lenha usando um martelo e uma cunha, um martelo pesado é mais eficiente do que um martelo leve? Por quê?
Rotação de Corpos Rígidos	Para maximizar o momento de inércia de um volante e minimizar seu peso, qual deve ser sua forma e como sua massa deve ser distribuída? Explique.
Dinâmica do Movimento de Rotação	À medida que o clima na Terra continua a aquecer, o gelo nas calotas polares continua derretendo e se juntando aos oceanos. Qual efeito isso terá sobre a duração do dia?
Equilíbrio e Elasticidade	Nos tempos pioneiros das carroças, quando uma carroça atolava na lama, as pessoas seguravam firmemente os raios das rodas e tentavam girar as rodas em vez de simplesmente empurrar a carroça. Por quê?

A opção de não explicitar a relação entre conteúdo e aplicações em Engenharia reflete uma possível preocupação dos autores pela flexibilidade do material, que pode ser utilizado por uma grande quantidade de cursos para o ensino da Física. A exposição de uma prévia do que deve ser aprendido ao longo do capítulo ajuda o aluno a refletir sobre o que será estudado e a relacionar com o que foi visto anteriormente. Os parágrafos de *Atenção* alertam para pontos críticos que costumam ser fontes de erros comuns, prevenindo o leitor a não os cometer. Os *Testes de Compreensão* apresentam perguntas simples que testam o que foi anteriormente discutido e os exemplos e exercícios fixam as teorias estudadas e ampliam a bagagem conceitual e operacional do estudante. Assim, embora não proporcione de forma direta a relação entre os assuntos estudados e suas aplicações na engenharia, a obra apresenta-se como uma boa aliada no ensino da Física aos estudantes que buscam ampliar sua compreensão conceitual.



3. ANÁLISE COMPARATIVA

A Tabela 5 apresenta uma comparação dos aspectos abordados no presente trabalho dos livros analisados, resumindo objetivo e público alvo principal de cada obra.

Tabela 5 – Síntese de objetivo e público alvo principal dos livros-textos analisados.

Livro	Objetivo principal	Público alvo principal
Física para Cientistas e Engenheiros	Apontar conexões diretas entre a Física e as ciências e Engenharia	Estudantes de Ciências Naturais e Engenharia
Fundamentos de Física	Ensinar Física de uma forma leve e lúdica, sem deixar de fornecer conteúdo de qualidade	Iniciantes no estudo da disciplina e curiosos em geral
Curso de Física Básica	Aprofundar o conhecimento em Física e fornecer conteúdo sobre epistemologia e História da Ciência	Estudantes que já possuem boa base na disciplina e que possuem afeição pela Física
Física I	Embasar de forma sólida os conceitos de Física	O livro não foca em um tipo de aplicação específica, prezando pela flexibilidade

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferenças de abordagem entre os livros analisados revelam que cada material possui um objetivo bem delimitado no ensino de Física I. Dessa forma, o estudante que pretende atingir total entendimento de todos os aspectos da disciplina pode descartar a possibilidade de escolher apenas um deles para o direcionamento dos estudos, uma vez que cada obra possui recursos que podem ser mais bem aproveitados quando explorados em conjunto e de maneira articulada.

Para o docente, a presente pesquisa objetivou fornecer subsídios para que este oriente o curso com base nos principais recursos e pontos fortes de obras consagradas no ensino da física básica e, com isso, otimize o rendimento dos seus alunos e explore mais possibilidades de promover um ensino mais instigante e significativo ao seu público alvo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, Maria Lúcia M.; RABELO, Wilson R. M. **Comprometimento da aprendizagem nos livros-texto de Física: discordâncias didáticas entre teoria e exercício**. Anais: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Belém: UFPA, 2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.1.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2002. v.1.



TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.1.

WALKER, Jearl. **O Circo Voador da Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

YOUNG, Hugh David; FREEDMAN, Roger A. **Física I**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

THE APPROACH OF TEXTBOOKS MAIN USED IN PHYSICS I DISCIPLINE FOR ENGINEERING

***Abstract:** This paper presents a discussion of the approach used by some of the textbooks of the course Applied Physics to Engineering I, in order to provide aids for teachers and students to explore the strengths of each work. The syllabus of undergraduate courses in engineering research and the usual recommendations of the Federal University of Pará teachers justified the choice of books Physics for Scientists and Engineers, Fundamentals of Physics, Course of Basic Physics, and Sears and Zemansky's University Physics. Opening chapters, resources teaching used by the authors, proposed problems, and concern show applications of the study content are analyzed. Based on the analysis, it is traced a profile of the main objectives and target audience of each material.*

***Key-words:** Textbook, Physics, Mechanics, Review*