

O LIVRO-TEXTO DE FÍSICA GERAL NA UNIVERSIDADE BRASILEIRA: UM BREVE ESTUDO COMPARATIVO

THE GENERAL PHYSICS TEXTBOOK IN BRAZILIAN COLLEGE: A BRIEF COMPARATIVE STUDY

LUCIANO ADLEY COSTA CASTRO^{1,2}

¹Instituto Federal Norte Minas Gerais - IFNMG, lucianoadley@yahoo.com.br

²Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências - IFUSP

Resumo

Este trabalho apresenta um breve estudo comparativo sobre dois dos mais representativos livros-texto de física geral utilizados na universidade brasileira: *Física Geral e Experimental*, do físico italiano Eligio Perucca, publicado pela primeira vez em 1932, e *Halliday/Resnick – Fundamentos de Física*, cuja oitava edição foi revisada pelo americano Jearl Walker, autor do *Circo Voador da Física*. Investigaram-se as ênfases curriculares veiculadas por essas duas obras e, também, o tratamento dado por seus autores ao tema “força e movimento”.

Palavras-chave: livro didático, física geral, ensino de física.

Abstract

This work presents a brief comparative study about two of the most representative general physics textbooks used at Brazilian university level: *General and Experimental Physics*, by Italian physicist Eligio Perucca, published for first time in 1932, and *Halliday/Resnick – Fundamentals of Physics* eighth edition, revised by Jearl Walker, author of *The Flying Circus of Physics*. To do so, we have been investigate the curricular emphasis in these books and the approach to the topic “force and motion” proposed by its authors.

Key-words: textbooks, general physics, physics teaching.

Introdução

Inspecionando-se a bibliografia sugerida para um curso de física básica, em nível universitário, atualmente disponível em diversas páginas de nossas universidades, facilmente encontradas na *Internet*, pode-se identificar um grupo, quase predominante, com pouquíssimas exceções¹, tanto de autores e obras quanto de editoras. O Quadro 1 a seguir, cujos dados foram coletados de uma dessas ditas “páginas de disciplina”², ilustra essa afirmação.

¹ Por exemplo: *Física: Fundamentos e Aplicações*, de R. M. Eisberg e L. S. Lerner, da editora McGraw-Hill; *Física Básica*, de Pierre Lucie, da editora Campus; *Física Básica*, de A. Chaves e J. F. Sampaio, da editora LTC.

² Página da disciplina “Física I para a engenharia”. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~mtunes/biblio.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2011.

Quadro 1. Livros-texto usuais para a Física Básica de nível universitário

| LIVRO-TEXTO ADOTADO | |
|-------------------------------------|--|
| REFERÊNCIA | YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Sears & Zemansky . 12. ed. Addison Wesley. |
| DESCRIÇÃO | “Este livro discute de forma objetiva e exemplificada os conceitos básicos da Mecânica Clássica. Entrelaça a Física com a Matemática, introduzindo ferramentas matemáticas somente quando a Física as torna necessárias, procurando minimizar o uso do Cálculo Diferencial, Integral e Vetorial. O livro conta ainda com um <i>website</i> no endereço < http://www.aw.com/young_br > que oferece vários recursos para professores e alunos.” |
| BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR I | |
| REFERÊNCIAS | <ul style="list-style-type: none"> • HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. Física. 7. ed. LTC. • HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; MERRILL, J. Fundamentos de Física, LTC. • KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. Física. 1. ed. Makron Books. • TIPLER, P.; MOSCA, G. Física. 5. ed. LTC. • FISHBANE, M.; GASIOROWICZ, S.; THORTON, S. T. Physics for Scientists and Engineers. 2. ed. Prentice Hall. • SERWAY, R.; JEWETT JR., J. Princípios de Física. Cengage Learning. |
| DESCRIÇÃO | “Livros do mesmo nível com boa coletânea de questões e problemas.” |
| BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR II | |
| REFERÊNCIAS | <ul style="list-style-type: none"> • NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica. 4. ed. Edgard Blucher. • ALONSO, M. S.; FINN, E. J. Física. 2. ed. Edgard Blucher. • KITTEL, C.; KNIGHT, W.; RUDERMAN, M. Mecânica: Curso de Física de Berkeley. Edgard Blucher. • FEYNMAN, R.; LEIGHTON, R.; SANDS, M. The Feynman Lectures on Physics. 2. ed. Addison Wesley. |
| DESCRIÇÃO | “Livros com abordagem mais rigorosa.” |

Arriscamo-nos a dizer que, muito possivelmente, a maioria das obras apresentadas no Quadro 1, senão todas elas, é bastante familiar a professores e estudantes universitários dos cursos em que a Física comparece como componente curricular. É também provável que muitos de nós professores, que hoje lecionamos nesses cursos, tenhamos estudado em algum dos livros citados, enquanto graduandos, e que hoje, ainda que décadas depois de nos termos graduado, estejamos adotando algum deles como texto básico ou complementar das disciplinas que ora ministramos.

Quanto à escolha do livro didático, ou, como já é de uso corrente, a sua “adoção”, há pelo menos quarenta anos, período que se seguiu à Reforma Universitária de 1968³, norteadora da primeira fase de organização curricular dos cursos de graduação como os temos hoje, especialmente aqueles destinados à formação de físicos (bacharéis e licenciados) e de engenheiros, suscita a consideração de múltiplos aspectos, além de dividir opiniões, como se pode inferir do depoimento seguinte, extraído das Atas do I Simpósio Nacional sobre Ensino de Física (SNEF), realizado em Salvador-BA, no ano de 1970:

“O livro texto de Física escolhido foi o Halliday-Resnick. Entre as razões que motivaram sua adoção estão as seguintes: existe em português, seu preço é acessível, cobre todo o ciclo básico e seu nível foi considerado satisfatório para a média dos cursos. Os livros de Sears e de Goldemberg são também recomendados como alternativas. Os livros do curso de Berkeley bem como os de Alonso e Finn são citados e aconselhados apenas para alunos de alta capacidade. A escolha de livro texto sempre tem dado origem a polêmica. Há quem expresse a opinião de que o livro de Halliday-Resnick é nível elementar para o aluno que tenciona ser físico. No entanto,

³ Lei nº 5.540, de 28 de novembro de 1968.

com a grande expansão de matrículas dos últimos anos, o preparo médio dos alunos decaiu. Não nos parece que o livro texto adotado se tenha revelado fácil para nenhum curso.” (BARBOSA, 1970, p. 212).

Tais considerações, inevitavelmente, remetem-nos a algumas questões gerais como: *por que algumas dessas obras vêm se perpetuando no nosso espaço universitário há décadas, acumulando consecutivas edições? Que aspectos didáticos têm, porventura ou intencionalmente, assegurado a sua longevidade, a despeito do insucesso já corriqueiro dos estudantes que cursam as disciplinas a tais obras correspondentes? Por que, e desde quando, no contexto de que estamos tratando, predominam autores americanos, em detrimento de autores brasileiros?*

E também a questões mais específicas como: *que significado têm, em termos didático-pedagógicos, no campo do ensino e da aprendizagem de Física, termos como “forma objetiva e exemplificada”, “entrelaçar Física e Matemática”, “livros de mesmo nível”, “boa coletânea de problemas e questões”, “abordagem mais rigorosa”, como referidos no Quadro 1, ou “alunos de alta capacidade”, presente no trecho supracitado? E ainda: ‘existem, nas citadas obras, aspectos de forma e conteúdo, no que tange às ênfases curriculares veiculadas por elas, ou de outra natureza, que as tornam mais adequadas para um perfil de formação profissional específico, como físico, professor de Física, ou engenheiro, por exemplo?*

Esses questionamentos, e outros afins, potencializados pela quase inexistência de trabalhos correlatos, conduziram-nos a empreender uma pesquisa sobre a trajetória dos livros de texto empregados na universidade brasileira, utilizados como suporte ao ensino e ao aprendizado de Física Geral e disciplinas congêneres, desde a década de 1930 até o presente. Aqui, dado o pequeno espaço disponível, e o estágio ainda iniciante de nossa pesquisa, optamos por apresentar um breve estudo exploratório e comparativo de duas obras que se encontram nos extremos do período histórico que demarcamos: *Física Geral e Experimental*, de Eligio Perucca, cuja primeira edição é de 1932, e *Halliday-Resnick - Fundamentos de Física*, de Jearl Walker, cuja oitava edição brasileira é de 2008.

A primeira destas obras, segundo indicam os dados que obtivemos, foi, nas décadas de 1930 e 1940, até a introdução dos livros de texto americanos, bibliografia obrigatória nas cadeiras de física básica das três maiores universidades da região sudeste, estruturadas após a Reforma Francisco Campos⁴: a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade do Estado de Minas Gerais (atual Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG) e a Universidade do Brasil, no Rio de Janeiro, (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ). Sobre a segunda obra, como atesta Moreira (2000), referindo-se à linhagem da qual faz parte, iniciada em 1960, quando o “patriarca da família”, intitulado *Physics for Students of Science and Engineering*, foi pela primeira vez publicado, “[...] não é preciso acrescentar nada de tão conhecido que é. Quem dos atuais professores de Física nunca estudou ou deu aulas pelo Halliday & Resnick?” (MOREIRA, 2000, p. 96).

Fundamentação teórica

A complexidade do livro didático, enquanto objeto de pesquisa, é bem caracterizada por Stray (1993), quando o define como sendo um produto cultural composto, híbrido, que pode ser situado no “[...] cruzamento da cultura, da pedagogia, da produção editorial e da sociedade” (STRAY, 1993, p.77-78). Ainda assim, segundo Choppin (2004), a história dos livros e das edições didáticas vem se constituindo, nos últimos trinta anos, em um campo de pesquisa em pleno desenvolvimento, “[...] dinâmica, profícua e de caráter nacional” (CHOPPIN, 2004, p.

⁴ Decreto nº 19.851, de 11 de abril de 1931.

551), a qual admite duas vertentes, conceitual e metodologicamente distintas, mas complementares.

A primeira dessas vertentes, ainda conforme Choppin (2004, p. 554), que toma o ente “livro didático” (LD) por documento histórico, centra-se no seu conteúdo, geralmente na busca de informações que permitam ao pesquisador reconstruir a história de um determinado tema, fazendo-se necessária a complementação da coleta de dados que o subsidiarão por meio de outras fontes. A segunda, que concebe o LD como um produto fabricado, comercializado e consumido, negligencia o seu conteúdo e busca reconstruir o ambiente em que os livros foram concebidos, produzidos, distribuídos, utilizados e “recebidos”.

No âmbito do ensino de Física, ao destacar a *disciplinarização* do seu conteúdo, e à luz da transposição didática de Chevallard, Wuo (2003) associa aos LD:

“[...] uma manifestação importante da *conversão* do saber científico que, por situar-se na interligação currículo/didática, exerce uma forte influência tanto na organização da disciplina como nas atividades desenvolvidas pelos professores. [...] Pelo seu papel de grande curricularista, pela sua importância como instrumento pedagógico para o professor, pelo seu registro concreto e imutável dos conteúdos conceituais, da idéia da ciência, etc., o livro exibe uma perspectiva indispensável para configurar o território complexo da educação escolar.” (WUO, 2003, p.308-309).

Ainda segundo Wuo (2003), referindo-se aos aspectos factíveis de uma pesquisa que tenha por objeto o LD de Física, não é razoável esperar que exista uma relação do tipo biunívoca entre a totalidade do conhecimento em Física e a organização curricular a ela associada nos LD uma vez que:

“[...] esses saberes atendem a necessidades geradas por distintas esferas da vida social. Mas pode-se perguntar, **em relação à multiplicidade histórica e contemporânea dos livros**, se há um núcleo básico de física, se estão sendo levados em conta aspectos históricos e filosóficos da cultura científica, se os sujeitos elaboradores da física estão sendo considerados, quais atividades pedagógicas os livros sugerem, que tipo de relação a física do livro mantém com a física ciência, e outras. Essas interrogações, **se levadas a termo para diferentes épocas**, proporcionariam sem dúvida um melhor entendimento não só da função do livro didático, mas da própria educação escolar.” (WUO, 2003, p. 309, grifos nossos).

Com tais observações, em nosso entendimento, articula-se também o conceito de ênfase curricular, o qual, segundo Moreira e Axt (1986), pode ser posto como: “[...] um conjunto coerente de mensagens sobre ciências comunicadas, explícita ou implicitamente, ao estudante.” (MOREIRA e AXT, 1986, p. 35). Esses autores elencam, descrevem e exemplificam dez ênfases curriculares⁵, identificáveis em LD de Física, as quais, necessariamente presentes nessas obras, isentam-nas de *neutralidade*, convertendo-as em veículos de uma (ou mais) daquelas dez ênfases por eles elencadas.

Portanto, entendemos que a análise dos LD de Física, numa perspectiva diacrônica, ambientada em um segmento de ensino e escolarização específicos, e tendo por fundo a sua natureza dual, de *documentos históricos* e de *produtos fabricados*, requer uma vasta inspeção documental, que inclui captar a objetividade perceptível em sua superfície textual, e pretendida por seus autores, assim como explorar e, se possível, explicitar, a subjetividade própria, inclusive testemunhal, dos seus leitores e usuários. Em favor disso, afirma Bittencourt (2004): “[...] nos livros didáticos existem outras informações além do seu conteúdo didático, que se encontram nos prefácios, prólogos, advertências, introduções. Nestes, é possível entrever mensagens dos autores e os possíveis diálogos com os professores, com as autoridades e com os alunos e suas famílias.” (BITTENCOURT, 2004, p. 479).

⁵ Ênfase curricular: (1) da “ciência do cotidiano”; (2) da “estrutura da ciência”; (3) da “ciência, tecnologia e sociedade”; (4) do desenvolvimento de “habilidades científicas”; (5) das “explicações corretas”; (6) do “indivíduo como explicador”; (7) da “fundamentação sólida”; (8) da “tecnologia educacional”; (9) da “auto-realização”; (10) da “ciência integrada”. (MOREIRA e AXT, 1986, p. 36).

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para o breve estudo exploratório e comparativo que se apresenta neste trabalho, efetuado sobre as obras *Física Geral e Experimental*, de Eligio Perucca, e *Halliday/Resnick - Fundamentos de Física*, de Jearl Walker, optou-se por, inicialmente, analisar e confrontar, para cada obra, a sua estrutura, a abrangência do conteúdo proposto e a proposta pedagógica contida no discurso do seu autor, inferida do prefácio da publicação, em acordo com Bittencourt (2004), no sentido de configurar, dentre outros perfis, as ênfases curriculares por elas veiculadas. Para tanto, apoiamo-nos na *análise de conteúdo*, conforme Bardin (2003).

Em uma segunda etapa, analisou-se o tratamento dado pelos autores ao tema *força e movimento*. Tal demarcação de campo conceitual para a análise dos aspectos didáticos das obras, embora de caráter bastante restritivo, atende bem ao dimensionamento do presente trabalho; além disso, por tratar-se de tema já consagrado e frequente nos textos destinados à introdução dos conceitos de mecânica para ingressantes na graduação, é comum às duas obras. Para tanto, utilizou-se, com as adaptações necessárias, um roteiro de exploração baseado nos seis parâmetros de análise definidos por Wuo (2000): (I) inserção do tema escolhido na estrutura curricular da obra; (II) abordagem e desenvolvimento do tema; (III) ilustrações e aspectos gráficos de apoio à abordagem do tema; (IV) exercícios e problemas como recursos didáticos complementares; (V) experimentos alusivos ao tema ou propostos para o seu aprofundamento; (VI) interconexões do tema com: aspectos do cotidiano, história da ciência, tecnologia e sociedade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura das obras, abrangência do seu conteúdo e propostas pedagógicas dos autores

O Quadro 2 que se segue sumariza a estrutura, o conteúdo e a proposta curricular das obras analisadas.

Quadro 2. Estrutura, conteúdo e propostas curriculares.

| OBRA | FÍSICA GERAL E EXPERIMENTAL | | | FUNDAMENTOS DE FÍSICA | | |
|---|--|--|---|--|--|---|
| | Volumes | Capítulos | Páginas | Volumes | Capítulos | Páginas |
| Estrutura | 2 | 47 | 1936 | 4 | 48 | 1458 |
| Conteúdo | Volume I | Volume II | Vol. 1 | Vol. 2 | Vol. 3 | Vol. 4 |
| | <ul style="list-style-type: none"> Mecânica da partícula e do corpo extenso Elasticidade Fluidos Ondas Acústica Termodinâmica | <ul style="list-style-type: none"> Ótica Eletrostática Circuitos elétricos Magnetismo Ondas Eletromagnéticas Radioatividade Espectroscopia Efeito fotoelétrico | <ul style="list-style-type: none"> Medição Mecânica da partícula Torque e rolamento Momento angular | <ul style="list-style-type: none"> Estática Elasticidade Gravitação Fluidos Oscilações Termodinâmica | <ul style="list-style-type: none"> Carga, campo e potencial elétrico Circuitos Eletromagnetismo | <ul style="list-style-type: none"> Corrente alternada Ondas Eletromagnéticas Ótica Física Moderna |
| Proposta Curricular e Público Alvo | <p>• Segundo o autor, a obra corresponde e deriva do curso de dois anos, ministrado por ele, na Escola de Engenharia de Turim.</p> <p>• “[...] esses dois volumes têm por objetivo não somente apresentar as lições do curso de modo mais digno e completo [...] como também se destinam a todos os engenheiros,</p> | | | <p>• Segundo o autor, adequa-se a cursos de física básica para as carreiras científicas em geral</p> <p>• “Procurei incluir muita física do mundo real nesse livro [...]”;</p> <p>• “Boa parte dos assuntos vem das minhas aulas [...] As notas que tomei a respeito dos meus sucessos e fracassos ajudaram a estabelecer as bases para este livro.”</p> <p>• “Tive muitos objetivos ao escrever este livro,</p> | | |

| | | |
|--|---|---|
| | químicos, técnicos, estudiosos em geral, que desejem atualizar os seus conhecimentos no campo da física geral e experimental, e àqueles que queiram preparar-se para a leitura dos tratados especiais de física pura ou aplicada.” (PERUCCA, 1932). | mas o principal foi proporcionar aos professores um instrumento através do qual possam ensinar os alunos a estudar assuntos científicos, identificar conceitos fundamentais, pensar a respeito de questões científicas e resolver problemas quantitativos.” (WALKER, 2008). |
|--|---|---|

Apesar das oito décadas que as separam, como se pode depreender dos dados apresentados no Quadro 2, tanto o conteúdo abordado, quanto a sua sequenciação ao longo do texto, seguem um padrão comum às duas obras. Ressalte-se, entretanto, que a escala de detalhamento dos grandes campos conceituais arrolados no Quadro 2, como a mecânica, por exemplo, é muito mais abrangente na obra de Perucca (1932). Cumpre destacar, corroborando essa afirmação, que, distintamente do livro de Walker (2008), que se utiliza somente de derivadas e integrais de funções a uma variável, Perucca, no tratamento dos campos de força, desenvolvido ao longo de vinte e oito páginas, no capítulo destinado à Estática, utiliza-se dos Teoremas de Gauss e de Stokes⁶, os quais são inclusive demonstrados. Isso, assim nos parece, introduz uma *nova concepção* para os cursos de física básica, que eram àquela época ministrados, como se pode inferir das seguintes palavras de Perucca (1932):

“As páginas que se seguem não foram escritas para compor um tratado superficial de divulgação, pois os engenheiros, técnicos, estudantes e homens de estudo que se sirvam do mesmo devem ter conhecimento da física elementar e dos fundamentos da geometria analítica e do cálculo infinitesimal. Efetivamente, a Física é uma das ciências que se hão de estudar necessariamente por aproximações sucessivas; e uma característica que distingue este livro dos outros de igual extensão, publicados até agora na Itália, é o maior emprego da matemática. [...] Rompe-se assim, na Itália, uma tradição já abandonada em todos os países que estão na vanguarda dos estudos físicos [...]” (PERUCCA, 1932).

Essa *nova concepção*, segundo indicam os dados de nossa pesquisa, foi importada, e inserida nas nossas incipientes estruturas curriculares dos cursos de física e engenharia, no início dos anos de 1930. O maior responsável por essa importação e inserção, atrevemo-nos a afirmar, foi Gleb Wataghin, ex-aluno e posteriormente colaborador de Perucca, quando veio para o Brasil, em julho de 1934 (WATAGHIN, 2010, p. 25). O impacto dessa nova concepção para o ensino de física básica de nível universitário fez-se rapidamente sensível, tanto na recém-criada USP, como detalha PRADO (1981)⁷, quanto na também recém-criada Universidade de Minas Gerais, como depõe a esse respeito o professor Francisco Gomes, fundador do Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) daquela universidade:

“[...] posso dizer que procurei reformular o ensino da Física num nível bem mais alto do que aquele que era dado na Escola de Minas, ou o que, nos anos anteriores, era dado na Escola de Engenharia. Defendi que se devia dar aulas num nível mais alto, lutei por isto com meus colegas, e afinal de contas consegui. [...] Quero dizer, então, que sofri uma influência benéfica e indireta do professor Wataghin, professor de naturalidade russa. Ele havia ido para a Itália durante a revolução comunista e se tornara um dos grandes professores de Física da Europa. Esse homem foi contratado para São Paulo, e eu sofri uma influência indireta dele. Procurei saber o que ele estava fazendo, e tentei me guiar, em parte, pela orientação que ele estava dando ao curso de São Paulo. Eu me lembro, por exemplo, que uma das coisas que fiz nesse sentido foi introduzir como livro-texto o livro do

⁶ $\int_V \text{div } \vec{H} \cdot dV = \int_V d\Phi = \int_S \vec{H} \cdot d\vec{S}$ e $\int_S \vec{R} \cdot d\vec{S} = \int_S \text{rot } \vec{H} \cdot d\vec{S} = \int_s \vec{H} \cdot d\vec{s}$, respectivamente, como aparece em

Perucca (1943, p.152; 169).

⁷ O curso de Física da USP, segundo Prado (1981, p.2), tinha a duração de três anos, senso a seguinte a sua estruturação curricular: **Primeiro ano:** Física Geral e Experimental (1ª parte); Cálculo Vetorial; Geometria Analítica e Projetiva; Análise Matemática (1ª parte). **Segundo ano:** Física Geral e Experimental (2ª parte); Mecânica Racional; Análise Matemática (2ª parte). **Terceiro ano:** Teorias da Física e História da Física; Física Geral e experimental (Exercícios de Física); Análise Matemática (3ª parte).

professor Perucca, de Milão, que já era um tratado de Física de um padrão extremamente mais alto do que todos aqueles que tinham sido usados anteriormente no Brasil.” (GOMES, 2010, p. 11).

Ênfases curriculares

Embora sejam ambas de caráter propedêutico, tendo sido redigidas a partir da experiência direta dos autores em sala de aula, como testificado por eles no Quadro 2, os livros de Perucca e Walker veiculam ênfases curriculares bastante distintas entre si. O texto de Perucca enfatiza a fundamentação empírica do conhecimento físico, explorando, reiteradamente, as evidências experimentais que dão sustentação aos princípios e leis físicas, valendo-se da apresentação e descrição de inúmeros aparelhos e equipamentos para medição das grandezas físicas relevantes de um determinado contexto ou conceito em estudo⁸. Isso corresponde à ênfase do “desenvolvimento das habilidades científicas”. Walker, seguindo outra direção, declara ter tido a intenção de apresentar aos estudantes “uma física do mundo real”, que corresponderia à ênfase da “ciência do cotidiano”, além de prover os professores, por meio de seu livro, de um instrumento didático adequado para que se alcance aquele fim. Nessa segunda *intenção*, detalhada pelo autor no prefácio de sua obra (WALKER, 2008), vê-se configurada a ênfase da “tecnologia instrucional”.

Tratamento do tema *força e movimento*

O Quadro 3 a seguir apresenta o plano de trabalho e a sequência didática propostos por Perucca (1943) para a abordagem da mecânica.

Quadro 3. A divisão didática da Mecânica proposta por Perucca (1943).

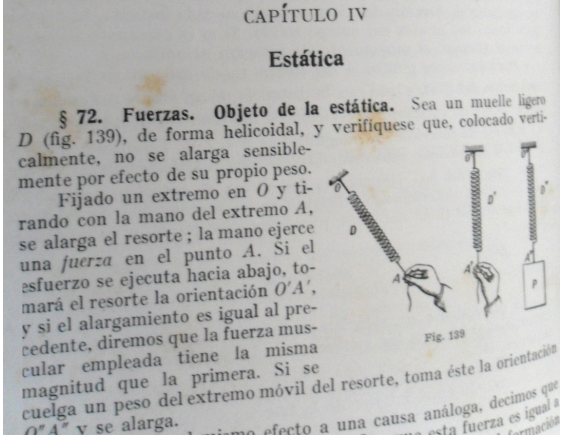
| PLANO DIDÁTICO | SÍNTESE DA ESTRUTURAÇÃO CURRICULAR |
|--|---|
| <p>“§18. Objeto e divisão da mecânica. Divide-se a mecânica em <i>cinemática</i>, <i>estática</i> e <i>dinâmica</i>. A <i>cinemática</i> estuda os movimentos independentemente de suas causas; constituem os seus conceitos fundamentais o <i>espaço</i> (distância) e o <i>tempo</i>. A <i>estática</i> estuda o equilíbrio das forças e requer, ademais, o conceito de <i>força</i>. A <i>dinâmica</i> estuda a relação entre o movimento e as suas causas. Nela, introduz-se outro conceito: o de <i>massa</i>.</p> | <p>Capítulo 1: Medida das grandezas fundamentais. Unidade e padrão de comprimento (“metro-padrão”, comparadores, calibradores, catetômetro, esferômetro, Palmer, microscópio micrométrico). Unidades e medidas de superfícies (planímetro polar). Unidades e medidas de volume. Unidades e medidas de ângulos (goniômetros diversos, método do espelho giratório, método de Poggenдорff). Medida de um intervalo de tempo (o <i>segundo solar médio</i> como padrão, pêndulos, balancins, relógios, cronógrafos). Unidades, padrões e medidas de forças (dinamômetros e balanças diversas). Medida da densidade de sólidos e líquidos.</p> |
| | <p>Capítulo II: Noções sobre vetores. Grandezas escalares e vetoriais (expressão em termos dos unitários i, j e k). Soma e diferença. Produto escalar. Produto vetorial. Produto triplo.</p> |
| | <p>Capítulo III: Cinemática. Posição e trajetória. Movimento retilíneo (uniforme, uniformemente acelerado, harmônico simples e harmônico amortecido). Movimento curvilíneo (dedução das expressões para a velocidade e aceleração instantâneas em termos dos unitários das direções tangente e normal à trajetória da partícula). Movimento circular uniforme. Movimento em espiral logarítmica. Composição de movimentos (sobre um mesmo eixo e sobre eixos ortogonais, pêndulo duplo de Righi, construção de Fresnel, figuras de Lissajous, método estroboscópico de observação). Translação de um corpo rígido.</p> |
| | <p>Capítulo IV: Estática. Conceito de força (a noção intuitiva, forças de campo, de superfície e de resistência oferecida por um meio fluido). Campo</p> |

⁸ Digno de nota, nesse sentido, é a seguinte orientação de Perucca, dirigida aos leitores do seu livro, extraída do prefácio de sua quarta edição: “É necessário integrar o estudo com a observação e o experimento. [...] Se queres, leitor, obter os melhores frutos de minha obra, recomendo-te que busques em cada uma de minhas páginas o vínculo que a une com o experimento em tua escola, com a máquina que funciona em uma oficina, com o aparato que emprega em teu laboratório, com a instalação que dá vida a tua indústria.” (PERUCCA, 1943).

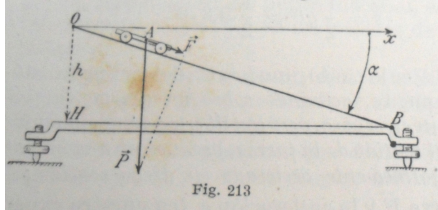
| | |
|---|---|
| <p>Recordemos que dos quatro conceitos: espaço, tempo, força e massa, o conceito de força (ou o de massa), pode-se considerar derivado dos outros três.</p> | <p>de força e potencial (fluxo, teorema de Gauss, trabalho e circulação, campos conservativos, energia potencial, teorema de Stokes, campos vetoriais, campos de força central, forças coulombianas e newtonianas. Estática da partícula (sistemas de forças, tipos de equilíbrio, vínculos diversos, reações dos vínculos). Equilíbrio de um corpo rígido (sistemas de forças aplicadas, baricentro, momento de uma força, vínculos diversos). Noções sobre o princípio dos trabalhos virtuais (aplicação ao rolamento de um cilindro sobre um plano inclinado e à balança de Roberval). Máquinas simples diversas.</p> |
| <p>Antepõe-se um capítulo sobre a medição das grandezas fundamentais: espaço, tempo, força e massa, e breves noções sobre os vetores. Logo em seguida, vem a mecânica da partícula e dos corpos rígidos (quer-se dizer indeformáveis), e, finalmente, estuda-se a mecânica dos corpos deformáveis.” (PERUCCA, 1943, p. 31).</p> | <p>Capítulo V: Dinâmica. Princípios da dinâmica. Princípio de ação das forças (Aparato de Laborde - C. Newman, máquina de Morin, tubo de Newton, plano inclinado de Galileu, máquinas de Atwood e de Fletcher). Princípio de inércia e sistemas inerciais. Lançamento oblíquo. Quantidade de movimento linear, impulsão e os seus momentos. O princípio de ação e reação. Forças de inércia. Conservação da quantidade de movimento. Trabalho, potência e energia (teorema das forças vivas e conservação da energia, aplicação ao plano inclinado). Atrito. Choques. Dinâmica das oscilações (pêndulo simples, vibrações livres, amortecidas e forçadas, experimentos e aparatos diversos). Rotação de um corpo rígido em torno de um eixo fixo. Momento de uma força, aceleração angular e momento de inércia. Energia cinética de rotação. Teorema do momento das quantidades de movimento (conservação do momento da quantidade de movimento). Pêndulo composto. Rolamento e atrito de rolamento. Aparatos diversos de demonstração dos princípios expostos. Giroscópio.</p> |

Percebe-se, inspecionando-se o Quadro 3, que, distintamente do espaço e destaque que as três leis de Newton ocupam nos textos atuais, quando se dedicam a tratar o tema *força e movimento*, PERUCCA (1943), coerente com a ênfase curricular que caracteriza o seu livro (*desenvolvimento das habilidades científicas*), o “dilui” e “pulveriza” no Capítulo V, visando, sempre, partir de fundamentos empíricos ou experimentais que corroborem a *lei física* que expõe. O Quadro 4 seguinte reproduz alguns dos fragmentos produzidos por esse processo.

Quadro 4. Força e movimento segundo Perucca (1943).

| O CONCEITO INTUITIVO DE FORÇA | AS LEIS DO MOVIMENTO |
|---|---|
|  <p>Fonte: PERUCCA (1943, p. 146).</p> | <p>“Deve-se confessar que é necessário postular muitas coisas para oferecer um experimento que permita comprovar diretamente as leis da dinâmica. Galileu e Newton chegaram a estas leis através de uma maravilhosa intuição, mas bem embasados em um sólido apoio experimental. [...] A dinâmica da partícula está contida em duas leis: a segunda lei da dinâmica ou <i>princípio de ação das forças</i>, e a terceira lei da dinâmica ou <i>princípio de ação e reação</i>. A <i>primeira lei</i> ou <i>princípio de inércia</i> é um caso particular da segunda lei, e não existe motivo algum para se fazer dela uma lei em separado.” (PERUCCA, 1943, p.224).</p> |
| <p>O PRINCÍPIO DE AÇÃO DAS FORÇAS</p> | |

“d) Plano inclinado de Galileu. Equipara-se o movimento vinculado do carrinho A (fig. 213), sob o efeito do peso P, ao movimento livre de A ao longo da reta OB sob o efeito da componente ativa F paralela ao plano. Posto que $F = P \operatorname{sen} \alpha$, a força ativa varia com a inclinação do plano, e pode ser reduzida a uma pequena fração de P.” (PERUCCA, 1943, p. 226).



Fonte: PERUCCA (1943, p. 226).

miento de descenso puede observarse fácilmente: es uniformemente acelerado. Entre los numerosos artificios que permiten demostrar esto experimentalmente, recordemos el que consiste en proporcionar al carrito A, que baja por el plano inclinado, una punta que escribe sobre un cilindro giratorio, cuyo eje es paralelo a los carriles que guían el carrito: en resumen, se acopla el plano inclinado con la máquina de MORIN. La aceleración \vec{a}_c cambia al variar α ; pero para un cuerpo dado resulta:

$$\frac{\vec{F}}{\vec{a}_c} = m, \quad [2]$$

donde m es una constante positiva característica del cuerpo, pero, para cada cuerpo, independiente de \vec{F} ; esta constante se llama *masa inerte* o *masa del cuerpo*. \vec{F} y \vec{a}_c son, pues, vectores paralelos y del mismo sentido.

En particular, para la caída libre, $\vec{F} = \vec{P}$, $\vec{a}_c = \vec{g}$, y la [2] se escribe:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad [3]$$

Fonte: PERUCCA (1943, p. 227).

Walker (2008) por sua vez, ao desenvolver a mecânica, embora não o explicita, utiliza-se do plano didático sumarizado na sequência seguinte, o qual, a menos da ordenação e nível de detalhe, é essencialmente similar ao de Perucca (1943): Medição, Vetores, Cinemática, Dinâmica da partícula, Dinâmica do corpo rígido (WALKER, 2008, v. 1), Estática do corpo rígido e Elasticidade (WALKER, 2008, v. 2). Entretanto, ao apresentar desenvolver o tema *força e movimento*, distintamente do que faz Perucca (1943), opta por desconsiderar o procedimento estático para a medida de uma força e parte de situações físicas que associam entre si força e aceleração. A título de comparação com a abordagem de Perucca (1943), reproduzimos no Quadro 5 a seguir alguns fragmentos textuais da sequência didática elaborada por Walker (2008).

Quadro 5. Força e movimento segundo Walker (2008).

| O CONCEITO DE FORÇA | | |
|--|---|--|
| | Definição da Unidade de Força | Representação Gráfica |
| <p>“Vimos que a física estuda o movimento dos objetos, como as acelerações, que são variações de velocidade. A física também envolve o que causa a aceleração dos objetos. A causa é sempre uma força, que pode ser definida em termos coloquiais, como um empurrão ou um puxão exercido sobre os objetos. Dizemos que a força age sobre o objeto mudando a sua velocidade. Por exemplo, na largada de um grande prêmio de fórmula 1, uma força exercida pela pista sobre os pneus traseiros provoca a aceleração dos veículos.” (WALKER, v.1, p. 96).</p> | <p>“Colocamos o corpo-padrão sobre uma mesa horizontal sem atrito e o puxamos para a direita (Fig. 5-1) até que, por tentativa e erro, ele adquira uma aceleração de 1 m/s^2. Declaramos então, a título de definição, que a força que estamos exercendo sobre o corpo-padrão tem módulo de 1 newton (1 N).” (WALKER, v.1, p. 97).</p> | <p>FIG. 5-1 Uma força \vec{F} aplicada ao quilograma-padrão provoca uma aceleração \vec{a}.</p> <p>Fonte: Walker (2008, v.1, p. 97).</p> |
| MASSA E A SUA MEDIÇÃO | | |
| <p>“Podemos explicar como medir a massa imaginando uma série de experimentos em um referencial inercial. No primeiro experimento exercemos uma força sobre um corpo-padrão, cuja massa m_0 é definida como sendo $1,0 \text{ kg}$. Suponha que o corpo-padrão sofra uma aceleração de $1,0 \text{ m/s}^2$. Podemos dizer então que a força que atua sobre esse corpo é $1,0 \text{ N}$. Em seguida aplicamos a mesma força (precisaríamos nos certificar, de alguma forma, de que a força é mesma) a um segundo corpo, o corpo X, cuja massa não é conhecida. Suponha que descobrimos que esse corpo sofra uma aceleração de $0,25 \text{ m/s}^2$. [...] Vamos então fazer a seguinte conjectura: a razão entre as massas de dois corpos é igual ao inverso da razão entre</p> | | |

as acelerações que eles adquirem quando submetidos à mesma força. Para o corpo X e o corpo-padrão isso significa que: $\frac{m_x}{m_o} = \frac{a_o}{a_x}$. Explicitando m_x , obtemos:

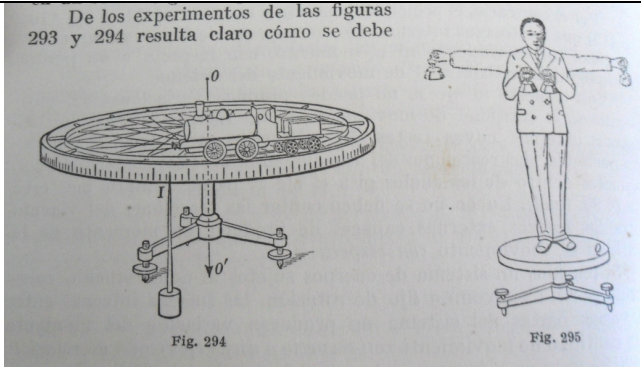
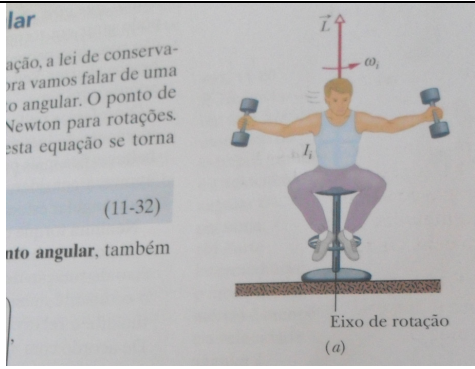
$$m_x = m_o \frac{a_o}{a_x} = (1,0 \text{ kg}) \frac{(1,0 \text{ m/s}^2)}{(0,25 \text{ m/s}^2)} = 4,0 \text{ kg.}'' \text{ (WALKER, 2008, v.1, p.99, grifo nosso).}$$

Percebe-se, dos dados contidos no Quadro 5, ao introduzir o conceito de força, o esforço do autor em se fazer coerente com a ênfase curricular a que se propôs (*ciência do cotidiano*). No entanto, fragiliza-se esse esforço à proporção que busca estabelecer a medida da massa inercial de um corpo sem um amparo experimental adequado e factível, como se depreende da frase que pusemos em negrito no Quadro 5.

É perceptível também que, ainda que muito discretamente, Perucca (1943) resguarda a ênfase curricular da *estrutura da ciência* quando, no Quadro 4, menciona o papel conjunto de Galileu e Newton no estabelecimento das leis do movimento. Walker (2008), por sua vez, sequer menciona o nome de Galileu, restringindo-se a escrever: “A relação que existe entre uma força e a aceleração produzida por ela foi descoberta por Isaac Newton (1642 – 1727), e é o assunto deste capítulo.” (WALKER, 2008, v.1, p.96).

Embora distanciadas no tempo, no estilo e nas ênfases curriculares veiculadas, as duas obras apresentam um ponto coincidente. Após abordarem o princípio de conservação do momento angular, tratado rigorosamente por Perucca (1943) como *momento da quantidade de movimento*, tanto ele quanto Walker (2008), ao apresentarem experimentos que demonstrem (ainda que qualitativamente) este princípio, utilizam-se das situações físicas apresentadas no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6. Experimentos sobre a conservação do momento linear.

| EM PERUCCA (1943) | EM WALKER (2008) |
|--|---|
| <p>De los experimentos de las figuras 293 y 294 resulta claro cómo se debe</p>  <p>Fig. 294</p> <p>Fig. 295</p> <p>Fonte: Perucca (1943, p. 330).</p> | <p>lar</p> <p>ação, a lei de conservação vamos falar de uma o angular. O ponto de Newton para rotações. esta equação se torna</p> <p>(11-32)</p> <p>nto angular, também</p>  <p>Eixo de rotação (a)</p> <p>Fonte: Walker (2008, v.1, p. 311).</p> |

Note-se que, nas duas figuras apresentadas no Quadro 6, seja o homem sobre uma plataforma em rotação, no caso de Perucca (1943), seja o homem assentado em uma cadeira giratória, no caso de Walker (2008), propõe-se um experimento facilmente reproduzível e de forte apelo demonstrativo. Curiosamente, a “fig. 295” (Quadro 6) é a única do livro de Perucca (1943) que retrata, por inteiro, e em ação investigativa, a figura humana. No livro de Walker (2008), distintamente, tais representações são abundantes, inclusive nos exercícios propostos, sendo estes ausentes por completo na obra de Perucca (1943). Cada qual, portanto, no uso dos recursos de imagem e representação pictórica, mantém-se fiel à ênfase curricular pretendida.

Considerações finais

No presente trabalho, em que foram confrontadas duas obras didáticas sobre física básica de nível universitário, cada qual representativa de um período da história do ensino de física no Brasil, evidenciaram-se as colocações de Choppin (2004) sobre a natureza dual desse campo de pesquisa.

Por um lado, enquanto *documento histórico*, o LD traz à tona uma série de elementos que elucidam, por exemplo, a evolução de uma disciplina no interior de um segmento de escolarização específico. Verificamos que, no intervalo de oito décadas que separa as duas obras aqui analisadas, houve uma *cisão* da disciplina originalmente introduzida em nossas universidades, quando da sua criação, na década de 1930, denominada Física Geral e Experimental. Atualmente, via de regra, tem-se a separação disciplinar *Física de aulas teóricas* e *Física de aulas práticas*. Além disso, foi possível perceber, como bem apontado por Bittencourt (2004), a importância do *discurso do autor*, contido no prefácio de sua obra, assim como, neste discurso, as ênfases curriculares indicadas por Moreira e Axt (1986).

Por outro lado, enquanto *produto*, o LD incorpora traços culturais e comerciais, assumindo, conforme o caso, o *status* de “nacional” ou “importado”. Nos extremos do intervalo temporal abrangido por este trabalho, situam-se duas “obras importadas”: uma da Europa ainda forte, anteriormente à Segunda Guerra, a outra americana, gerada no pós-guerra e exportada para inúmeros países, especialmente aqueles que se alinharam, política, tecnológica e culturalmente aos Estados Unidos, nas décadas de 1950 e 1960, caso do Brasil.

Como se procurou demonstrar, as duas obras aqui analisadas, ainda que separadas por oito décadas, desconsideraram, quase que por completo, as ênfases curriculares da *estrutura da ciência* e da *ciência, tecnologia e sociedade*, as quais, assim entendemos, são indispensáveis para a formação atual, seja do físico (bacharel ou licenciado), seja do engenheiro, ou de qualquer outro especialista que se sirva do conhecimento em Física e que dele venha a se utilizar como cidadão e como profissional. Nesse sentido, afirmam Neto e Pietrocola (2004):

“Para o contexto do ensino de física, os aspectos sócio-culturais da ciência precisam ser trazidos para o seu ensino. Não no intuito de divulgar simplesmente o feito de seus cientistas e mitificá-los, mas para informar que a ciência moderna se fundamenta no trabalho coletivo que engloba a participação de uma grande e complexa rede social, com compromissos com esse mesmo social; que não há vencedores e vencidos, mas que cada sociedade ou país, independente de sua condição econômica, pode fornecer alguma contribuição para seu crescimento nas mais diversas épocas. Trazer esses aspectos para um ensino de física voltado para uma formação mais ampla dos cidadãos, possibilitando fornecer uma visão de ciências imbricada no contexto social, histórico e cultural no qual os indivíduos fazem parte [...]” (NETO; PIETROCOLA, 2004, p. 11).

Vê-se, então, de modo inequívoco, que as possíveis respostas para as questões que apresentamos na introdução deste trabalho, e que norteiam o projeto de pesquisa em que ele está inserido, requerem uma investigação ampla e capaz de contemplar essa dualidade própria do LD.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, P. E. Ensino básico de Física na Universidade. In: SIMPÓSIO SOBRE O ENSINO DA FÍSICA, 1, 1970, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Física, 1970. p. 211-213.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições70, 2003.
- BITTENCOURT, C. M. F. Autores e editores de compêndios e livros de leitura (1810– 1910). **Educação e Pesquisa**, v.30, n.3, 2004. p. 475-491.

CHOPPIN, A. **História dos livros e das edições didáticas**: sobre o estado da arte. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v30n3/a12v30n3.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

GOMES, F de A. M. **Francisco de Assis Magalhães Gomes I**: depoimento [dez. 1976]. Entrevistadores: R. Pinto; S. Shwartzman. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, CPDOC, 2010. 114 p.

MOREIRA, M. A.; AXT, R. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 8, n. 1, 1986. p. 33-48.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, 2000. p. 94-99.

NETO, E. R. dos S.; PIETROCOLA, M. A ciência tem nacionalidade? Uma análise nos livros textos de Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas-MG. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004.

NICOLI JR., R. B. **O conteúdo de Cinemática nos livros didáticos de 1810 até 1930**. 2007. 170 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física da USP, São Paulo.

PRADO, F. D. **A graduação em Física na USP**. 1980. 2 v. 134 p. Dissertação (mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, São Paulo.

PERUCCA, E. **Física general y experimental**. 4. ed. Barcelona: Labor, 1943. 2 v.

PERUCCA, E. **Física generale e sperimentale**. 1. ed. Turim: Torinese, 1932. 2 v.

STRAY, C. “Quia nominor leo”: vers une sociologie historique du manuel. **Histoire de l'Éducation**, n. 58, 1993.

WALKER, J. **Halliday/Hesnick – Fundamentos de Física**. 8. ed. Tradução: R. de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 4 v.

WATAGHIN, G. **Gleb Wataghin**: depoimento [jul. 1975]. Entrevistador: S. Silva. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, CPDOC, 2010. 45 p.

WUO, W. **A física e os livros**: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio. São Paulo: EDUC-FAPESP, 2000.

WUO, W. O ensino da física na perspectiva do livro didático. In: OLIVEIRA, M.; RANZI, S. (org.) **História das disciplinas escolares no Brasil**: contribuições para o debate. Bragança Paulista: EDUSP, 2003. p. 299-338.