

A ORIGEM DAS "PROPRIEDADES GERAIS DA MATÉRIA" E A CRENÇA DOS PROFESSORES NA VALIDADE E IMPORTÂNCIA DESSE CONTEÚDO: UMA REFLEXÃO DO PAPEL DO LIVRO DIDÁTICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Cristiano Mattos^a [crmattos@feg.unesp.br]

Alberto Gaspar^a [gaspar@feg.unesp.br]

^a Departamento de Física e Química - Faculdade de Engenharia
UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus Guaratinguetá
Caixa Postal 205 - CEP 12516-410
Guaratinguetá, São Paulo, Brasil

RESUMO

Neste trabalho investigamos aspectos da dissociação entre a ciência produzida e a ciência transmitida pelo livro didático. Tomamos como ponto de partida as "propriedades gerais da matéria", conteúdo ultrapassado mas ainda vigente na maior parte dos livros de texto e do currículo de ciências do ensino fundamental no Brasil. Procuramos conhecer a origem desse conteúdo a partir de uma pesquisa em livros didáticos ingleses e franceses do final do século XIX e início do XX. Submetemos professores de Ciências e de Física do ensino fundamental e médio a um questionário para verificar a crença desses professores na validade científica desse conteúdo e se ele ainda faz parte da sua prática didática, destacando uma dessas propriedades, a impenetrabilidade. Verificamos que a crença nesse conteúdo é quase absoluta, sem diferenças significativas entre os professores do ensino médio e os do ensino fundamental. Na conclusão propomos a inclusão, na pesquisa em ensino de ciências, da "ciência do livro didático" como fator gerador das pré-concepções em nossos professores e alunos. Acreditamos uma das causas do fracasso das pesquisas em mudança conceitual em ciências se deve ao equívoco de considerar espontâneas concepções adquiridas no ensino formal, solidamente enraizadas pelo aval pseudo-científico do livro didático.

INTRODUÇÃO

Em qualquer ciência, há sempre um distanciamento temporal inevitável entre a ocorrência de uma nova descoberta ou formulação teórica – a ciência produzida – e a sua transposição didática para a sala de aula – a ciência transmitida. Esse distanciamento decorre não só da necessidade da assimilação dessas inovações pela própria comunidade científica como também da necessidade de reformulação e atualização dos currículos escolares e dos textos didáticos (Chevallard, 1991) (Pretto, 1995) (Astolfi et al. 1997).

As novas idéias da física surgidas no início do século XX só começaram a aparecer em livros didáticos de muitos países nas últimas décadas desse século. No Brasil, até hoje em dia, essas idéias estão ausentes da quase totalidade dos textos didáticos de física para o ensino fundamental e médio e, por conseqüência, da sala de aula. Há fortes evidências de que os conteúdos trabalhados em sala de aula originam-se predominantemente dos conteúdos apresentados nos livros didáticos (Gaspar & Prado, 2001).

A dissociação entre a ciência produzida e a ciência transmitida não aparece apenas em relação a novas idéias ou teorias. Ela aparece também por meio da permanência, na ciência transmitida, de conceitos científicos que se tornaram ultrapassados pelo advento dessas idéias, pois nem sempre essa implicação é explícita ou bem compreendida. Assim, embora a Teoria da Relatividade Restrita e o *quantum* de luz tenham tornado desnecessária tanto a existência de um referencial universal como a de um meio suporte para as ondas eletromagnéticas, o éter — meio postulado para satisfazer essas necessidades teóricas — ainda continuou a ter o *status* de hipótese válida e essencial em muitos textos didáticos e nas salas de aula, durante anos.

Dessa forma a ciência transmitida pôde adquirir vida própria, independente da ciência produzida que objetivava transmitir, o que nos levou a estabelecer a hipótese da existência de uma "ciência do livro didático" criando pseudos conceitos científicos que se validam e consagram, tanto pela difusão editorial, como pela inércia da atividade do professor em sala de aula.

Para obter indicações que pudessem validar nossa hipótese, tomamos como ponto de partida um conteúdo ultrapassado mas ainda vigente na maior parte dos livros de texto e do currículo de ciências do ensino fundamental no Brasil: as "propriedades gerais da matéria". Muitos textos brasileiros de Ciências para o ensino fundamental costumam apresentar, ainda hoje, um tópico ou capítulo introdutório abordando essas propriedades, incluindo os de maior aceitação entre os professores do ensino fundamental (Barros & Paulino, 2001; Cruz, 2001). Em geral, são citadas: inércia, extensão, impenetrabilidade, porosidade, indestrutibilidade, compressibilidade, divisibilidade e elasticidade, nem sempre nessa ordem.

Neste trabalho procuramos conhecer a origem desse conteúdo nos livros didáticos e verificar a crença do professor na sua validade científica. Em uma análise posterior pretendemos estabelecer a trajetória desse conteúdo nos livros didáticos brasileiros desde o início do século XX e determinar algumas das causas de sua permanência no ensino fundamental no Brasil até os dias de hoje (Gaspar & Mattos 2002).

ORIGEM DAS PROPRIEDADES GERAIS DA MATÉRIA

A mais antiga referência que encontramos, de forma explícita, às propriedades gerais da matéria data do século XVII. Essas propriedades aparecem incorporadas nas "regras de raciocínio da filosofia", citadas por muitos filósofos e cientistas da época. Entre eles, Newton propõe quatro regras em sua obra *Princípios*

Matemáticos da Filosofia Natural, no livro III, *O sistema do Mundo* (Newton 1687, pp. 409). Em síntese, essas regras dizem que:

1 - Não se deve admitir mais causas para os fenômenos naturais do que aquelas que forem verdadeiras e suficientes para explicá-los.

2 - Aos mesmos efeitos devemos, tanto quanto possível, atribuir as mesmas causas.

3 - As qualidades dos corpos, obtidas a partir dos experimentos que fazemos com eles, devem ser consideradas qualidades universais de todos os corpos, quaisquer que sejam.

4 - Na filosofia experimental nós devemos considerar corretas as proposições obtidas por indução geral mesmo que sejam formuladas hipótese contrárias, até que surjam fenômenos que justifiquem a revisão dessas proposições.

As propriedades gerais ou qualidades da matéria são apresentadas por Newton num adendo à regra três. As qualidades que ele relaciona são: extensão, solidez, impenetrabilidade, mobilidade e força de inércia. Para ele, na comprovação da existência de uma propriedade, a sensibilidade pode prescindir da razão. É o caso da impenetrabilidade:

"Nós percebemos que os corpos que manuseamos são impenetráveis e daí concluímos que a impenetrabilidade deve ser uma propriedade universal de todos os corpos, quaisquer que sejam." (Newton 1687)

Um indício bastante forte de que essas regras de raciocínio da filosofia são a origem das propriedades gerais da matéria, como conteúdo dos livros didáticos, reside na coincidência ou semelhança entre os enunciados dessas regras e o enunciado das propriedades gerais da matéria encontrados em todos os livros didáticos de Física franceses e ingleses publicados até o final do século XIX que pudemos consultar. Outro indício forte da origem filosófica, não científica, dessas propriedades, pode ser inferido das dificuldades que os autores desses textos apresentavam na forma como as abordavam. Dois exemplos particularmente significativos são apresentados a seguir.

O primeiro é a abordagem dessas propriedades e do conceito de impenetrabilidade apresentada no livro *Cours de Physique*, de Adolphe Ganot, um dos primeiros e mais tradicionais livros didáticos de física de todo mundo. Na edição de 1887 (Ganot, 1887), na apresentação da impenetrabilidade, incluída numa longa descrição das propriedades da matéria composta de onze itens e mais de dez páginas, são tantas as exceções que elas merecem um destaque muito maior do que a exposição da própria propriedade.

O segundo exemplo se refere ao livro *Properties of Matter* (Tait, 1885), também em relação à impenetrabilidade. O autor dedica mais de dez páginas apenas a essa propriedade, abordando a sua origem e os problemas históricos e epistemológicos que a acompanham. Não obstante, opta por tratá-la como uma propriedade "semicientífica", argumentando que *"...é inútil discutir questões dessa natureza, pelo menos até que se prove a existência dos átomos. Portanto não vamos nos ocupar do significado estritamente científico do termo impenetrabilidade."* (Tait, 1885, pp 80)

Essa condição estabelecida por Tait – vincular o conhecimento das propriedades da matéria à comprovação da existência dos átomos – parece refletir o pensamento de outros autores de livros didáticos da época e foram a razão determinante para a extinção das propriedades gerais da matéria dos livros didáticos de Física.

Não pode ser considerada mera coincidência o desaparecimento desse conteúdo dos textos didáticos de Física ingleses e franceses no final do século XIX e início do século XX, exatamente quando inúmeras evidências experimentais e teóricas tornaram a existência dos átomos uma hipótese aceita pela quase totalidade

da comunidade científica. No seu lugar aparecem, talvez como conteúdo substituto, outras propriedades chamadas de mecânicas ou dos corpos, como a densidade, tensão superficial, viscosidade, mobilidade e inércia.

Nos poucos textos onde essas propriedades ainda aparecem, nessa época, sua ênfase é drasticamente reduzida em relação às abordagens anteriores. É o caso do *Elementary Course of Physics* (Aldous, 1898) que restringe a apresentação das propriedades gerais da matéria apenas a uma tabela onde se inclui, ainda, a impenetrabilidade. Na segunda década do século XX, o *Traité Élémentaire de Physique* (Ganot, 1918) mantém ainda uma referência de algumas linhas à divisibilidade da matéria, única das antigas propriedades da matéria que sobreviveu das edições anteriores, certamente pela necessidade de justificar a idéia do átomo, já consolidada nessa época.

Embora a consolidação da idéia do átomo deva ter sido a causa principal da extinção desse conteúdo, as novas idéias da física surgidas nesse período revolucionário certamente contribuíram para essa extinção de forma determinante. Os autores e respectivos sucessores dos tradicionais textos da época parecem ter compreendido que as novas idéias tornaram desnecessárias e irrelevantes as propriedades gerais da matéria. A impenetrabilidade, da forma como era compreendida, tornou-se injustificável diante dos resultados dos inúmeros experimentos então realizados buscando o conhecimento da estrutura da matéria. É o caso dos trabalhos de Rutherford no estudo sobre a penetração de partículas alfa nas até então impenetráveis lâminas de ouro.

A CRENÇA DOS PROFESSORES NAS PROPRIEDADES GERAIS DA MATÉRIA

Para detectar o impacto da abordagem dos livros de Ciências na validação de idéias pseudo-científicas, como as propriedades gerais da matéria, apresentamos a professores e professoras de Ciências do ensino fundamental e de Física do ensino fundamental e médio um questionário (ver anexo 1). O objetivo desse questionário, foi verificar se as propriedades gerais da matéria ainda fazem parte da prática didática desses professores e, em caso afirmativo, como eles a abordam. Optamos por destacar uma delas — a impenetrabilidade — para melhor detalhamento da análise. A razão da escolha foi a ênfase com que essa propriedade costuma ser abordada nos textos didáticos do ensino fundamental.

Para facilitar a análise, dividimos o relato dos resultados obtidos em duas partes, a primeira apresenta os dados obtidos de professores de Ciências do ensino fundamental, a segunda apresenta os dados obtidos de professores de Física do ensino médio.

Professores de Ciências do ensino fundamental

Os questionários foram respondidos por 17 professores e professoras de Ciências do ensino fundamental da região do Vale do Paraíba no estado de São Paulo (anexo 1). Embora a amostra seja pequena, ela nos pareceu suficientemente significativa tanto pelas características da região, localizada entre os dois maiores centros urbanos do país, Rio de Janeiro e São Paulo, como pela diversidade da origem de formação desses professores. A uniformidade e quase unanimidade das respostas, como mostram os dados obtidos e comentados a seguir, mostram o acerto desses pressupostos.

A primeira questão apresentada, relacionada ao tema da pesquisa, procurou saber se o professor ou a professora ensinava ou já havia ensinado as propriedades gerais da matéria, citando inércia, extensão, impenetrabilidade, porosidade, indestrutibilidade, compressibilidade, divisibilidade e elasticidade. Do total, 94% responderam que sim, referindo-se a todas as propriedades citadas. Apenas 6% da amostra declararam ensinar só algumas dessas propriedades mas, de todas, só excluíram a indestrutibilidade.

Quanto a importância do conteúdo, 100% o consideram essencial para a compreensão de muitos fenômenos. Quanto ao emprego da impenetrabilidade, explicitada como a propriedade que garante que dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo, 88% afirmaram fazê-lo e 12% disseram que não o faziam. Entre os exemplos de fenômenos que esses professores e professoras afirmaram usar, para os quais se usa como explicação a impenetrabilidade, aparece freqüentemente o espaço ocupado pelo ar em alguns experimentos. O exemplo clássico dessa explicação é a experiência do copo emborcado na água com papel amassado dentro: o papel não molha porque o espaço ocupado pelo ar, impenetrável, não permite que o papel seja atingido pela água. Outras explicações destacadas são o porquê de uma borracha colocada sobre outra borracha não a atravessar, o efeito da penetração de um prego na parede e o funcionamento de uma bomba de vácuo.

Finalmente, os professores consultados não têm dúvida quanto à validade e atualidade do conteúdo. Todos, 100%, consideram essas propriedades ainda válidas e atuais.

Professores de Física do ensino médio

Os questionários foram respondidos por 51 professores e professoras de Física do ensino médio da região da Grande São Paulo. Nesse caso, como os dados obtidos mostram (anexo 1), houve uma ligeira variedade nas respostas, mas as diferenças em relação aos professores do ensino fundamental não foram relevantes.

Na primeira questão relacionada ao tema da pesquisa, 20% declararam ensinar todas as propriedades citadas, enquanto 67% ensinavam algumas delas destacando a inércia e a divisibilidade (63%), a compressibilidade e a elasticidade (47%), a indestrutibilidade (29%), a extensão (25%), a impenetrabilidade (20%) e a porosidade (0,8%). Apenas 13% afirmaram não ensinar nenhuma dessas propriedades.

Em relação à importância do conteúdo, 69% acreditam que essas propriedades são essenciais para a compreensão de muitos fenômenos, 2% acham que essa importância se restringe ao ensino fundamental e 2% afirmam que esse conteúdo é importante porque é parte do programa. Para 8% dos pesquisados, só algumas dessas propriedades têm importância; destacam a inércia (8%), a extensão e a impenetrabilidade (4%) e a divisibilidade e elasticidade (2%). Outros (2%) afirmam não ensinar esse conteúdo por não fazer parte do programa, enquanto 17% não dão qualquer justificativa.

Quanto à impenetrabilidade, 55% afirmam utilizá-la em explicações na sala de aula enquanto 45% não o fazem. Os exemplos do uso da impenetrabilidade citados são menos numerosos e diferem significativamente dos exemplos apresentados pelos professores do ensino fundamental. Referem-se à origem do empuxo, à causa dos choques entre corpos e à interação de blocos sobre mesas. Alguns professores destacam a necessidade desse conceito para a explicação desses fenômenos.

Finalmente, quanto à validade e atualidade do conteúdo, 63% afirmam que essas propriedades ainda são todas válidas e atuais. Nenhum dos pesquisados afirma que elas possam estar, todas, ultrapassadas. Parte deles (13%), no entanto, acredita que algumas dessas propriedades estão ultrapassadas. Entre essas, são destacadas a inércia e a divisibilidade (6%), a impenetrabilidade (4%), a extensão e a compressibilidade (2%), e a elasticidade (1%). Não souberam responder a essa questão 24% dos professores pesquisados.

A rigor, pode-se afirmar que a única diferença significativa encontrada entre os professores do ensino médio e os professores do ensino fundamental é o nível de credibilidade em relação às propriedades gerais da matéria. Enquanto os professores do ensino fundamental demonstraram ter uma confiança absoluta quanto a validade desse conteúdo, os professores do ensino médio, provavelmente em decorrência de uma formação mais

aprofundada em física, manifestam alguma desconfiança em relação à essa validade, em geral sem muita coerência.

Essa conduta mostra a forte influência do livro didático nas concepções dos professores, pois as propriedades gerais da matéria como conteúdo do estudo das ciências só existe, no Brasil, em livros didáticos de Ciências do ensino fundamental. Esse conteúdo não aparece nem nos livros didáticos de Física do ensino médio, nem nos livros didáticos dos cursos de formação dos professores de ciências do ensino fundamental - Física, Química, Biologia e Matemática. No entanto, ele permanece vivo no repertório de todos os professores de Ciências do ensino fundamental e no da maioria dos professores de Física do ensino médio. É bem provável ainda que a insegurança que muitos professores do ensino médio demonstraram em relação à validade desse conteúdo está mais ligada ao fato de não o encontrarem nos livros didáticos do ensino médio com os quais trabalham do que na sua formação presumivelmente mais aprofundada.

CONCLUSÃO

No final da década de 1970, pesquisadores em ensino de Física começaram a empreender uma série de trabalhos visando detectar concepções espontâneas, intuitivas ou alternativas que os estudantes apresentavam em relação a diversos conceitos científicos. A origem dessas concepções, ao longo dos anos, pôde ser atribuída, numa perspectiva piagetiana, a estruturas mentais pré-existentes nos indivíduos ou, numa perspectiva vigotskiana, ao ambiente cultural em que esses alunos ou alunas foram criados. Daí a denominação de concepções espontâneas ou alternativas, pois sob quaisquer dessas perspectivas teórico-pedagógicas, são concepções não aprendidas formalmente.

Desses trabalhos sempre ficou implícita a existência de uma alternância exclusiva, uma espécie de maniqueísmo em relação à aquisição de concepções científicas: ou teriam uma origem formal, escolar, que se pressupõe contextualmente correta, ou seriam informais, extra-escolares, inatas ou culturais, e frequentemente equivocadas.

Este trabalho mostra que essa dicotomia é falsa e limitada. É essencial a inclusão de um terceiro fator como origem das supostas concepções alternativas de alunos e professores, “ciência do livro didático”. Ignorá-la é desconhecer o papel da fonte de informação científica de presença mais constante na formação das crianças, adolescentes e professores. É comum, ainda hoje, o desencanto de estudantes de pós-graduação e professores, com pesquisas que tinham, ou ainda têm, o objetivo de promover, nos indivíduos, a mudança ou evolução de suas concepções científicas, frente a resistência por eles apresentada à qualquer reformulação. Estamos convencidos de que uma das causas do fracasso dessas pesquisas reside na incapacidade de muitos pesquisadores em perceber que o que consideravam espontâneo ou alternativo era, na verdade, aprendido formalmente, em sala de aula. Foram decoradas, recitadas, pedidas em provas e, principalmente, estavam – muitas ainda estão... – no livro didático.

Como lembra Freitag, para o professor o livro didático “*não é visto como um instrumento auxiliar na sala de aula, mas sim como a autoridade, a última instância, o critério absoluto de verdade, o modelo da excelência a ser adotado em classe*” (Freitag 1993, pp 124). Não nos parece razoável que continuemos a tratá-lo como um com tão pouca atenção, como um objeto de pesquisa quase marginal, como tem sido feito até hoje.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDOUS, Rev. J. C. P. **An elementary course of Physics**. Londres: MacMillan & Co. Limited, 1898.
- ASTOLFI, J. P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y. & TOUSSAINT, J. **Mots-clés de la didactique des sciences**. Bruxelles: De Boeck, 1997.
- BARROS, C & PAULINO, W. P. **Física e Química**. São Paulo: Editora Ática, 2001.
- CHEVALLARD, Y. La Transposition Didactique - du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: La Pensee Sauvage Éditions, 1991.
- CRUZ, D. **Química e Física**. São Paulo: Editora Ática, 2001.
- FREITAG B, DA COSTA W. F. & MOTTA V. R. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez, 1997. 3ª edição.
- GANOT, A. & MANEUVRIER, G. **Cours de Physique**. Paris: Librairie Hachette et Cia., 1887.
- GANOT, A. & MANEUVRIER, G. **Traité Élémentaire de Physique**. Paris: Librairie Hachette et Cia., 1918.
- GASPAR, A. & MATTOS, C. A evolução do livro didático de ciência no Brasil, em preparação, 2001.
- GASPAR A. & PRADO, F. O vestibular, o livro didático e a prática do professor em sala de aula, em preparação, 2001.
- LANGLEBERT, J. **Physique**. Paris: Imprimerie et Librairie Classiques, 1886.
- POYNTING, J. H. & THOMSON, J. J. **Properties of matter**. London: Charles Griffin & Company, Limited, 1905.
- PRETTO, N. L. **A ciência nos livros didáticos**. Campinas: Editora Unicamp, 1995.
- NEWTON, I. The Mathematical Principles of Natural Philosophy Book III vol. 2. London: H. D. Symonds, 1803, 160-162, 1673.
- SOARES, M. B. **Livros didáticos - uma história mal contada**, <<http://www.moderna.com.br>>. Acesso 22 abril, 1997.
- TAIT, P. G. **Properties of matter**. Edimburgh: Adam and Charles Black, 1885.

ANEXO 1

Questionário e resultados

1. Qual(is) disciplina(s) você leciona ou já lecionou?

Ensino fundamental (EF)	ciências	100 %
	física e química (8ª série)	100 %
Ensino médio (EM)	física	100 %
	química	0 %
	matemática	0 %

2. Você ensina ou já ensinou as "propriedades gerais da matéria": inércia (a); extensão (b); impenetrabilidade (c); porosidade (d); indestrutibilidade (e); compressibilidade (f); divisibilidade (g) e elasticidade (h)?

	EF	EM
não ensinam	0 %	13 %
sim, todas as citadas acima	94 %	20 %
só algumas	6 %	67 %

	EF	EM
Inércia	6 %	63 %
Extensão	6 %	25 %
impenetrabilidade	6 %	20 %
porosidade	6 %	8 %
indestrutibilidade	0 %	29 %
compressibilidade	6 %	47 %
divisibilidade	6 %	63 %
elasticidade	6 %	47 %

3. Você acha esse conteúdo importante?

	EF	EM
sim, porque faz parte do programa	0 %	2 %
sim, porque está no livro que eu adoto	0 %	0 %
sim, porque é essencial na compreensão de muitos fenômenos	100 %	69 %
sim, mas só para o ensino fundamental	0 %	2 %
apenas algumas propriedades. Quais?	0 %	8 %
não, porque não faz parte do programa	0 %	0 %
Não, porque é um conteúdo ultrapassado	0 %	0 %
Outra resposta	0 %	17 %

	EM
inércia	8 %
extensão	4 %
impenetrabilidade	4 %
porosidade	1 %
indestrutibilidade	0 %
compressibilidade	0 %
divisibilidade	2 %
elasticidade	2 %

4. Você usa a propriedade da impenetrabilidade ("dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço") nas suas explicações?

	EF	EM
sim	88 %	55 %
não	12 %	45 %

5. Em caso afirmativo, cite uma dessas explicações?

6. Em relação à física atual,

	EF	EM
essas propriedades ainda são todas válidas	100 %	63 %
essas propriedades estão todas ultrapassadas	0 %	0 %
algumas dessas propriedades estão ultrapassadas. Quais?	0 %	13 %
não sei dizer	0 %	24 %

	EM
inércia	6 %
extensão	2 %
impenetrabilidade	4 %
porosidade	0 %

indestrutibilidade	0 %
compressibilidade	2 %
divisibilidade	0 %
elasticidade	1 %