

SÍNTESE OU DISTORÇÃO: COMO OS LIVROS DIDÁTICOS APRESENTAM O CONCEITO DE TIMBRE?

Francisco Nairon Monteiro Júnior, MSc

Professor Auxiliar do Departamento de Física e Matemática

Alexandre J. G. de Medeiros, PhD

Professor Adjunto do Departamento de Física e Matemática
UFRPE

Resumo

Muito tem sido pesquisado a respeito de concepções alternativas no ensino das ciências. Tal empreendimento caracteriza-se pela importância dada, numa postura de ensino baseada na construção de conceitos, às expectativas e conhecimentos prévios que o aluno possui e que influenciam na sua formação. Um ramo de pesquisa em sintonia com esta postura é a investigação da forma como os livros didáticos apresentam os conteúdos. As pesquisas parecem mostrar que no processo de transferência didática, os conteúdos são sintetizados para uma realidade de ensino onde muitos fatores são desconsiderados, havendo, portanto, nesta simplificação, distorções sobre vários enfoques tais como históricos e conceituais. Em tal abordagem é passada ainda uma idéia da ciência e da sua produção em dissonância com o pensamento moderno. Esta pesquisa insere-se neste contexto por corporificar esta preocupação com a análise dos pressupostos utilizados pelos livros didáticos na apresentação da idéia de timbre. Desta forma, catalogamos e analisamos as apresentações deste conteúdo, na busca de possíveis distorções conceituais e/ou históricas, como também na análise crítica da visão de ciência que estes livros passam, a qual influencia fortemente a visão de professores e alunos. Segundo os resultados alcançados, os textos didáticos são caracterizados por apresentarem uma história ilustrativa, uma visão de ciência realista ingênua e ainda distorções conceituais sob vários aspectos no que diz respeito aos conteúdos pesquisados.

Introdução

Uma característica do ensino da ciência é que, na sua abordagem tradicional, os conceitos parecem ter uma razão de existência independente de qualquer contexto, sendo ensinada de uma forma quase que completamente desvinculada da realidade dos alunos, não se cultivando na sala de aula um interesse pelas potencialidades que podem ser encontradas nas experiências vividas por professores e alunos, as quais são fortes fontes alternativas de interpretação da mesma natureza com a qual trata a ciência. É como se existissem a ciência da escola e a ciência do dia a dia. Todo este conhecimento ensinado passa a ter seu campo de aplicação restrito aos limites da escola.

Tanto os professores quanto os alunos são levados a crer que a ciência é algo que se situa além do domínio da análise e interpretação de quem a estuda, sendo a atividade de ‘fazer ciência’ algo restrito à objetividade e seu corpo de conhecimento tido como algo além da cultura popular. Por fatores como os expostos acima, podemos sentir a complexidade envolvida na prática de ensinar e aprender. Muito embora não queiramos esgotar todos os pontos problemáticos desta questão, podemos afirmar que três fatores são importantes e devem ser levados em consideração se queremos uma melhoria do ensino. São eles: a postura do professor perante aquilo que se pretende ensinar; o reconhecimento da existência de uma

multiplicidade de interpretações possíveis para o objeto de estudo da ciência; e a escolha de um material didático que esteja em consonância com os dois pontos acima. Toda esta problemática remete-nos a um problema que nos parece mais fundamental. Se de um lado os alunos são fortemente influenciados pela visão de ciência dos professores, de outro, tanto os alunos quanto os próprios professores, têm suas visões de ciência influenciadas pelos livros didáticos. **Este é o problema que nos parece mais emergente: o livro didático como formador de opinião.** Embora grande parte das pesquisas em livros didáticos centrem sua atenção no viés ideológico destes livros, esta pesquisa centra sua atenção numa vertente mais conceitual. Tal vertente busca a análise específica de como os livros didáticos apresentam as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre), sendo esta análise balizada sob os seguintes aspectos:

- O uso da história como recurso didático
- A visão de ciência e de sua produção veiculada pelos textos didáticos
- As distorções conceituais que ocorrem na apresentação dos conteúdos analisados
- A contextualização na apresentação deste conteúdos em livros de ensino básico e médio.

As pesquisas mais específicas sobre a reapropriação dos conteúdos para a realidade de ensino parecem mostrar que no processo de transposição didática¹, os conteúdos são sintetizados nos livros didáticos para uma realidade de ensino onde muitos fatores são desconsiderados, havendo, portanto, nesta simplificação, distorções sobre os três enfoques acima citados. Assim, esta pesquisa insere-se neste contexto por corporificar uma preocupação com as **distorções conceituais que ocorrem nos livros didáticos na apresentação específica do conceito de timbre**, catalogando e analisando as apresentações deste conteúdo, na busca de possíveis distorções conceituais e/ou históricas, como também na análise crítica da visão de ciência que estes livros passam, a qual influencia fortemente a visão de professores e alunos. Tal investigação reflete uma preocupação com a busca de exemplos onde tal conceito é trabalhado com situações adequadas a um ensino problematizador.

Em resumo, nossa investigação levanta uma realidade de nosso livro didático que, embora seja um estudo de caso, voltado especificamente para um conceito particular, qual seja o conceito de timbre, parece ser de âmbito mais geral, permeando todos os conteúdos da física. Assim, balizamos esta investigação com as seguintes categorias de análise:

Revisão Bibliográfica

Em nossa revisão bibliográfica procuramos delinear características gerais que estão presentes nos textos didáticos, baseando-nos no levantamento de teses e livros específicos sobre análise de textos didáticos. Assim, encontramos que, de uma forma geral, os livros didáticos de ciências apresentam, dentre outras, as seguintes características:

¹ “ Por transposição didática, nos referimos ao ato de transformar o conhecimento científico numa seqüência de conhecimentos curriculares voltada para a escola formal. Segundo ASTOLFI, “a designação de um elemento do saber sábio como objeto do ensino modifica-lhe muito fortemente a natureza, na medida em que encontram-se deslocadas as questões que ele permite resolver, bem como a rede relacional que mantém com os outros conceitos. Existe assim, uma ‘epistemologia escolar’ que pode ser distinguida da epistemologia em vigor nos saberes de referência. Em vez de estarem ligados por questões científicas precisas a serem resolvidas, tornam-se ‘verdades da natureza’, sinal de um certo juridismo próprio do ensino.” (ASTOLFI, 1990)

A ciência nos Livros Didáticos

- * A ciência é apresentada de uma forma pronta e a tarefa do aluno é memorizar as fórmulas, treinando com resolução de exercícios, as vezes, direcionados para os exames vestibulares, em vez de repassar uma concepção de ciência como uma construção dinâmica, mais consonante com sua natureza histórica (Molina 1988; Schatzman, 1973; Kuhn, 1987).
- * Nos textos de nível fundamental, as explicações científicas são substituídas por fantasias prodigiosas (Nosela, 1979).
- * A aceitação pelos alunos das afirmações da ciência como verdades é mais em função da autoridade do professor e do livro didático do que pela análise crítica de seus pressupostos (Schatzman, 1973).
- * A ciência nestes textos é apresentada de uma forma abstrata, longe dos seus contextos de validade e desvinculada da realidade (Preto, 1985).
- * Os limites de validade dos diversos modelos da ciência são escondidos e a ciência passada como retrato da realidade (Schatzman, 1973; Medeiros, 1992).

A Produção do Conhecimento Científico nos Livros Didáticos

- * Os livros didáticos colocam a atividade científica como sendo realista ingênua ou empiricista (Medeiros, 1992; Preto 1985; Kuhn, 1987).

A História da Ciência nos Livros Didáticos

- * A ciência é construída a partir de contribuições de uma forma cumulativa, passando a visão de uma falsa linearidade (Preto, 1985; Kuhn, 1987).
- * As reconstruções históricas são geralmente engendradas de forma a desembocar nos paradigmas vigentes (Finegold, 1974).
- * É sempre o experimento que decide se uma hipótese é verdadeira ou não, passando uma visão deturpada da ciência por não considerar a função crítica na análise dos dados da experimentação, negando, assim, a subjetividade na produção do conhecimento científico (Preto, 1985).

O Experimento nos Livros Didáticos

- * Os experimentos são colocados no papel de comprovadores da veracidade dos modelos apresentados, caracterizando um papel verificacionista (Preto, 1985).

Metodologia de Pesquisa

Quando nos referimos ao estudo da apresentação que os livros didáticos fazem do conceito de timbre, estamos delimitando nossa atenção particularmente a um conceito dentre uma gama de tantos outros que fazem parte do programa de ensino da física. Ao mesmo tempo, estamos interessados em investigar este conceito particular de uma forma mais profunda, rebuscando-o sobre vários aspectos. Dentro desta perspectiva de análise pormenorizada de uma unidade específica é que esta investigação insere-se no bojo da pesquisa qualitativa denominada de estudo de caso.

A análise de livro didático difere fortemente da pesquisa com professores ou alunos, na qual os dados obtidos através de entrevistas ou questionários, são instantâneos do pensamento destes professores ou alunos e são fortemente influenciados por fatores como o contexto em que estes instrumentos são aplicados, a natureza das perguntas, a presença ou não do pesquisador. A pesquisa em livros didáticos trabalha com respostas prontas que são os dados obtidos nestes compêndios, as quais são isentas destas interferências. Contudo, em

ambos os casos, a análise dos dados obtidos é fortemente influenciada pelas concepções do experimentador o que, de certa forma também reforça a natureza qualitativa deste tipo de abordagem. É, de certo modo, a ação da ciência da Hermenêutica, na tentativa de desvelar os significados presentes nos discursos, estejam eles explícitos ou implícitos.

“Inevitavelmente, de onde o pesquisador está coletando toda a informação, a seleção tem de ser feita. O pesquisador seleciona a área de estudo e decide que material apresentar no relatório final. É difícil fazer o cruzamento das informações e então há sempre o perigo de distorção. Críticas à abordagem de estudo de caso concentram a atenção neste e em outros problemas. Eles salientam o fato de que a generalização não é usualmente possível e questionam o valor do estudo de eventos singulares” (Bell, 1989, p. 7).

Com respeito a estas generalizações, que podem ou não ser tiradas a partir dos resultados de um estudo de caso, advogamos que, muito embora a ‘fotografia’ colhida seja um particular para um caso específico, pode não ser aplicável a outros conteúdos. No nosso caso, por exemplo, uma característica identificada na apresentação do conceito de timbre em diversos livros didáticos pode não estar contida na apresentação de outros conceitos, como, por exemplo, velocidade ou campo elétrico. Porém, uma sequência ou um conjunto de estudos de caso, nos vários campos da física pode levar a um trabalho de apresentação de um livro didático mais crítico e voltado a uma visão de ciência mais consonante como as características delineadas na revisão bibliográfica (capítulo 2), ou ainda reunir algumas experiências que poderão guiar textos paradidáticos mais preocupados com os aspectos cognitivos presentes na aprendizagem.

“Se os estudos de caso são executados sistematica e criticamente, se eles são direcionados para a melhoria da educação, se eles são relacionáveis, e se pela publicação das conclusões eles estendem os limites do conhecimento existente, então eles são formas válidas da pesquisa educacional” (Bell, 1989, p. 7)

Por outro lado, defendemos ainda que um estudo de caso, por si só, é de fato muito útil na melhoria do livro didático, uma vez que, naquele tópico, os autores podem ter disponível um material mais crítico e mais aberto à investigação, o qual pode ser utilizado na apresentação daquele conteúdo particular, ou alternativamente, na seleção e divulgação de textos auxiliares no ensino.

Seleção dos Livros Textos

Nossa preocupação inicial era a de levantar, em nosso estudo de caso, um quadro bastante influente das sínteses apresentadas por livros-texto sobre o conceito de timbre, podendo então ser encarado como algo útil para os professores que trabalham com o tema em questão. Para isso, o primeiro passo era o de escolher, dentre uma quantidade bastante significativa de textos disponíveis, os que eram mais adotados nas escolas. Daí, passamos a fazer um levantamento entre os professores de ciências (8º ano do ensino fundamental) e Física (2º ano do ensino médio) com o objetivo de fazer a coleta destes textos mais utilizados nas escolas do Recife, o que, de certa forma, também reflete uma tendência a nível nacional.

Dentre os textos escolhidos do segundo ano do ensino médio, incluímos alguns textos que já não são tão influentes atualmente, mas que exerceram grande influência em outras épocas, com o objetivo de poder fazer uma comparação entre tais textos e os adotados nas escolas atualmente. Dizer, a priori que a tendência dos livros didáticos de física, ao longo dos

anos, é uma tendência reducionista e simplificadora dos conteúdos é algo que exige um estudo prévio, incorporado numa análise comparativa dos textos atuais e dos que já não são mais utilizados. Daí a nossa preocupação de incluir textos de décadas passadas, que foram a base dos textos utilizados hoje nas escolas secundárias. No quadro abaixo, temos um resumo dos quantitativos dos textos escolhidos, separados por níveis de ensino. As referências bibliográficas destes livros estão na bibliografia desta pesquisa, separadas por níveis de ensino.

As Categorias de Análise

Com base no referencial levantado na revisão bibliográfica, os livros escolhidos foram analisados por categorias que situam suas preocupações nas distorções que ocorrem nas sínteses dos livros textos, sob os aspectos a seguir:

Categoria de Análise 1 - Distorções Conceituais

Nesta categoria de análise estamos preocupados em identificar as distorções conceituais presentes nos livros textos analisados. Tais distorções podem ser vistas sob vários aspectos, dentre os quais, na precisão da definição dos conceitos, bem como na delimitação dos conceitos físicos, fisiológicos e da teoria musical.

Categoria de Análise 2 - O Uso da História como Recurso Didático

Nesta categoria de análise, estamos preocupados em levantar, dentre os textos que utilizam o recurso histórico, aqueles que apresentam uma história consonante ou dissonante com a leitura das disputas ocorridas durante o século XVIII, que levaram ao desenvolvimento do modelo representativo da análise e síntese de tons complexos, evidenciando a natureza complexa da idéia de timbre e suas representações baseadas nos modelos nascidos nestas disputas. Por outro lado, são evidenciadas, também, aquelas abordagens que, baseadas nesta visão histórica, fazem referência à importância no ensino dos mecanismos de análise do som que se desenvolveram durante os séculos XVIII e XIX, apresentando uma forma de abordar o conceito timbre, em nível mais básicos, a partir de uma estratégia fenomenológica, na qual o processo de problematização através de reconstruções históricas de experimentos que desempenharam papel importante no desenvolvimento da teoria, é utilizado.

Categoria de Análise 3 - Visão de Ciência e de sua Produção nos Textos

Nesta categoria de análise procuramos catalogar as leituras de ciência passadas pelos livros textos, evidenciando os aspectos em simpatia com uma leitura pós-positivista da ciência e da sua produção. Tal categoria só foi procurada naqueles livros analisados nesta pesquisa que apresentaram tal visão.

Categoria de Análise 4 - Contextualização na Apresentação do Conteúdo

Estivemos preocupados aqui em resgatar as estratégias de apresentação do conteúdos nos livros-texto que são fundamentais para um estudo crítico e aberto à investigação e experiências prévias dos estudantes, seja através das ilustrações, figuras e gráficos, como também através da forma como o conceito de timbre é ligado a conceitos mais fundamentais, como altura e intensidade, e ainda através de estratégias de abordagem experimentais propostas pelos textos didáticos.

Fundamentação Teórica

Uma vez que nossa pesquisa analisou as apresentações dos textos didáticos sobre aspectos históricos e conceituais, fundamentamos tais análises com um referencial teórico no qual incluímos uma leitura do desenvolvimento da teoria da análise do som, bem como um estudo físico e psicofísico da relação entre estímulo físico e resposta fisiológica para os conceitos de altura, intensidade e timbre. A seguir, temos um resumo desta fase da pesquisa.

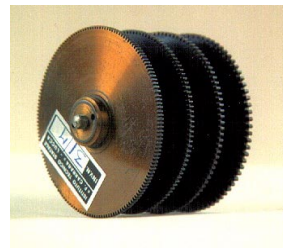
Desenvolvimento histórico da teoria da análise do som

Tal leitura da história da acústica foi dividida nas seguintes fases:

Século XVII e a teoria do som:

Resgate dos estudos feitos em torno da vibrações em corda esticadas, evidenciando a importância experimental das contribuições de Marin Mersenne (1588-1648), Galileu Galilei (1564-1642) e Robert Hooke (1635-1703), que levou à determinação experimental das leis das cordas vibrantes, bem como um estudo preliminar da relação entre frequência e altura, através de experimentos como a roda dentada (figura abaixo), não se estendendo a um estudo a nível de percepção.

$$f = \frac{1}{2L} \cdot \sqrt{\frac{T}{\sigma}}$$

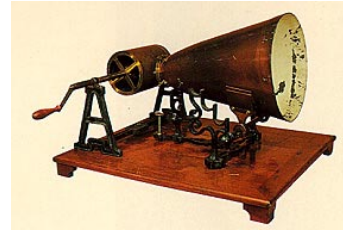
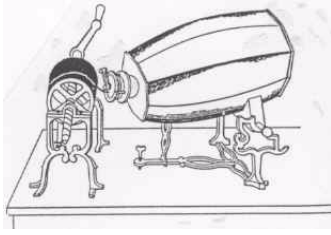


Século XVIII e o problema da corda vibrante:

Resgate das contendas que existiram em torno da solução analítica do problema das cordas vibrantes, analisando as contribuições de Brook Taylor (1685-1731), d'Alembert (1717-1783), Euler (1707-1783), Bernoulli (1700-1782) e Lagrange (1736-1813).

Século XIX e a solução de Fourier

Resgate histórico da adaptação do modelo matemático das séries trigonométricas, nascido no problema da propagação do calor nos sólidos, como solução analítica do problema da corda vibrante, através das contribuições de Joseph Fourier (1768-1830) e Georg Simon Ohm (1787-1854), bem como resgate dos mecanismos de registro do som desenvolvidos a partir deste período. Como exemplo, temos o primeiro modelo do fonógrafo, desenvolvido por Edouard Leon Scott de Martinville em 1857 (figura abaixo).



Estudo físico e psicofísico do timbre

As séries de Fourier

Resgate do modelo matemático da análise de Fourier para funções definidas num intervalo fechado

Modos normais de vibração de uma corda esticada

Estudo dinâmico de uma corda esticada e presa em suas extremidades

As qualidades fisiológicas do som

Estudo das relações entre estímulo físico e resposta fisiológica na apresentação das qualidades do som, enfatizando as relações entre frequência e altura (figura 1 - curva dos Mels), intensidade física e intensidade fisiológica (figura 2 - curva dos Sones), bem como estudo das curvas de timbre das fontes sonoras.

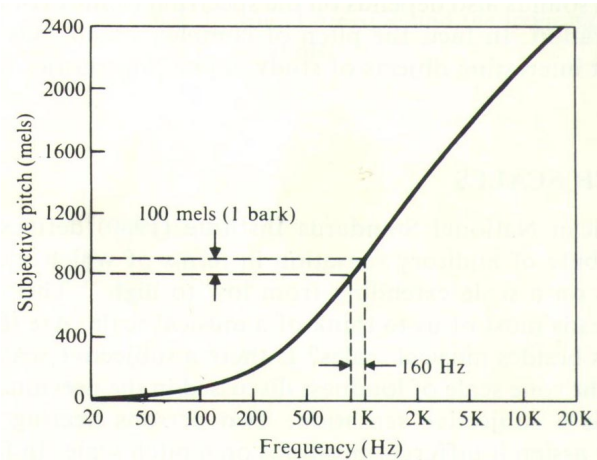


FIGURA 1

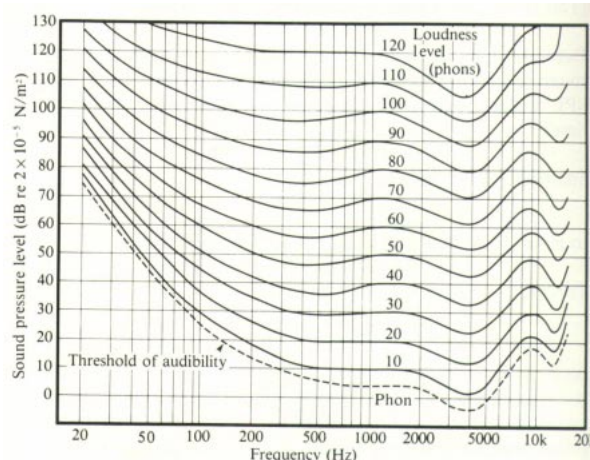


FIGURA 2

Análise dos Dados

Numa primeira etapa, cada um dos textos foi analisado com base nas quatro categorias de análise evidenciadas na metodologia de pesquisa. Em seguida, fizemos o cruzamento dos dados obtidos, no sentido de enfatizar em que grau está presente cada uma das características delineadas na revisão bibliográfica (capítulo 2), através das interpretações destes dados. As tabelas abaixo mostram um levantamento das principais características encontradas nos livros analisados e as que, ao nosso ver, deveriam estar presentes nos textos didáticos.

TABELA 1		
CATEGORIA DE ANÁLISE 1 DISTORÇÕES CONCEITUAIS	LIVROS ANALISADOS	
	8º Ano do 1º Grau	2º Ano do 2º Grau
No parágrafo introdutório da seção, os conceitos de altura, intensidade e timbre são apresentados como sendo “Qualidades Fisiológicas do Som”, não havendo, contudo, um aprofundamento em termos de estímulo x percepção humana.	7/9	7/10
No parágrafo introdutório da seção, os conceitos de altura, intensidade e timbre são apresentados como sendo “Qualidades Fisiológicas do Som”, havendo, neste caso, um aprofundamento em termos de estímulo x percepção humana.	2/9	3/10
É apresentada a existência de uma relação entre frequência e altura, sendo explicada apenas em seus aspectos físicos.	9/9	10/10
É apresentada a existência de uma relação entre frequência e altura, sendo explicada em seus aspectos físicos e fisiológicos. Neste caso, é introduzida uma análise da percepção frequência x altura.	-----	-----
É apresentada a existência de uma relação entre intensidade física e intensidade fisiológica, sendo explicada apenas em seus aspectos físicos. Neste caso, é introduzida uma escala em Decibel.	9/9	6/10
É apresentada a existência de uma relação entre intensidade física e intensidade fisiológica, sendo explicada em seus aspectos físicos e fisiológicos. Neste caso, é introduzida uma análise da percepção intensidade física x intensidade fisiológica.	-----	4/10
É clara a relação entre altura de uma nota musical e frequência do 1º harmônico ou fundamental, constituinte do som analisado. Neste caso, o timbre é explicado em termos da diferença entre os harmônicos superiores superpostos ao som fundamental.	-----	6/10
O timbre é anunciado como uma “qualidade que nos faz distinguir as fontes”. Porém, o porque não é dito.	7/9	-----
O timbre é apresentado como algo holístico, onde os diversos harmônicos presentes são substituídos por um som único. Assim, a distinção entre as fontes é explicada em termos da distinção entre as formas de onda.	2/9	4/10
O timbre é apresentado como resultado da ‘união’ entre o som produzido pela fonte (corda do instrumento, por exemplo) e os harmônicos produzidos pelas outras partes do instrumento (colunas de ar, corpo, etc.).	-----	2/10

TABELA 2		
CATEGORIA DE ANÁLISE 2 O USO DA HISTÓRIA COMO RECURSO DIDÁTICO	LIVROS ANALISADOS	
	8º Ano do 1º Grau	2º Ano do 2º Grau
Assume a natureza complexa do desenvolvimento da teoria da análise do som que se deu através de disputas ao longo do século XVIII.	1/9	1/10
Discute a fenomenologia dos mecanismos de registro e análise do som, desenvolvidos nos séculos XVIII e XIX, tais como o sonômetro, os ressonadores de Helmholtz, o fonógrafo, dentre outros.	-----	-----

TABELA 3		
CATEGORIA DE ANÁLISE 3	LIVROS ANALISADOS	
	8º Ano do 1º Grau	2º Ano do 2º Grau
VISÃO DE CIÊNCIA E DE SUA PRODUÇÃO		
A teoria é passada como verdade e não como um modelo aproximado da realidade (visão realista ingênua da ciência).	9/9	10/10
A atividade científica é transmitida numa visão empiricista. Os experimentos são colocados no papel de comprovadores da veracidade dos modelos apresentados, caracterizando um papel verificacionista.	2/9	3/10

TABELA 4		
CATEGORIA DE ANÁLISE 4	LIVROS ANALISADOS	
	8º Ano do 1º Grau	2º Ano do 2º Grau
CONTEXTUALIZAÇÃO NA APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO		
Os recursos gráficos não são utilizados nos textos didáticos.	5/9	2/10
Os recursos gráficos são relevantes nos contextos em que aparecem, podendo facilitar a compreensão do leitor. Contudo, tanto os gráficos quanto as curvas de registro do som não são interpretados fisicamente.	4/9	4/10
Os recursos gráficos são relevantes nos contextos em que aparecem, podendo facilitar a compreensão do leitor. Em tais livros, os gráficos tais como as curvas de registro do som são interpretados fisicamente.	-----	4/10
O texto não utiliza ilustrações na apresentação do conteúdo analisado.	2/9	-----
As ilustrações são relevantes nos contextos em que aparecem, no sentido de facilitar a compreensão do conteúdo apresentado.	6/9	10/10
As ilustrações não são relevantes nos contextos em que aparecem, no sentido de facilitar a compreensão do conteúdo apresentado.	1/9	-----

Resultados e Conclusão

Num processo de comparação entre os resultados obtidos na análise da apresentação das qualidades fisiológicas do som pelos livros didáticos com as características gerais do livro didático, delineadas na nossa revisão bibliográfica, encontramos alguns pontos em comum, conforme mostra a tabela abaixo.

CATEGORIAS DE ANÁLISE	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	RESULTADO DAS ANÁLISES
Distorções conceituais	<ul style="list-style-type: none"> As explicações científicas são substituídas por apresentações fantasiosas 	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação superficial dos conteúdos Negligentes quanto à precisão dos conceitos Distorções conceituais Ausência de uma interdisciplinaridade
Recursos históricos	<ul style="list-style-type: none"> Ilustrativos ou informativos a-históricos no sentido crítico de suas leituras 	<ul style="list-style-type: none"> Não se evidencia o caráter problemático da construção da teoria da análise de Fourier Não são utilizados como recursos didáticos

<p>Ciência e de sua produção</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tendência realista ingênua ou empiricista • Atividade experimental estruturada num modo indutivo/dedutivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Não se evidencia o caráter metafórico dos modelos científicos • Negligencia a problematização dos na atividade experimental
<p>Contextualização</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Uso excessivo de ilustrações no sentido de tornar o texto agradável • Pouca utilização de registros gráficos • Apenas 21% dos textos utiliza e interpreta os registros gráficos

A nossa análise dos textos didáticos mostrou que o viés das reconstruções histórico-experimentais utilizadas numa postura realista crítica não está presente na apresentação da acústica nestes textos. Não há a preocupação, de um lado, em situar-se no campo de dificuldades dos estudantes e, de outro, em considerar-se a enorme complexidade que está por trás dos modelos científicos. Tais problemas, que foram encontrados especificamente na apresentação das qualidades fisiológicas do som, parecem identificar-se estreitamente com as características mais gerais delineadas em nossa revisão bibliográfica. A ciência nos livros didáticos é, por assim dizer, a-histórica, elitista e desvinculada da realidade. Muito embora a busca de soluções alternativas para estes problemas não tenha sido objetivo de nossa pesquisa, queremos, contudo, discutir alguns possíveis caminhos que podem ser trilhados em busca de possíveis soluções. Em primeiro lugar, queremos advogar que, nos reportando ao estudo das qualidades fisiológicas do som, duas estratégias poderiam ser utilizadas pelos professores para um estudo mais consonante com a natureza problemática na construção dos conceitos em sala de aula. A primeira seria a utilização de experimentos que pudessem auxiliar na abordagem dos diversos conceitos relativos ao estudo do timbre. Neste ponto específico, o conhecimento da história do desenvolvimento dos aparatos para o estudo da acústica e, em particular, o desenvolvimento dos mecanismos de registro do som pode ser uma rica fonte de material didático, desde que seja encarado numa postura dialética entre os obstáculos epistemológicos e os obstáculos cognitivos. Por outro lado, podemos imaginar a possibilidade de abrir espaço para a utilização em sala de aula de livros para-didáticos. Tais textos podem consistir numa alternativa que pode possibilitar um complemento de qualidade em direção às falhas comumente presentes nos textos didáticos. Tais textos alternativos podem centrar suas tônicas, de um lado, no uso da história como forma de discutir os estatutos epistemológicos presentes na gênese das teorias da ciência, as disputas que retratam a problemática no desenvolvimento destas teorias e sua relação com as dificuldades vividas pelos estudantes em sala de aula. De outro, podem constituir-se em manuais de experimentos simples que, utilizados numa postura problematizadora, podem servir como um recurso didático importante. Neste sentido, alguns bons textos complementares sobre acústica têm sido desenvolvidos por grupos de pesquisadores em diversas instituições de ensino e pesquisa. Dentre tais textos poderíamos citar os textos disponibilizados na INTERNET por pesquisadores da Duke University, os quais constituem-se num excelente manual para cursos básicos. Tal material poderia ser utilizado em programas de capacitação de professores de física e ciências físicas ou ainda em cursos de extensão ou disciplina optativa de acústica em cursos de Licenciatura em Física. Um outro exemplo podemos encontrar ainda na INTERNET. Tal texto, intitulado “*A Física da Música*” (Wuensche, 1998) abriu espaço na INTERNET para o desenvolvimento de uma série de discussões de temas ligados à relação entre física e música, constituindo-se numa ‘page’ interativa entre pesquisadores interessados no tema, cuja ligação com o ensino é algo importante. Muito embora as alternativas discutidas nos parágrafos acima sejam possibilidades que necessitem ainda de uma fundamentação teórica mais refinada, é, talvez, o que de melhor podemos dispor no momento. As grandes

obras da acústica estão, em sua grande maioria, em língua estrangeira e mesmo aquelas que estão na língua portuguesa trazem, em seu escopo, um nível de abordagem muito acima do necessário para cursos médios de física, o que inviabilizaria suas utilizações como textos para-didáticos. O que poderia nos restar seria trilhar os citados caminhos e outras tentativas de abordagem não evidenciadas aqui.

Bibliografia

ALMEIDA FILHO, W.R. (1993). “Física, Pedagogia e Poder: Uma Análise Histórica dos Livros Didáticos de Física (1940-1980)”, *Anais do IV Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia*, SBHC.

ALVES, R.A. e Outros (1982). *O Educador: Vida e Morte*, Graal, Rio de Janeiro.

ANDRÉ, M.E.D.A. (1995). *Etnografia da Prática Escolar*, Papirus, Campinas/SP.

ARANHA, M.L.A. & MARTINS, M.H.P. *Filosofando - Introdução à Filosofia*, Moderna, São Paulo.

ARANHA, M.L.A. (1989). *Filosofia da Educação*, Moderna, São Paulo.

ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M. (1990). *A Didática das Ciências*, Papirus, São Paulo.

BARMAN, C.R., BARMAN, N.S. & MILLER, J.A. (1996). “Two Teaching Methods and Students’ Understanding of Sound”, *School Science and Mathematics*, 96:2.

BELL, J. (1989). *Doing your Research Project - A Guide for First-Time Researchers in Education and Social Science*, Open University Press, Great Britain.

BERG, R.E. & STORK, D.G. (1995). *The Physics of Sound*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.

BUTTS, D.P., HOFMAN, H.M. & ANDERSON, M. (1994). “Is Direct Experience Enough? A Study of Young Children’s Views of Sounds”, *Journal of Elementary Science Education*, 6:1.

CANTOR, G.N. & HODGE, M.J.S. (1981). *Conceptions of Ether*, Cambridge University Press.

CECCON, C. et al (1982). *A Vida na Escola e a Escola da Vida*, Vozes, Petrópolis.

DAINTITH, J., MITCHELL, S. & TOOTILL, E. (1981). “Biographical Enciclopaedia of Scientists”, Chambers Ed., Aylesbury, England.

D’ALEMBERT, J.R. (1747). “Recerches sur la Courbe que Forme Une Corde Tendue mise en vibration / Investigation of the Curve Formed by a Vibrating String”, *Hist. Academy of Sciences*, Berlim, 3, 214-219 in Lindsay, B. (1966), *Acoustics: Historical and Philosophical Development*, Dowden, Hutchinson & Ross, inc, Stroudsburg, pp. 118-123.

DRIVER, R. (1986). *The Pupil as Scientist?*, Open University Press, England.

DRIVER, R., Squires, A., Rushworth & Wood-Robinson, V. (1994). *Making Sense of Secondary Science*, Routledge, London, England.

DUGAS, R. & COSTABEL, P. (1960). “Nascimento de uma Nova Ciência: A Mecânica” in *História Geral das Ciências*, Tomo II, 3º Vol., pp. 81-93, Difusão Européia do Livro, São Paulo.

EINSTEIN, A. & INFELD, L., *A Evolução da Física*, Edição Livros do Brasil, Lisboa.

EULER, L. (1727). “Dissertation on Sound” in Lindsay, B. (1966), *Acoustics: Historical and Philosophical Development*, Dowden, Hutchinson & Ross, inc, Stroudsburg, pp. 104-117.

EULER, L. (1759). “Letter of Leonhard Euler to Joseph Louis Lagrange” in Lindsay, B. (1966), *Acoustics: Historical and Philosophical Development*, Dowden, Hutchinson & Ross, inc, Stroudsburg, pp. 131-135.

FARIA, A.L.G. (1985). *Ideologia no Livro Didático*, Cortez, São Paulo.

FINEGOLD, M. (1974). “Abandoned Paradigms - A Source of Materials for Discussion on the Nature of Research in Physics”, *The Physics Teacher*, pp. 401 - 406, outubro de 1974.

GIBERT, A. (1982). *Origens Históricas da Física Moderna*, Calouste Gulbenkian, Portugal.

GORMAN, M. & ROBINSON, K. (1998). “Using History to Teach Invention and Design: The Case of Telephone”, *Science and Education*, V. 7, nº 2.

HSU, H.P. (1972). *Análise de Fourier*, LTC, Rio de Janeiro.

JAMMER, M. (1993). *Concepts of Space - The History of Theories of Space in Physics*, Dover Publications Inc, New York.

JOHNSTON, I. (1989). *Measured Tones*, Institute of Physics Publishing, Philadelphia, U.S.A.

KLEINER, I. (1993). “Functions: Historical and Pedagogical Aspects”, *Science & Education*, 2: 183-209.

KIPNIS, N. (1991). *History of the Principle of Interference of Light*, Birkhäuser Verlag, basel.

KUHN, T.S. (1987). *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Perspectiva, São Paulo.

LAGRANGE, J.L. (1867). “Researches on the Nature and Propagation of Sound” in Lindsay, B. (1966), *Acoustics: Historical and Philosophical Development*, Dowden, Hutchinson & Ross, inc, Stroudsburg, pp. 124-130.

LEVARIE, S. & LEVY, E. (1980). *Tone: A Study in Musical Acoustics*, Kent State University Press, Ohio, U.S.A.

LINDER, C.J. & GAALLEN, L.E. (1989). “A Study of Tertiary Physics Students Conceptualizations of Sound”, *Int. J. Sci. Educ.*, 11, 491-501.

LINDER, C.J. (1993). "University Physics Students Conceptualizations of Factors Affecting the Speed of Sound Propagation", *Int. J. Sci. Educ.*, 15:6, 655-662.

LINDSAY, R.B. (1966). "The Story of Acoustics", *Journal of Acoustical Society of America*, 39:4, 629-644.

MARTINS, R.A. (1998). "Como Distorcer a Física: Considerações Sobre Um Exemplo de Divulgação Científica . 2 - Física Moderna", *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15:3, pp. 265-300.

MEDEIROS, A.J.G. (1992). *Teachers of Physics Understanding of the Nature of Science With Particular Reference to the Development of Ideas of Force and Motion*, DSc, University of Leeds, School of Education - Centre for Studies in Science and Mathematics Education, February, 1992.

MEDEIROS, C.F. (1987). "Por uma Educação Matemática como Intersubjetividade", in Bicudo, M.A.V., *Educação matemática*, Editora Moraes, São Paulo.

MOLINA, O. (1988). *Quem Engana Quem: Professor x Livro Didático*, Papirus, Campinas/SP.

NOSELLA, M.L.C.D. (1979). *As Belas Mentiras - A Ideologia Subjacente aos Textos Didáticos*, Cortez e Moraes, São Paulo.

OHM, G.S. (1843) "On the Definition of a Tone with the Associated Theory of the Siren and Similar Sound Producing Devices", in Lindsay, B. (1966), *Acoustics: Historical and Philosophical Development*, Dowden, Hutchinson & Ross, inc, Stroudsburg, pp. 124-130.

PRETTO, N.L. (1985). *A Ciência nos Livros Didáticos*, Editora da UNICAMP, São Paulo.

REDISH, E.F. (1994). "The Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics", *The American Journal of Physics*, 62(6), 796-803.

ROSSING, T.D. (1989). *The Science of Sound*, Addison-Wesley.

SCHATZMAN, E. (1973). *Ciência e Sociedade*, Livraria Almedina, Coimbra.

SILVA, E.T. (1990). *Os (des)Caminhos da Escola*, Cortez, São Paulo.

STABLEFORD, Brian M. (1977). *The Mysteries of Modern Science*, Routledge & Kegan Paul, London.

STEINBERG, R.N., Saul, J.M., Wittmann, M.C. & Redish, E. (1996). "Students Difficulties Understanding the Told of Mathematics in Introductory Physics", *Bulletin of the American Physical Society*, 41:2, 869.

STEVENS, S. S. & WARSHOFSKY, F. (1968). *Som e Audição*, Livraria José Olympio Editora, Rio de Janeiro.

STRUBE, P. (1988). "The Presentation of Energy and Fields in Physics Texts - A Case of Literary Inertia", *Physics Education*, UK, 23.

SYMON, K.R. (1996). *Mecânica*, Campus Editora, Rio de Janeiro.

TATON, R. (1959), *História Geral das Ciências*, Tomo I, 2º Vol., pp. 132-134, Difusão Européia do Livro, São Paulo.

TATON, R. (1966). *História Geral das Ciências*, Tomo III, 1º Vol., pp. 195-202, Difusão Européia do Livro, São Paulo.

TAYLOR, B. (1713). "De Motu Nervi Tensi" ("Concerning the Motion of a Stretched String"), *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, 28, 26-32.

TAYLOR, L.W. (1941). *Physics - The Pioneer Science*, Dover Publications Inc., New York.
Werneck, H., *Se Você Finge que Ensina, Eu Finjo que Aprendo*, Vozes, 4ª edição.

WHEELER, G.F. & CRUMMETT, W.P. (1987). "The Vibrating String Controversy", *American Journal of Physics*, 55(1), pp. 33-37, Janeiro de 1987.

WHITTAKER, E. (1989). *A History of the Theories of Aether and Electricity*, Dover Publications Inc, New York.

WITTMANN, M. (1996). "Student Difficulties in Understanding Mechanical Waves: An Overview of Research Results", <<http://www.physics.umd.edu/rgroups/ripe/mcw/waveresearch.htm>>. [Acessado em 30/01/97]

WUENSCHÉ, C.A. (1998). *A Física da Música*, <http://www.netdata.com.br/dinamica/>, [Acessado em 25/05/98]

Textos Didáticos Analisados

BARROS, C. (1994). *Física e Química - 8ª série*, Ática, São Paulo, pp. 80 e 81.

BLINDER, D.A. et al. (1992). *Física e Química - 8ª série*, Atual, São Paulo, pp. 85 e 86.

CRUZ, D. (1997), *Ciências e Educação Ambiental*, Ática, São Paulo, pp. 203 e 204.

LEMBO, A. et al. (1992). *Ciências - Química e Física*, Moderna, São Paulo, pp. 170 e 171.

LOPES, P.C. (1995). *Ciências 8 - O Ecossistema*, Saraiva, São Paulo, pp. 135 e 136.

MACEDO, M.U. & GALHARDO FILHO, E. (19__). *Ciências - Química e Física*, IBEP, São Paulo, pp. 127 e 128.

PORTO, D.P. & MARQUES, J.L. (1994). *Ciências - Química e Física*, Scipione, São Paulo, p. 111.

SOARES, J.L. (1990). *Química e Física - 1º Grau*, Moderna, São Paulo, pp. 136 e 137.

STERN, I. (1993). *SOS Ciências - 8ª série*, Arco Íris, Curitiba, p. 129.

AMALDI, U. (1995). *Imagens da Física*, Scipione, São Paulo, pp. 219-221.

BLACKWOOD, O.H., HERRON, W.B. & KELLY, W.C. (1968). *Física na Escola Secundária*, Fundo de Cultura, Rio de Janeiro, pp. 365-369.

BONJORNO, J.R., BONJORNO, R.F.S.A. & BONJORNO, V. (19__). *Física*, v. 2, FTD, São Paulo, pp. 250 e 251.

CALÇADA, C.S. & SAMPAIO, J.L. (1985). *Física Clássica*, v. 5, Atual, São Paulo, pp. 438-440.

LUZ, A.M.R. & ALVARENGA, B. (1993). *Curso de Física*, v. 2, Harbra, São Paulo, pp. 856-858.

OLIVEIRA, P.C. (1993). *Princípios da Física 2*, Lê, Belo Horizonte, pp. 376 e 377.

PARANÁ, D.N. (1995). *Física*, v. 2, 4ª Ed., Ática, São Paulo, pp. 338-341.

PAULI, R.U., MAUAD, F.C. & HEILMANN, H.P. (1980). *Física 3*, Pedagógica e Universitária, São Paulo, pp. 147 e 148.

RAMALHO Jr., F., SANTOS, J.I.C., FERRARO, N.G. & SOARES, P.A.T. (1979). *Os Fundamentos da Física*, v. 2, Moderna, São Paulo, pp.427-429.

SANTOS, J.I.C. (1988). *Conceitos de Física*, v. 2, Ática, São Paulo, pp. 134 e 135.