

# **Integração de diferentes modos semióticos em textos multimodais de livros didáticos de Física: considerações sobre o caminho de leitura<sup>1</sup>**

## **Integration of different semiotic modes in multimodal Physics textbooks: the reading path**

**Esdras Garcia Alves**

IFMG/Congonhas  
egafisica@yahoo.com.br

**Eduardo Fleury Mortimer**

FAE/UFMG  
efmortimer@gmail.com

### **Resumo**

O livro didático de Física é um importante objeto mediador utilizado por professores e alunos, dentro e fora da sala de aula. Pelo fato de suas páginas serem compostas por diferentes modos semióticos de comunicação, sua leitura demanda a integração de informações advindas de textos verbais, desenhos, gráficos e expressões algébricas. Propor um caminho de leitura explícito para o leitor, que facilite a integração das informações comunicadas pelos diferentes modos, pode ser uma forma de o autor contribuir para facilitar a compreensão a partir da leitura. Nesse trabalho analisamos os caminhos que transparecem da leitura de dois livros didáticos distintos. Comparando os textos dos livros, procuramos oferecer evidências de que a definição de um caminho de leitura mais bem definido, que faça relações explícitas entre diferentes modos semióticos de comunicação, pode contribuir para facilitar a aprendizagem.

**Palavras chave:** livro didático, multimodalidade, caminho de leitura

### **Abstract**

The Physics textbook is an important object that mediates teaching and learning activity in and out of classrooms. It is a multimodal resource composed by texts, drawings, graphs and algebraic expressions. Textbooks authors can integrate different semiotic modes suggesting a reading path that would help students in their reading task. In this work we analyze the reading path that emerges from the reading of two different textbooks. Comparing the texts, we offer some evidence that the definition of a reading path, which makes explicit relationship among the semiotic modes, would contribute to facilitate science learning.

**Key words:** textbooks, multimodality, reading path

---

<sup>1</sup> Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - campus Congonhas (IFMG-Congonhas) pelo apoio para a realização desse trabalho.

## **Introdução**

As ações relacionadas ao ensino e à aprendizagem que ocorrem em uma sala de aula podem envolver formas bastante diversificadas de interação do professor e dos alunos com objetos mediadores materiais, como modelos bola-vareta, lâminas de microscópio com microorganismos, animações de computador, livros didáticos, dentre muitos outros exemplos. Nesse trabalho voltamos nossa atenção para o livro didático de Física.

O livro didático é um importante objeto mediador utilizado nas atividades de ensino e aprendizagem que ocorrem dentro e fora das salas de aula. Freitas e Martins (2008) afirmam que, em muitos casos, considerando o contexto educacional brasileiro, a organização do trabalho no espaço escolar tem como único referencial o livro didático. Além disso, esse objeto, nas últimas décadas, tem sido distribuído em larga escala, em função do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), tanto para o Ensino Fundamental, quanto para o Ensino Médio. El-Hani et al. (2011) comentam que, não fosse o PNLD, muitos estudantes de escolas públicas não teriam acesso a esse objeto, pois não teriam condições de adquiri-lo.

Por ser um objeto cultural complexo, o livro didático tem sido investigado sob óticas bastante diversificadas: como mercadoria, como suporte de conhecimentos e métodos de ensino, como veículo de valores ideológicos ou culturais, dentre outras (MARTINS, 2006; BITTENCOURT, 2004). Nosso olhar sobre o livro de alinha com a tendência apontada por Martins (2006), de uma ampliação do interesse dos pesquisadores da área da Educação em Ciências pela questão da linguagem nesses materiais.

É importante ressaltar que o termo linguagem, aplicado ao livro didático de Física, Química, Biologia ou Ciências, não se restringe ao texto escrito, puramente verbal, mas envolve também as imagens (fotografias, desenhos, esquemas), gráficos e expressões algébricas. Todos esses elementos constituem diferentes modos de comunicação (KRESS, 2009), que possuem potencialidades e limitações distintas. Utilizá-los em conjunto em um mesmo processo de comunicação pode contribuir para facilitar a compreensão, mas também pode aumentar o trabalho semiótico a ser realizado pelo leitor, que deverá extrair informações significativas de modos distintos e integrá-las em uma mensagem coerente.

Nesse trabalho analisamos a forma como diferentes autores de livros didáticos de Física orientam o estudante em sua tarefa de leitura do texto. Nosso objetivo é mostrar, por meio da comparação de duas obras distintas, como as escolhas feitas por determinado autor, no sentido de definir um caminho de leitura explícito para o leitor, pode contribuir para uma integração mais coerente dos diferentes modos de comunicação empregados na composição da página e, possivelmente, uma melhor compreensão do texto.

## **Marco teórico**

### **Modos semióticos de comunicação e multimodalidade**

As diversas formas de representar uma informação, empregadas pelos seres humanos nos processos de comunicação (fala, escrita, gestos, imagens etc), constituem exemplos de modos semióticos de comunicação (KRESS, 2009).

Modos semióticos são recursos de comunicação trabalhados, moldados e organizados por uma cultura, para exprimir os sentidos solicitados por suas necessidades práticas e sociais. Em

outras palavras, um modo é um recurso para a comunicação que é social e culturalmente configurado para produzir significados (KRESS et al., 2001; KRESS, 2009).

O livro didático de Física pode ser considerado como uma produção multimodal, cujas formas de uso ocorrem em situações sociais específicas, como o contexto escolar. Em geral, as páginas de um livro dessa disciplina são compostas por modos verbais, como a escrita, e por modos não verbais, como fotografias, desenhos icônicos, desenhos esquemáticos, gráficos e expressões algébricas.

Cada um desses modos possui potencialidades e limitações distintas para a comunicação, resultantes tanto do meio material onde é veiculado, quanto do trabalho que uma determinada cultura realizou sobre ele. As potencialidade e limitações de um modo, associadas às demandas de comunicação entre interlocutores, em determinado momento, pode nos ajudar a compreender a utilização conjunta de diferentes modos em um mesmo processo de comunicação. Lemke (1998) constatou que as informações comunicadas por um modo nem sempre o são por outro, o que levou o autor a concluir que esses modos são irredutíveis um ao outro, no sentido de que se faz necessário que sejam empregados em conjunto para a produção de determinados significados.

Quando mais de um modo é empregado em um mesmo processo de comunicação, cada um contribui de forma particular para a produção de sentidos e, além disso, a combinação dos diferentes modos também contribui para ampliar a construção de significados (KRESS et al., 2001; LEMKE, 1998). Ocorre que ao utilizar diferentes modos de comunicação na produção de determinado texto é preciso pensar a forma como são integrados, pois a presença de um modo afeta a maneira como os demais são empregados (MORO et al., 2015). Essa questão parece bastante pertinente quando pensamos sobre os textos presentes nos livros didáticos de Física, pois, a utilização conjunta de vários modos cria mais possibilidades de leituras do texto, uma vez que o leitor tem à sua disposição múltiplos caminhos de leitura a seguir.

O caminho de leitura é formado pelos sucessivos deslocamentos realizados por um leitor enquanto lê um texto (KRESS, 2003). Um texto puramente verbal pressupõe um caminho de leitura mais ou menos definido, no sentido que, para compreender a informação comunicada pelo autor, o leitor deve seguir o texto palavra após palavra, da esquerda para a direita e de cima para baixo, caso se trate de um leitor habituado à escrita ocidental. Veja a Figura 1A.

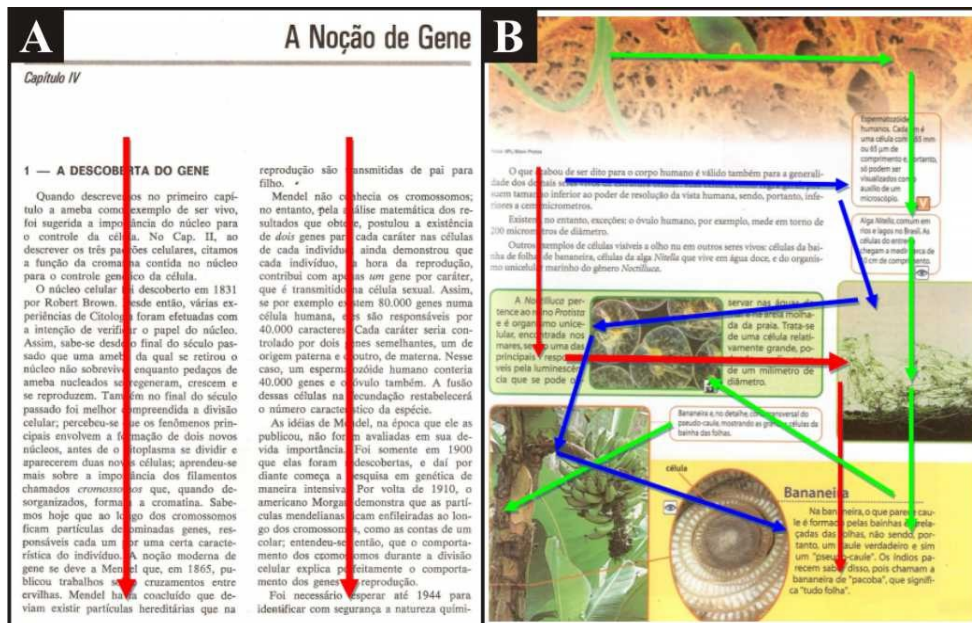


Figura 1: Diferentes caminhos de leitura que podem ser trilhados pelo leitor: em A, um texto puramente verbal, e em B, um texto multimodal (LOPES, 2010).

Quando são empregados diferentes modos de comunicação na composição do texto de uma página os caminhos de leitura se multiplicam (LOPES, 2010), pois o leitor tem à sua frente informações importantes para a compreensão do texto, advindas dos diversos modos (Figura 1B). Nesse caso, principalmente considerando que os leitores do livro didático estão em processo de enculturação nas práticas da ciência escolar, partimos da hipótese que a definição de um caminho de leitura, onde o autor guia o olhar do leitor para os aspectos importantes que devem ser percebidos e focados, pode contribuir para facilitar a compreensão do texto. Guiar o olhar do leitor significa educar sua atenção, significa ensiná-lo a interagir com esses modos da maneira como o fazem os membros das comunidades que comumente os elaboram e os utilizam (como os professores e os autores de livros).

## Dialogia e educação da atenção

Bakhtin (2006) afirma que a enunciação é o produto da interação de dois indivíduos socialmente organizados e, mesmo que não haja um interlocutor real, este pode ser substituído pelo representante médio do grupo social ao qual pertence o locutor (p. 114). A forma como o autor concebe o leitor pode ter uma influência direta sobre a aprendizagem a partir da leitura do texto.

Se o autor concebe o leitor como alguém já introduzido em certas práticas e discursos da ciência escolar, ele pode escolher suprimir alguns detalhes do texto, ou deixar de explicitar alguns elementos e caminhos, que seriam fundamentais para um leitor não iniciado. Dessa forma, as lacunas deixadas pelo autor podem implicar em dificuldades de compreensão para o leitor pouco experiente.

Tim Ingold faz referência ao termo educação da atenção, para argumentar acerca do modo como as pessoas adquirem conhecimentos no mundo e, principalmente, contribuem para que esse conhecimento chegue às próximas gerações. Para Ingold, absolutamente nada se transmite; o aprendizado é um redescobrimto guiado (INGOLD, 2008, p. 21). O especialista guia o

olhar do aprendiz para os aspectos importantes que podem ser vistos, tocados, ouvidos e sentidos, da atividade que é objeto de ensino.

Uma perspectiva semelhante, com respeito ao professor, parece ser encontrada em KRESS et al. (2001). Esses autores, ao descreverem o comportamento de um professor de ciências, afirmam que ele age retoricamente, ao mobilizar determinados recursos de mediação e ao elaborar seus discursos, tanto em função do modo como concebe seus alunos, quanto pelos objetivos que visa alcançar em certo momento da comunicação. O professor seleciona textos verbais, figuras, gráficos, experimentos, aspectos prosódicos, gestos e orchestra todos esses modos e recursos semióticos a fim de produzir determinado efeito sobre as visões de mundo dos estudantes.

Podemos estender essa descrição aos autores de livros didáticos, que orquestram modos verbais e não verbais, a fim de cumprir certos propósitos retóricos junto aos estudantes. Tanto quanto o professor, os autores dos livros didáticos deveriam se preocupar em guiar o olhar do estudante pelo texto, de forma a ajuda-lo a integrar as informações comunicadas pelos diferentes modos em um todo coerente.

### **Modelagem e níveis de referencialidade**

De acordo com Mortimer et al. (2005), uma atividade central às ciências naturais é a construção de modelos do mundo físico, que nos permitem pensar sobre os fenômenos, explica-los e prever eventos e consequências de ações a eles relacionados. Os discursos que possibilitam a construção desses modelos podem estar baseados em entidades e processos do mundo vivido, constituindo o que esses autores denominam de mundo dos objetos e eventos, ou do mundo concebido pelas ciências, constituindo o mundo das teorias e modelos.

Seja no mundo dos objetos e eventos, seja no das teorias e modelos, os discursos que caracterizam a construção desses mundos podem se situar em três níveis referenciais distintos. Os discursos podem fazer uso de referentes específicos, de referentes abstratos, ou de classes de referentes.

Silva e Mortimer (2010) afirmam que

a abordagem a um referente específico ou a uma classe de referentes pode ocorrer tanto no mundo dos objetos e eventos quanto no mundo das teorias e dos modelos. Os referentes abstratos, por sua vez, encontram-se geralmente no mundo das teorias e dos modelos (SILVA; MORTIMER, 2010, p. 133).

Quando o discurso caminha de um referente específico para uma classe de referentes, ou de um referente específico para um referente abstrato, há um movimento em direção à descontextualização, o que demanda uma maior quantidade de conhecimentos compartilhados entre os interlocutores. Se esse não é o caso, como ocorre com os estudantes em processo de enculturação, partir de um referente específico pode ser uma alternativa que facilita a compreensão.

### **Metodologia**

Conforme colocamos na introdução deste trabalho, nosso objetivo é identificar e analisar aspectos dos caminhos de leitura propostos por diferentes autores para a composição de textos de livros didáticos de Física. Selecionamos dois textos sobre transformação isotérmica, que podem ser considerados como prototipicamente multimodais, compostos por textos verbais, fotografias,

gráficos e expressões algébricas (em um deles aparece também uma tabela). Nesses dois textos, os caminhos de leitura que parecem ser sugeridos pelos autores diferem em grande medida, considerando a integração dos diferentes modos semióticos.

O processo de análise teve início com leituras dos textos na íntegra, que nos permitissem identificar possíveis movimentos dos autores que pareciam indicar um caminho de leitura. Para caracterizar o caminho de leitura sugerido pelo autor, procuramos por indícios que sugerem a integração dos diferentes modos. Nessa caracterização também foram utilizadas as categorias propostas por Mortimer et al. (2005), de modelagem e níveis de referencialidade, uma vez que os trechos do caminho podem se situar em níveis referenciais distintos.

Procuramos estabelecer uma comparação entre os textos das duas obras com o objetivo de argumentar que as diferenças encontradas podem implicar em diferentes resultados de compreensão. Nossa análise, contudo, se baseia na possibilidade de o leitor vir a seguir o caminho proposto pelo autor, pois não temos acesso ao caminho efetivamente seguido durante a leitura.

## Resultados e discussões

O primeiro texto analisado foi retirado do livro Física: contexto e aplicações, vol. 2, de Máximo e Alvarenga (2013). A abordagem do tema se inicia na subseção “Transformação isotérmica”, reproduzida na Figura 2.

É interessante notar que, no primeiro parágrafo, os autores definem o significado dos termos que dão origem à palavra isotérmica. Atribuímos essa escolha à possível imagem que os autores fazem do leitor do livro, bem como à necessidade de chamar a atenção dele para o fato de que esse nome traduz uma característica fundamental da transformação em estudo: a temperatura se mantém constante.

Provavelmente os autores consideram o estudante como alguém em processo de enculturação, que necessita ser introduzido gradativamente aos termos empregados nos discursos das ciências.

### TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

Suponha que um gás tenha sido submetido a uma transformação na qual a sua temperatura foi mantida constante. Dizemos que ele sofreu uma **transformação isotérmica** (*isos* = 'igual' + *thérme* = 'temperatura'). Considerando que a massa do gás também se manteve constante (não houve escapamento nem entrada de gás no recipiente), constata-se que, na transformação isotérmica de um gás, apenas a pressão e o volume são as grandezas que variam.

A FIGURA 2.2 apresenta uma maneira de realizar uma transformação isotérmica. Na FIGURA 2.2.A, certa massa de ar está confinada em determinado **volume** de um tubo fino, por meio de uma pequena coluna de Hg. A **pressão** que atua nesse volume de gás é a soma da pressão atmosférica,  $p_a$ , que permanece constante, com a pressão exercida pela coluna de Hg. Adicionando-se Hg lentamente no tubo, o aumento da altura da coluna acarreta um aumento na pressão que atua sobre o gás e, conseqüentemente, ocorre uma redução em seu volume [FIGURAS 2.2.B e 2.2.C]. Se a operação for feita lentamente, a massa de ar permanecerá sempre em equilíbrio térmico com o meio ambiente, de modo que sua temperatura se mantenha praticamente constante, ou seja, a transformação é isotérmica.

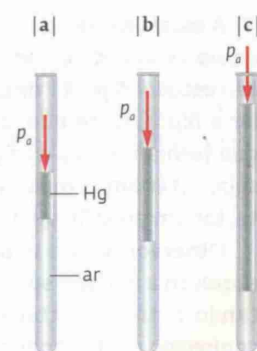


FIGURA 2.2. Em uma transformação isotérmica, quando a pressão sobre o gás aumenta, seu volume diminui.

Figura 2: Final da página 38 do livro Física: contexto e aplicações, vol. 2, de Máximo e Alvarenga (2013).

No parágrafo seguinte, os autores fazem referência a um experimento. Na figura que representa o experimento, com exceção da seta usada para representar a atuação da pressão atmosférica, os referentes empregados em sua composição podem ser identificados como pertencentes ao mundo dos objetos e eventos. Esse experimento constitui um elemento fundamental no texto, sobre o qual serão desenvolvidas todas as outras formas de representação de uma transformação isotérmica.

Do ponto de vista dos níveis de referencialidade, o discurso está associado a referentes específicos, pertencentes ao mundo dos objetos e eventos. Essa escolha dos autores parece estar baseada no fato de que as entidades e processos pertencentes ao mundo vivido podem ser mais facilmente apreendidos pelos estudantes. Mais adiante a discussão passará para um nível de maior abstração, revelando uma possível intenção dos autores em desenhar um caminho que parta de uma situação específica, concreta, em direção a uma situação geral, abstrata.

A figura é composta por três partes, cada uma delas representando um estado com uma pressão e um volume característicos para o ar contido no tubo (veja a Figura 2). Para que o estudante perceba a alteração do volume do ar, mediante a variação da pressão, os autores explicam, no texto verbal, como a variação da coluna de Hg modifica a pressão e, por conseguinte, o volume de ar, e direcionam o olhar do leitor para as partes B e C da figura por meio de um trecho do texto verbal: “Figuras 2.2.B e 2.2.C”.

Nesse parágrafo, os autores orquestram texto verbal e figura, remetendo o leitor do texto à figura, explicitamente, por três vezes. Isso é feito por meio de trechos específicos de texto como “A Figura 2.2 apresenta uma maneira de realizar uma transformação isotérmica” ou “... ocorre uma redução em seu volume [Figura 2.2.B e 2.2.C]”. Os autores estão guiando o olhar do leitor, informando-o como deve ser realizada a leitura desse trecho de texto multimodal. O leitor deve coordenar texto verbal e elementos específicos da figura para compreender a informação que os autores desejam comunicar.

Movimentos semelhantes ocorrem na subseção “Lei de Boyle”, reproduzida na Figura 3.

## LEI DE BOYLE

Se medirmos a pressão e o volume do gás (ar) em uma experiência como a apresentada na FIGURA 2.2, poderemos encontrar uma relação simples entre essas grandezas. Suponhamos que, na FIGURA 2.2.A, o volume do ar confinado fosse  $V_1 = 60 \text{ mm}^3$ , e a pressão total sobre ele,  $p_1 = 80 \text{ cmHg}$ . Em seguida, imagine que, na FIGURA 2.2.B, a pressão tenha sido aumentada para  $p_2 = 160 \text{ cmHg}$ . No experimento, o volume do gás se reduziria para  $V_2 = 30 \text{ mm}^3$ . Aumentando-se novamente a pressão para  $p_3 = 240 \text{ cmHg}$  [FIGURA 2.2.C], o volume passaria a ser  $V_3 = 20 \text{ mm}^3$ . Se aumentássemos a pressão para  $320 \text{ cmHg}$ , o volume seria  $V_4 = 15 \text{ mm}^3$ , e assim sucessivamente. Tabela das medidas, obtemos:

| $p$ (cmHg)             | 80 | 160 | 240 | 320 |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| $V$ (mm <sup>3</sup> ) | 60 | 30  | 20  | 15  |

Compare a primeira coluna com as demais e observe que:

- duplicando  $p \Rightarrow V$  é dividido por 2;
- triplicando  $p \Rightarrow V$  é dividido por 3;
- quadruplicando  $p \Rightarrow V$  é dividido por 4, e assim sucessivamente.

Esse resultado comprova que o volume  $V$  de um gás é inversamente proporcional à pressão  $p$  a que ele está submetido e, conseqüentemente, o produto  $p \times V$  é constante. O físico inglês Robert Boyle, em 1660, foi o primeiro a chegar a essas conclusões, depois de realizar uma série de experiências semelhantes à que descrevemos. Por tal motivo, o resultado a que chegamos é conhecido como **lei de Boyle**:

**Se a temperatura  $T$  de uma dada massa gasosa for mantida constante, o volume  $V$  desse gás será inversamente proporcional à pressão  $p$  exercida sobre ele, ou seja:**

$$pV = \text{constante (se } T = \text{constante)}$$

## O GRÁFICO $p \times V$

Na FIGURA 2.3, apresentamos o gráfico  $p \times V$ , construído com os valores de  $p$  e  $V$  da tabela relativa à transformação isotérmica da experiência que descrevemos. Veja como foram lançados, no gráfico, os dados da tabela e observe que a curva obtida mostra a variação inversa do volume com a pressão (enquanto  $V$  aumenta,  $p$  diminui).

Como, nessa transformação,  $p$  e  $V$  são inversamente proporcionais, podemos concluir que a curva da FIGURA 2.3 é uma hipérbole. Por descrever uma transformação isotérmica, essa curva também é denominada **isoterma** do gás.

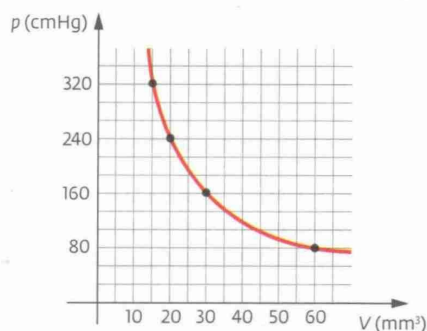


FIGURA 2.3. Isoterma de um gás ideal.



**Robert Boyle (1627-1691)**

Químico e físico inglês conhecido por suas experiências pioneiras sobre as propriedades dos gases. Adepto da teoria corpuscular da matéria, que deu origem à moderna teoria química dos elementos, criticava duramente as ideias de Aristóteles e dos alquimistas sobre a composição das substâncias.

Figura 3: Página 39 do livro Física: contexto e aplicações, vol. 2, de Máximo e Alvarenga (2013).

Para chegar à relação matemática que sintetiza a lei, os autores partem de supostas medidas realizadas no experimento descrito na subseção anterior. Os autores associam a cada uma das partes da Figura 2.2 (reproduzida na Figura 2) um valor para a pressão e um correspondente valor para o volume, de forma explícita para o leitor. Eles utilizam textos como “Suponhamos que, na Figura 2.2.A, o volume do ar confinado fosse  $V_1 = 60 \text{ mm}^3$ , e a pressão total sobre

ele,  $p_1 = 80 \text{ cmHg}$ ". Esses movimentos culminam na afirmação dos autores que a realização das medidas poderia ser representada em uma tabela. Novamente, os autores direcionam, por três vezes, o olhar do leitor à figura, enquanto descrevem a realização das medidas no texto verbal, integrando os modos escrita, figura e tabela.

A integração desses diferentes modos parece contribuir para ajudar o estudante a atribuir sentido aos dados da tabela. Como argumentam Roth e Tobin (1997), não há relação direta entre o fenômeno e a tabela de dados. Esses autores afirmam que há gaps ontológicos entre fenômenos e suas representações. No sentido de levar o estudante a superar essas discontinuidades, os autores do livro didático associam cada parte da figura a um par de valores de pressão e de volume.

Logo em seguida, os autores promovem uma nova coordenação entre diferentes modos, sugerindo que o leitor perceba uma relação entre os valores de pressão e volume apresentados na tabela: "Compare a primeira coluna com as demais e observe que:". A conclusão a que os autores querem levar o leitor, de que uma modificação na pressão produz uma modificação inversamente proporcional no volume, demanda a coordenação entre o texto verbal e os valores da tabela. Por esse motivo os autores orientam o leitor a comparar os valores da tabela.

Até esta parte do texto o discurso dos autores estava baseado em referentes concretos. A partir desse momento, o discurso se volta para uma classe de referentes. O trecho "Esse resultado comprova que o volume  $V$  de um gás é inversamente..." indica que o resultado se aplica a qualquer gás e não apenas ao ar aprisionado no tubo do experimento representado na Figura 2.2.

Os discursos na ciência escolar se deslocam no sentido da descontextualização, partindo, muitas vezes, de situações particulares, como é o caso dos exemplos, em direção a situações mais gerais, como as leis e teorias, que se aplicam a uma maior diversidade de fenômenos. No texto, os autores parecem desenvolver esse movimento, partindo de um referente concreto, e se movendo em direção a uma classe de referentes.

Para finalizar a abordagem do tema os autores criam uma nova subseção, dedicada à apresentação do gráfico PV (veja a Figura 3). De início eles estabelecem para o leitor a relação existente entre os dados da tabela, o gráfico e o experimento. O trecho do primeiro parágrafo do texto direciona o olhar do leitor para o gráfico, mas logo em seguida são mencionadas a tabela e a experiência. A parte final do texto orienta o leitor a perceber que na tabela e no gráfico estão representados os mesmos valores. Dessa forma são integrados a escrita, a tabela, a figura e o gráfico.

Uma característica bastante notável desse texto é o modo como os autores constroem a unidade do texto. Eles utilizam pequenas subseções para tratar de cada pequena parte que compõe o tema. Nessas subseções, alguns elementos são trazidos à cena para serem tematizados, isto é, mostrados ao leitor: na primeira o experimento, na segunda os dados e a relação matemática e na terceira o gráfico. Contudo, ao longo de todo o texto os autores procuram sinalizar para o leitor que todos esses elementos, na verdade, compõe uma unidade. Para Ingold (2010), mostrar alguma coisa a alguém é fazer essa coisa se tornar presente para essa pessoa, de modo que ela possa compreendê-la diretamente, seja olhando, ouvindo ou sentindo (p. 21).

Em diversos momentos notamos a intenção explícita dos autores do texto analisado de levar o leitor a promover uma integração dos diferentes modos de comunicação empregados no texto. Os autores realizam essa integração por meio de textos que remetem o leitor de um modo de

representação para o outro.

O caminho de leitura sugerido por esse texto é bastante sofisticado, pois envolve ir e vir entre o texto verbal e a inscrição a ele associada em cada subseção, e também fazer movimentos entre os modos em subseções diferentes. Esse movimento, que aumenta os deslocamentos a serem realizados pelo leitor, permite que ele veja o texto como uma unidade e não como partes isoladas.

O próximo trecho de texto a ser analisado foi retirado do livro Física, vol. 2, de Bôas, Doca e Biscuola (2010). O tamanho do texto dedicado à abordagem da transformação isotérmica é diferente do livro anterior. Os autores utilizam uma das colunas de uma página para apresentar uma biografia de Robert Boyle e a outra para tratar, de fato, da transformação isotérmica, como mostra a Figura 4. Um pequeno espaço da página seguinte também é utilizado para apresentar os gráficos de uma transformação isotérmica (veja a Figura 5; nessa figura a região sombreada diz respeito à abordagem de outro tema).

As escolhas desses autores diferem bastante daquelas feitas no livro analisado anteriormente. Inicialmente os autores procuram estabelecer um link entre a nova subseção e o personagem descrito na biografia.

Nesse trecho inicial percebe-se que o discurso está baseado em uma classe de referentes abstratos, pois os autores não se referem a um gás específico, mas ao modelo de gás ideal. O mesmo acontece quando eles explicam a variação da pressão como função da variação do volume. Os enunciados presentes no texto fazem menção às partículas que compõem o gás, que constituem outra classe de referentes abstratos.

O caminho de leitura que começa a se esboçar nessa parte inicial parece indicar que os autores concebem os leitores como suficientemente iniciados nesses conceitos. A discussão se situa em um nível abstrato e generalizado.

Nesse livro também não encontramos, no texto verbal, indicações para direcionar o olhar do leitor para elementos específicos dos outros modos de comunicação presentes na página. O caminho de leitura usado por esses autores se assemelha, em grande medida, à leitura de um texto puramente verbal. O caminho de leitura segue de cima para baixo, linearmente, sem nenhuma interrupção ou interdição explícita dos autores.

Embora os autores desse texto tenham utilizado modos semióticos muito semelhantes aos usados pelos autores do livro analisado anteriormente, fica evidente a quantidade de trabalho semiótico que os leitores desse livro têm que realizar para compreender as diferentes formas de representar uma transformação isotérmica. Os autores desse livro não se preocuparam em integrar os diferentes modos de forma explícita para o leitor. Por exemplo, não há uma única menção a elementos dos desenhos ou dos gráficos.

Comparando os dois livros, podemos notar que o primeiro concebe o leitor como um indivíduo em processo de enculturação, que necessita ser guiado por diferentes formas de representação de uma informação, partindo de situações concretas para chegar aos modelos gerais. Já no segundo livro, os autores parecem considerar que os estudantes já estão suficientemente familiarizados com essas formas de representação e não necessitam ser conduzidos de forma mais orientada.

Do ponto de vista da construção de conceitos, o primeiro livro parece ser mais adequado, uma vez que vai, passo a passo, ampliando o conjunto de conhecimentos relacionados à transformação isotérmica, partindo de referentes concretos, passando por classes de referentes, até chegar aos

referentes abstratos. Já o segundo livro parte da síntese final, isto é, da apresentação da Lei de Boyle.

### 3. Robert Boyle

Nascido na Irlanda, filho do primeiro Conde de Cork, um dos homens mais ricos e influentes da Grã-Bretanha da época, Robert Boyle recebeu uma boa educação no famoso Eton College e em viagens para esse fim pela Itália, França e Suíça. Esteve em Florença (Itália), onde realizou um estudo minucioso das obras de Galileu. Voltou à Inglaterra em 1644, dedicando-se a produzir textos nos campos da Filosofia e da Religião, não deixando de estudar Física e Química. Em 1650, fascinado pelas propriedades físicas do ar, construiu em sua casa um laboratório e descobriu-se um entusiasta da experimentação. Estendeu suas pesquisas à hidrostática e ao som. Junto com Robert Hooke criou uma máquina pneumática para auxiliar nos estudos dos gases (principalmente o ar), demonstrando a impossibilidade da obtenção do vácuo absoluto. Descobriu que o ar era meio de propagação do som e que podia ser comprimido, já que era formado por pequenas partículas que se moviam no vácuo. Verificou experimentalmente que o volume do ar variava, praticamente, na razão inversa da variação da pressão a que era submetido. Alguns anos depois, o abade francês Edme Mariotte observou que essa relação volume-pressão somente era válida se a temperatura permanecesse constante. Por isso essa lei de Boyle é também denominada Lei de Boyle-Mariotte.



Robert Boyle (1627-1691), físico irlandês, estudou no século XVII algumas propriedades do ar e pesquisou sobre o vácuo. Óleo sobre tela de Johann Kerseboom (1689-1690), National Portrait Gallery London.

Boyle tornou-se um dos grandes cientistas da Inglaterra, participando, em 1660, da fundação da Royal Society, uma sociedade inglesa composta de amantes da Ciência, por onde passaram grandes nomes, como Isaac Newton. Em sua obra *The Sceptical Chymist* (O químico cético) Boyle separa a Química da Alquimia e da Medicina, sendo considerado um dos fundadores da Química Moderna.

### Lei de Boyle

Robert Boyle foi o responsável pela lei que rege as transformações sofridas por determinada massa de nosso modelo de gás perfeito quando sua temperatura se mantém constante (transformação isotérmica). É de fácil compreensão que uma redução de volume de um gás aumentará a concentração de partículas, aumentando o número de colisões nas paredes do recipiente, provocando um aumento na pressão do gás. Em contrapartida, o aumento do volume irá “espalhar” mais as partículas, diminuindo a concentração de choques nas paredes do recipiente, diminuindo assim a pressão do gás.

Para o modelo de gás perfeito vale o enunciado a seguir.

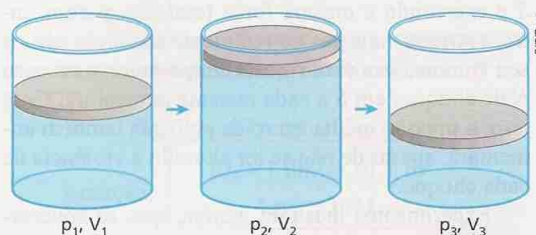
Quando determinada massa de um gás perfeito sofre uma **transformação isotérmica**, sua pressão é inversamente proporcional ao volume por ele ocupado.

Essa lei pode ser expressa matematicamente por:

$$pV = K_1$$

em que  $p$  é a pressão,  $V$  o volume e  $K_1$  uma constante que depende da massa, da temperatura e da natureza do gás.

Isso significa que, à temperatura constante, para dobrarmos o valor da pressão, devemos reduzir o volume à metade.



Nessas transformações, a massa e a temperatura do gás perfeito mantêm-se constantes. Dessa forma, a **Lei de Boyle** garante a validade da relação:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3$$

Em um diagrama pressão ( $p$ )  $\times$  volume ( $V$ ), a representação gráfica da Lei de Boyle é um **ramo de hipérbole**.

Figura 4: Página 90 do livro Física, vol. 2, de Bôas, Doca e Biscuola (2010).

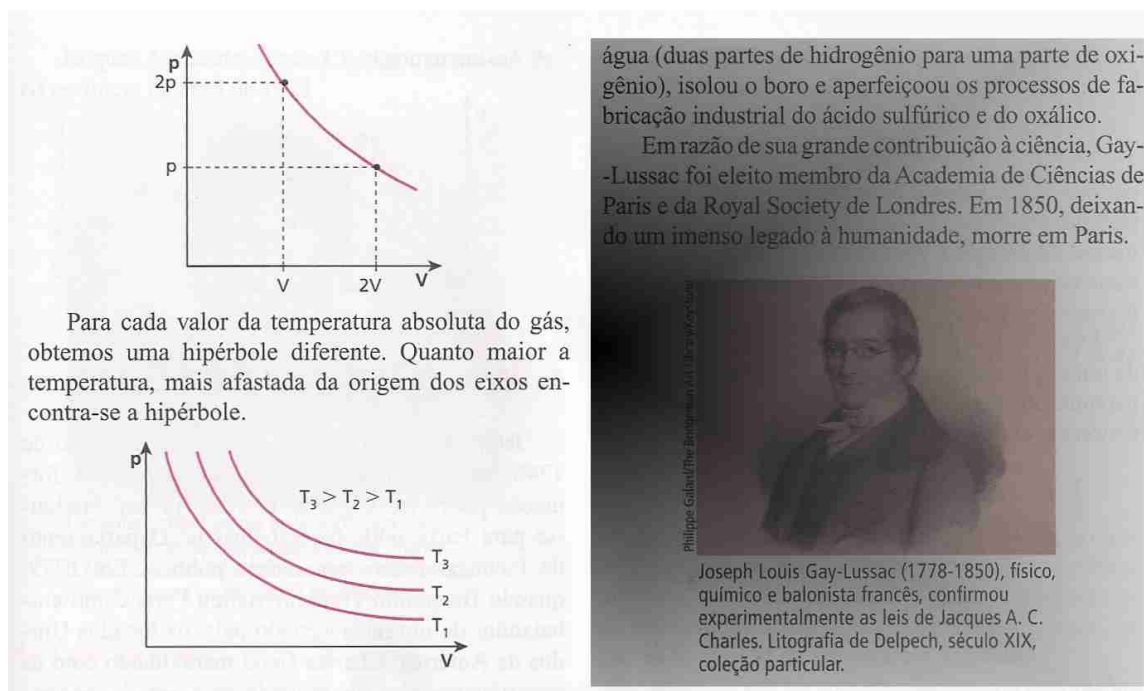


Figura 5: Início da página 91 do livro Física, vol. 2, de Bôas, Doca e Biscuola (2010).

## Considerações finais

Os textos didáticos de Física são produções multimodais constituídas por modos como escrita, fotografias, diagramas, gráficos e expressões algébricas. A leitura e a compreensão desse tipo de texto não é trivial e a forma como os autores integram os diferentes modos pode contribuir para facilitar, ou dificultar, o estabelecimento de relações entre fenômenos e conceitos.

Nos textos analisados procuramos evidenciar as diferenças de caminhos que os autores parecem esboçar, o que tem implicações sobre a forma como o leitor vai interagir com o texto. Conforme procuramos apontar ao longo da análise, deixar completamente a cargo do leitor o trabalho de integração das informações comunicadas pelos diferentes modos parece inadequado do ponto de vista da aprendizagem.

As considerações que aqui realizamos podem contribuir para que os professores tenham consciência da necessidade de auxiliar os estudantes na leitura dos textos didáticos. Caso seja necessário, o professor terá que assumir o papel de auxiliar o estudante na leitura do texto didático multimodal.

Para finalizar, a análise que aqui propomos, baseada em nosso referencial teórico, nos permite fazer apenas suposições sobre as possíveis integrações entre as informações comunicadas pelos diferentes modos. Nosso próximo passo é a elaboração de uma pesquisa onde utilizaremos um software de rastreamento ocular para obter dados precisos sobre os deslocamentos do olhar do leitor enquanto lê um texto multimodal. Desse modo, poderemos avançar além das suposições que aqui realizamos.

## Referências

- BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. 12<sup>a</sup> ed. São Pulo: Hucitec, 2006.
- BITTENCOURT, C. M. F. Em foco: história, produção e memória do livro didático. **Educação e Pesquisa**. V. 30, n. 3, 2004.
- BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Física**, V. 2, 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; ROCHA, P. L. B. Livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: resultados do PNLEM/2007. **Educação em Revista**. V. 27, n. 01, 2011.
- FREITAS, E. O.; MARTINS, I. Concepções de saúde no livro didático de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 10, n. 2, 2008.
- INGOLD, T. Tres en uno: Como disolver las distinciones entre cuerpo, mente e cultura. In: Criado, T. S. **Tecnogénesis: La construcción técnica de las ecologias humanas**. Vol. II. Madrid: AIBR, 2008.
- INGOLD, T. Da transmissão de representações à educação da atenção. **Educação**. V. 33, n.1, 2010.
- KRESS, G. What is a mode? In: Jewitt, C. **The Routledge Handbook of Multimodal Analysis**. New York: Routledge, 2009.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. **Multimodal Teaching and Learning: the rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.
- KRESS, G. **Literacy in the new media age**. London: Routledge, 2003.
- LEMKE, J. L. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: Martin, J. R.; Veel, R. **Reading science: critical and functional perspectives on discourses of science**. London: Routledge, 1998.
- LOPES, D. C. J. R. **Análise da multimodalidade em livros didáticos de Biologia e contribuição para a prática docente**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – PUC-MG, Belo Horizonte, 2010.
- MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos de Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pro-posições**. V. 17, n. 1, 2006.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: contexto e aplicações**. V. 2, 1. ed. São Paulo: Scipione, 2013.
- MORO, L.; MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L.; COUTINHO, F. A.; SILVA, P. S.; PEREIRA, R. R.; SANTOS, V. C. Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 15, n. 1, 2015.
- MORTIMER, E. F.; MASSICAME, T.; TIBERGHEN, A.; BUTY, C. Uma metodologia de análise e comparação entre a dinâmica discursiva de salas de aulas de ciências utilizando software e sistema de categorização de dados em vídeo: parte 1, dados gerais. In: Atas do V ENPEC, 2005.
- ROTH, W. M.; TOBIN, K. Cascades of iscriptions and the re-presentation of nature: how numbers, tables, graphs, and money come to re-present a rolling ball. **International Journal of Science Education**. V. 19, n. 9, 1997.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas em uma aula de Química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 15, n.1, 2010.