

## DOIS EXEMPLOS DO USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO CURSO DE FÍSICA DE SEGUNDO GRAU: ANÁLISE E REFLEXÕES

Ruth Schmitz de Castro\*

### Introdução

Antes de falarmos de nossa experiência relativa ao uso da história da ciência no ensino de Ciências, começaremos por fazer referência a uma história contada por Gregory Bateson, na introdução de seu *Mind and Nature: a Necessary Unity* e que serve bem como introdução aos caminhos pelos quais vamos excursionar. Ele conta que foi perguntado, certa vez, a um computador como ele pensava. Após algum tempo de análise e trabalho, a máquina imprimiu alguma coisa do tipo: "Isso me lembra uma história". A lembrança de uma história traduz conexões, interligações. E é assim que pensam as pessoas. E foi assim, também, que elas fizeram pensar o computador.

Quando começamos a investigar o papel da história da ciência no ensino da ciência a palavra história não se nos mostrava em seu sentido amplo. Porém, na medida em que buscamos mais e mais, através da história factual, tanto externalista e, portanto, preocupada com a contextualização das descobertas, quanto internalista e, assim, encadeando as descobertas de forma lógica e teórica, numa sucessão interminável de conexões, fomos redimensionando a palavra, fazendo-a, assim, em nossa busca, abarcar também o sentido de story e não apenas de history.

### Como e Porque Utilizara História e a Filosofia da Ciência no Ensino das Ciências

Nossas bases teóricas nos levavam a investigar formas de auxiliar a transformação da aprendizagem das ciências no exercício de construção de um conhecer cientificamente. E cada vez mais fomos percebendo que é próprio

\*Mestranda em ensino de Física pela Faculdade de Educação e pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo

do homem antes de conhecer através da ciência, construir historicamente o que conhece.

Já sabíamos, então, que há várias histórias da ciência e que cada uma delas é uma reconstrução, uma leitura indissociável do sujeito (ou dos sujeitos) que a elabora. Portanto, em todas as suas formas possíveis, poder-se-ia identificar um objetivo, um paradigma, uma intenção.

Mas, ao mesmo tempo, todas estas formas possíveis de se expor a ciência através de sua história tem em comum o fato de narrar, ainda que analiticamente, algo que foi feito por alguém com algum objetivo. Isto aproxima o conhecimento científico da forma, por assim dizer, natural do pensar humano: fazer associações, conexões e ligações que definem um caminho. Por isso, não nos pareceu necessário optar por esta ou aquela história. Nem sequer descartar qualquer tipo de suas abordagens possíveis. O que nos pareceu mais importante era investigar como, ao trazer o conhecimento científico para mais perto cognitivamente do pensamento comum, poderíamos estar contribuindo para a construção dessa forma tão peculiar, e até certo ponto, sofisticada de pensar.

Tal pergunta, que se apresentou, a princípio, como uma contradição, foi respondida de forma muito simples. Não se pode construir o que não se reconhece como objeto de construção. Com efeito, sendo o conhecimento científico diferente do conhecimento comum, em seus métodos e caminhos, como não fazer da aproximação deles, uma forma de indiferenciá-los, ou seja, como, ao buscarmos na história uma aproximação entre duas formas diversas de se portar frente ao objeto de conhecimento, não condenar a forma mais elaborada — o pensamento científico — a uma simplificação, a uma abordagem superficial e, por isso, falsamente científica? Mas foi a própria natureza da ciência que nos levou a responder tal aparente contradição. A busca de aproximações faz parte do seu método e, a abordagem histórica nos permite constatar que o saber científico não é meramente transmitido, revelado ou adquirido passivamente pela observação. Ele é construído a partir do que já se sabe, num processo de ir e vir constante e incansável, num exercício de aproximação e de distanciamento que engendra, gradativamente, uma visão de mundo que se modifica a cada dia, num processo de dialetização

permanente. É preciso, pois, reconhecer este saber como construção possível e é nisso que o conhecimento da história pode contribuir.

Nenhum conhecimento é evidente e nem surge instantaneamente, mas se apresenta como algo a ser elaborado, construído, "que responde a uma necessidade e a problemas que nos colocamos, sendo fruto de um processo de abstração e formalização que se estabelece, na maioria das ocasiões, em ruptura com a evidência" (Giordan e De Vecchi, 1988).

Além disto, a abordagem histórica dos conteúdos da ciência abre em nossos cursos um espaço para a reflexão e a discussão sobre a ciência. O enfoque histórico permite reconhecer a ciência como atividade humana que implica em construção, com componentes sociais, políticos e econômicos. Cria oportunidades de se refletir sobre o processo de criação além de nos ajudar a ver que as teorias científicas são pontos de vista enfocados por uma metodologia própria e rigorosa, mas não constituem soluções ou verdades absolutas. Ajuda-nos, também, a entender a relação dinâmica entre ciência e tecnologia e como os avanços de uma levam à evolução da outra.

O uso da História e da Filosofia da Ciência auxilia tanto na construção de conceitos quanto na construção de uma metodologia que é própria do conhecimento científico, pois resgatam a ciência enquanto objeto de construção, como já dissemos de diversas maneiras.

Resgata, também, para este processo (exatamente por resgatá-la enquanto processo) o sujeito, os vários sujeitos, o caráter coletivo da construção científica e, desta forma, resgata a possibilidade de se estabelecer causalidade. A noção de causalidade, importantíssima na construção do pensamento científico, traz em si a noção do processo histórico e, portanto, do tempo, fechando (ou abrindo?) uma relação cíclica, imbuída da dialogicidade própria às construções que atingem a dialetização, a síntese e um nível de elaboração que ultrapassa o objeto, ou seja que é resultado da relação sujeito-objeto.

Estes sucessivos resgates são a pedra de toque da mudança

metodológica necessária para a ruptura com o conhecimento comum: o conhecimento científico é, pois, identificado como passível de se construir e é preciso construir também o seu método de construção, inserir-se no seu processo de produção. Do refinamento metodológico, da estruturação de uma forma diferente e acurada de se portar frente a fenômenos e fatos, chegar-se-á à possibilidade de uma estruturação conceitual que passa pela sofisticação dos mecanismos de explicar.

Pudemos testar nossas hipóteses ao analisarmos as aulas de um curso de Física de segundo grau no qual se usava, explícita e implicitamente, a história para auxiliar na construção de conceitos relativos ao estudo do calor e da temperatura.

Apresentaremos a seguir parte de nossa experiência.

#### As Atividades

As atividades que utilizam a história num curso de Ciências podem ser de *dois tipos*, no que se refere à idealização: um primeiro tipo, a que chamamos de atividade *construída racionalmente* e um segundo tipo chamado por nós de atividade *dialógica*.

As atividades do primeiro tipo foram criadas a partir de nossa prática docente e dos dados obtidos no levantamento histórico. Ao tomarmos conhecimento de forma detalhada do processo de construção de certos conceitos, nós que dominávamos instrumentalmente e conceitualmente os conteúdos, elegeríamos momentos nos quais a abordagem histórica nos parecesse esclarecedora.

As atividades chamadas dialógicas traduziriam a necessidade de estabelecer um diálogo (e não um paralelo) entre o processo de construção da ciência pelos cientistas e o processo de construção empreendido pelos alunos. A partir de dúvidas, questões ou mesmo concepções detectadas em sala de aula, voltaríamos à história a fim de, por meio dela, identificar como os obstáculos foram transpostos, como as barreiras foram removidas, ou, apenas, como os homens da ciência lidaram com

as mesmas preocupações que os alunos, vez por outra, parecem manifestar (Resmoduc, 1987; Lacombe, 1987).

#### *Primeiro exemplo*

A primeira atividade que apresentaremos (tipo dialógica) surgiu da análise de uma aula, gravada em vídeo, na qual os alunos discutiam fatos ligados ao estudo dos fenômenos térmicos, em particular a existência de um patamar fixo de temperatura durante o processo de ebulição. Uma aluna, relutante em aceitar tal fato, sugeriu que se fizesse a verificação experimental, o que nos remeteu a um trecho de um texto de D.G. Fahrenheit no qual ele relata sua surpresa e desejo de constatar este fato, quando dele tomou conhecimento (Castro e Carvalho, 1991).

Tal texto pareceu-nos muito rico tanto pela similaridade das atitudes cientista/aluno, quanto como subsidio de uma discussão que trouxesse à tona aspectos inerentes à estrutura da atividade científica: a troca de informações entre pesquisadores, a necessidade de testar dados, a invariância dos resultados no tempo e no espaço como critério de verificabilidade, o avanço da técnica em função de questões da ciência e vice-versa. Discorrer sobre a ciência, através do diálogo estabelecido entre a expectativa do aluno e a declaração do cientista, parecia-nos oportuno e frutífero, na medida em que aproximava as leituras de mundo feita por eles.

Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), célebre fabricante de instrumentos meteorológicos fez com seus termômetros uma série de experimentos, dentre os quais um que verificava a existência de um patamar de temperatura no ponto de ebulição da água, conforme podemos constatar neste pequeno trecho escrito por ele próprio.

*Há quase dez anos li numa edição de História da Ciência da Real Academia de Paris que o célebre Amontons, usando um termômetro que ele mesmo inventara, tinha descoberto que a água ferve a um grau fixo de calor. Eu já estivera estimulado, com um desejo enorme de fazer para mim um termômetro do mesmo tipo, de forma que eu pudesse com meus próprios olhos, perceber este belo fenômeno da natureza e ser convencido da verdade do experimento.*

*Então tentei construir um termômetro, mas devido a minha falta de experiência na construção meus esforços foram em vão (...) eu adiei adicionais repetições de minhas tentativas para um período mais conveniente. Embora me faltassem possibilidades e tempo, meu entusiasmo não diminuiu e eu ainda estava desejoso de ver o resultado do experimento. Então veio a minha mente o que este cuidadoso observador dos fenômenos naturais tinha escrito sobre a correção do barômetro; ele tinha observado que a altura da coluna de mercúrio no barômetro era um pouco alterada (porém o bastante para ser notado) pela variação da temperatura do mercúrio. A partir disto eu inferi que um termômetro talvez pudesse ser construído com mercúrio, o que não seria muito difícil de construir, usando-o, podia ser possível levar a cabo o experimento que eu desejava enormemente realizar.*

*(Quando um termômetro deste tipo foi feito (talvez imperfeito de várias maneiras) o resultado respondeu minhas expectativas e com grande prazer intelectual eu observei a verdade do fato. (Magie, 1935)*

Fahrenheit testou também outros líquidos e observou que os mesmos também possuíam pontos de ebulição fixos sob condições normais ou, segundo suas próprias palavras, "ferviam a outros graus fixos de calor".

Apesar de o texto não conter muitas informações que pudessem subsidiar o aprimoramento de conceitos e explicações, serviu de motivo para uma discussão sobre as características da atividade científica, além de propiciar o momento de explicitação de dúvidas, antes não colocadas. É interessante como os alunos se sentem mais à vontade em colocar suas dúvidas, após o conhecimento de pelo menos uma parte do processo de construção do conhecimento em estudo. O contato, ainda que pequeno, com informações acerca do processo fez com **que** os alunos explicitassem suas dúvidas. Após a leitura deste texto, um aluno interrompe a discussão e revela não entender como funciona um termômetro e faz isso duas aulas após ter usado um em atividades de laboratório. Na verdade, ele revela algo mais importante: revela-se, neste momento, inserido na construção, na busca de respostas a perguntas que antes não lhe diziam respeito. A informação histórica é, pois, geradora de mecanismos desinibidores que propiciam o evidenciamento de lacunas exatamente por encaminhar o raciocínio de uma maneira mais próxima da forma de pensar do aluno, de seu agir cotidiano, levando em conta causas, motivos e conexões.

#### *Segundo exemplo*

Esta atividade foi feita a partir (Castro e Carvalho, 1991) de um trecho de uma conferência proferida pelo médico e químico Joseph Black, que, por volta de 1760, sugeriu a necessidade de se diferenciar calor de temperatura. Nesta conferência ele discute várias situações de misturas e vai construindo a diferenciação desses dois conceitos, apesar de, por vezes, ainda confundir-los.

O roteiro é apresentado na forma de questões geradoras ou problemas abertos os quais, sendo apresentados pelo professor, passam a ser discutidos pela **turma até que** se chegue à solução. A orientação histórica, aliada à dinâmica de discussão, pareceu-nos uma boa maneira de dar continuidade ao processo contínuo de perseguição e construção do objeto de conhecimento.

#### **Roteiro de Aula:**

Nosso roteiro traz sugestões de falas e exemplos mas não tem a intenção de que estes sejam reproduzidos literalmente durante a aula. Optamos por apresentá-los também para que esta sugestão não se caracterizasse por uma esquematização indecifrável não transmitindo assim nossa real intenção.

Como vimos anteriormente a invenção do termômetro e a técnica de melhoria destes aparelhos muito contribuiu para um aprofundamento nas discussões acerca dos fenômenos térmicos. Continuaremos em nosso curso a buscar também este aprofundamento. Retomaremos a discussão de dois conceitos nos quais já falamos: calor e temperatura.

- Eles representam a mesma coisa? (Chamar atenção para os objetos ao redor, e questionar a respeito do equilíbrio térmico).
- Se utilizarmos um bom termômetro para verificar a temperatura destes corpos, o que constataríamos?
- Podemos dizer que eles têm o mesmo calor, ou que eles têm "calores iguais"?
- (Lembrar então que quando dizemos que corpos estão em equilíbrio térmico isto significa dizer que eles estão a uma mesma temperatura).
- Se cada um de nós escolhermos um objeto e o segurarmos entre as mãos durante algum tempo, o que ocorrerá? Podemos garantir que depois de algum tempo todos os objetos estarão à temperatura de nosso corpo?

Estes corpos levaram o mesmo tempo para atingir esta temperatura ou cada um gastou um tempo próprio para isto?

Propor o problema aberto:

Quando aquecemos dois líquidos diferentes, ambos a mesma temperatura inicial de 20°, qual deles chega primeiro à temperatura de 50°C?

O que é preciso saber sobre estes líquidos para responder a esta questão?

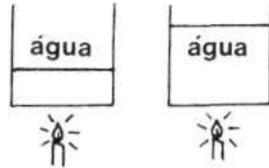
E se os líquidos forem os mesmos, o que é que determina a rapidez do aquecimento?

Observe esta situação:

O segundo recipiente tem o dobro da quantidade de água do primeiro. Inicialmente ambos estão à temperatura ambiente. Em seguida são colocados sobre chamas idênticas até atingirem a temperatura de 50°C.

Podemos afirmar que a água do primeiro recipiente vai demorar menos para atingir esta temperatura?

O que esta diferença de tempo necessário para sofrer uma mesma variação de temperatura significa?



chamas idênticas

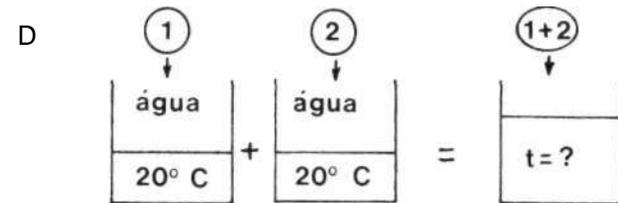
E se mudarmos o problema e ao invés de fixarmos a temperatura a ser alcançada, fixássemos o tempo de exposição à chama? Ou seja, se consideramos que as chamas são idênticas e que os vidros são mantidos sobre elas durante um mesmo intervalo de tempo, você espera que as águas vão atingir a mesma temperatura final?

Ao fixarmos o tempo de exposição às chamas e garantindo que estas são iguais não estaríamos garantindo a igualdade de uma outra coisa? Do quê?

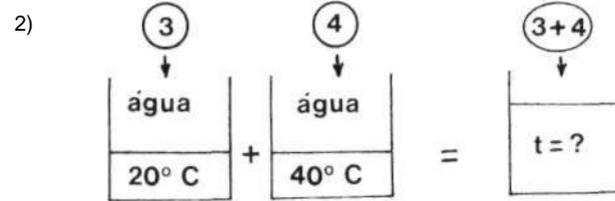
Sistematizando: Na primeira situação as quantidades de água recebem diferentes quantidades de calor da chama pois permanecem expostas a ela por tempos diferentes, mas atingem a uma *mesma temperatura*. Na segunda situação as quantidades de água recebem a *mesma quantidade de calor*, atingindo temperaturas diferentes, como vimos. Além disso percebemos que a rapidez de aquecimento depende da quantidade de matéria (da massa) do material a ser aquecido.

E se os líquidos forem diferentes?

Vamos analisar agora situações de mistura de líquidos do tipo daquelas que fizemos naquele primeiro teste



(Discutir até concluir: igualdade de temperatura entre os dois líquidos, então não há troca de calor).

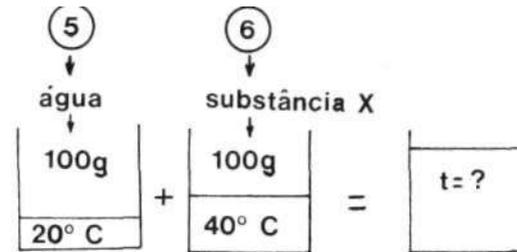


O que ocorre ao misturarmos o líquido dos dois recipientes, em consequência da diferença de temperatura? De quantos graus a temperatura da água mais fria é aumentada? E de quantos graus a temperatura da água mais quente é diminuída?

Esta variação na temperatura das águas quente e fria seria a mesma se a quantidade de água não fosse a mesma nos recipientes?

(Explicitar que o calor cedido é igual ao calor absorvido).

3) E se fizermos:



Se o calor absorvido pela água é igual ao calor cedido pela substância X, você acha correto esperar que ambos, água e substância X sofrerão a mesma variação de temperatura? Por quê?

Como sabemos que  $Q_c$  e  $Q_R$  são iguais, que as massas também são iguais e que as variações de temperatura são diferentes, é natural que esperemos que algum fator ligado ao material contrabalance esta diferença. Este fator está ligado ao material, é característica dele e o chamamos calor específico.

O roteiro apresentado foi usado com toda liberdade pelo professor durante a aula. O importante não era seguir literalmente tal roteiro, mas sim que não se relegasse a um plano secundário questões aparentemente banais, raciocínios que nos parecem óbvios, mas que a história nos mostra, através dos textos dos próprios cientistas terem sido considerados ao longo do processo de evolução da ciência.

Ainda quando não há referência explícita à história, ou seja, quando o professor utiliza dela para interrogar seus alunos e, assim, conhecê-los melhor cognitivamente, a abordagem histórica mantém sua função reguladora, proporcionando a evidência de lacunas e de não entendimentos, já que o professor estará mais atento aos nós e barreiras fundamentais com que os alunos poderão enfrentar (Satiel e Viennot, 1985). E o mais importante, ele sabe a dimensão dessas barreiras por já tê-las identificado ao longo da história. Não há o menosprezo por dúvidas, não existem perguntas "banais" ou "idiotas".

### Algumas Considerações

Ainda que aos professores não seja possível ter sempre como coringa uma atividade para uma dada situação que por ventura ocorrer em sala de aula, eles e os pesquisadores na área de ensino devem estar atentos a essas possibilidades, para, não sendo possível prever cada passo percorrido pelos alunos em sala, pelo menos poderem contar com um número cada vez maior de possibilidades levantadas.

Este é um comportamento do ponto de vista metodológico, genuinamente científico: trabalhar com o *possível* para quando o *necessário* se apresentar, não passar despercebido.

É claro também que não vamos pretender que nossos alunos repitam os mesmos passos trilhados pelos vários cientistas ao longo dos anos. Primeiro, porque nem sempre nossos alunos estão comprometidos ou envolvidos com a construção do pensamento científico da mesma forma que esses cientistas estiveram. Além disso, mesmo se também estives-

sem, não há tempo e nem por que repetir os mesmos passos, repassando cada detalhe. E isso também é característica inerente aos mecanismos de desenvolvimento do conhecimento científico.

Entretanto, o estabelecimento de um diálogo entre a construção do conhecimento pelo aluno e a construção do conhecimento na ciência ameniza a ansiedade de buscar o produto final, a fórmula mágica que tudo resolve ou a definição para ser realçada no caderno e memorizada. Nenhuma informação terá significado se não constituir real elaboração do sujeito que a utiliza.

Não ser alertado para o caráter dinâmico do conhecimento científico pode frustrar o aluno em relação à ciência e fazê-lo considerar-se incapaz de pensá-la e assumi-la enquanto forma legítima de encarar o mundo.

O estabelecimento do diálogo com a história não é, portanto, mero diletantismo. Talvez seja um dos caminhos eficazes para a desmistificação da ciência, para a ruptura com uma metodologia própria ao senso comum e às concepções espontâneas e, para, finalmente, estabelecer uma ponte para as primeiras adequações conceituais.

### Referências Bibliográficas

BATERSON, G. *Mente e natura*. Milani: Adelphi Edizioni, 1991.

CASTRO, R.S., CARVALHO, A.M.P. História da Ciência: como e quando usá-la num curso de calor e temperatura para o segundo grau. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9. Atas. [S.l.,s.n], 1991. p.487-490

CASTRO, R.S., CARVALHO, A.M.P. La historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza de Física en Secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. Trabalho apresentado por ocasião da II Conferência Latino-Americana de Ensino de Física, Caracas, Venezuela, 1991.

GIORDAN, A., DE VECCHI, G. Los origines del saber. Sevilla: Díada Ed., 1988.

LACOMBE, G. Pour l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement du second cycle. ASTER - Recherches en Didatique des Sciences Experimentales, n.5, p.87-115, 1987.

MAGIE, W.F. A source book in Physics. New York: McGraw-Hill, 1935

RESMODUC, J. L'histoire de la Physique peut-elle éclairer les obstacles épistemologiques? ASTER - Recherches en Didatique des Sciences Experimentales, n.5, p.117-141, 1987.

SATIEL, E., VIENNOT, L. Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. Enseñanza de las Ciencias, p.137-144, 1985.