

## ABRINDO CAIXAS PRETAS EM AULAS DE FÍSICA: Uma reflexão educacional a partir dos conceitos de Bruno Latour

Leandro Daros Gama<sup>1</sup>, João Zanetic<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física, Universidade de São Paulo, (bolsista FAPESP), gama@if.usp.br

<sup>2</sup> Instituto de Física, Universidade de São Paulo, zanetic@if.usp.br

### Resumo

*As contribuições, em uma linha que se poderia chamar de “sociologia da ciência”, de Bruno Latour permitem-se dialogar com questões educacionais, em particular no que tange à consolidação histórica de conceitos científicos e ao fazer ciência, haja vista a ampla defesa que a literatura expõe no sentido de uma educação científica pautada na abordagem historicoepistemológica, que apreenta o conhecimento científico como construção sociocultural. Neste sentido, é de nosso especial interesse a concepção latouriana das caixas pretas, que representam conceitos e instrumentos, de uma dada disciplina científica, que alcançaram a posição de objetos (teóricos, como leis e equações, ou experimentais, como equipamentos de laboratório) considerados seguros até evidência em contrário. Exemplos de caixas pretas são abundantes: tipicamente, figuram como tal os instrumentos de medida, os conceitos e modelos que, a partir do momento em que sejam aceitos como válidos (pelos membros de uma comunidade de cientistas), fazem-se ponto de partida para novas descobertas. Quando um físico realiza experimentos em seu laboratório, está considerando válido um grande conjunto de princípios e confiando que seus instrumentos fornecem uma medida fiel para certas grandezas, suposição essa indispensável à prática científica. Frequentemente, esse cientista fará uso de instrumentos cujo princípio de funcionamento foge à alçada de seu conhecimento, e é sobre esse fato que Latour funda seu conceito de caixa preta (o qual se estende mesmo aos objetos da especialidade do nosso pesquisador). Neste ensaio, teremos por objetivo mostrar que (e como) a abordagem histórico-epistemológica das aulas de ciências pode, em alguns aspectos, traduzir-se como o convite a abrir certas caixas pretas.*

**Palavras-chave:** Natureza da Ciência, Latour, Sociologia da Ciência

## 1. Introdução

### ***Por que “filosofar” nas aulas de ciências?***

Da mesma forma com que os conceitos científicos sofreram alterações ao longo do tempo, nossa concepção acerca do que a própria ciência vem a ser e da dinâmica histórica com que se desenvolve tem sofrido revisões ao longo da história. Marcadamente, o século XX assistiu ao surgimento de um grande número de escolas da Filosofia, da História e da Sociologia da Ciência. Provavelmente, o quadro que temos hoje apresenta muito mais questões que respostas a respeito da natureza e dos processos de desenvolvimento do conhecimento científico.

A princípio, a constatação de que temos ainda muitas questões em aberto (e mais outras que, certamente, estão por ser formuladas) pode ser apontada como argumento de que não existe um conhecimento a ser ensinado – na escola básica, por exemplo – com relação à Epistemologia ou à Sociologia da Ciência.

Discordamos, contudo, desse ponto de vista; que pressupõe o conhecimento como um conjunto de respostas. No nosso entender, conhecer equivale (em muitos sentidos) a questionar. Posicionamo-nos favoráveis à ideia de que ao educador não cabe apenas apresentar respostas, mas (e talvez aí resida um aspecto crucial do que entendemos que significa ensinar) promover o espírito questionador, problematizador (cf. FREIRE, 1988, *passim*). Concordamos com Bachelard quando aponta que “para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico (...)”. (BACHELARD, 1996, p. 18). Quando se trata, em particular, de ensinar uma ciência como a Física, não se pode perder de vista que na história dessa ciência abundam episódios de questionamentos (de indagações sobre teorias hegemônicas de uma dada época; indagações essas que são, frequentemente, fundamentais para o desenvolvimento da área do conhecimento em questão e, não raramente, para a elaboração de novas teorias).

### ***A “sociologia da ciência” de Bruno Latour: a noção de caixas pretas***

Analisando a prática científica, Latour propõe a noção de caixa preta, que faz referência a instrumentos (sejam eles teóricos, como equações, conceitos, leis, teorias ou modelos; sejam eles experimentais, como é o caso dos equipamentos de laboratório, aparelhos de medição, etc.).

*Uma caixa preta é um conceito ao qual é atribuído um grau inquestionável de verdade, justamente pelas associações que ele faz com outros conceitos e com elementos humanos, interessando os grupos de pessoas e as alianças que estas pessoas estabeleceram.*

*(...)*

*O cientista trabalha com caixas pretas. Sua tarefa está relacionada com fechar caixas pretas e abrir outras. Ele pode estar trabalhando em alguma pequena*

*engrenagem de uma caixa preta ainda aberta ou, questionando conceitos anteriores e já consolidados, tendo que abrir outras caixas pretas.*

*Do mesmo modo, em qualquer atividade científica os cientistas podem usar muitas caixas pretas sem questioná-las ou alterá-las. Assim como uma pessoa pode dirigir um carro sem ter a menor ideia dos conceitos físicos envolvidos em seu funcionamento.*

(BARCELLOS, 2008, pp. 87-88)

Detalharemos – na seção a seguir – um pouco mais, segundo uma leitura logicoepistemológica, esta definição, a fim de apresentar ao leitor a conceituação do termo latouriano e exemplificá-lo no âmbito da Física.

## 2. A estrutura lógica de uma caixa preta

A Física, como as demais ciências, opera segundo inferências lógicas, as quais se realizam pelo contato entre teoria e experimento. A inferência lógica mais simples que se pode realizar é a do tipo “A implica B”,

$$A \rightarrow B \quad (1)$$

A dedução que (1) representa é do tipo “Sempre que se verificar A, então se verificará B”. Um exemplo cotidiano de aplicação dessa lógica seria o enunciado

(I) *Se hoje é segunda-feira, vou à escola.*

Contudo, em geral não basta uma hipótese A ser válida para que se verifique a tese B. No exemplo dado, suponhamos que em uma segunda-feira em particular não haja aula (por ser um feriado, por exemplo), ou ainda que, mesmo não havendo aula, o estudante de nosso exemplo fique doente. Neste caso, o enunciado assume uma forma mais complexa do que a apresentada em (I). Seria algo no formato

$$A_1 \times A_2 \times A_3 \rightarrow B, \quad (2)$$

onde o símbolo booleano “ $\times$ ” representa o conectivo lógico “e”. Essa representação exige que três hipóteses sejam válidas simultaneamente para que ocorra a conclusão B. O enunciado, seguindo nosso exemplo, fica, então:

(II) *Se hoje é segunda-feira, há aula e não estou doente, então vou à escola.*

Observa-se claramente que (2) possui estrutura mais complexa que (1). Ora,

ainda seguindo esse mesmo exemplo, é bem sabido que a situação real pode ser ainda mais complexa: outros empecilhos podem impedir que nosso estudante vá à escola (uma greve dos funcionários de transporte público, a indisposição para ir à aula, alguma urgência imprevista, etc.). Além disso, no nosso exemplo citamos a segunda-feira; contudo, as aulas ocorrem em outros dias da semana e, ocasionalmente, pode haver atividades didáticas aos sábados. A estrutura do enunciado ficaria, então, semelhante a

(III) *Se hoje é um dia entre segunda e sexta-feira, ou um sábado letivo, e se há transporte para a escola, se não é um feriado, se não estou doente, se não ocorrer nenhuma emergência, então vou à escola.*

Usando o símbolo “+” para o conectivo “ou”, a estrutura dessa inferência segue

$$(A_1 + A_2 + \dots + A_n) \times (A'_1 + A'_2) \times A''_1 \times A''_2 \times \dots \times A''_n \rightarrow B$$

(3)

Fica claro que há, em geral, no que tange a situações reais, um número ilimitado de considerações que são necessárias para que algo seja concluído. No nosso exemplo, poderíamos incluir a ocorrência de que uma pessoa da família do estudante (que não ele) ficasse doente, mas alocamos uma boa parte dessas hipóteses na condição de que “não ocorram imprevistos que o impeçam de ir à escola”. Essa hipótese é, de fato, um conjunto de hipóteses, o qual não é, *a priori*, completamente definido. Mas, dado que cada elemento do conjunto das hipóteses é mais ou menos provável que outro, a lógica clássica, do tipo “se A, então B”, passa a dar espaço a uma lógica do tipo “se A, então *provavelmente* B”.

Se, por comodidade, alocarmos a não ocorrência de todos os possíveis (porém improváveis) fatos imprevisíveis que possam vir a impedir que o estudante vá à escola em um conjunto “©” de hipóteses, cada uma dessas hipóteses constituindo-se como um elemento de ©, sendo A a hipótese de que hoje é dia letivo, e B a conclusão de ir à escola, a inferência assume um formato

$$\text{©} \times A \rightarrow B. \tag{4}$$

Já que estamos considerando que os fatores impeditivos de ir à aula são muito raros, podemos supor que o conjunto © assumirá quase sempre o valor lógico de “verdadeiro” (lembrando que o conjunto resume as hipóteses de que não há um incidente que impeça o aluno de ir à aula). Na notação booleana usual, 1 representa “verdadeiro” e 0 denota “falso”. A álgebra desse raciocínio leva a uma operação lógica semelhante à multiplicação usual:  $1 \times A \rightarrow B$ , o que resulta em  $A \rightarrow B$ . Ou seja, sendo muito provável que © assumira valor lógico 1, recupera-se, na imensa maioria dos casos, a inferência simples representada em (1).

Note-se que © pode possuir, a princípio, uma quantidade infinita e não enumerável de elementos (*i. e.*, *a priori*, não são conhecidas todas as hipóteses que cabem em ©, já que não somos capazes de enunciar todos os eventuais incidentes). Esperamos não ter cansado o leitor com essa longa apresentação, a qual faz-se

necessário ao que vem a seguir, a saber, a presença das caixas pretas em Física. Adiantemos que, na leitura que estamos fazendo, nos termos em que estamos colocando os trabalhos de Latour, poderemos definir o conceito de caixa preta por analogia com ©.

Propusemos um exemplo de inferência cotidiana para representar um fato comum a todas as áreas em que, porventura, possa-se vir a usar a lógica. É aqui que, finalmente, chegamos a uma dessas áreas em particular: a que se refere às Ciências. Ora, caso se busque levar para as salas de aula (como defendemos) a discussão do fazer científico, parece válido falar a respeito da lógica da construção científica. Neste caso, é conveniente começar pelo uso de exemplos cotidianos, e, conforme acabamos de fazer, desdobrar a complexidade que a realidade passa a exigir da lógica, a qual já não pode mais apresentar-se como linear e determinista (dado que não conhecemos sempre todas as hipóteses tacitamente envolvidas em nossos raciocínios).

Com efeito, em discussões nas quais os interlocutores debatem certo assunto, é comum que um deles, em certo ponto, profira “Até concordo, mas nisso você está supondo que ..., e não estou certo da validade dessa suposição”. Nessa estrutura, o primeiro interlocutor está explicitando uma hipótese tácita presente no discurso do segundo. Episódios assim não se furtam do cenário das discussões científicas, fato amplamente explorado por P. Feyerabend (2007, *passim*) na elaboração de sua teoria epistemológica, na qual estuda, segundo essa ótica, o Argumento da Torre, elaborado por Galileu (exploraremos essa posição logo adiante).

Cabe, neste ponto, chamar à atenção que a tradução em notação lógico-booleana da definição de caixa preta não está explicitada na obra de Latour. Da mesma forma, não é de nosso conhecimento a existência de trabalhos que traduzam aspectos da epistemologia de Feyerabend em termos latourianos. Essas linhas, nas quais estamos aqui nos aventurando, são aproximações superficiais que nos permitem explorar a discussão a que nos propomos. Embora creiamos ver aí acenadas aproximações mais profundas nessas traduções, seria esse objeto cabível a um trabalho à parte, não sendo esse o objetivo deste ensaio.

### 3. Caixas pretas em um laboratório de Física

Vamos, finalmente, ao exemplo de um físico trabalhando em seu laboratório em um experimento, digamos, que visa a estudar o aumento de temperatura de uma porção de água por efeito de uma resistência elétrica ligada a uma bateria.

Entre os instrumentos que ele usará, estão: (1) um termômetro de mercúrio, (2) o equipamento elétrico e (3) um calorímetro. É imprescindível, ao pesquisador, confiar no bom funcionamento desses instrumentos, e somente a partir dessa suposição poderá ele aceitar a validade do resultado de sua observação **O**, a partir da qual concluirá uma descoberta **D**. Assim sendo, ele suporá, por exemplo, para cada instrumento, que:

(1) Valem as leis de dilatação térmica e a anteprema lei da Termodinâmica, que sustentam o funcionamento do termômetro;

(2) Vale a lei de Ohm ( $V = R i$ ) e, conseqüentemente, a potência dissipada pela resistência elétrica será dada por  $P = V^2 / R$ ;

(3) O calorímetro é bem isolado termicamente;

(4) Valem as equações da termologia ( $Q = m c \Delta T$ ,  $Q = m L$ ) que representam as mudanças de temperatura da amostra de água;

(5) As leis da Física conhecidas até o dia anterior continuam valendo hoje, e em particular são obedecidas no laboratório em questão (Princípio de Indução);

(6) As variáveis indesejadas (influências outras que não as que se deseja estudar) estão controladas ou são desprezíveis.

Note-se que cada uma dessas hipóteses resume, na verdade, um grande conjunto de hipóteses implícitas para que sejam válidas. Assim sendo, a lista (1) ~ (6) corresponde a conjuntos de hipóteses  $\mathcal{C}_1 \sim \mathcal{C}_6$ . A lista desses conjuntos pode, por sua vez, ser agrupada em um outro conjunto (ainda maior!), que representaremos por  $\blacksquare$ . Assim sendo, se o cientista faz uma observação  $\mathcal{O}$  no seu laboratório, ela não é um dado puro extraído do experimento, posto que “todo conhecimento é impregnado de teoria, inclusive nossas observações” (POPPER, 1975, p.75), conforme acabamos de argumentar. Ou seja, ele não poderá ir diretamente de um  $\mathcal{O}$  a uma conclusão  $\mathcal{D}$  sem supor simultaneamente  $\blacksquare$ . A estrutura da dedução é muito mais complexa:

$$\blacksquare \times \mathcal{O} \rightarrow \mathcal{D}, \quad (5)$$

onde  $\blacksquare$  é uma caixa preta.

Na verdade, Latour se refere a cada instrumento em si como uma caixa preta. Em (5) simplificamos a notação, onde, na verdade,  $\blacksquare$  representa o conjunto das caixas pretas envolvidas na pesquisa do nosso cientista. Vamos a exemplos concretos:

Quando uma enfermeira usa um termômetro para medir a temperatura do paciente febril, não precisa se perguntar como ele funciona. Do mesmo modo, não é necessário conhecer mecânica de automóveis para se poder dirigir. O termômetro, assim como os pedais, o câmbio e outros equipamentos do carro, são caixas pretas (o conceito de caixa preta envolve a analogia de um objeto dentro do qual algo funciona, sabe-se o que entra nela e o que dala sai, mas desconhece-se, ao menos em detalhes, o processo interno).

#### 4. Galileu: uma Pandora no século XVII

Latour explora a analogia mítica de Pandora, abrindo a caixa (o vaso, segundo a versão mais antiga do mito), ao ato científico de abrir uma caixa preta. Segundo Feyerabend (2007, pp. 89-102), o italiano teria agido de modo algo análogo ao do primeiro interlocutor no exemplo que propusemos no final da seção 2, ou seja, foi um explicitador de hipóteses tácitas (em termos feyerabendianos) ou uma Pandora abrindo a caixa preta da Física aristotélica (em termos latourianos).

De fato, um relógio de pulso é também uma caixa preta: acreditamos que se for alimentado com bateria e devidamente sincronizado com a hora oficial (entrada), ele nos fornecerá corretamente as horas (saída), mas não sabemos, normalmente, qual o processo dentro da caixa.

Segundo Latour (2000, pp. 33-34), a história da ciência pode apresentar períodos de abertura e de fechamento de caixas pretas. Baseados em um exemplo que ele

apresenta (Ibid., pp. 11-32), podemos usar a seguinte sequência de afirmações para ilustrar o processo de fechamento de uma caixa preta:

1.º) Conjecturas e Discussões: “E se o DNA tiver a forma de uma dupla hélice”; “Não é hélice”; “Talvez seja uma hélice tripla”;

2.º) Avanço (anterior à aceitação geral) e divulgação: “Dizem que Watson e Crick mostram que o DNA é uma dupla hélice”;

3.º) Frase típica de manual acadêmico: “Watson e Crick mostraram que a molécula de DNA tem a forma de uma dupla hélice”;

4.º) Caixa preta fechada (sendo aceita como princípio): “Visto que a molécula de DNA é uma hélice dupla, compreende-se facilmente a replicação dos genes”.

Com o passar do tempo, vão se esvaindo as discussões, os argumentos (os contrários e os favoráveis a uma ideia), vão desaparecendo as personalidades dos descobridores, o enunciado torna-se a-histórico, e – finalmente –, categórico, torna-se uma caixa preta.

Buscaremos mostrar, agora, com o exemplo de Galileu, que a abertura de uma caixa preta pode vir, ocasionalmente, a representar o desencadeamento de uma revolução científica (falando em termos kuhnianos), ou – mais precisamente – o momento de crise de um paradigma (cf. KUHN, 2006, *passim*).

Quando do debate Geocentrismo x Heliocentrismo, um dos argumentos mais contundentes contra a ideia de que a Terra se movia era o chamado Argumento da Torre: caso a Terra se movesse, digamos, para leste, e de uma torre lançássemos uma pedra, então esta não deveria cair verticalmente ao pé da torre, mas desviada uma longa distância para oeste. Em suma, esse argumento concretiza outro mais geral: já que não se sente o movimento da Terra, então esta não está se movendo.

A solução moderna para esse impasse teoria-observação é familiar a qualquer estudante de Física, e está intimamente ligada à figura de Galileu – chama-se princípio da inércia (o qual não necessariamente é atribuível a Galileu). Contudo, no paradigma do século XVII vigorava a física aristotélica, segundo a qual todo movimento é sensível. Quando Galileu assume a ideia de que os movimentos compartilhados não são perceptíveis, o que está fazendo é explicitar uma hipótese tácita de sua época (a hipótese aristotélica parece bastante natural de se aceitar) e revogá-la para dar lugar a uma nova concepção de movimento.

O fato é que o argumento original da torre, geocentrista, partia de uma suposição bastante plausível, para não dizer óbvia, e – a partir dela, aliada à observação de que os corpos soltos caem em trajetórias verticais – chega-se à conclusão da imobilidade da Terra (cf. o anexo de PINTO, 2003). A suposição de que todo movimento é passível de detecção não figurava como uma suposição posta à berlinda, de maneira que, parecendo ser uma verdade evidente, tornava-se, enquanto hipótese, oculta. De fato, arriscaríamos dizer que quanto mais evidente a veracidade de uma afirmação, menos evidente a presença desta como suposição em uma formulação argumentativa.

A Física aristotélica, neste caso, está representando uma caixa preta teórica, da

mesma forma como hoje o é a primeira lei de Newton (aprende-se, ensina-se, entende-se; mas é difícil dimensionar a complexidade histórica do longo processo de sua formulação e aceitação).

## 5. Breves considerações contra um suposto relativismo ingênuo

Antes de prosseguir, é importante esclarecer que o trabalho de Latour é de cunho antropológico. Sendo assim, e por não ser um trabalho com pretensões epistemológicas, não cabe nele a eventual discussão da adequação filosófica das caixas pretas no trabalho científico. Por outras palavras, quando Latour constata o uso das caixas entre os pesquisadores, interessa-lhe investigar as propriedades desse fato, não discutir as consequências epistemológicas ou prescrever uma outra metodologia. Segundo o que nos parece, é em grande parte ao equívoco de atribuir ao conceito latouriano um julgamento de valores (o qual não está aí presente) que se devem muitas das críticas lançadas a esse antropólogo.

Na verdade, não somos capazes de conceber o fazer ciência sem o uso das caixas pretas. Seria como se, a cada vez que um pesquisador fosse lançar mão do uso do Teorema de Pitágoras, precisasse refazer os passos de sua dedução. De fato, mesmo para os não-cientistas, é inconcebível a vida sem certas caixas pretas: seria impossível esperar compreender em detalhes o funcionamento de cada aparelho com que lidamos no dia-a-dia ou, no limite, não poderíamos ser tratados por médicos sem sermos, nós mesmos, especialistas em medicina. E note-se que mesmo o médico, como qualquer especialista, precisa confiar em caixas pretas em seu trabalho: ele não é um especialista em farmacologia, tampouco em biomedicina ou física médica, mas irá lidar de perto com medicamentos, resultados de exames laboratoriais e equipamentos hospitalares.

*Evidentemente, muitos jovens entraram no mundo da ciência, mas se tornaram cientistas e engenheiros; o que eles fizeram está visível nas máquinas que usamos, nos livros pelos quais aprendemos, nos comprimidos que tomamos, nas paisagens que olhamos, nos satélites que cintilam no céu noturno sobre nossas cabeças. Como fizeram, não o sabemos. (...) infelizmente, quase ninguém está interessado no processo de construção da ciência.*

(LATOUR, *Op. cit.*, pp. 33-34)

Não pretendemos cansar mais o leitor com uma extensa lista de exemplos de caixas pretas necessárias e suficientes, no que cabe à vida cotidiana e ao trabalho de pesquisa científica. Cremos que tenha ficado claro que, sem que um cientista aceite certas caixas pretas fechadas – e note-se que as caixas pretas correspondem àquilo que, em lógica, chamamos de princípios, ou seja, os pontos de partida que precisamos assumir para ir em frente em nossas inferências e descobertas, sendo impensável qualquer tipo de empreendimento lógico (seja leigo, seja científico) sem a assunção de certas hipóteses, como mostramos anteriormente – seu trabalho ficaria condenado à estancar-se em repouso num ponto do qual jamais sairia (aprisionado em um *looping* lógico).

De fato, na obra de Bruno Latour não vemos nenhuma indicação que ateste um relativismo ingênuo por parte do autor. Na verdade, sequer fica claro se ele toma partido, pessoalmente, de alguma tese relativista ou se, ao contrário, figura entre os realistas



(afirmações em um ou outro sentido dependem de uma investigação de sua biografia, e fogem totalmente do intuito deste trabalho).

## 6. Caixas pretas e o ensino de Física

Talvez nenhuma palavra expresse mais a presença de caixas pretas nas aulas tradicionais de física que “fórmula”. Essa palavra sugere a noção de algo pronto, estático e – por extensão – a-histórico, acrítico. Neste sentido, quando se fala em  $F = m a$  sem um tratamento histórico da construção dessa equação, dá-se ao estudante a impressão de que tenha sido trivial desde tempos remotos ou, ainda mais grave, que os pensadores anteriores ao advento dessa lei tenham sido tolos e incompetentes.

Quando o  $F = m a$  despe-se de significado físico, filosófico e histórico, a caixa preta (acrescentando um sentido negativo para o termo) não passará de um  $A = b c$  qualquer. Se a caixa preta é um instrumento no qual só se conhecem a entrada e a saída, então neste caso o esquema geral

>>entrada>> [caixa preta] >>saída>>

admite um pragmático pseudoeducacional já bastante conhecido da nossa realidade escolar:

>> memorizar/aplicar >> [fórmula] >> passar na prova e/ou no vestibular >>

Um exame mais detalhado, por exemplo, do impasse entre a cosmologia geocêntrica e a heliocêntrica revelará as complexidades envolvidas na sucessão de um pelo outro. Há certo consenso atual, entre estudantes e professores de Física, que o sistema heliocêntrico está “correto” (essa palavra, por si só, já mereceria ser alvo de debate, como o é, ainda aberto, na filosofia), mas quantos são capazes de tecer argumentos em favor do senso de que a Terra se move a despeito de não sentirmos esse movimento?

De certa forma, o heliocentrismo é, frente à física atual, tão correto quanto o geocentrismo, se nos recordarmos de que a tese atual, datada desde o século XVII, prega o *relativismo* do movimento, de maneira que se pode assumir a Terra como referencial em torno do qual todo o universo se move: tal é a aplicação ainda muito usada em navegação e mesmo em astronomia de posição (quando, por exemplo, se projeta o lançamento de um satélite, não há necessidade de tomar o Sol como centro; isso apenas complexificaria os cálculos de maneira desnecessária). Essa constatação é facilmente obtida quando se procura abrir a caixa preta que o heliocentrismo tornou-se em nossas aulas de Física.

Para Latour, a abertura de uma caixa preta pode constituir parte do trabalho do cientista. Em larga escala (quando a abertura leva a uma consequência digna da figura famigerada de uma Pandora, o que, em termos de ciência, corresponde a uma descoberta revolucionária; é importante fazer essa restrição, dado que o paradigma kuhniano não é sinônimo da caixa preta de Latour; cf. EARP, 1996, p. 60), a abertura da caixa científica equivale à assunção de uma anomalia com a consequente crise (que levará a uma revolução) de um paradigma, na linha kuhniana. Na dimensão educacional, abrir a caixa equivale a questionar, ao *problematizar* freireano.

Analogias dessa natureza podem nos levar a pensar aulas de Física que promovam a formação crítica tão defendida atualmente. Mas, se dissemos há pouco que as caixas pretas não constituem um mal a ser combatido, e que se faz necessário manter a grande maioria delas fechadas, não haverá contradição em falar-se na necessidade de abrir caixas pretas nas aulas de Física?

Não se trata, evidentemente, de abrir todas as caixas pretas. Parece-nos que não se pode subestimar o valor ilustrativo de se abrir apenas, digamos, uma caixa preta: quando estudamos Relatividade, quase sempre nos deparamos com experimentos de pensamento que envolvem raios de luz em trens em movimento. Ora, nenhum estudante suporá que a Relatividade restringe-se a valer apenas dentro de trens, mas logo conclui que o raciocínio não tem prejuízo de generalidade para outros corpos em movimento. Se assim funciona a ciência, não há motivos para admitir que o mesmo não se passa com o aprender sobre ciência.

Um estudante que – tendo acreditado por muito tempo no mito da maçã que cai sobre a cabeça de um Newton e, instantaneamente, ilumina-o à genialidade (tal qual um Gautama que se faz Buda após meditar embaixo de uma árvore, conforme o mito budista) – vem a ver questionada e desmistificada essa estória, muito provavelmente passará a olhar com olhos mais críticos e colocar sob suspeita as demais histórias que vier a ouvir.

Assim sendo, se, durante seus estudos, um aluno do ensino básico ou do ensino superior (sobretudo quando se tratar de formar um cientista) tiver a oportunidade de vislumbrar a reabertura de algumas das mais antigas caixas pretas (e isso, em geral, significa pensar em cursos de Física com abordagem social, histórica e filosófica), ter-se-á promovido a formação de um senso metodológico (a respeito de como a ciência vem sendo construída), social e crítico que muito provavelmente venha a estender-se para outras caixas pretas com que ele venha a lidar durante a vida. O importante não é abrir cada caixa preta com que se depara (isso é impossível conforme já discutimos), mas *saber que é possível* realizar isso, e a simples consciência desse fato tem consequências bastante relevantes na formação do sujeito (quer como cientista, quer não).

## **7. Considerações finais**

Esperamos, neste breve ensaio, ter alcançado o objetivo a que nos propusemos. Não tínhamos, desde o início, a intenção de oferecer uma sugestão de aula ou mesmo de analisar um estudo de caso no qual tivéssemos aplicado uma sequência didática de abertura de caixas pretas com estudantes. Nosso intuito foi apresentar, de maneira simplificada e em uma linguagem lógico-matemática, familiar a professores de Física, o conceito de caixa preta, a fim de aproximá-lo de algumas das escolas epistemológicas de maior vulto (Thomas Kuhn e Paul Feyerabend). Com isso, buscamos estabelecer, também, uma relação entre a problematização freireana e a abertura das caixas pretas em sala de aula.

Na analogia que Latour faz com a mitologia grega, sugere-se a metáfora da confusão causada por Pandora ao ousar abrir a caixa. Cremos que em certas medidas a confusão seja bastante saudável, e é justamente do questionamento que nascem ideias novas. Propondo-se outra analogia com a mitologia dos gregos, a cosmogonia de Hesíodo aponta que todo o universo criou-se emergindo do caos. De certa forma, então, a dúvida e o constante questionamento são o substrato para a criação – nesse caso, o

aprendizado e a construção de novas ideias.

Para finalizar, deixamos a seguinte citação de Paulo Freire:

*O melhor aluno de filosofia é o que pensa criticamente sobre todo esse pensar e corre o risco de pensar também.*

*Quanto mais é simples e dócil receptor dos conteúdos com os quais, em nome do saber, é “enchido” por seus professores, tanto menos pode pensar e apenas repete.*

(FREIRE, 1988, p. 53).

## 8. Referências Bibliográficas

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Trad.: Estela dos S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996;

BARCELLOS, Marcília Elis. **História, Sociologia, Massa e Energia: Uma reflexão sobre a formação de pesquisadores em Física**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física. Universidade de São Paulo, 2008;

EARP, Fábio Sá. **Um pouco além de Thomas Kuhn**: Da história do pensamento econômico à história da ciência econômica. In: Revista de Economia Política, v. 16, n. 1 (61), janeiro-março de 1996;

FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. Trad.: Cezar Augusto Mortari. São Paulo: Editora da UNESP, 2007;

FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?**. Trad.: R. D. de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988;

KUHN, Thomas. **A estrutura das Revoluções científicas**. Trad.: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2006;

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. Trad.: Ivone C. Benedetti. São Paulo: Editora da UNESP, 2000;

PINTO, Alexandre Custódio. **A Ciência como Tradição Cultural e o Contraste de teorias no Ensino de Física**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física. Universidade de São Paulo, 2003;

POPPER, Karl. **Lógica da Pesquisa científica**. Trad.: L. Engenberg e O. S. da Mota. São Paulo: Cultrix, 1975.

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto a que este trabalho se articula.