
A FILOSOFIA DE KARL POPPER E SUAS IMPLICAÇÕES NO ENSINO DA CIÊNCIA

Fernando Lang da Silveira
Instituto de Física – UFRGS
Instituto de Física e Faculdade Educação da PUC – RS
Porto Alegre – RS

I. Introdução

O filósofo da ciência Karl Popper repensou algumas questões importantes relativas ao conhecimento científico. Suas idéias são revolucionárias e não podem permanecer desconhecidas para todos aqueles que fazem ou ensinam ciências. Ele debateu as idéias com grandes pensadores e cientistas do século XX, em especial foram seus interlocutores Einstein e Schrödinger.

O presente trabalho pretende apresentar uma parte do pensamento de Popper e discutir algumas implicações para o ensino de ciências.

II. A lógica dedutiva

Segundo Popper a lógica dedutiva desempenha papel de importância capital dentro do método da ciência. Ela é:

- a) transmissora da verdade;
- b) retransmissora da falsidade; e
- c) não retransmissora da verdade.

Ela transmite a verdade das premissas para a conclusão, ou seja, sendo verdadeiras as premissas de um raciocínio dedutivo, será necessariamente verdadeira a conclusão. Ela retransmite a falsidade da conclusão para as premissas, ou seja, se a conclusão de um raciocínio dedutivo for falsa, então uma ou mais premissas são falsas. Ela não retransmite a verdade da conclusão para as premissas, ou seja, sendo a conclusão de um raciocínio dedutivo verdadeira, poderão ser falsas uma ou mais premissas.

Essas três propriedades da lógica dedutiva podem ser exemplificadas através de um silogismo válido:

- a) premissa maior: todos os A são B ;
- b) premissa menor: X é A ; e
- c) conclusão: X é B .

A transmissão da verdade das premissas para a conclusão ocorre no seguinte exemplo no qual as premissas são verdadeiras:

- a) premissa maior: todos os metais são condutores elétricos;
- b) premissa menor: o cobre é metal; e
- c) conclusão: o cobre é condutor elétrico.

A retransmissão da falsidade da conclusão para as premissas ocorre no seguinte exemplo onde a conclusão é falsa por que a premissa menor é falsa:

- a) premissa maior: todos os metais são condutores elétricos;
- b) premissa menor: o vidro é metal; e
- c) conclusão: o vidro é condutor elétrico.

A não retransmissão da verdade da conclusão para as premissas ocorre no seguinte exemplo em que a premissa maior e a conclusão são verdadeiras e a premissa menor é falsa:

- a) premissa maior: todos os metais são condutores elétricos;
- b) premissa menor: o carvão é metal; e
- c) conclusão: o carvão é condutor elétrico.

III. A refutação da lógica indutiva

Um dos problemas da filosofia da ciência que Popper trabalhou é o chamado “problema da indução”. Acreditavam os indutivistas ser possível a partir dos fatos obter as leis, as teorias científicas. Dado um conjunto de fatos poder-se-ia, utilizando a lógica indutiva, chegar às leis universais, às teorias.

É comum dizer-se ‘indutiva’ uma inferência, caso ela conduza de enunciados singulares (por vezes também denominados enunciados particulares), tais como descrições de resultados de observações ou experimentos, para enunciados universais, tais como hipóteses ou teorias. [...] Ora, está longe de ser óbvio, de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa: independentemente de quantos cisnes brancos possamos observar,

isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos. A questão de saber se as interferências indutivas se justificam e em que condições é conhecida como o problema da indução. (POPPER, 1985, p. 27-28.)

Outra maneira de se formular o problema da indução é indagar se há leis naturais sabidamente verdadeiras. Pode-se justificar a alegação de que uma teoria é verdadeira a partir de resultados experimentais ou observações? A resposta de Popper é negativa. Não importa quantas asserções de teste (resultados experimentais ou de observações) se tenha, não é possível justificar a verdade da teoria porque de uma teoria falsa pode-se obter conclusões verdadeiras (não retransmissão da verdade das conclusões para as premissas).

Outra razão contra a existência de uma lógica indutiva está em que um conjunto de fatos sempre é compatível com mais de uma lei. Por exemplo, se todos os cisnes até hoje observados são brancos, algumas possíveis leis compatíveis são as seguintes:

- a) todos os cisnes são brancos; ou
- b) todos os cisnes são brancos ou negros; ou
- c) todos os cisnes são brancos ou vermelhos.

Tendo refutado o método indutivo, sobre o qual pretensamente estavam apoiadas as ciências empíricas (física, química, biológica, etc.), parte então Popper para outro problema: qual é o método das ciências empíricas?

IV. Método hipotético-dedutivo

Não é tarefa da lógica do conhecimento a “reconstrução racional” das fases que conduziram o cientista à descoberta (POPPER, 1985, p. 32) da teoria científica. Não há caminho estritamente lógico que leve a formulação de novas teorias e, como veremos mais adiante, a história da ciência mostra com frequência o surgimento de novas teorias inspiradas não em fatos novos, mas em teorias metafísicas.

Para Popper a tarefa da epistemologia ou da filosofia da ciência é reconstruir racionalmente “*as provas posteriores pelas quais se descobriu que a inspiração era uma descoberta ou veio a ser reconhecida como conhecimento*” (POPPER, 1985, p. 32). Em outras palavras, não deve a epistemologia se preocupar em reconstruir a inspiração do cientista e não é importante para ela em que condições o cientista formulou a teoria; importa, sim, discutir como a teoria é testada.

O método da ciência se caracteriza pela crítica das teorias e pode ser denominado método hipotético-dedutivo. Dada uma teoria, é possível, com auxílio

de condições iniciais ou de contorno e com auxílio da lógica dedutiva, derivar conclusões. Essas conclusões são confrontadas com os fatos. Exemplificando, consideremos a teoria sobre a queda dos corpos que diz que a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso, ou seja:

a) hipótese: a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso.

b) condições iniciais: o tijolo é mais pesado do que uma pedra pequena. Ambos são abandonados simultaneamente a 2 m acima do solo.

c) conclusão: o tijolo atingirá o solo antes da pedra.

O confronto da conclusão com os fatos pode levar a dois resultados: a conclusão é incompatível com os fatos ou é compatível com os fatos.

No primeiro caso, como a lógica dedutiva é retransmissora da falsidade, no mínimo uma das premissas é falsa; se as condições iniciais forem verdadeiras então a teoria foi falseada.

No segundo caso, como a lógica dedutiva é não retransmissora da verdade, não é necessariamente verdadeira a teoria. Na terminologia de Popper a teoria foi corroborada, passou no teste empírico.

Sempre haverá a possibilidade de no futuro derivar da teoria uma consequência que seja incompatível com os fatos e, portanto **teorias científicas são sempre conjecturas** que poderão ser refutadas. Não há forma de se provar a verdade de uma teoria científica, mas às vezes é possível descobrir que uma teoria é falsa.

Os indutivistas sempre enfatizaram a necessidade de se verificar as teorias através das suas consequências. No pensamento indutivista o que importa é a verificação, pois, através dela poder-se-ia saber se uma teoria é verdadeira ou pelo menos provável. Para Popper as verificações somente são relevantes na medida em que elas constituem os resultados de tentativas de refutação da teoria, casos verificadores são facilmente encontráveis para quase todas as teorias. Exemplificando mais uma vez com a teoria de que a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso: é possível se encontrar uma imensidade de casos verificadores constituídos por pares de corpos do tipo pedra e pena. Outro bom exemplo de alto grau de verificação pode ser encontrado na teoria astrológica, pois qualquer astrólogo é capaz de apresentar um número grande de previsões realizadas. As severas tentativas de refutar uma teoria e que resultaram em corroborações são as que realmente importam.

A história da ciência mostra teorias que durante um certo período de tempo foram corroboradas e que acabaram sendo refutadas. O exemplo mais impressionante é o da mecânica newtoniana que durante mais de duzentos anos foi corroborada espetacularmente. Aliás, algumas corroborações da mecânica newto-

niana mostram que a “lógica indutiva” é insustentável. A mecânica newtoniana corrigiu os fatos dos quais os indutivistas acreditam ter sido derivada a lei da gravitação universal, ou seja, freqüentemente se afirma que a lei da gravitação universal teria sido induzida das leis de Kepler. Isso não é possível logicamente, pois a mecânica newtoniana rigorosamente contradiz aquelas leis, afirmando, por exemplo, que as órbitas planetárias não são exatamente elípticas, mas aproximadamente elípticas. Nesse caso a corroboração é espetacular, pois a teoria de Newton prevê perturbações nas órbitas planetárias que posteriormente foram observadas. Ora, se existisse a “lógica indutiva”, o mínimo que deveria ocorrer nas “indicações” das leis a partir dos fatos é que as leis não contraditassem os fatos que as geraram.

Outras corroborações impressionantes da mecânica newtoniana são as descobertas dos dois últimos planetas do sistema solar (Netuno e Plutão). Primeiramente foi observado que o planeta Urano, o último planeta conhecido, violava a órbita prevista a partir das leis de Newton. Essa violação foi interpretada não como uma refutação das leis de Newton, mas como resultado da ação de um planeta até ali desconhecido sobre a órbita de Urano. A hipótese da existência do planeta Netuno possibilitou inclusive prever teoricamente a sua posição; os astrônomos posteriormente conseguiram observá-lo. O mesmo fato se repete em relação a Netuno, que aparentemente não cumpria as leis da mecânica. Mais uma vez se salva a teoria de Newton admitindo-se a existência de uma perturbação provocada por um planeta ainda desconhecido, mais uma vez os astrônomos conseguiram observar a existência do novo planeta, Plutão.

A descoberta dos dois últimos planetas do sistema solar exemplifica um outro aspecto relativo ao método científico: a possibilidade de se evitar o falseamento de uma teoria a partir de uma hipótese suplementar. Se a consequência de uma teoria é contraditada pelos fatos, logicamente é possível retransmitir a falsidade às condições iniciais ou de contorno ao invés de retransmiti-la à teoria. Foi isso que efetivamente ocorreu quando da descoberta dos dois últimos planetas. Entretanto essa hipótese, que salva a teoria, é testável independentemente. Hipóteses suplementares que não sejam testáveis independentemente, isto é, hipóteses ad-hoc (hipóteses a favor das quais os únicos fatos são aqueles que elas pretendem explicar) devem ser evitadas.

Quando uma teoria é refutada, como finalmente foi a mecânica newtoniana, a nova teoria deverá ser capaz de explicar todos aqueles fatos corroboradores da teoria superada e os novos fatos que a refutaram. A antiga teoria pode então sobreviver como um caso limite da nova teoria. Historicamente é o que aconteceu com as teorias de Galileu e Kepler, que são casos limites da teoria de Newton; esta, por sua vez, é um caso limite da teoria de Einstein.

Para concluir esta seção são citados alguns trechos da palestra que Popper proferiu em 1948, intitulada “O Balde e o Holofote: Duas Teorias do Conhecimento”.

Não há estrada, real ou como seja, que leve da necessidade de um “dado” conjunto de fatos específicos a qualquer lei universal. O que chamamos “leis” são hipóteses ou conjecturas que sempre fazem parte de um sistema de teorias mais amplo (de fato, de um horizonte inteiro de expectativas) e que, portanto, não podem ser testadas em isolamento. O progresso da ciência consiste de experiências, de eliminação de erros, e de mais tentativas guiadas pela experiência adquirida no decorrer das tentativas e dos erros anteriores. Nenhuma teoria em particular pode, jamais, ser considerada absolutamente certa: cada teoria pode tornar-se problemática, não importa quão bem corroborada possa parecer agora. Nenhuma teoria científica é sacrossanta ou fora de crítica. (POPPER, 1975, p. 330)

Continua dizendo que esse fato foi esquecido principalmente no século passado quando, devido às corroborações espetaculares das teorias mecânicas, elas vieram a ser tomadas como verdadeiras e

[...] chegamos agora a ver que é tarefa do cientista submeter sua teoria a testes sempre novos e que nenhuma teoria deve ser declarada definitiva. Realizam-se os testes tomando a teoria a ser testada e combinando-a com todos os tipos possíveis de condições iniciais, assim como outras teorias, e comparando então com a realidade as predições resultantes. Se isto leva a expectativas decepcionantes, a refutações, então teremos que reconstruir nossa teoria. (POPPER, 1975, p. 331)

A única forma do conhecimento científico avançar é através do falseamento das teorias. “É verificando a falsidade de nossas suposições que de fato entramos em contato com a ‘realidade’” (POPPER, 1975, p. 331). Entretanto sempre é possível salvar a teoria da refutação através de hipóteses suplementares, mas esse não é o caminho do progresso.

A reação adequada ao falseamento é buscar novas teorias que pareçam ter a possibilidade de oferecer-nos melhor apreensão dos fatos. A ciência não está interessada em teorias que pareçam ter a probabilidade de oferecer-nos melhor apreensão dos fatos. A ciência não está interessada em ter a última palavra, se isso significar o fechamento de nossas mentes ao false-

amento das experiências, mas sim em aprender com as nossas experiências; isto é, em aprender com os nossos enganos. (POPPER, 1975, p. 331)

Finalmente conclui dizendo que os princípios do progresso científico são muito simples:

“Requerem que abandonemos a idéia antiga de que podemos atingir a certeza (ou mesmo um alto grau de ‘probabilidade’ no sentido do cálculo de probabilidade) com as proposições ou da ciência (idéia que deriva da associação da ciência com a magia e do cientista com o mago): o alvo do cientista não é descobrir uma certeza absoluta, mas descobrir teorias cada vez melhores (ou inventar holofotes cada vez mais potentes), capazes de ser submetidas a testes cada vez mais severos (e conduzindo-nos com isto sempre a novas experiências, que iluminam para nós). Mas isto significa que essas teorias devem ser mostradas falsas: é pela verificação de sua falsidade que a ciência progride.” (POPPER, 1975, p. 332)

V. O problema da demarcação

Outro problema da filosofia da ciência que Popper se preocupou em abordar é o chamado “problema da demarcação”, ou, “*como é que se pode distinguir as teorias das ciências empíricas das especulações pseudocientíficas, não científicas ou metafísicas?*” (POPPER, 1987, p. 177)

Para os indutivistas a demarcação entre ciência empírica e pseudociência, não ciência e metafísica era realizada pelo “método indutivo”. As teorias científicas eram obtidas a partir dos fatos e podiam por eles ser verificadas. Além disso, os positivistas (indutivistas) tomaram o termo metafísico como pejorativo: as idéias metafísicas não tinham qualquer importância para a ciência, pois careciam de sentido.

Para Popper o critério de demarcação é dado pela refutabilidade ou testabilidade. As teorias das ciências empíricas podem em princípio ser refutadas pelos fatos, já as teorias pseudocientíficas, não científicas ou metafísicas não são testáveis, ou seja, não há fatos que as possam refutar.

Essa é uma concepção de ciência que considera a abordagem crítica sua característica mais importante. Para avaliar uma teoria o cientista deve indagar se pode ser criticada – se se expõe a críticas de todos os tipos e, em caso afirmativo, se resiste a essas críticas. (POPPER, 1982, p. 284)

A irrefutabilidade das teorias não é uma vantagem e não pode ser confundida com a verdade. É possível se ter duas teorias contrárias, o que implica que ambas não podem ser verdadeiras, apesar de ambas serem irrefutáveis, (um exemplo de teorias contrárias e irrefutáveis é o determinismo e o indeterminismo) por isso não é uma atitude científica a formulação de uma teoria irrefutável, assim como também não é uma atitude científica o salvamento da teoria através de hipótese ad-hoc. Entretanto Popper nota a existência de teorias, tidas como científicas, que são capazes de dar conta de qualquer fato. Não importando qual seja o fato alegado, ele sempre poderá ser tomado como uma “verificação” da teoria. Entre essas teorias pseudocientíficas, ele cita a psicanálise de Freud, a psicologia individual de Adler e o materialismo histórico de Marx.

Um marxista não era capaz de olhar para um jornal sem encontrar em todas as páginas, desde os artigos de fundo até os anúncios, provas que constituíam verificações da luta de classes; e encontra-las-ia sempre também (e em especial) naquilo que o jornal não dizia. E um psicanalista, fosse ele freudiano ou adleriano, diria sem dúvida que todos os dias, ou até de hora a hora, estava a ver as suas teorias verificadas por observações clínicas. (POPPER, 1987, p. 180)

O método de procurar verificações para as teorias, utilizado pelos freudianos, adlerianos, marxistas e astrólogos, além de ser acrítico, promovia uma atitude acrítica nos leitores, “Ameaçava assim destruir a atitude de racionalidade, de argumentação crítica.” (POPPER, 1987, p. 181)

Popper não considera a metafísica necessariamente destituída de sentido como faziam os positivistas: “Com efeito, é impossível negar que, a par de idéias metafísicas que dificultam o avanço da ciência, têm surgido outras – tais como as relativistas ao automismo especulativo – que o favoreceram.” (POPPER, 1985, p. 40)

Um exemplo importante de como a metafísica inspira as teorias científicas é a revolução copernicana. Copérnico teve a idéia de colocar o Sol como centro, em vez da Terra, não devido a novas observações astronômicas, mas sim devido a uma interpretação de fatos à luz de concepções semi-religiosas, neoplatônicas. Para os platônicos e neoplatônicos o Sol era o astro mais importante e por isso não poderia girar em torno da Terra, esta é que deveria girar em torno do Sol.

Kepler foi um seguidor de Copérnico e, assim como Platão, estava imerso em ensinamentos astrológicos. Kepler procurava descobrir a lei aritmética subjacente à estrutura do mundo (misticismo numerológico dos pitagóricos), que daria entre outras coisas os raios das órbitas circulares planetárias. Ele nunca encontrou o que procurava, não descobriu, nos dados de Tycho Brahe, a desejada

confirmação da crença que Marte girava em torno do Sol em movimento circular uniforme. Os dados de Tycho Brahe levaram-no a refutar a hipótese de órbita circular. Depois de diversas tentativas, adotou a hipótese de órbita elíptica e pôde então notar que as observações astronômicas podiam se ajustar a essa nova hipótese somente se admitisse que Marte não se deslocava com velocidade constante. *“As observações astronômicas não provaram que a hipótese elíptica estava correta, mas podiam ser explicadas por essa hipótese – ajustavam-se a ela.”* (POPPER, 1982, p. 215) Apesar da inspiração metafísica, Kepler foi um crítico. Aceitou a refutação da sua teoria pelos fatos e formulou uma nova teoria.

A idéia metafísica que talvez tenha motivado o maior número de descobertas científicas foi a da “pedra filosofal” (existe uma substância capaz de transformar metais vis em ouro). Esses e outros exemplos da história de ciência mostram que a metafísica pode servir como ponto de partida para as teorias científicas e que, portanto, teorias metafísicas não são necessariamente sem sentido.

Para os positivistas era muito importante justificar de onde o cientista formulou a teoria e a única fonte válida para a formulação da teoria estava nos fatos. Para Popper a questão epistemológica importante não tem a ver com as fontes da teoria (todas as fontes são válidas e bem-vindas), tem a ver com a testagem da teoria. *“Não há ‘fontes últimas’ do conhecimento. Toda fonte, todas as sugestões são bem-vindas; e todas as fontes e sugestões estão abertas ao exame crítico.”* (POPPER, 1982, p. 55)

VI. A teoria do conhecimento

Popper denomina de “teoria do balde mental” a concepção de que nosso conhecimento consiste em percepções acumuladas ou em percepções assimiladas, separadas e classificadas.

“O ponto de partida desta teoria é a doutrina persuasiva de que, antes de podermos conhecer ou dizer qualquer coisa acerca do mundo, devemos ter tido percepções – experiências de sentido”. (POPPER, 1975, p. 313)

Os empiristas ingênuos nos aconselham a interferir o mínimo possível no processo de acumular conhecimento. Segundo eles, o conhecimento verdadeiro está livre de preconceitos, ele é constituído da experiência pura e simples.

Popper contesta a “teoria do balde”, notando que o que tem valor para o conhecimento é mais do que a simples percepção, é a observação. Esta é um processo ativo, é uma percepção planejada e organizada. Qualquer observação é precedida de um problema, uma hipótese que a orienta. As observações são sempre seletivas e pressupõem um princípio de seleção. Não é possível observar tudo,

aquilo que se observa já é antecedido por algo teórico. Todas as observações estão impregnadas de teoria.

Em cada instante de nosso desenvolvimento pré-científico ou científico estamos vivendo no centro do que costumo chamar um 'horizonte de expectativas'. Com isto, quero significar a soma total de nossas expectativas, sejam subconscientes, ou talvez mesmo explicitamente proferidas em alguma linguagem. (POPPER, 1975, p. 317)

A observação é importante, pois em função dela poderemos alterar a teoria que a originou. Nesse sentido, é possível sustentar que o novo conhecimento (nova teoria) é precedido pela observação.

A “teoria do balde” considera que as hipóteses surgem da observação por generalização, associação, ou classificação.

Em contraste, podemos agora dizer que a hipótese (ou teoria expectativa, ou seja lá o que se chame) precede a observação, ainda que uma observação que refute certa hipótese possa estimular uma nova hipótese (e, portanto, uma temporalmente posterior). (POPPER, 1975, p. 318)

A hipótese é um guia, que “ilumina” as observações e conduz a novos resultados observacionais (“teoria do holofote”). A ciência nunca está livre de suposições, o que caracteriza a ciência é a possibilidade de se criticar as suposições.

A “teoria do holofote” pode ser representada pelo esquema abaixo:

$$P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

no qual P_1 é o problema de partida; TS é a tentativa de solução, é a hipótese ou teoria que conjecturamos resolver o problema; EE (eliminação do erro) consiste em um rigoroso exame crítico da teoria; P_2 é o problema que emerge da primeira tentativa crítica da solução.

A teoria do conhecimento de Popper é evolucionária. O conhecimento evolui por um processo de tentativa e eliminação do erro. A sua concepção é uma extensão do darwinismo ao problema do conhecimento. As teorias “mais aptas à sobrevivência” passam pelo crivo da crítica racional e empírica, entretanto, a sobrevivência passada não garante a sobrevivência no futuro, pois o exame crítico sempre poderá ser aprofundado, levando à refutação.

Ele estende a sua teoria do conhecimento além do conhecimento científico, acredita que todo o conhecimento surge da necessidade de solucionar problemas e é sempre precedido por uma expectativa, hipótese ou teoria. Os seres

vivos já trazem teorias inatas, talvez determinadas geneticamente. A aprendizagem por tentativa e erro é confundida com a aprendizagem por repetição (indução).

VII. As idéias de Popper e o ensino da ciência

A versão indutivista (empirista) da ciência continua dominante entre os professores e cientistas. Ela pode ser encontrada facilmente nos livros texto como exemplificam as citações seguintes: “*As leis da física são generalizações de observações e de resultados experimentais.*” (TIPLER, 1978, p. 3); “*Tudo que sabemos a respeito do mundo físico e sobre os princípios que governam foi aprendido de observações dos fenômenos da natureza.*” (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1983, p. 3); “*A física, como ciência natural, parte de dados experimentais.*” (NUSSENZVEIG, 1981, p. 5); “[...] *através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente a partir dos fenômenos observados, [...]*” (NUSSENZVEIG, 1981, p. 5). Ainda nos livros textos a versão indutivista é encontrada nas “reconstruções racionais” da criação das teorias a partir dos fatos.

As atividades experimentais são outros bons exemplos da influência do empirismo. Quantas vezes os alunos são levados ao laboratório para que aprendam como as teorias são construídas a partir dos fatos, ou para verificarem a verdade das teorias.

Há necessidade de uma mudança de concepção. Mesmo aqueles filósofos da ciência que criticam Popper – como Kuhn e Feyerabend – aceitam que a concepção indutivista está ultrapassada. Um possível caminho para se conseguir essa mudança de mentalidade é a introdução de disciplinas de filosofia e história da ciência nos cursos de graduação. Penso que essas disciplinas não devam ocorrer no início do curso, mas no final, quando o aluno já tenha um bom domínio do conteúdo da ciência que estuda e talvez já tenha se deparado com problemas relativos ao conhecimento científico.

Passarei agora a abordar alguns aspectos do ensino da ciência que têm relação com as idéias de Popper e que deverão ser repensados em função destas.

Para algumas pessoas, o problema da aprendizagem estaria resolvido se o aprendiz entrasse em contato com os fatos. Se o aluno tiver a possibilidade de realizar experimentos, redescobrirá as leis e as teorias. Portanto seria suficiente que a abordagem de um novo conteúdo começasse com atividades experimentais. Essa forma de encarar o processo de construção e aquisição do conhecimento nada mais é do que a “teoria do balde”. Mesmo que fosse possível a construção da teoria a partir dos fatos, é uma ingenuidade crer que o aluno pudesse reconstruir em curto espaço de tempo o conhecimento científico produzido em muitos anos ou até

séculos. Fica evidente na “teoria do holofote” a importância de todo o conhecimento trazido pelo aluno. O aluno não pode ser tratado como uma “tábula rasa”, as teorias ou expectativas que ele traz são relevantes para a aquisição do novo conhecimento. Popper afirma que todo o novo conhecimento é uma modificação do conhecimento anterior.

Penso que o ensino poderá ser mais eficiente na medida em que o professor conhecer as teorias que seus alunos possuem. Uma formulação clara e precisa dessas idéias seria tomada como ponto de partida. Nesse sentido temos aprendido muito nos últimos anos através dos estudos voltados às concepções alternativas, intuitivas, espontâneas, ou seja lá como nós as denominamos.

O primeiro passo seria a crítica dessas idéias: o professor deverá ser capaz não apenas de apresentar a “teoria oficial” mas também de criticar as teorias inadequadas. Ele não pode assumir a posição ingênua de acreditar que seus alunos aprenderão porque ele está ensinando “o certo”; um professor já dizia: esqueçam tudo que vocês sabem porque agora eu lhes ensinarei a verdade. Ele não pode admitir que os alunos sejam capazes de efetivamente abandonar as suas idéias enquanto essas não forem mostradas como problemáticas. O confronto entre a “teoria oficial” e a(s) “teoria(s) alternativa(s)” não deve ser evitado, ele é desejável e necessário para que o aluno perceba a vantagem da primeira. O professor também não pode esquecer que o aluno sempre terá a possibilidade de fugir à refutação da sua teoria através da introdução de hipóteses suplementares.

Atrevo-me a propor uma seqüência de passos, coerente com as idéias de Popper, visando à superação da “teoria alternativa” e à apreensão da “teoria oficial”:

a) primeiro passo: formulação mais clara e precisa possível da “teoria alternativa”;

b) segundo passo: discussão crítica da “teoria alternativa” visando não apenas a identificar pontos problemáticos, mas também a corroborar. Essa discussão crítica pode ter aspectos não-empíricos e exclusivamente racionais, lógicos. Às vezes é possível se apontar uma inconsistência lógica dentro da “teoria alternativa”: os experimentos mentais têm essa função e Popper dedica uma seção sobre eles em “A Lógica da Pesquisa Científica”. A crítica empírica também é relevante, ou seja, mostrar casos refutadores da “teoria alternativa”. Se a “teoria alternativa” reproduzir alguma teoria encontrada ao longo da história da ciência, buscar na história os subsídios relevantes; e

c) terceiro passo: apresentação da “teoria oficial” e seu debate crítico. É importante ressaltar as vantagens dessa teoria sobre a anterior, mostrar como ela é capaz de dar conta tanto de todos os aspectos que corroboravam quanto dos aspectos problemáticos da anterior.

Penso também que essa discussão deva ser retomada diversas vezes, em momentos diferentes, quando se avança em profundidade na “teoria oficial”. Creio que um bom indicador da apreensão da “teoria oficial” pelo aluno é quando ele se torna capaz de responder questões, baseado em ambas as teorias.

Tentarei exemplificar com uma “teoria alternativa” à mecânica newtoniana (o leitor certamente poderá melhorar o exemplo):

a) primeiro passo: a “teoria alternativa” pode ser formulada em termos dos seguintes princípios: para que um corpo esteja em movimento deve agir sobre ele uma força; a força e a velocidade do corpo têm a mesma orientação; e quanto maior a força, maior é a velocidade.;

b) segundo passo: trazer casos que corroboram a teoria (por exemplo: um corpo que estava em repouso sobre a mesa do professor é colocado em movimento através de uma força aplicada por este, a orientação do movimento desse corpo coincide com a da força, etc).

Uma conclusão importante que pode ser derivada dos princípios enunciados no primeiro passo é a seguinte: cessando a força, cessa o movimento. O professor notará então que a força que ele aplica no corpo sobre a mesa cessa quando ele perde o contato com o corpo. A experiência mostrará que a cessação do movimento ocorrerá algum tempo depois da perda do contato. O professor observará a existência de outras ações sobre o corpo, em especial a da mesa na direção paralela à superfície (força de atrito), que não cessam quando ele deixa de agir. Uma possibilidade de evitar essa refutação é formular a hipótese **ad-hoc** de que a força que o professor fez ficou impressa, capitalizada no corpo.

c) terceiro passo: enunciar a primeira e a segunda leis de Newton, retomar os exemplos práticos anteriores mostrando que as leis de Newton dão conta de todas elas; enfatizar que a diminuição da velocidade e o retorno ao repouso observado no corpo sobre a mesa é consequência da força de atrito; prever, a partir da teoria, uma duração mais longa para o movimento do corpo quando a força de atrito for menor; e testar experimentalmente essa conclusão (aqui se poderia relatar as experiências de Galileu a esse respeito).

Essa foi, a grosso modo, a seqüência seguida pelo professor e relatada no artigo “*Validação de Um Teste para Detectar se o Aluno Possui a Concepção Newtoniana sobre a Força e Movimento*” (SILVEIRA, et al., 1986). Conforme esse artigo, poder-se-ia atribuir a mudança significativa observada na concepção dos alunos à seqüência apresentada.

Nas atividades de laboratório é usual propor um experimento no qual o aluno, manipulando uma variável (por exemplo, a diferença de potencial elétrico aplicada sobre um condutor), observa e mede o comportamento de outra variável (por exemplo, a intensidade da corrente elétrica no mesmo condutor) e assim

obtenha uma série de pontos. Em seguida, pede-se que o aluno descubra a lei que rege o fenômeno, encontrando a curva que descreve o comportamento observado. Essa proposta nada mais é que a aplicação do “método indutivo”. Quando se pede que o aluno descubra a lei, está implícita a idéia de que há uma maneira de determinar inequivocamente a curva que descreve aqueles resultados experimentais. Existem infinitas curvas que descrevem com precisão absoluta os resultados obtidos (curvas que passam exatamente pelos pontos obtidos) e outras infinitas curvas que descrevem os mesmos resultados com o grau de precisão que se quiser (curvas que passam próximas aos pontos obtidos). **Não existe um procedimento que leve a uma única curva** (qualquer conjunto de fatos é compatível com mais de uma lei conforme destacado na terceira seção deste trabalho). Qualquer procedimento analítico (como, por exemplo, o método dos mínimos quadrados, para citar apenas um) permite, especificada a forma da curva (por exemplo, uma equação do segundo grau), determinar os parâmetros da equação. Em outras palavras, se a lei for uma equação do segundo grau, o método dos mínimos quadrados permitirá determinar a melhor parábola que se adequa aos resultados experimentais.

Fica bem claro que essa proposição – descubra a lei a partir dos dados – não é realizável. Qual é a abordagem correta? Uma possibilidade é solicitar ao aluno que formule a sua teoria e verifique se os resultados experimentais são compatíveis com ela. Por exemplo, se a sua teoria for uma equação do primeiro grau, avalie se os pontos obtidos experimentalmente se situam próximos de uma reta. A rigor, para se efetivar este julgamento, o conhecimento de uma teoria dos erros de medida terá que ser utilizada.

Outra possibilidade é fornecer a teoria ao aluno, em vez de ele a formular, aliás, isso ocorre freqüentemente, pois as aulas de laboratório costumam ser antecedidas pelas aulas teóricas sobre o assunto. Se o aluno já conhece a “teoria oficial”, a atividade de laboratório consistirá na testagem da teoria.

A versão empirista do método científico não se sustenta, como bem notou Popper por volta de 1930. Entretanto, professores e os próprios cientistas ainda acreditam nela. Urge que se adote a nova concepção: a teoria vem antes dos fatos. Os fatos podem corroborar ou refutar a teoria, mas nunca provarão uma teoria: todo conhecimento científico é conjectural e está aberto à crítica. É justamente o aprofundamento do exame crítico, expondo uma teoria ao falseamento, que torna possível o progresso e a evolução do conhecimento.

VIII. Referências Bibliográficas

1. NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1981.

2. POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.
3. _____. **Conjecturas e refutações**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982.
4. _____. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Editora Cultrix, 1985.
5. _____. **O realismo e o objectivo da ciência**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1987.
6. SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D. **Física 1** – Mecânica da partícula e dos corpos rígidos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983.
7. SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 2047-55, 1986.
8. TIPLER, P. A. **Física 1**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1978.

Já lhe perguntaram...

...por quê os médicos sempre medem a pressão sangüínea no braço em uma altura ao nível do coração? Eles não poderiam medi-la na perna?

*A fim de padronizar leituras de pressão sangüínea elas são todas feitas niveladas com o coração. Se elas fossem efetuadas, por exemplo, ao nível do tornozelo, então as leituras dependeriam da altura das pessoas, e os resultados seriam mais difíceis de interpretar. (traduzido e adaptado de – Walter, J. **The flying circus of physics**. New York: John Wiley & Sons, 1977. – por Bartira C. S. Grandi, Depto. de Física, UFSC.)*