

O TESTE EMPÍRICO DE TEORIAS OU EXPLICAÇÕES NA SALA DE AULA

Helder de F. e Paula

helder@educativa.org.br

Aluno de doutorado do Programa de pós-graduação da FAE-UFMG

Antônio Tarciso Borges

tarciso@coltec.ufmg.br

Programa de pós-graduação da FAE e COLTEC-UFMG

Resumo

Como os estudantes concebem o processo de avaliação de teorias ou explicações? Que função eles atribuem aos experimentos nesse contexto? Neste artigo, iremos tratar dessas questões a partir de dados construídos em uma entrevista semi-estruturada realizada com estudantes da 7ª série do Ensino Fundamental. Nossos dados nos permitiram diferenciar e integrar a capacidade de conceber espontaneamente experimentos para validar ou refutar idéias, da capacidade de compreender essa função da experimentação, e de utilizar evidências experimentais para realizá-la. Situamos o presente trabalho e o projeto de pesquisa mais amplo no qual estamos envolvidos no contexto da busca de alternativas para a experimentação e para o avanço da compreensão da função do laboratório no ensino de ciências.

Palavras chave: Função da Experimentação; Teoria e Evidência; Natureza das Ciências.

INTRODUÇÃO

Neste artigo, analisamos dados construídos em uma entrevista semi-estruturada realizada com 18 estudantes que cursavam a 7ª série do Ensino Fundamental em uma escola particular em Belo Horizonte, M.G. Tal entrevista faz parte de um projeto mais amplo, que tem por objetivo avaliar os limites e as potencialidades da educação escolar como espaço para promover a evolução, ou a sofisticação, das imagens dos estudantes sobre a natureza das ciências. Além da entrevista inicial, acompanhamos o desenvolvimento de um curso no qual o professor estava particularmente preocupado em oferecer oportunidades aos estudantes para conhecer, avaliar e refletir sobre o processo de produção e validação do conhecimento científico. Na fase da entrevista que constitui o foco do presente trabalho nossas questões de pesquisa eram: (a) Como os estudantes concebiam o processo de avaliação de teorias ou explicações?; (b) Que funções eles atribuíam aos experimentos nesse contexto?

Embora a investigação que realizamos tenha sido conduzida em um contexto muito específico e com objetivos também muito específicos, acreditamos que os dados e a análise que apresentamos neste trabalho podem interessar a uma grande comunidade de professores e pesquisadores. Nossos interlocutores preferenciais não são aqueles que ainda têm uma visão tradicional e estereotipada da experimentação. Ao contrário, acreditamos que nosso trabalho pode trazer maiores contribuições àqueles que, como nós, estão envolvidos na busca de alternativas para o laboratório no ensino de ciências.

A avaliação e a validação de teorias, explicações e formas de raciocínio utilizadas para interpretar um determinado conjunto de fenômenos costuma ser entendida como a função primordial dos experimentos nas ciências naturais. Vistos desse modo, os experimentos constituiriam uma das principais estratégias das ciências para produzir conhecimento. Embora exista certo consenso em relação à importância do laboratório e da experimentação, tanto nas ciências, quanto na educação em ciências, não há consenso sobre sua função. Sitaremos, em

linhas gerais, em que consiste o dissenso nos planos epistemológico e pedagógico para retomar algumas polêmicas em nossas considerações finais.

A exemplo do que ocorre com outras tantas questões ou problemas epistemológicos, são temas ainda em aberto: (a) a existência de um processo de avaliação racional de teorias; (b) o modo como se relacionam as teorias e as evidências experimentais e observacionais que, supostamente, lhes dariam sustentação empírica. Uma das perspectivas que nos é oferecida para o tratamento deste tema é a do refutacionismo proposto por POPPER (1972). De acordo com a teoria refutacionista original de Popper, as observações e, principalmente, os testes experimentais poderiam ser usados para valorizar algumas teorias em detrimento de outras. Assim, teorias cujas previsões são desmentidas pelas observações ou experimentos poderiam ser descartadas.

Para lidar com a mesma questão, isto é, para predicar sobre o processo de validação e escolha de teorias nas ciências, KUHN (1977) nos oferece uma perspectiva bastante diferente que articula aspectos racionais, culturais e sociais. Uma das grandes contribuições de KUHN, é a formulação do conceito de valores cognitivos que definiriam critérios, apenas em parte racionais e explícitos, para a escolha entre teorias concorrentes. Este conceito é retomado por LACEY (1998) que descreve o uso de valores cognitivos no seio de um conjunto de “estratégias de restrição”.

Autores como ARRUDA et al (2001) constroem uma ponte entre o debate epistemológico sobre o papel da experimentação na produção das ciências e no ensino de ciências. No plano epistemológico, ARRUDA e colaboradores concebem a relação entre a teoria e o experimento a partir da perspectiva kuhniana. Dentro dessa perspectiva, a relação não é concebida como uma verificação de hipóteses, como crêem os empiristas lógicos, nem como um falseamento de hipóteses, como afirma Popper, mas como um processo de adaptação entre a teoria e o experimento. Nesse processo, tanto as teorias condicionam e contaminam as evidências, quanto estas condicionam e restringem as teorias. Em outras palavras, “o fato da natureza responder às predisposições teóricas não significa que ela responderá a qualquer teoria”.

Utilizando essa mesma perspectiva no contexto da educação em ciências, ARRUDA et al (2001) concebem o papel da experimentação como um esforço em coordenar e dar unidade ao discurso teórico e experimental. Em nosso ponto de vista, a principal consequência dessa perspectiva para a prática pedagógica instituída na maioria de nossas escolas é a necessidade de repensarmos o modo como os experimentos são propostos aos estudantes e a relação que estabelecemos entre as “aulas práticas” e as “aulas teóricas”.

Essa necessidade, bem como a proposição de novas alternativas para estabelecer a relação entre aulas “práticas” e “teóricas”, ou coordenar o discurso teórico e experimental, é um dos principais temas tratados por BORGES (2002). Esse autor nos fala da necessidade de planejar atividades pré e pós-laboratório, bem como defende a adoção de uma ampla gama de atividades prático-experimentais, não necessariamente dirigidas como os tradicionais roteiros de laboratório.

Além disso, BORGES propõe uma mudança no trabalho de laboratório, com o objetivo de deslocar o foco da atividade dos estudantes da exclusiva manipulação de equipamentos, preparação de montagens e realização de medidas, para outras atividades que se aproximam mais do “fazer ciência”. Essas atividades envolvem mais a manipulação de interpretações e idéias sobre observações e fenômenos do que objetos. Entre elas, o autor destaca a análise e interpretação dos resultados, a reflexão sobre as implicações desses resultados e a avaliação da qualidade das evidências que suportam as conclusões obtidas.

Para repensar o papel do laboratório no ensino não devemos nos restringir às contribuições da epistemologia, sendo necessário considerar conhecimentos gerados por disciplinas como a psicologia cognitiva e da aprendizagem, bem como o vasto conhecimento

empírico propiciado pelas pesquisas dedicadas à caracterização dos conhecimentos prévios dos estudantes e sua influência no processo de ensino aprendizagem. Um corpo de conhecimentos particularmente relevante para essa empreitada foi gerado pelas pesquisas e práticas denominadas genericamente como “modelos de ensino-aprendizagem por mudança conceitual”.

No interior desses modelos de ensino, o teste de “teorias” ou explicações geradas a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes era um objetivo mais ou menos explícito de todas as atividades experimentais. Em geral, os conhecimentos prévios dos estudantes os levam a produzir explicações, generalizações e previsões que não se verificam no contexto dos experimentos didáticos concebidos para desafiá-los. Em certo momento, os experimentos e demonstrações em sala de aula eram vistos como estratégias para estabelecer “conflitos cognitivos” (POSNER, et al, 1982) que supostamente levariam os estudantes a perceber a necessidade de reestruturar seus conhecimentos prévios apropriando-se de idéias, conceitos e teorias oferecidas pela ciência escolar.

Trabalhos como os de CHINN & BREWER (1993) podem ser entendidos como críticas a esse modelo, na medida em que evidenciaram as dificuldades inerentes a este tipo de estratégia ou às possibilidades de se estabelecerem conflitos cognitivos a partir de situações experimentais. Contudo, tais críticas não invalidam a idéia de conceber experimentos que funcionem como testes empíricos de “teorias” e explicações. Apenas diminuem nossa expectativa de que tal estratégia possa ser transformada em uma metodologia geral do ensino e que a produção de conflitos entre modelos iniciais e explicações dos estudantes e resultados de testes experimentais seja algo não problemático.

Nós mesmos, em nossa prática como professores usamos várias vezes deste expediente, cientes das dificuldades nele envolvidas, mas nutrindo a expectativa de auxiliar nossos alunos a perceber o conflito entre suas explicações e as observações realizadas durante as atividades experimentais. Uma das medidas que podemos tomar para aumentar nossa segurança no uso desta alternativa metodológica é compreendermos melhor como os estudantes interagem com situações experimentais nas quais se propõem testes de teorias ou explicações.

MÉTODOS

A entrevista consistiu de várias fases, e foi descrita em outros trabalhos. A primeira fase que analisaremos aqui foi parcialmente tratada em PAULA & BORGES (2002). A quarta fase constituiu o objeto de PAULA & BORGES (2003). Faremos agora uma descrição apenas complementar da metodologia usada nesta entrevista, tendo em vista a facilidade de acesso da comunidade de pesquisadores aos trabalhos anteriormente mencionados.

As quatro fases da entrevista ocorreram num período aproximado de 50 minutos. Os professores de diversas disciplinas licenciaram os estudantes que foram entrevistados, em duplas, na sala dos professores. Desse modo, em todas as entrevistas, os estudantes encontravam-se diante apenas do pesquisador, que já estava há cerca de duas semanas freqüentando e filmando suas aulas de ciências.

Analisamos neste trabalho a terceira fase da entrevista. O instrumento utilizado nessa fase consistiu na leitura e discussão de uma história que narra a realização de um experimento de laboratório por duas estudantes em uma aula de ciências (vide anexo). A leitura da história é interrompida em três momentos diferentes. A cada interrupção, o pesquisador convida os estudantes a darem suas opiniões acerca do que está sendo discutido pelas personagens.

A história foi adaptada de um extenso trabalho de pesquisa realizado por DRIVER et al (1996). As experiências e experimentos relatados na história tratam dos fenômenos da

dilatação e da convecção em gases. Os estudantes investigaram esses fenômenos e realizaram experimentos e discussões sobre eles em sala de aula. Ainda que não tivessem realizado os mesmos experimentos descritos na história, os estudantes estudaram conteúdos de Física Térmica durante todo o primeiro trimestre letivo do ano 2001, período que antecedeu a realização da entrevista. Assim, o tema tratado na história foi escolhido para permitir que os estudantes lidassem com questões e situações nas quais pudessem raciocinar e argumentar amplamente a partir de seus conhecimentos prévios¹.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A história começa com as duas personagens observando a dilatação de um balão introduzido no gargalo de uma garrafa cheia de ar, que é submetida a um processo de aquecimento. Enquanto observa a dilatação, a personagem Júlia pede à personagem Sara uma explicação para o fenômeno. Analisando a resposta de Sara (vide anexo), notamos que o texto da história induz a associação entre os termos teoria e explicação. Nesse momento, a leitura da história é interrompida e o pesquisador pergunta aos estudantes o que a personagem Sara quis dizer ao usar a palavra teoria. Pede, também, que eles avaliem se o uso que a personagem fez deste termo está correto e se existem outros sentidos que podem ser atribuídos à palavra teoria.

O termo teoria, nas ciências, é normalmente utilizado para designar um dado conjunto estruturado de proposições e fatos, princípios ontológicos, leis e modelos concebidos no esforço de compreender e intervir em uma dada realidade. Esse corpo estruturado de conhecimentos conduz a investigação e a produção de novos fatos que passam a ser aceitos inicialmente no interior de comunidades de pesquisadores para, posteriormente fazer parte dos bens culturais mais amplos da sociedade que sustenta e influencia o trabalho das comunidades de pesquisadores. Vê-se, portanto, que as teorias são bens culturais coletivos e têm um status epistemológico muito superior ao de uma mera “suposição pessoal ou incerta”.

A caracterização das personagens como estudantes e o contexto no qual a personagem Sara utiliza o termo teoria parece ter contribuído para que a grande maioria dos dezoito estudantes entrevistados associasse o termo teoria a idéias ou suposições pessoais e incertas. Esse é um significado da palavra teoria que é incluído nos dicionários, sendo bastante difundido no dia a dia. Apesar de ser problemático em outros contextos, principalmente quando se considera o conceito de teoria científica, tal significado ajustou-se bem ao instrumento de pesquisa.

Diálogos entre P, A1 e A2 durante a segunda interrupção na leitura da história²:

E₀₁ ⇒ P: Bom, o que vocês acham dessa explicação que a Sara deu? Dá para ter certeza de que ela está correta? A explicação é esta mesma? Tem alguma maneira de verificar se a explicação dela é boa?

E₀₂ ⇒ A2: Não!

E₀₃ ⇒ A1: Aqui também vai ter que ter ar. Porque não tem jeito... Aqui continua com ar. A não ser que a garrafa fosse daquelas de papel e murchasse para o balão encher.

E₀₄ ⇒ P: A2 você concorda com A1?

E₀₅ ⇒ A2: Concordo!

E₀₆ ⇒ P: Então, a teoria da Sara não está muito boa não é?

E₀₇ ⇒ A2: Não!

¹ Esse cuidado metodológico já foi discutido e caracterizado em artigos anteriores (PAULA & BORGES, 2002 e 2003) nos quais analisamos os instrumentos de pesquisa utilizados em outras fases da mesma entrevista.

² A letra E, maiúscula, seguida de um número representa cada turno de fala ou enunciação. Os estudantes são identificados pelos códigos A1 e A2, para a primeira dupla, ou A3 e A4, para a segunda dupla.

E₀₈⇒P: Mas, como é que elas poderiam fazer para verificar que a teoria não está boa? Tem jeito ou não tem jeito? É só uma questão de opinião?

E₀₉⇒A2: É!

E₁₀⇒A1: Não sei. Ela podia por a mão no balão pra ver se o ar estava quente.

E₁₁⇒P: Mas, na idéia dela, o balão estaria quente sim!

E₁₂⇒A1: É, mas.... então ela põe pra controlar.

E₁₃⇒P: Pois é, mas você não está concordando com a teoria dela!

E₁₄⇒A1: Não, mas..... então quer ver, olha.....

E₁₅⇒P: Então, fica sendo questão de opinião, está certo? Tipo assim, ciência seria isso: cada um com a sua opinião e não tem jeito de verificar. É isso?

E₁₆⇒A1: [fala sem muita convicção, e parece incomodado com o resultado da conversa] É... pode ser.

Diálogos entre P, A3 e A4 durante a segunda interrupção:

E₁₇⇒P: [referindo-se a explicação da personagem Sara] O que vocês acham dessa explicação?

E₁₈⇒A3: Eu acho que a Júlia (a outra personagem) com certeza vai entender.

E₁₉⇒P: Vocês acham que dá para elas terem certeza de que essa explicação está correta? Tem jeito de testar essa explicação, tipo assim, saber se ela está correta ou se não está?

E₂₀⇒A4: Eu acho que tem. Você pega e faz. A gente mesmo que está lendo isso aqui faz a experiência e vê se é isso mesmo.

E₂₁⇒P: Mas a mesma experiência?

E₂₂⇒A4: É.

E₂₃⇒P: Mas com a mesma experiência vai acontecer a mesma coisa: o balão vai inchar. A teoria da Sara é para explicar a experiência, não é? Se a gente repetir a experiência vai acontecer, novamente, a mesma coisa. Como é que isto pode servir para testar a explicação? Para ver se ela está correta? Adianta repetir a experiência?

E₂₄⇒A4: Não.

E₂₅⇒P: Então, o que se poderia fazer? Tem jeito ou não de testar a explicação?

E₂₆⇒A3: Eu acho que não.

E₂₇⇒P: E você A4?

E₂₈⇒A4: Não!

E₂₉⇒P: Para cada situação, então, a gente vai ter uma explicação. Aí é impossível saber se uma explicação é boa ou ruim. Como é que a ciência vai alcançar certeza sobre as coisas, igual vocês já falaram? Como é que o conhecimento científico vai ser uma coisa certa e tal, se não tem jeito de testar as idéias e explicações?

E₃₀⇒A3: Eu acho que eles vão pela lógica.

E₃₁⇒P: E essa explicação da Sara, por exemplo: ela tem lógica?

E₃₂⇒A4: Lógica eu não se ela tem não. Mas ela desperta um pouco de dúvida. Desperta dúvida na pessoa.

E₃₃⇒P: Desperta dúvida, mas não tem jeito de verificar se ela é certa ou errada, não é verdade? É isso?

E₃₄⇒A4: É!

Analisando as transcrições, vemos que a dupla A1&A2 e, principalmente, o estudante A1 rejeita a explicação simplista elaborada por Sara. Como se poderá notar, mais tarde, A1 possui um modelo de dilatação mais sofisticado do que a personagem Sara. Por isto, ele percebe as limitações do modelo que ela propôs. Apesar disso, tanto A1, quanto A2 não conseguem conceber um modo de demonstrar a inferioridade ou inadequação do modelo ou da explicação que eles rejeitam. As estudantes A3&A4 também não concebem qualquer teste, e nem parecem compreender as limitações do modelo de Sara com suficiente clareza, embora, em E₃₂, a estudante A4 demonstre sua insatisfação com este modelo ao afirmar que a explicação proposta pela personagem gera “um pouco de dúvida na pessoa”.

O pesquisador instiga as duas duplas a reconsiderar suas opiniões sobre a impossibilidade de avaliar a explicação proposta por Sara. Para isto ele propõe, em E₁₅ e E₂₉, a incômoda conclusão de que não há critérios a partir dos quais teorias ou explicações possam ser mais ou menos valorizadas. Diante desta provocação, ainda que de forma vaga e genérica,

A4 chega a sugerir que “o uso da lógica” poderia servir como critério para avaliar se uma teoria é ou não correta. Esta estudante, contudo, não avança no sentido de nos esclarecer sobre como a “lógica” seria usada nessas circunstâncias, e é muito provável que ela não possua a menor idéia de como isto possa acontecer. O estudante A1 parece aceitar a ausência de critérios ou estratégias para a avaliação de teorias, embora sua expressão facial e o tom de sua voz, ao produzir a enunciação E₁₆, demonstrem seu desconforto diante da situação.

A familiaridade dos estudantes com o fenômeno da dilatação e com teorias concebidas para interpretá-lo, bem como sua percepção da fragilidade da explicação proposta pela personagem Sara não deveriam capacitá-los a conceber testes experimentais ou a imaginar outros modos de avaliar a “teoria” proposta por essa personagem? Independentemente do fato de não terem concebido modos de validar ou refutar a explicação de Sara, seriam os estudantes capazes de reconhecer conflitos ou incongruências entre os resultados de um teste experimental que desafia essa explicação?

Como veremos no prosseguimento da entrevista, conceber espontaneamente experimentos ou outras estratégias de avaliação de uma “teoria” ou explicação é algo completamente distinto de ser capaz de contrastá-la com os resultados de um experimento concebido para avaliá-la. Na segunda parte da história, narramos a realização de um experimento proposto pela personagem Júlia. Após a leitura deste trecho, a história foi novamente interrompida. Nesta terceira interrupção, o pesquisador pergunta aos estudantes: (i)- se eles estão surpresos com o resultado do experimento; (ii) o que esse resultado poderia dizer para as duas personagens, isto é, que evidências ele traz a favor ou contra a “teoria” apresentada inicialmente por Sara.

Diálogos entre P, A1 e A2 durante a terceira interrupção:

E₃₅⇒P: *E aí, o que aconteceu? As duas garotas viraram e esquentaram a garrafa. Aí, o balão encheu de novo. Bom vocês não estão surpresos com o resultado, né? (Os estudantes, através de gestos, confirmam que já esperavam o resultado) Mas, esse resultado serve para poder avaliar a teoria inicial da Sara, de que o ar quente apenas sobe quando é aquecido?*

E₃₆⇒A1: *Pode. Por aí... é... está mostrando que não. O ar quente sobe e aqui em baixo, como é que fica? O que vai acontecer embaixo?*

E₃₇⇒P: *Então, o ar quente não sobe apenas, não é?*

E₃₈⇒A2: *Ele espalha para todo lugar.*

Diálogos entre P, A3 & A4 durante a terceira interrupção:

E₃₉⇒P: *A pergunta é: o teste que a Júlia propôs.... a Júlia não explicou nada ainda, ela só propôs um teste. O teste que ela propôs dá pra avaliar a explicação da Sara? Para dizer que a explicação é boa ou é ruim, que tem ou não tem problemas?*

E₄₀⇒A4: *Ela disse que o ar frio sobe, não é?*

E₄₁⇒P: *O ar quente sobe! A Sara falou que quando o ar esquentar, o ar quente sobe.*

E₄₂⇒A4: *Mas e aqui? O ar frio também sobe, não é?*

E₄₃⇒P: *Aqui onde? É aqui que você está falando? (Aponta para a ilustração usada para apresentar a explicação proposta pela personagem Sara)*

E₄₄⇒A4: *Hum, hum (responde afirmativamente).*

E₄₅⇒P: *Então, você está achando que o ar frio daqui está subindo?*

E₄₆⇒A4: *O ar frio também é isso aqui, não é?*

E₄₇⇒P: *Não! Aqui é a situação da garrafa toda fria, antes de ser aquecida. Essa outra figura mostra a garrafa já quente com o balão cheio.*

E₄₈⇒A4: (após uns três segundos de pausa) *Não, acho que os dois sobem. Acho que tem problema sim. Acho que não esclareceu qual que desce, qual que não.*

Depois de obter essas respostas dos estudantes, o pesquisador finaliza a leitura da história. Neste final, destacam-se: (a) o reconhecimento da primeira personagem de que o

resultado do experimento desautoriza a explicação que ela havia proposto; (b) a elaboração, pela segunda personagem, de uma nova teoria coerente, tanto com o primeiro, quanto com o segundo experimento.

Ao término da história, o pesquisador apresenta perguntas finais para verificar se os estudantes reconhecem as “teorias” apresentadas pelas duas personagens como diferentes, e se eles admitem que uma das “teorias” é superior a outra, do ponto de vista de sua adequação às evidências empíricas obtidas através dos experimentos. Além disso, o pesquisador retoma a opinião anteriormente apresentada pelos estudantes sobre a possibilidade de se testar uma teoria.

Diálogos entre P, A1 e A2 após a apresentação das questões finais:

E₄₉ ⇒ P: Bom, aqui vão as perguntas finais. As teorias da Sara e da Júlia são diferentes?

E₅₀ ⇒ A2: São!

E₅₁ ⇒ A1: Sim!

E₅₂ ⇒ P: Qual delas serve melhor para explicar aquilo que aconteceu nos dois experimentos?

E₅₃ ⇒ A1: O ar aquecido se expande!

E₅₄ ⇒ P: Mas, antes vocês tinham falado, quando eu perguntei se na ciência havia jeito de verificar se uma teoria é melhor do que a outra, vocês falaram que não tinha jeito. E agora?

E₅₄ ⇒ A1: Tem jeito, mas... não para tudo. Algumas coisas têm jeito sim de se descobrir. Só... eu ia falar isso antes, que aí eles (os cientistas) podem se juntar em grupos e aí cada um têm a sua opinião, eles juntam a opinião e descobrem alguma coisa. Ah, tem jeito, mas tudo depende do que eles querem descobrir. Tem coisas que não dá não!

E₅₅ ⇒ P: Em alguns casos não daria para verificar se uma idéia é melhor que a outra, não é?

E₅₆ ⇒ A1: É. Em outros casos não dá.

Diálogos entre P, A3 & A4 após a apresentação das questões finais:

E₅₇ ⇒ P: (Após um longo trecho não transcrito em que a leitura da história foi repetida para que fosse possível re-explicar as diferenças entre as “teorias” das personagens Sara e Júlia) Bom, então, essas são duas teorias diferentes? Vocês acham? Dizer que o balão enche apenas porque o ar quente sobe ou dizer que o balão enche porque o ar quente expande para todos os lados: vocês acham que são explicações diferentes?

E₅₈ ⇒ A3: Eu acho que são explicações diferentes sim, por que....(pausa) se o ar precisasse muito, muito, muito de espaço, é.... (pausa) como o ar é quente.... (pausa) ele ia acabar explodindo o balão e o vidro todo.

E₅₉ ⇒ P: Pode ser que isso aconteça. Isso pode acontecer. Se esquentar demais, pode acontecer.

E₆₀ ⇒ A3: Aí... da outra, ela falou que o ar sobe e não precisa muito de espaço, e tal.

E₆₁ ⇒ P: Mas são diferentes as teorias?

E₆₂ ⇒ A3: É.

E₆₃ ⇒ P: E qual delas vocês acham que está mais ajustada para esse resultado que elas obtiveram, quer dizer, virou a garrafa para cima ou para baixo, não interessa: o balão enche do mesmo jeito! Qual dessas duas idéias é mais ajustada, mais correta para explicar essa.....

E₆₄ ⇒ A3: (interrompendo) Se a garrafa tiver de qualquer jeito, o ar vai encher o balão. É a mais correta.

E₆₅ ⇒ P: Isso. Então qual das duas: a da Sara ou a da Júlia?

E₆₆ ⇒ A3: Da Júlia.

E₆₇ ⇒ P: A segunda... você acha que ela é mais coerente com as duas situações?

E₆₈ ⇒ A3: É... é essa aqui. Ela pode ficar de qualquer jeito, mas o ar vai sempre encher o balão.

E₆₉ ⇒ A4: É isso mesmo.

E₇₀ ⇒ P: Quando a gente começou a história, logo no começo, eu perguntei se teria jeito de testar a explicação da Sara e aí vocês disseram que não, que não tinha jeito, né?. Disseram que era só repetir a experiência, mas repetindo a mesma experiência, a explicação vai servir de novo, concordam? Então, não dá para testar deste modo. E agora, depois da gente contar a história toda, vocês acham que tem jeito de testar uma idéia?

E₇₁ ⇒ A3: Tem!

E₇₂ ⇒ P: Quando a gente propõe uma explicação tem jeito dela ser testada?

E₇₃ ⇒ A3: Tem!

E₇₄ ⇒ P: E você A4?

E₇₅ ⇒ A4: Também acho que tem sim.

Nenhum estudante, de um total de dezoito sujeitos que foram submetidos a este protocolo de entrevista, chegou a conceber espontaneamente um teste experimental para avaliar a explicação ou a “teoria” proposta pela personagem Sara, ou avançou no sentido de estabelecer critérios a partir dos quais uma explicação ou teoria poderia ser julgada.

Conceber experimentos para avaliar teorias ou explicações exige que o estudante seja capaz de extrair diversas implicações lógicas das idéias que alicerçam a “teoria” ou o modelo sob julgamento. Uma vez extraídas as implicações, elas podem ser utilizadas para simular os fenômenos na mente, processo que produz previsões susceptíveis de verificação experimental. Os autores da história realizaram estas operações e se fizeram representar através da personagem Júlia. Incomodada com a imagem concebida pela personagem Sara, que atribuiu ao ar aquecido um movimento exclusivamente ascendente, Júlia simulou o fenômeno em sua mente e concluiu que caso essa idéia estivesse correta, e a garrafa fosse virada de ponta a cabeça, o balão não poderia se encher. Esta previsão, gerada por simulação, a partir da aceitação por hipótese do modelo concebido por Sara, sugeriu a Júlia um experimento. Interpretamos a concepção deste experimento como o resultado de um processo de modelamento, produzido na mente dos autores da história e atribuído posteriormente à mente da personagem Júlia.

Esta descrição do processo de concepção do experimento proposto por Júlia demonstra que a capacidade de conceber testes empíricos para uma teoria ou explicação é uma tarefa bastante complexa e normalmente envolve processos de modelamento. Mas, a dificuldade dos estudantes em conceber espontaneamente um teste para avaliar o modelo de Sara não os impediu de reconhecer que o resultado do teste proposto por Júlia contradizia as idéias que sustentavam esse modelo. A análise dos diálogos ocorridos entre o pesquisador e a dupla A1&A2, no trecho que vai de E₂₁ a E₂₆, demonstra isso. Há que se notar, a este respeito, que a dupla A1&A2, desde o início: (a) havia identificado problemas na explicação proposta pela personagem Sara; (b) apresentou sinais de que possuía uma compreensão do processo de dilatação semelhante àquele construído posteriormente pela personagem Júlia. Não é surpreendente, portanto, que A1&A2 não tenham sido perturbados pelos resultados do segundo experimento.

Não temos clareza acerca de como as estudantes A3&A4 entendiam o fenômeno da dilatação. Provavelmente elas não possuíam idéias claras a este respeito. Elas mostraram grande dificuldade em compreender as explicações que as personagens apresentaram ao longo da história. O trecho que vai de E₅₇ a E₆₉ representa apenas um fragmento do esforço despendido pelo pesquisador e pelas estudantes para que as idéias contidas nessas explicações se tornassem mais claras para elas. Apesar de toda essa dificuldade de compreensão, vemos que as estudantes conseguem, finalmente, reconhecer a inferioridade da “teoria” construída pela personagem Sara e o resultado do teste experimental como uma contra-evidência em relação à “teoria” que havia sido proposta por essa personagem.

Nos trechos E₄₄ a E₄₇ ou E₇₀ a E₇₅ vemos que as duas duplas reavaliam sua posição inicial e passam a admitir, abertamente, a possibilidade de que teorias ou explicações científicas sejam sujeitas a testes experimentais ou outras estratégias de avaliação racional. O estudante A1, entretanto, mantém a convicção de que isso nem sempre é possível³. Em E₅₄,

³ Embora o diálogo com o pesquisador não tenha avançado no sentido de se discutir quais as situações em que testes experimentais são ou não possíveis, sabemos que nem todo o conhecimento científico está sujeito a

A1 afirma que há casos em que a avaliação de teorias é possível, mas há casos que não. O estudante vincula a avaliação de teorias na ciência à busca de um consenso entre os cientistas. Assim, ele revela sua convicção de que a produção do conhecimento científico é uma atividade social e um empreendimento coletivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como apontam ARRUDA et al (2001) e BORGES (2002) o teste empírico de idéias e explicações não é a única função a ser cumprida pela experimentação no ensino de ciências. Mas, seria essa função especialmente difícil de ser vivenciada?

Para lidar com essa questão temos que ter a clareza de que os estudantes não são pequenos cientistas, não dispõem do mesmo envolvimento afetivo com as questões e problemas propostos pela ciência escolar, e nem utilizam as mesmas estratégias de raciocínio e recursos que os cientistas usam para conceber experimentos, reunir evidências e coordená-las com as teorias e modelos disponíveis. Por outro lado, as interações sociais e os interlocutores que influenciam as decisões dos cientistas e os significados que eles atribuem às evidências obtidas através dos experimentos são completamente diferentes daqueles que podemos encontrar em comunidades de aprendizagem na educação escolar.

Apesar de todas as diferenças existentes entre esses dois “tipos” de laboratório, ou entre as atividades próprias à pesquisa científica e àquelas pertinentes ao processo de ensino-aprendizagem de modelos e conceitos das ciências, podemos afirmar que em ambos os casos lidamos com seres humanos construindo um conhecimento acerca da sua realidade. Isto quer dizer que podemos admitir basicamente o mesmo significado para a palavra experimento nessas duas circunstâncias distintas: **O experimento é uma pergunta que fazemos à natureza.**

Podemos dizer que quem formula qualquer tipo de pergunta possui uma expectativa inicial que espera ser negada ou confirmada mediante a obtenção da resposta. No caso em que nossas perguntas estiverem articuladas a um experimento de laboratório poderemos chamar nossas expectativas iniciais de “hipóteses”. Essas expectativas ou hipóteses desenvolvem um papel muito importante na atividade de investigação, pois dirigem toda a nossa atenção fazendo com que observemos e consideremos determinados aspectos da realidade, enquanto ignoramos outros.

Diferentemente dos conceitos “espontâneos” que são construídos na experiência social cotidiana, os conceitos científicos são sempre apresentados na forma verbal e, portanto, envolvem o domínio/compreensão do significado de outros termos e conceitos com os quais estão necessariamente articulados. A teia de conceitos e representações que em última instância dá o significado de cada conceito científico expressa o resultado de construções seculares originadas a partir da necessidade de interpretar, relacionar e generalizar uma imensa quantidade de observações controladas e experimentos historicamente desenvolvidos. Trata-se de construções que se justificam por essas necessidades as quais geralmente extrapolam àquelas oriundas das experiências vivenciadas pelos estudantes, ou àquilo que poderia ser realizado em uma sala de aula.

O professor, ao propor a realização de um experimento, deve ter consciência da presença inexorável dos conhecimentos prévios e concepções alternativas trazidas pelos estudantes, bem como de suas determinações nas interpretações da atividade proposta. As pré-concepções, as hipóteses e demais apostas do sujeito que constituem sua “visão de mundo”

testes ou se enquadra na perspectiva refutacionista, que segundo POPPER (1972) permitiria distinguir afirmações científicas e não científicas.

são os fatores responsáveis pelo significado que esse sujeito pode atribuir à experiência. São esses fatores que determinam as observações e relações que podem ser produzidas a partir da experiência vivenciada pelo sujeito.

Para aqueles professores que se dedicam com atenção ao trabalho desenvolvido por alunos em laboratórios, são inúmeras as oportunidades de observação dessa “contaminação” das possibilidades de interpretação de uma experiência em função dos conhecimentos e concepções prévias. Um exemplo freqüente é aquele em que os alunos acreditam ter acontecido “alguma coisa de errado” com um termômetro, quando esse último mantém estável sua marcação, mesmo estando inserido em um material que sofre mudança de estado sob permanente aquecimento. É possível demonstrar que no trabalho da ciência e do cientista a presença de “pré-concepções” anteriores à experiência é também inexorável. Por esta razão, podemos afirmar que a contaminação das observações pelas estruturas conceituais do sujeito não é “mera coisa de aluno desatento”, mas uma característica de todo processo de conhecimento.

Em nossa opinião, a história que utilizamos como instrumento de pesquisa pode ocorrer em sala de aula. Nesse caso, é provável que o papel representado pela personagem Júlia tenha que ser desempenhado pelo professor, embora estudantes afetivamente mais envolvidos com o tema em estudo e mais habilidosos em extrair conseqüências empíricas de idéias ou explicações também possam sugerir experimentos ou testes experimentais.

Os estudantes espontaneamente não possuem estratégias de avaliação racional de teorias, bem como explicações ou recursos sofisticados de argumentação. Esse é o tipo de conhecimento importante a ser desenvolvido pela educação em ciências e é preciso inclui-lo no planejamento escolar e considerá-lo meta curricular. A questão “como sabemos o que sabemos e por que acreditamos no que acreditamos?” deve ser colocada de modo mais freqüente e o confronto entre teorias ou explicações com evidências empíricas e testes experimentais deve fazer parte das estratégias de ensino aprendizagem.

Através das interações com os objetos de conhecimento, com os experimentos, com o professor e com os estudantes mais habilidosos ou mais envolvidos afetivamente com o tema, pode-se promover o desenvolvimento do pensamento-em-ação em todos os estudantes que se dispuserem a participar efetivamente do processo. Trata-se, portanto, da constituição de um ambiente de aprendizagem no interior do qual a educação em ciências é estruturada a partir de atividades de investigação. Nesse ambiente, o aprender a “fazer ciências” não fica limitado ao controle de variáveis ou à adoção de “cuidados metodológicos”, como o rigor no tratamento de dados ou o uso de estratégias para a atenuação de erros de medida.

A construção coletiva de problemas, o levantamento de conhecimentos prévios, de expectativas e hipóteses, a realização de investigações e a avaliação das evidências disponíveis constituem nesse ambiente um novo modo de integrar o aprender ciências, o aprender a fazer ciências e o aprender sobre ciências (MILLAR, 1996). Esse ambiente utópico constitui uma referência, também utópica, para repensarmos novos papéis para a experimentação no ensino de ciências. Ao perseguir essa utopia, pretendemos avançar nossas práticas, procurando promover uma educação em ciências que contribua verdadeiramente para a construção da autonomia moral e intelectual de nossos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DRIVER, et al. *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press, 1996.

POSNER, et al – Accommodations of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change - In: *Science Education*, 1982, 66, 211 a 227.

MILLAR, R. - Science Curriculum for all. *School Science Review*, Vol. 77, 1996.

POPPER, K. – A lógica da pesquisa científica – Editora Cultrix Ltda, São Paulo, S.P., 1972.

KUHN, T. S. – A Tensão Essencial – Edições 70, Lisboa, Portugal, 1977.

LACEY – Valores e atividade científica – Discurso Editorial, São Paulo, 1998.

ARRUDA et al - Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana – Investigações em Ensino de Ciências, Vol. 6, N. 1, março de 2001, Porto Alegre, <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

BORGES - Novos rumos para o laboratório escolar de ciências – Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Vol. 19, nº 3, p.291-313, dez. 2002

CHINN, C. A. & BREWER, W. F. – The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction – In: *Review of Educational Research*, 1993, 63 (1), 1-49;

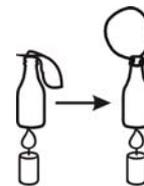
PAULA & BORGES – Imagens de estudantes do ensino fundamental sobre os propósitos e as metas da ciência Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Águas de Lindóia, 2002. In: Vianna, D. M.; Peduzzi, L. O. Q.; Borges, O. N.; Nardi, R. (Orgs.).

PAULA & BORGES - Imagens dos estudantes sobre o uso de argumentos e evidências na construção de um fato científico. Atas do II Encontro Internacional de Linguagem, Cultura e Cognição, 2003, Belo Horizonte, Minas Gerais.

ANEXO

A HISTÓRIA DO BALÃO CHEIO DE AR AQUECIDO

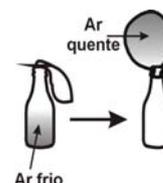
Julia e Sara estavam fazendo uma atividade durante uma aula de ciências. Na atividade, um balão de borracha foi preso no gargalo de uma garrafa (veja a figura). A professora, que se chamava Maria Auxiliadora, disse para as garotas aquecerem o vidro da garrafa e, então, observar o que iria acontecer. Ao seguirem essas instruções, Julia e Sara notaram que o balão tornava-se maior.



- O balão está crescendo, disse Julia. Por que será que isto está ocorrendo?
- É o ar, respondeu Sara, quando o ar fica quente, mais ar entra dentro do balão. Olhe, você pode ver o ar enchendo o balão. Existe mais ar dentro dele agora.
- Sim, disse Julia, mas por quê será que isto acontece?
- Bem, eu tenho uma teoria para explicar isso..., respondeu Sara.

Interrupção 1 O QUE VOCÊ ACHA QUE A SARA QUIS DIZER QUANDO USOU A PALAVRA TEORIA? (Pausa)
 ELA USOU A PALAVRA DE FORMA CORRETA? TEORIA É ISSO MESMO, OU A PALAVRA TEORIA TEM OUTRO SIGNIFICADO, ISTO É, QUER DIZER OUTRAS COISAS? (Pausa)
 VOCÊS TÊM ALGUMA IDÉIA DE QUE TEORIA ELA PODERIA ESTAR FALANDO? VOCÊS TÊM ALGUMA TEORIA PARA EXPLICAR O QUE OCORRE COM O BALÃO? (Pausa)

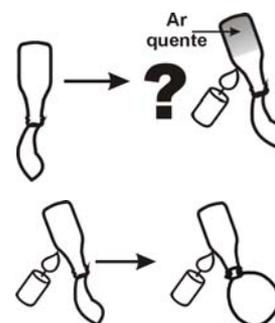
- Conte-me então, disse Julia, que teoria você tem?
 - Bem, disse Sara. Eu acho que isto acontece porque o ar quente sobe. Você sabe que nós podemos sentir o ar quente subindo quando ligamos aquecedores e coisas assim. Eu acho que quando nós aquecemos a garrafa, aquecemos também o ar dentro dela que, então, se torna quente e sobe. Ao subir, o ar enche o balão.
- Neste momento, Sara fez um desenho para explicar a Julia o que ela estava querendo dizer (veja a figura).



Interr. 2 AS DUAS GAROTAS PODEM REALMENTE TER CERTEZA DE QUE A TEORIA DE SARA ESTÁ CORRETA? COMO ELAS PODERIAM VERIFICAR SE ESSA TEORIA ESTÁ REALMENTE CORRETA?

Julia pensou sobre a explicação de Sara por um minuto.

- Eu acho que eu não concordo totalmente com sua explicação, ela disse. Se sua idéia está correta, o que aconteceria se nós aquecêssemos a garrafa mantendo-a virada de cabeça para baixo? Se o ar quente sobe, ele iria para a cima e se acumularia no fundo da garrafa sem encher o balão, não é? (veja a figura).
- Legal Julia, deixe-me verificar sua idéia. Eu vou virar a garrafa fria com o balão ainda murchado. Vou colocar tudo de cabeça para baixo. Aí eu vou aquecer a garrafa e ver o que acontece. (veja o resultado da experiência na figura)



Interr. 3 VOCÊS ESTÃO SURPRESOS COM O RESULTADO DA EXPERIÊNCIA? O QUE ESSE RESULTADO PODE DIZER PARA AS DUAS GAROTAS? ELE TRAZ EVIDÊNCIAS A FAVOR OU CONTRA A TEORIA APRESENTADA INICIALMENTE POR SARA?

- Eu não pensava que isto pudesse acontecer, disse Sara. Eu não sabia que deste jeito o balão também poderia ficar maior.
- As duas garotas pensaram por um minuto. Então, Julia disse:
- Minha teoria é a de que o ar se expande quando é aquecido. Então, ele precisa de mais espaço, e é isto que faz com que o balão fique maior.
- Sara, então, disse:

- O que a palavra expandir significa?
- Significa ficar maior e precisar de mais espaço, explicou Julia.

Análise final
da história

AS GAROTAS TÊM AGORA DUAS DIFERENTES TEORIAS PARA EXPLICAR PORQUE O BALÃO TORNA-SE MAIOR QUANDO A GARRAFA É AQUECIDA: 1º- AR QUENTE SOBE; 2º- AR AQUECIDO SE EXPANDE. VOCÊ ACHA QUE ESSAS TEORIAS SÃO DIFERENTES?

QUAL DAS DUAS VOCÊS ACHAM MELHOR PARA EXPLICAR AQUILO QUE PODE SER OBSERVADO NA EXPERIÊNCIA?

CONSIDERANDO O FINAL DA HISTÓRIA, VOCÊS GOSTARIAM DE REVER A OPINIÃO QUE VOCÊS HAVIAM APRESENTADO, ANTERIORMENTE, SOBRE A POSSIBILIDADE DE SE TESTAR UMA TEORIA, AUMENTANDO NOSSA AVALIAÇÃO DE QUE ESSA TEORIA É REALMENTE CORRETA?