

SITUAÇÕES INESPERADAS NO LABORATÓRIO ESCOLAR♦

Oto Neri Borges^a (oto@coltec.ufmg.br)

Antônio Tarciso Borges^a (tarciso@coltec.ufmg.br)

Marcus Vinícius Duarte Silva^b (marquinhos@coltec.ufmg.br)

Alessandro Damásio Trani Gomes^c (alessandro@coltec.ufmg.br)

^a Programa de Pós-graduação em Educação e Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais.

^b Auxiliar de pesquisa. Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais.

^c Bolsista de Iniciação Científica. Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais.

INTRODUÇÃO

A análise dos processos de produção de conhecimento adquiriu relevância na pesquisa educacional a partir dos trabalhos de J. Piaget (1976), T.S. Khun (1987) e I. Lakatos (1970), entre outros. Eles destacaram principalmente o papel de incongruências entre teoria e evidência como principal motor da produção de novidades tanto na história da ciência, como na assimilação/acomodação de novidades pelos estudantes. Várias estratégias baseadas na produção deliberada de situações de conflitos cognitivos para o aluno foram propostas como uma forma de disparar o processo de mudança conceitual, sem resultados extremamente animadores. Apesar disso, educadores continuam a recomendar que os currículos de ciências devem priorizar a aprendizagem/desenvolvimento, dependendo das crenças epistemológicas adotadas, do raciocínio sobre dados e sobre sua relação com o conhecimento teórico em ciências (AAAS, 1993; Baron & Sternberg, 1987; NCC, 1988). Em geral, essa posição parte da crença de que mais importante do que memorizar e aplicar fatos e fórmulas, os estudantes devem aprender a usar evidências com confiança e imparcialidade, a interpretar o significado e avaliar a qualidade de dados e inferências derivadas deles, a organizar e articular seus entendimentos de maneira clara e coerente, bem como considerar e valorizar outros pontos de vista. Isso é apenas uma parte de tudo aquilo que idealmente os estudantes deveriam aprender.

Este trabalho relata um estudo baseado em um episódio ocorrido durante a filmagem para uma pesquisa que visava compreender como estudantes planejam e executam uma atividade investigativa aberta. Durante a atividade investigativa, um dos grupos observados, devido à montagem experimental, viu-se diante de um resultado inesperado. O resultado obtido foi muito diferente daquilo que os alunos já tinham obtido e daquilo que eles julgavam razoável obter. Este foi um daqueles episódios em que estudantes, e às vezes professores, falam que o experimento ‘deu errado’. Talvez pelo fato de terem sido os responsáveis por toda a prática, eles tenham se surpreendido e estimulados a buscar uma resposta para o problema. Este resultado anômalo foi surpreendente não apenas para os estudantes, mas também para os pesquisadores que não o programaram, mas que viram no episódio uma nova oportunidade de investigação.

A maior parte dos trabalhos, que estudam o papel de situações inesperadas no ensino de Ciências, analisa a conduta dos estudantes frente a resultados que contradizem suas

expectativas ou crenças (Chinn e Brewer, 1998). Nesses casos, dados controversos são propositalmente inseridos numa atividade visando provocar situações de conflito cognitivo. A intenção, em geral, é fazer com que os alunos questionem suas hipóteses de trabalho ou as evidências que selecionaram para explicar a situação problema. Espera-se, com isso, garantir o envolvimento deles no exercício de resolução de conflito, questionando-se sobre o entendimento conceitual do fenômeno ou questionando-se sobre a validade das evidências disponíveis. Nesse trabalho analisamos o comportamento dos estudantes frente a uma situação inesperada não programada, tendo em vista as categorias propostas por Chinn e Brewer (1998) e Piaget (1976). Além disso, defendemos a importância pedagógica de tais situações uma vez que essas podem proporcionar aos estudantes, quando devidamente orientados, ambientes verdadeiros de investigação.

A IMPORTÂNCIA DA PRESENÇA DE SITUAÇÕES INESPERADAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A presença de dados anômalos sempre foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa científica. Vários exemplos na história mostram que resultados inesperados ou que resistem à explicação, quando examinados mais atentamente, podem abrir caminho para novas teorias ou descobertas (Dunbar, 2000). Para o ensino de ciências, situações inesperadas também desempenham um importante papel na medida em que representam eventos que podem ocorrer dentro do laboratório escolar. Segundo White (1991), quando um evento é significativo para o indivíduo, ele torna-se um episódio, no sentido de uma experiência memorável e marcante. Ele permite a associação de pensamentos a imagens ou situações que são mais facilmente reconstruídas/relembradas. Porém, a simples presença de episódios não garante que estes impliquem em uma compreensão mais clara do fenômeno/evento envolvido e suas conseqüências. White afirma que, para que o episódio seja utilizado de forma proveitosa é necessário que o indivíduo processe-o adequadamente, o que significa que a aprendizagem advém da reflexão deliberada do sujeito sobre ele. Situações inesperadas e com potencial de serem aprendidas como episódios são, em geral, raras e pouco exploradas em contextos escolares.

Em seu trabalho (Chinn e Brewer, 1993), baseando-se numa vasta revisão bibliográfica, identificam sete reações possíveis dos estudantes quando se deparam com resultados inesperados. Em um estudo posterior, os mesmos autores (Chinn e Brewer, 1998) testaram essa taxonomia com um grupo de 168 estudantes de graduação. Os estudantes foram divididos em quatro grupos que estudaram relatos de pesquisas sobre duas teorias propostas para explicar a extinção dos dinossauros há cerca de 65 milhões de anos. Embora simplificados, os relatos estudados pelos participantes apresentavam as estruturas complexas de evidências em suporte de cada teoria. Para cada grupo, foi distribuído um texto que apresentava evidências que suportavam uma certa teoria. Os textos abordavam os seguintes temas: (a) a extinção dos dinossauros devido a uma colisão com um meteoro, (b) a extinção dos dinossauros devido a uma intensa erupção vulcânica, (c) a homotermia dos dinossauros e, (d) a heterotermia dos dinossauros.

Em seguida, a cada um dos grupos foram apresentados dados adicionais que contradiziam as evidências das teorias inicialmente estudadas. A partir daí, baseados na

taxonomia proposta anteriormente, os autores avaliaram as diversas reações dos estudantes ao conflito entre evidências disponíveis e teoria. Como resultado da análise, expandiram sua taxonomia, acrescentando uma nova categoria de resposta – ‘incerteza sobre os dados’.

Antes de descrevermos as taxonomias encontradas por eles, é importante notar que a pesquisa descrita é vista como parte de um esforço para compreender os processos sociais e cognitivos mobilizados pelas pessoas para resolver conflitos que surgem quando avaliam as relações entre dados e teorias. O conflito pode ser resolvido de várias formas, incluindo-se questionar a validade e confiança nos dados ou a consistência, validade e escopo da própria teoria. Nesse sentido, ela distingue-se de várias outras pesquisas que examinam como as pessoas coordenam dados e teorias. Esta outra vertente de pesquisa trata os dados como fatos que devem ser explicados pelas teorias em questão, e que para isso precisam ser avaliadas, modificadas ou rejeitadas (Zimmerman, 2000). Ao contrário, no estudo de Chinn e Brewer, as teorias explicam o mesmo fenômeno (a extinção dos dinossauros) e não os dados biológicos, químico-físicos e geológicos, que resultam de outras investigações e são utilizados para apoiar as teorias em competição e suas previsões.

Abaixo, descrevemos sucintamente as oito reações:

1. Ignorar os dados inesperados

Quando isso ocorre, os alunos não acreditam no dado e nem mesmo se incomodam em apresentar uma explicação para justificá-lo. Sua concepção original permanece inalterada. Segundo Chinn e Brewer, o indivíduo que ignora o dado pode fazê-lo conscientemente, como é no caso de cientistas. Porém, em se tratando de estudantes, isto não ocorre necessariamente. Pode haver situações nas quais os alunos podem não estar preparados para observar o dado e assim eles o ignoram por desconhecimento.

2. Rejeitar os dados

O ato de rejeitar os dados implica em negar a sua validade apresentando uma explicação do porquê da rejeição. Para isso, são utilizadas, muitas vezes, justificativas baseadas em falhas metodológicas e erros experimentais. A concepção original permanece inalterada.

3. Incerteza sobre os dados

A incerteza é evidenciada quando os indivíduos não conseguem decidir-se em aceitar ou negar os dados, não oferecendo assim, uma justificativa. A concepção original não é mudada, pois estão esperando por informações adicionais.

4. Excluir os dados da teoria

A exclusão ocorre quando os indivíduos consideram o dado anômalo irrelevante para as suas concepções ou que o dado está fora do seu domínio. Sendo assim, eles podem ou não acreditar no dado, mas não sentem a necessidade de explicá-lo. A concepção original não é alterada.

5. *Manter os dados de lado*

É a primeira forma de resposta em que o dado é aceito como verdadeiro. Os indivíduos não sabem se podem explicar o dado. Eles preferem manter o dado de lado para retornar a ele mais tarde, esperando obter mais informações. Quando retomam, podem ou não apresentar uma explicação. A concepção, portanto, permanece inalterada.

6. *Reinterpretar os dados*

Quando o indivíduo reinterpreta o dado, ele o explica sem mudar a sua concepção. Algumas vezes sua concepção é inconsistente com o dado obtido, ele então, o distorce.

7. *Realizar mudanças periféricas*

O indivíduo aceita que sua concepção é inconsistente com o dado. Porém, ele não a abandona completamente, mas realiza pequenas modificações para que ela consiga explicar o dado.

8. *Mudança da teoria*

É o maior efeito que o dado anômalo pode ter sobre o indivíduo. Quando isso ocorre, ele aceita o dado e é capaz de explicá-lo à luz de sua nova concepção, abandonando a original.

Os mesmos pesquisadores afirmam que essas oito reações são comuns para cientistas, adultos e estudantes e dependem, basicamente, do conhecimento prévio, da concepção original, dos dados obtidos e da análise desses resultados por parte dos indivíduos. A classificação das diversas respostas dos indivíduos frente a situações inesperadas não é recente. Piaget (1976) afirmava que, indivíduos diante de tais situações podem apresentar três diferentes condutas. A primeira, chamada alfa (α), acontece quando a perturbação é pequena e a atitude normal do indivíduo é de rejeitar ou anular tal perturbação ou levá-la em consideração deformando-a de modo a submetê-la à sua estrutura, que permanece inalterada. A segunda, chamada beta (β), acontece quando o indivíduo busca integrar o elemento perturbador à sua estrutura fazendo nesta, obrigatoriamente, uma modificação periférica. A terceira conduta, chamada gama (γ), acontece quando o indivíduo é capaz de antecipar os possíveis resultados e o elemento perturbador é integrado em sua estrutura. Assim, não há mais a intenção de anular a perturbação e sim de reorganizar o sistema cognitivo do indivíduo.

É possível relacionar a taxonomia de Chinn e Brewer com a teoria de equilibração das estruturas cognitivas de Piaget, como mostra a tabela 1. A teoria Piagetiana se insere dentro de um sistema explicativo complexo, mas muito geral para ter utilidade prática imediata nas situações de sala de aula, como o episódio que relataremos a seguir. Por outro lado, o ponto forte da taxonomia de Chinn e Brewer é exatamente o fato de ser simples e de fácil uso pelo professor, mesmo com as limitações inerentes a uma taxonomia: é um sistema de categorização, que, no entanto, não permite compreender como os sujeitos avaliam os dados e a teoria em questão, e por que se comportam dessa ou daquela forma. A explicação de um sistema de identificação de condutas usável, a partir da teorização ampla e consistente do sistema Piagetiano, pode ser útil para o educador/pesquisador que tem que lidar em tempo real com tais reações em situações de ensino/pesquisa.

Tabela1
 Comparação das categorizações entre Chinn & Brewer e Piaget

Chinn e Brewer	Piaget
Ignorar os dados	Reação Alfa
Rejeitar os dados	
Incerteza sobre os dados	
Excluir os dados	
Manter os dados de lado	Reação Beta
Reinterpretar os dados	
Mudanças periféricas na teoria	Reação Gama
Mudança da teoria	

O que o trabalho de Brewer e Chinn indicam é que a avaliação dos dados é mais provável do que a modificação da teoria, fato também indicado pela prática dos cientistas. No entanto, episódios em que há desacordo entre dados e as teorias que deveriam suportar, continuam sendo de importância para a educação em ciências. Dunbar (2000) afirma que resultados inesperados são muito frequentes nas pesquisas científicas e recebem muita atenção por parte dos cientistas, principalmente aqueles que contradizem suas hipóteses iniciais. Ao contrário da tradicional visão confirmatória que permeia os laboratórios escolares, o desenvolvimento das atividades científicas baseia-se, muitas vezes, na análise de dados anômalos. Por exemplo, Greiner, Cuby e McCaughrean (2001) descobriram recentemente a massa de um buraco negro e o valor obtido foi de 14 massas solares com um erro de 4 sóis. A teoria existente para explicar buracos negros em sistemas binários prevê a sua formação no caso de massas estelares correspondentes a 5 a 7 sóis. Esse dado está sendo considerado anômalo, e os cientistas da área discutem o que corrigir: na teoria de medição de massa estelar, que vem sendo usada há quase um século ou algum ponto da teoria da relatividade ou da mecânica quântica.

Da mesma forma, resultados inesperados deveriam ser tratados com mais atenção nas atividades práticas. Isso não acontece por várias razões: (i) o professor evita usar situações potencialmente conflitantes, selecionando atividades que funcionam regular e previsivelmente; (ii) quando eles surgem, são usualmente ‘maquiados’ pelos próprios estudantes, que acreditam que deveriam necessariamente obter o que o roteiro de atividade ou

a teoria indica; (iii) quando estes episódios acontecem e são trazidos pelos alunos como situações problemáticas, os professores não os exploram por desconhecer o seu potencial ou mesmo por não saber identificar ou explicar a origem do conflito e como resolvê-lo. Por exemplo, Nott e Wellington (1997) avaliaram, através de entrevistas e questionários, as condutas nas atividades práticas laboratoriais de 40 licenciandos em Ciências.

Todos os entrevistados admitiram que já ocorreram ou presenciaram situações inesperadas no laboratório e a grande maioria assumiu ter falseado ou alterado dados para que os experimentos ‘funcionassem bem’. Essa atitude mostra que, para os professores em formação “a resposta correta é mais importante que o meio para se obtê-la” (p.400). Embora o trabalho de Nott e Wellington seja com licenciandos acreditamos que professores formados também tenham as mesmas atitudes. Este comportamento dos professores aumenta, nos estudantes, a crença de que a Ciência é um corpo de conhecimento rígido e imutável e os laboratórios são lugares ‘mágicos’ onde tudo ‘dá certo’.

A tabela 1 contém indicações práticas para o professor reconhecer o que acontece nessas situações e para que possa mudar sua atitude e a de seus estudantes frente a situações de conflito entre dados e expectativas/teorias. Com ela, o professor pode antecipar e reconhecer as possíveis reações de seus alunos frente a situações inesperadas fazendo a transposição entre as categorias de Chinn e Brewer, que são mais ‘amigáveis’ e intuitivas e as interpretações teóricas das condutas mais abstratas de Piaget. Para isso é necessário que os professores conscientizem-se da importância pedagógica de situações inesperadas e desenvolvam nos alunos uma maior capacidade de enfrentá-las bem como de interpretar as evidências de forma mais reflexiva.

A estruturação de atividades laboratoriais na forma de problemas abertos ou investigações é um espaço importante para o desenvolvimento da capacidade de interpretação e análise o que torna a atividade no laboratório escolar mais próxima do fazer científico do cientista. Atividades investigativas também contribuem para o surgimento de situações ou dados anômalos, pois o controle sobre os experimentos é de responsabilidade do estudante e sua previsibilidade é bem menor. Assim, as situações inesperadas são potencialmente ricas como fontes de problemas abertos a serem resolvidos pelos estudantes, como o episódio analisado nesse trabalho.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Esse episódio ocorreu durante uma das filmagens do trabalho “Resolução de problemas práticos no laboratório escolar” (Borges, Borges, Silva e Gomes, 2001). O objetivo desse trabalho era analisar a capacidade dos estudantes em planejar e executar coerentemente uma atividade investigativa. Nele, grupos de estudantes realizavam uma investigação sobre pêndulo simples e as possíveis variáveis que poderiam influenciar no seu período de oscilação. Definimos uma investigação como uma atividade na qual o aluno é encarregado de estruturar todo o experimento sendo, muitas vezes, o responsável pela definição do tema e planejamento da investigação, pela elaboração dos objetivos e procedimentos, pelo levantamento dos materiais necessários, pela realização da experiência e pela análise dos resultados obtidos.

O grupo com o qual surgiu a situação anômala era composto por três estudantes de Ensino Médio de um colégio de classe média alta de Belo Horizonte. Eles optaram por investigar a influência da massa do pêndulo no seu período de oscilação. Para a realização da atividade, foi disponibilizado para os estudantes equipamentos de coleta automática de dados, que consistiam em um sensor e uma interface, que faz automaticamente a coleta do período de oscilação do pêndulo e disponibiliza o resultado em tempo-real na forma de gráficos e tabelas. Com esse equipamento, eles projetaram a experiência para que coletassem os dados que julgaram necessários para solucionar a questão proposta.

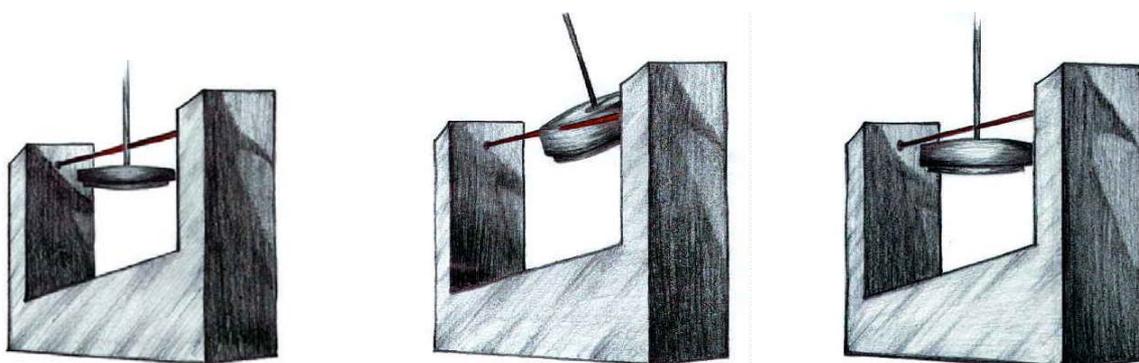
Para solucionar o problema, os estudantes planejaram uma atividade para medir o período do pêndulo mantendo constante o seu comprimento e sua amplitude inicial e variando sua massa. Durante a atividade os estudantes optaram por fazer duas vezes a mesma coleta de dados como comprovação de obtenção de resultados. Eles fizeram o pêndulo oscilar com uma massa de 10g que equivale à massa do suporte vazio, depois acrescentaram 50g e por fim mais 50g obtendo ao final 110g como massa do pêndulo. Depois de realizada a primeira sequência de coleta de dados, concluíram que a massa não influenciava no período do pêndulo, mas resolveram, mesmo assim, repetir a atividade com os mesmos valores de massa.

Na segunda sequência de coleta de dados ocorreu um fato imprevisível com os dados obtidos para o pêndulo de massa 60g (suporte mais massa de 50g). O período de oscilação estava sendo coletado como a metade do período anterior. Isto intrigou os estudantes e foi um alvo da nova investigação.

O sensor utilizado, um Photogate, é controlado pelo computador que já possui um programa para se trabalhar com pêndulos. A medição do período se dá quando o feixe de luz que incide sobre o foto-diodo é interrompido por três vezes já que o pêndulo, durante um ciclo completo, passa por qualquer ponto da trajetória (exceto as extremidades) três vezes.

Este dado anômalo ocorreu pelo seguinte fator: foi disponibilizado para os alunos massas iguais de tamanhos diferentes. Essas massas eram cilíndricas e variavam basicamente na altura e mantinham o raio aproximadamente igual. Esta diferença no formato dos corpos foi crucial para que surgisse o problema.

O pêndulo, ao se aproximar do sensor, utilizando o corpo menor de 50g, não apresentava nenhum problema, pois o feixe era interrompido somente pela haste (fig.1a). Entretanto, o corpo maior de 110g interrompia duas vezes consecutivas o feixe de luz do sensor (uma com o corpo, fig.1b, e outra com a haste, fig.1c), o sensor, então, estava reconhecendo duas interrupções quase instantaneamente. O resultado que estava sendo obtido nesta condição era aproximadamente a metade do período real.



(a)

(b)

(c)

Figural – Representa os corpos no momento da interrupção do feixe de luz. Em (a), o corpo utilizado é o mais fino e não apresentava problemas, (b) e (c) representam os dois instantes que o feixe de luz era interrompido, quase instantaneamente, quando se utilizava o corpo maior.

ANÁLISE DA INVESTIGAÇÃO

Com o aparecimento deste fato imprevisível a primeira reação dos estudantes foi de repetir a coleta de dados, obtendo o mesmo resultado. Neste primeiro momento, os estudantes ignoraram o dado anômalo inconscientemente, ou seja, julgaram que existia uma falha metodológica, mas não argumentaram e simplesmente ‘jogaram fora’ o dado, ignorando-o. Chinn e Brewer não levam em consideração este tipo de resposta. Para eles, quando o aluno ignora o dado ele o faz conscientemente. Para Piaget, o elemento externo não é perturbador por si só. O estudante deve perceber o elemento como perturbador, o que ocorre somente quando há um desequilíbrio em sua estrutura cognitiva.

Depois de repetirem coleta de dados para o pêndulo de 60g, os estudantes obtiveram o mesmo valor, e então, resolveram manter o dado de lado e medir novamente o período do pêndulo com as massas de 10 e 110g. Eles tiveram uma conduta de reação alfa uma vez que não houve uma tentativa de compensar o dado através de uma reorganização da sua estrutura cognitiva.

Para surpresa dos alunos os dados coletados para as massas de 10g e 110g voltaram a ser ‘normais’, ou seja, dentro do esperado e obtido anteriormente. Esse fato foi fundamental para a retomada do dado anômalo, pois isso os intrigou. Em seguida partiram para uma tentativa espontânea de entender o que havia ocorrido, uma vez que o problema ocorria apenas com a massa de 60g.

Ao justificarem a presença do dado anômalo, a reação dos estudantes foi, novamente, manter o dado de lado uma vez que o aceitaram como válido, mas não ofereceram nenhuma explicação. O elemento perturbador ainda provoca nos estudantes uma conduta do tipo alfa, visto que ainda não houve nenhuma mudança nas suas estruturas.

Estudante1: Isso é maldição de 60.

Esta foi a reação de um aluno depois de repetir os procedimentos com 10g e 110g, obtendo resultados dentro do esperado por eles, sendo que o dado anômalo acontecia somente com o pêndulo de massa 60g.

Vimos na situação, que também era inesperada para nós, a oportunidade de desenvolvimento de uma atividade investigativa autêntica por parte dos estudantes. Para não

deixarmos que eles desanimassem, começamos a instigá-los através de perguntas em busca de uma explicação.

Entrevistador: Vamos lá. Eu quero explicações para o que aconteceu. Primeiro, massa influencia ou não?

Estudante 1: Não.

É interessante perceber que eles não puseram em dúvida uma conclusão previamente obtida de que a massa não influenciaria no período de oscilação do pêndulo, mesmo que dois alunos do grupo (o estudante 1 inclusive) tenham afirmado, no início da atividade, que a massa influenciaria no seu período de oscilação.

Quando foram expor suas hipóteses sobre a influência da massa no período de oscilação do pêndulo percebemos que os estudantes excluíram o dado anômalo. Pudemos perceber que, neste momento, o elemento perturbador provoca novamente uma conduta alfa de reação nos alunos:

Entrevistador: Na primeira vez que vocês coletaram os dados, os resultados obtidos foram aproximadamente iguais?

Estudante 2: Foram.

Entrevistador: E na segunda coleta de dados?

Estudante 1: Os resultados foram iguais, tirando o de 60 que não funcionou muito bem.

Em seguida, observamos uma tentativa dos estudantes em, novamente, manter os dados de lado:

Entrevistador: E porque a coleta de dados do período do pêndulo com massa de 60g não funcionou 'muito bem'?

Estudante 1: Não faço a mínima idéia.

Pudemos perceber, e é importante ressaltar, que a teoria colocada em cheque pelos estudantes não é a da não influência da massa no período de oscilação do pêndulo. Uma vez que os estudantes deram este problema por solucionado, a teoria em cheque foi a das concepções acerca da coleta de dados. Eles estavam questionando sobre como o sensor faz a coleta, tomando como pressuposto que neste ponto estava a origem do dado anômalo.

Este fato demonstra uma outra importância que situações inesperadas podem proporcionar. Os alunos se dispuseram a investigar, inicialmente, fatores que influenciam no período do pêndulo. Para a realização desta investigação os alunos elaboraram todo o planejamento da atividade. O surgimento do dado anômalo levou a uma redefinição do problema e a criação de um novo planejamento, exigindo dos alunos a utilização de diferentes tipos de raciocínio e procedimento.

Os estudantes apresentaram uma dificuldade em aceitar uma situação anômala como algo que pode acontecer e serve de aprendizado. Para eles, uma experiência ‘funciona bem’ quando os dados obtidos são coincidentes com os esperados. Os alunos não conseguiram elaborar, inicialmente, nenhuma hipótese para explicar o que ocorreu.

Entrevistador: Porque que antes com 60g deu ‘certinho’ e agora.... Então faz o seguinte, põe 60g de novo e deixa ele (o pêndulo) parado no meio. Onde é que o sensor mede?

Estudante 1: Lá no meio?!

Este ponto a que se refere o entrevistador é o ponto de equilíbrio do pêndulo. No início da atividade os estudantes fizeram muita questão, embora isso não fosse necessário, de alinhar o ponto de equilíbrio do pêndulo com a posição em que o sensor faria a coleta.

Entrevistador: Onde é que está passando o feixe de luz?

Neste momento, os estudantes 1 e 3 se levantam e tentam olhar enquanto o estudante 2 não se mexe mas começa a levantar alguma hipótese para tentar explicar o fenômeno ocorrido:

Estudante 2: Com o suporte vazio, o feixe do sensor é interrompido pela haste que tem uma espessura pequena. Quando acrescentamos a massa, o feixe é interrompido pela massa, que é mais grossa.

Entrevistador: Mas, isso vai influenciar no resultado?

Estudante 2: Não sei.

No diálogo acima percebemos que a hipótese levantada pelo estudante não se justifica pois as dimensões dos corpos que interrompem o feixe do sensor não influenciam no valor de suas medições. Porém, notamos que houve uma tentativa de reinterpretar o dado na medida em que foram propostas hipóteses para justificá-lo. Os estudantes começam a integrar o elemento perturbador aos seus esquemas, o que caracteriza a reação beta. Esta tentativa estimulou os outros estudantes a levantarem mais hipóteses.

Entrevistador: Por que o valor do período do pêndulo obtido para o suporte vazio foi igual aos resultados anteriores?

Estudante 1: Se houver apenas um corpo de massa 50g o feixe pode estar sendo interrompido pela massa e pela haste.

Entrevistador: Explique melhor...

Estudante 1: (O estudante 1 olha com mais cuidado o ponto de leitura do sensor) Não, acho que o feixe não está sendo interrompido pela massa e pela haste.

Entrevistador: Então, o que está interrompendo o feixe de luz do sensor?

Estudante 1: Só a haste.

Neste momento um estudante desconfiou que o problema poderia ser devido à interrupção do feixe de luz do sensor. Ele começou a solucionar o problema mas depois julgou estar errado, guardando para si a hipótese que formulou.

Entrevistador: Então tentem fazer a coleta com 60g de novo.

Houve uma certa indução por nossa parte para averiguar se o problema ainda persistia. Porém, houve uma atitude independente do aluno ao escolher qual corpo de massa 50g ele utilizaria.

Entrevistador: Mudou para a massa mais fina, estudante 1?

Estudante 1: Mudei

Entrevistador: Porque?

Estudante 1: Não sei. Acho que essa aqui é a boa.

Percebemos então que, mesmo julgando errônea sua hipótese, ele não a descartou e realizou uma mudança no experimento na tentativa de testá-la, trocando o corpo por um mais fino mas de mesma massa que o anterior. Perguntado o porquê de sua atitude ele não consegue explicar e fala que ‘acha’ que a massa fina é a ‘boa’. Ele formula uma hipótese mas, ainda assim, não a revela.

Uma nova coleta é realizada e agora o resultado que se encontra é semelhante aos dados coletados anteriormente e, conseqüentemente, dentro da conclusão previamente formulada pelos estudantes sobre a não influência da massa no período de oscilação do pêndulo.

Estudante 1: Olha!! O resultado foi o mesmo que o coletado da primeira vez. Essa massa mais grossa aqui está tendo influência no resultado.

Entrevistador: Como?

Estudante 1: Na passagem pelo sensor. O feixe estava sendo interrompido pela mistura da haste com a massa.

Depois de passada várias etapas de discussão sobre a situação inesperada, os estudantes aceitaram o dado, explicitaram como ele era produzido e como isso influenciava no sistema. A situação anômala ocorreu devido a uma falha operacional o que permite que o estudante tenha uma conduta beta ou reinterprete o dado.

Por se tratar de uma atividade que não visava a criação de conflitos cognitivos (situações comuns quando se trabalha com dados anômalos de forma programada), não foi possível observar nos estudantes mudanças em suas concepções originais ou a conduta gama de Piaget. No entanto, não propusemos com este trabalho provocar um conflito cognitivo nos estudantes e sim analisar o seu comportamento frente a uma investigação de um problema que teve sua origem em uma situação anômala.

Assim a questão que se coloca agora, é se os estudantes foram capazes de interpretar o que realmente aconteceu.

Estudante1: Com o corpo maior, o feixe de luz não estava pegando a haste do pêndulo, estava pegando o corpo e isso estava influenciando. Pois, o corpo, sendo mais alto, interrompia o feixe de luz antes da haste.

Estudante3: Mas olha só, com 2 corpos o feixe de luz também era interrompido pelas massas, não estava pegando a haste.

Estudante1: Mas o sensor estava pegando no centro das massas. Com o corpo maior, o feixe era interrompido pela ponta do corpo e, em seguida, pela haste.

Neste trecho fica evidenciado que os estudantes compreenderam e interpretaram os dados anômalos concluindo que o corpo cilíndrico de maior altura foi o responsável pela anomalia nos dados coletados.

CONCLUSÕES

As atividades práticas desenvolvidas nos laboratórios são, na maioria das vezes, planejadas, preparadas e testadas para não “falhar”. Pesquisas afirmam que resultados inesperados, como o referido neste trabalho, não são abordados no ensino. Não se ensina aos estudantes como tratar tais resultados. Isso acontece pois, muitas vezes o professor teme uma reação negativa por parte dos estudantes ou tem uma compreensão equivocada dos objetivos

pedagógicos das atividades práticas ou ainda por não valorizarem adequadamente o papel do erro e do inesperado na aprendizagem. Mas, dada a frequência com que estes ocorrem em pesquisas científicas e nos laboratórios escolares, torna-se importante que os alunos aprendam a lidar com situações similares a essa.

Analisamos o comportamento de um grupo de alunos ao obterem um resultado anômalo e inesperado e concluímos que se forem adequadamente ajudados, eles são capazes de realizar uma investigação original tendo como objetivo descobrir o que provoca tal resultado. Neste contexto, o dado anômalo despertou nos alunos curiosidade e resultou em uma nova investigação. Deve ser observado que num primeiro momento, o grupo deixou o dado anômalo de lado, continuando a seguir o planejamento inicial. Ao final, concluem que a massa não tem qualquer efeito sobre o período do pêndulo. Voltam-se, então, para o entendimento da produção do resultado anômalo. O processo de medição do período é o foco de atenção agora, em lugar da hipótese de trabalho inicial sobre a relação causal entre massa e período. Durante esta nova atividade, os estudantes tiveram que dar um novo enfoque ao problema, elaborando um novo planejamento. Vivenciando toda esta experiência, os estudantes provavelmente estarão aprendendo algo além do conteúdo conceitual específico para a situação. Isso porque, o entendimento de que nesses casos pode-se questionar a própria validade do dado ou do processo que o produziu, é conhecimento que acreditamos mais geral que o conhecimento dos fatos e conceitos envolvidos.

A dificuldade inicial de formular hipóteses sobre a origem do problema e formas de como abordá-los é totalmente compreensível (Borges, Borges, Silva e Gomes, 2001), pois tanto atividades investigativas quanto a atenção para situações de ‘erro’ são algo novo no aprendizado dos estudantes. Em um primeiro momento, eles se desestimularam com o resultado que não conseguiam entender, mas passado um tempo, sentiram-se desafiados e resolveram enfrentar o problema. Nessa etapa de motivação, o papel desempenhado pelos professores é fundamental para promover um ambiente no qual se possa discutir com os alunos formas alternativas de lidar com resultados inesperados e como avaliar evidências e teorias (Chinn e Brewer, 1993).

Observamos que os estudantes, ao se depararem com a situação inesperada, apresentaram diferentes reações segundo Chinn e Brewer: Manter os dados de lado, Excluir os dados e Reinterpretá-los; sendo que estas têm sua correspondência nas condutas alfa e beta de Piaget. Salientamos que essas reações indicam que os alunos aceitaram o dado anômalo obtido como sendo válido. Tal segurança em aceitar o dado como válido pode ser explicada pelo fato dos alunos se terem convencido, instantes antes, da independência período de oscilação do pêndulo em relação à massa. Isto nos remete a uma questão maior que pode ser uma fonte de novas discussões: Será que os estudantes não estariam dando muito valor ao dado empírico sem um embasamento teórico que o sustente?

Acreditamos que seja fundamental que os professores conscientizem-se da importância dos resultados inesperados. Além disso, é necessário que estes estejam cientes das reações possíveis dos alunos frente a situações inesperadas e que saibam explorá-las e aproveitá-las da melhor forma possível. Para isso, a tabela facilita a identificação entre as categorias de Chinn e Brewer e a interpretação teórica das condutas de Piaget. Dessa forma, situações inesperadas, quando ocorrerem, podem, e devem, ser utilizadas para auxiliar a aprendizagem de Ciências e de sua natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association for the Advancement of Science (1993). Project 2061: Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press.
- Baron, J.B. e Sternberg, R.J. (Eds) (1987). Teaching thinking skills: Theory and practice. New York: W. H. Freeman & Co.
- Borges, Borges, Silva e Gomes (2001). Resolução de problemas práticos no laboratório escolar. Apresentado no III Encontro Nacional de Pesquisa no Ensino de Ciências. Atibaia, SP, de 7 a 10 de novembro de 2001.
- Chinn, C. A. e Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science education. *Review of Educational Research*, 63 (1), 1–49.
- Chinn, C. A. e Brewer, W. F. (1998). An empirical text of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (6), 623–654.
- Dunbar, K. (2000). How Scientists Think in the Real World: Implications for Science Education. *Journal of Applied Developmental Psychology* 21 (1), 49-58.
- Greiner, J., Cuby, J. G. e Mccaughrean, M. J. (2001). An unusually massive stellar black hole in the Galaxy. *Nature*, 414 (6863), 522-524.
- Khun, T. S. (1987). A estrutura das revoluções científicas. Ed. Perspectiva: São Paulo. 2ª edição. Originalmente publicado em 1962.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos e A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*(pp 99-196). London: Cambridge University Press.
- National Curriculum Council (1988). Science in the national curriculum. York, UK: NCC.
- Nott, M. e Wellington, J. (1997). Producing the Evidence: Science Teachers' Initiations Into Practical Work. *Research in Science Education*, 27 (3), 395-409.
- Piaget, J. (1976) A equilibração das estruturas cognitivas. Problema central do desenvolvimento. São Paulo: Zahar Editores, 1976.
- White, R. T. (1991) Episodes, and the purpose and conduct of practical work. In: Woolnough, B. E. *Practical Science. The role and reality of practical work in school science.* Milton Deynes: Open University Press, 1991. p. 78-86.
- Zimmerman, C. (2000) The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.