Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
Vol. 13, Nº 3, 2013

Um encaminhamento didático fundamentado na formulação de perguntas como auxílio ao processo educacional de medição

A didactic routing based on the formulation of questions as an aid to educational measurement process

Osmar Henrique Moura da Silva
Depto de Física da Universidade Estadual de Londrina - PR
osmarh@uel.br

Carlos Eduardo Laburú
Depto de Física da Universidade Estadual de Londrina - PR
laburu@uel.br

Resumo

Investigações em ensino de ciências indicam que os estudantes trazem para a sala de aula um conjunto de ideias errôneas sobre medição, constituindo-se no que a literatura denomina de paradigma Pontual. Em busca de se aprofundar conhecimentos que contribuam ao processo educacional relacionado à medição, investiga-se o uso de um encaminhamento didático baseado num modelo de formulação de perguntas que parte de uma situação experimental problemática e do conhecimento prévio dos estudantes de estatística. Diferenciando-se de outras investigações quanto à amostra e metodologia empregada, neste estudo procurou-se averiguar o nível de entendimento que estudantes do primeiro ano de graduação em engenharia constroem do conceito científico de medição, denominado de paradigma de Conjunto, visto que resgatavam seus conhecimentos prévios de estatística aplicando-os na situação experimental quando submetidos aos questionamentos.

Palavras-chave: Paradigma Pontual; paradigma de Conjunto; ensino de medição; formulação de perguntas; laboratório.

Abstract

Research in science education indicate that students bring to the classroom a set of misconceptions about measurement, being called in the literature point paradigm. In search for further knowledge to contribute to the educational process related to measurement, it is investigated the use of a teaching model based on questions' formulation that start from a problematic experimental situation and prior knowledge of students about statistics. Differing from other investigations in sample and in methodology in this study it was tried to investigate the understanding level established by undergraduate first-year engineering of the scientific concept of measurement, called set paradigm, as rescued their previous knowledge of statistics and apply them in the experimental situation when subjected to questioning.

Keywords: Point and set paradigm; measurement teaching; formulating questions; didactic lab.

Introdução

Atividades experimentais em educação científica são fundamentais. Todavia, professores comumente descartam atividades experimentais quantitativas e, de acordo com Laburú et al. (2010, p. 1401), uma razão para isso ocorrer se deve à falta de compreensão de como enfrentar com os estudantes o tratamento de dados experimentais. É notável a ênfase que educadores científicos dão ao conhecimento do tipo declarativo, conhecimento este vinculado aos conceitos científicos, aos entendimentos dos fenômenos e às relações entre grandezas físicas e teorias. No ensino de ciências, limitar-se a essa forma de conhecimento, apesar de sua grande importância, acarreta desconsiderar outra forma fundamental relacionada com a abordagem do conhecimento procedimental. Conforme Gomes et al. (2008, p. 189) e Buffler et al.(2001, p. 1137), o conhecimento procedimental está associado com 'fazer ciência', ou seja, com as ações que suportam a atividade investigativa do trabalho experimental conduzidas por um planejamento em que os dados são analisados e usados para apoiar certas conclusões. Este conhecimento suporta uma concepção de atuação e de evidência que permite ao sujeito "*julgar a qualidade dos resultados experimentais e, em última instância, informar se os resultados constituem ou não um novo conhecimento válido*" (BUFFLER et al., 2001). Tendo isso em consideração, o presente estudo volta-se à problemática de entender como um estudante age no encaminhamento de uma medição, considerando que aquilo que é encontrado e compreendido por ele deve passar do domínio pessoal para o campo do conhecimento compartilhado, em que a qualidade, a confiabilidade e a validade do resultado consolidado são comunicadas através da medida. Tal situação permite estabelecer comparações com outras medidas ou distribuições de dados encontrados por outros experimentalistas, ou mesmo, comparar uma lei ou teoria rival. Dentro disso, seguir-se-á a recomendação de Buffler et al. (2001, p. 1139) de que, por inspiração nos trabalhos de Lubben e Millar (1996) e Allie et al. (1998), a análise dos estudantes relativa ao conhecimento procedimental dos experimentos quantitativos seja feita segundo os critérios de coleta, processamento e comparação de dados. Para isso, também se considerará o que várias investigações em educação científica mostraram a respeito de um conjunto de representações de senso comum dos estudantes sobre medição que podem ser reunidas no denominado paradigma Pontual e que se opõem às científicas inseridas no denominado paradigma de Conjunto (BUFFLER et al., 2001). Estes paradigmas serão especificados na

próxima seção e servirão de referenciais para classificação dos raciocínios e procedimentos dos estudantes durante a metodologia aplicada em análise de dados.

Na busca de aprofundar conhecimentos que contribuam ao processo educacional relacionado à medição, investigar-se-á, portanto, o uso de um encaminhamento didático aqui elaborado inspirado na formulação de perguntas (LORENCINI JR., 2000), partindo-se de uma situação experimental problemática e dos conhecimentos de estatística dos estudantes. Desse encaminhamento, diferenciando-se de outras investigações quanto à amostra e metodologia empregada, objetiva-se averiguar o nível de entendimento alcançado por estudantes do primeiro ano de graduação de engenharia quando comparado ao conceito científico de medição, denominado de paradigma de Conjunto.

Paradigma Pontual e paradigma de Conjunto

A compreensão do estudante baseada no paradigma Pontual[1] (BUFFLER et al., 2001) é a de que apenas um único dado numérico é satisfatório ao se realizar uma medição. Mesmo apesar dos erros aleatórios se apresentarem frente ao sujeito, eles são desconsiderados, pois se imagina que exista um e somente um "verdadeiro" valor a ser encontrado, não havendo a necessidade de se obter mais resultados, dado o entendimento de que o verdadeiro valor de uma medição deve ser expresso por um único número. Não se concebe agregar medidas num intervalo, pois cada valor adquirido numa atividade prática é considerado independente de quaisquer outras obtidas, sendo que cada um é auto-suficiente para se tomar decisões. Quando uma série de medidas é realizada, as decisões subsequentes são tomadas somente com base em reflexões particulares e isoladas, tais como: seleção do valor recorrente, posição na tabela (extremos ou equidistantes), comparação feita valor a valor etc.. Segue disto, a falta de sentido em tirar médias em uma amostra e, por conseguinte, de erro inerente a uma medida.

Por outro lado, no paradigma de Conjunto tem-se a noção de que o resultado de uma medição deve ser expresso por um valor numérico resultante de uma reunião de dados experimentais, admitindo-se, pela teoria de erros, a existência de um "valor verdadeiro ou valor alvo" (VUOLO, 1992, p.38) para toda grandeza experimental. Este é sempre desconhecido devido à ocorrência de erros experimentais inevitáveis ao se realizar a medição. Haverá sempre uma aproximação do valor alvo, por melhores que sejam os métodos e instrumentos de medida. Logo, dentro desse paradigma, assume-se como necessário coletar um número de medidas que forme uma distribuição de valores particulares para, a partir daí, se obter uma estimativa do espalhamento numérico do valor da grandeza para avaliar quão adequada ela é. Cabe, assim, indicar uma estimativa de quão afastado o resultado pode estar do valor verdadeiro, algo como, por exemplo, HELENE et al. (1991, p.15):

Resultado = (estimativa do valor da grandeza medida) ± (estimativa do quão longe o valor verdadeiro pode estar da estimativa que temos dele)

Seguindo isso e considerando que há apenas erros estatísticos, o valor alvo pode ser mais bem representado pelo resultado encontrado da combinação do maior número de medidas possível; no caso, o valor médio. E a estimativa de quão longe se encontra essa média do

[1] Em Buffler et al. (2009), Marlineli e Pacca (2006), e Laburú e Barros (2009) são encontradas explicações para as origens da formação das ideias que sustentam o paradigma Pontual.

alvo é dada pelo desvio padrão da média. A expressão para obter o resultado de um experimento é assim conhecida (HELENE et al., 1991, p.17):

Resultado = (valor médio) ± (desvio padrão da média) (1)

Esse procedimento é o melhor que se pode fazer no sentido de ser a forma mais precisa para expressar o resultado de um experimento sempre que os dados obedecerem uma distribuição normal (ibid.) ou com nível de confiança de 68%, isto é, com probabilidade de 68% de o valor verdadeiro estar no intervalo do resultado calculado pela expressão 1 acima. Por meio dessa expressão, pode-se fazer comparação entre amostras, ou de uma evidência com uma ou mais teorias, por exemplo.

Um encaminhamento didático de formulação de perguntas

A proposta que aqui se apresenta insere-se numa linha de pesquisa de orientação construtivista. Fundamentalmente, as considerações pedagógicas construtivistas que movem este encaminhamento são: excluir o chamado modelo positivista, identificado pela natureza da relação de transmissão-recepção de conteúdos entre professor e estudante, com este passivo e o processo educacional centrado na ação docente (DAVIS, 1993); dar ao professor a função de participante para mediar a ação do estudante sobre os conteúdos, uma ação portadora do processo de construção que o próprio estudante faz do seu conhecimento. Segundo essa interpretação pedagógica construtivista, o estudante não deve ficar "sentado em classe" anotando o que o professor diz, mas deve sentir-se motivado pela curiosidade e realizar ações de exploração sobre o objeto de estudo, sendo partícipe da construção do seu conhecimento. Quanto ao professor cabe a conduta de perseguir o desenvolvimento de situações desafiadoras de ensino, para que o estudante tome consciência de seus conhecimentos pré-existentes e perceba suas certezas e dúvidas sobre o ensinado, atuando para resolvê-las. Inserida nessa perspectiva, as ações pedagógicas do presente estudo envolvem a orientação construtivista de formulação de perguntas de Lorencini Jr. (2000), em que o professor problematiza situações ao estudante para que este elabore dúvidas que gerem um movimento de curiosidade levando-o a tomar consciência de qual conhecimento necessita. Como sintetiza Lorencini Jr (2001, p.225): "as perguntas têm uma funcionalidade em pelo menos três fases do processo de aprendizagem: na ativação dos conhecimentos prévios, no processamento das informações e na estabilização dos conhecimentos".

Ele também alerta acerca de existirem três fortes razões para justificar o preparo prévio das questões a serem utilizadas pelo professor (LORENCINI JR., p.43):

> *1) As perguntas devem ser precisas e não ambíguas na sua formulação para que tenham a intenção para a qual o professor planejou; 2) Uma conexão em série de questões é difícil de organizar de improviso numa sequência lógica; 3) O professor estará melhor preparado para negociar com o inesperado se possuir um corpo de questões já pensadas e refletidas.*

Curiosamente, Hargie (1983) realizou um estudo quantitativo em seis salas de aula e constatou que professores, em média, fazem uma pergunta a cada 72 segundos ao discursarem, sendo que 38% delas não são respondidas pelos estudantes. Disso, o autor (HARGIE, 1983) ainda concluiu que muitas perguntas implicavam apenas no resgate da memória e poucas apelavam para reflexões. Considerando o professor com o importante

papel de usar e incentivar a linguagem científica em seu trabalho docente, Souza e Sasseron (2010, p.2)[2] afirmam que a pergunta por ele elaborada é um dos elementos da dinâmica discursiva em sala de aula para o qual as pesquisas atuais em linguagem e aprendizado de ciências têm se debruçado. Pode-se, entretanto, dizer que não são comuns estudos que mostram estratégias pedagógicas construtivistas com instrução dialógica restrita às perguntas, a exemplo de Schnaid et al. (2003) e Laburú et al. (2010). Schnaid et al. (2003, p.19) concluem que é possível basear a apresentação de conteúdos pelo professor em estratégias dialogadas na forma de perguntas em que os estudantes vão desenvolvendo por si próprios os raciocínios necessários à compreensão dos conteúdos. Já Laburú et al. (2010, p.1402-13) concluem que avanços na construção do conhecimento em direção ao científico são possíveis, porém limites são encontrados e dificilmente serão ultrapassados sem uma instrução mais formal com utilização do gênero de discurso de autoridade (MORTIMER; MACHADO, 2000). A partir desses estudos, é possível pensar no uso de perguntas provocativas em atividades experimentais como importante ferramenta pedagógica auxiliadora da aprendizagem de procedimentos de medição de uma grandeza física. Todavia, diferentemente do emprego de perguntas baseada em entrevista semi-estruturada como a dos últimos autores acima citados (ibid.), a proposta deste trabalho apresenta-se mais focada nos questionamentos. Pretende-se com isso subsidiar o professor de ciências a melhor entender os processos de elaborações de perguntas neste tipo de encaminhamento construtivista, ajudando-o a ponderar o efeito das questões em orientar, direcionar e avaliar a construção do conhecimento científico dos seus estudantes. Nesse sentido, o instrumento de formulação de perguntas se caracteriza pelo direcionamento e acompanhamento da construção de raciocínios dos estudantes de forma hierárquica. Dois níveis hierárquicos de compreensão são abrangidos pelas perguntas. No primeiro nível encontram-se as perguntas que buscam entendimentos relativos aos fatos, restringem-se ao observável, em que a análise e síntese do estudante abrange seu conhecimento prévio. No segundo nível de compreensão, as perguntas procuram mais fortemente provocar entendimentos de análise e síntese do estudante em que se confronta o raciocínio prévio ao inesperado, caminhando em direção ao conhecimento científico com mudanças em ação e/ou interpretação de um fenômeno. Em ambos os níveis, podem existir perguntas do tipo fechada, que envolvem uma única resposta, ou do tipo aberta, que requer do estudante particularmente combinar detalhes ou informações para formular uma resposta em reflexão. Abaixo é apresentada uma categorização de perguntas que considera a divisão acima:

- Perguntas de Levantamento[3] (PL): são perguntas de primeiro nível ou de contato inicial do professor para se entender o que o estudante sabe do assunto. Visam esclarecer a situação para o estudante, melhor situando-o na atividade proposta. Podem também objetivar um direcionamento para que o estudante tome um posicionamento ou atitude de decisão a respeito do que entende, prevê e do que pode ser feito;

[2] Estes autores elaboraram quatro categorias de perguntas (de levantamento, de especificação, de sistematização e de exploração) para auxiliar aulas investigativas de Física. Porém, metodologicamente distinto do que é feito aqui, eles aplicaram essas categorias de perguntas após uma instrução prévia do assunto via texto aos alunos (SOUZA; SASSERON, 2010, p. 6).

[3] Embora esta primeira categoria tenha o mesmo nome da de Souza e Sasseron (2010) já mencionada, todas as categorias aqui apresentadas estão diferenciadas daquelas destes autores na intenção de melhor clarificar uma linearidade do processo instrucional por questionamento partindo daquilo que o sujeito conhece.

- Perguntas de Aplicação (PA): na análise de um fenômeno ou de dados experimentais, as Perguntas de Aplicação ainda constituem-se em questões de primeiro nível na medida em que se relacionam com o monitoramento de ideias prévias e ações. São perguntas que objetivam a reflexão do estudante para que defenda suas ideias prévias ou ações, então monitoradas pelo educador. Podem também gerar dúvidas do estudante na análise de uma situação, estendendo os diálogos em forma de perguntas;
- Perguntas de Desenvolvimento (PD): são perguntas de segundo nível de compreensão em razão de buscarem conduzir o estudante à tomada de consciência das dificuldades por ele encontradas, à geração de hipóteses próprias, explicações alternativas mais coerentes ou mudança nas ações. Tais perguntas podem gerar conflitos que favoreçam o estudante a modificar sua conduta, alterar variáveis que considerou relevantes, conscientizar-se mais claramente dos significados dos resultados obtidos, etc. Também podem originar dúvidas frente à situação com ampliação dos diálogos em forma de perguntas, porém, num discurso já diferente do conhecimento de senso comum;
- Perguntas de Finalização (PF): são perguntas de segundo nível que levam o estudante a se situar no conhecimento do qual necessita. Estas perguntas podem induzir o estudante a comparar ideias nessa construção de explicações mais consistentes e auxiliar o monitoramento, do educador, de suas mudanças tanto em atitudes, quanto em raciocínios. Podem, inclusive, ser feitas em situações que extrapolam o problema inicial. Podem provocar, como também explorar, novas previsões dos estudantes.
- Perguntas de Informação (PI): são perguntas que não se enquadram em qualquer um dos dois níveis. Estas são típicas de respostas em que o professor pede ao estudante, por exemplo, o resultado obtido numa atividade experimental ou de um cálculo. Nessas ocasiões, tais perguntas são apenas coletoras de uma informação que então necessitará ser mais bem explorada pelo educador encaminhando-se outras perguntas das demais categorias no processo de questionamento.

Tendo-se por base esse olhar às perguntas e suas possíveis implicações, procurar-se-á assim classificá-las na análise dos dados na medida em que foram aplicadas, objetivando um melhor estudo desse processo de questionamento.

Metodologia

Realiza-se uma análise de natureza qualitativa-interpretativa aos dados de uma amostra de vinte e um estudantes do 1º ano do curso de engenharia ambiental de um Ensino Superior Público da cidade dos autores, em que um dos pesquisadores foi o próprio professor condutor do discurso em sala de aula. Distintamente da amostra de Laburú et al. (2010), os estudantes investigados são de maior idade e tinham cursado a disciplina de Estatística, carga horária de 1 hora/aula semanal, que há na grade curricular do segundo ano do ensino médio de escolas públicas da região. Os dados foram obtidos por meio de questionários escritos e por transcrição de falas vídeogravadas. As filmadoras foram instaladas em posições discretas na tentativa de não influenciarem a atenção dos estudantes no desenvolvimento das atividades experimentais e de discurso. As filmadoras foram instaladas em posições discretas na tentativa de não influenciarem a atenção dos estudantes no

desenvolvimento das atividades experimentais e de discurso. A análise dos dados se deteve em identificar os avanços nos procedimentos de medição (coleta, processamento e comparação) sugeridos por Buffler et al. (2001, p.1139) em direção ao paradigma de Conjunto, centrando-se nas perguntas e respostas do professor e dos estudantes durante os diálogos.

A metodologia dividiu-se em três etapas: Primeiramente, os estudantes responderam individualmente um questionário[4] escrito para diagnosticar seus entendimentos do processo de medição; A seguir, houve a inserção do encaminhamento didático de perguntas tendo-se a realização de atividades empíricas, em grupos de 4 a 5 integrantes, acompanhada de discussão mediada pelo professor, com duração de aproximadamente três horas/aulas; Por fim, um segundo questionário[5] foi respondido individualmente para novamente averiguar se as ideias enquadravam-se no paradigma Pontual ou no de Conjunto.

Na segunda etapa, a atenção do professor esteve voltada para promover debates entre os estudantes com questões que exploravam preocupações com a repetição de medidas. Esta etapa iniciou-se com o objetivo geral da aula que era de resolver o seguinte problema: medir o período de um pêndulo simples com a máxima precisão que se conseguisse. Os pêndulos (figura abaixo) foram montados pelos estudantes em pedestais usando linhas (de diferentes comprimentos) e massas de 20 a 160gramas, a eles fornecidos juntamente com cronômetros digitais de centésimos de segundo de precisão e trenas.

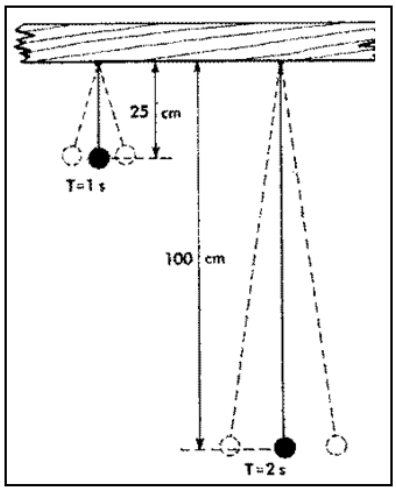

Figura 1: Representação esquemática dos pêndulos simples utilizados para atividade experimental.

O conjunto de perguntas previamente elaboradas nesta etapa são apresentadas abaixo e serviram para preparar o professor na condução das conversações, lembrando que, sempre

[4] Qual será o procedimento adotado para medir o período do pêndulo?; Quantas medidas você acha necessário realizar? Por que?; Existe alguma interferência que pode alterar o resultado dessa medida? Quais?; Existe algum modo para acabar com problemas que interfiram no resultado da medida?; É necessário realizar mais medidas? Por que?; (Responda esta questão apenas se achar necessário realizar mais medidas) Qual a relação entre as medidas realizadas? Elas expressam um mesmo acontecimento?; Todas as medidas devem ser consideradas? Por que?

[5] Quantas medidas você realizou? Quais os valores encontrados? Qual medida deve ser considerada?; Você desconsiderou alguma? Qual(is)? Por que?; A medida que se distanciou muito da média deve ser considerada? Por que as medidas não apresentaram o mesmo valor?; É possível acabar com estas flutuações? Explique:; Como fará para expressar todas as medidas de uma única vez?; Qual a medida do período do pêndulo?

dependendo de uma resposta particular, outras perguntas foram acrescentadas de improviso e, por isso, esse conjunto é semi-estruturado. Logo, as perguntas não foram fixas, pois se estruturam conforme as intervenções dos estudantes, servindo estas apenas de conhecimento prévio do professor para o desenvolvimento do discurso.

PERGUNTAS: Qual será o procedimento adotado para medir o período do pêndulo? Existe alguma interferência que pode alterar o resultado dessa medida? Quais podem ser estas interferências? Como evitar a ocorrência de problemas que interfiram no resultado da medida? Como fazer para que estes problemas não interfiram no resultado da medida? É necessário realizar mais medidas? Por que? Qual a relação entre as medidas realizadas? Elas expressam um mesmo acontecimento? Todas as medidas devem ser consideradas? A medida que se distanciou muito da média deve ser considerada? É apropriado rejeitar resultados anômalos? Por que as medidas não apresentaram o mesmo valor? Qual medida deve ser considerada? Como se fará para expressar todas as medidas de uma única vez?

A transcrição das falas está apresentada na sequência na forma como ocorreram, porém, estão selecionadas apenas as falas que exemplificam o caminho de avanços conceituais dos estudantes com uma análise representando a totalidade da amostra, procurando evidenciar construções coletivas. Assim, quando ocorre uma análise indicando o falante, foi levado em conta que este pode ter-se apropriado das falas de outros em comentários anteriores. Essa opção analítica se deu em razão de as afirmações de um estudante influenciar o pensamento dos demais e que a construção do conhecimento se fez de modo coletivo, princípio que se encontra subjacente a um modelo de formulação de perguntas (LORENCINI JR., 2000).

Os dados do questionário da terceira etapa foram comparados com os dados da primeira (além de compará-los com as respostas verbais) para fornecer resultados de alguns estudantes que não se expressaram oralmente em momento algum, assim como para confirmar melhor os resultados daqueles que se expressaram poucas vezes.

A fim de preservar o anonimato, os nomes dos estudantes foram substituídos por códigos como, por exemplo, estudante 1 = E1, estudante 2 = E2, em que para o professor fez-se a abreviatura P. Também, na medida em que as perguntas foram sendo desempenhadas, elas foram classificadas pelas respostas que geraram, verificando a ocorrência das categorias apresentadas na seção anterior seguindo as nomenclaturas PL, PA, PD, PF e PI. Consequentemente, as terminologias para as perguntas do professor ficaram convencionadas: P (PL), P (PA), P (PD), P (PF) e P(PI). Em forma de exemplos para auxiliar o leitor a um melhor entendimento da diferenciação dessas categorias, cinco tabelas estão inseridas no decorrer das análises destacando-as separadamente. Todas as falas foram colocadas em itálico, diferenciando-as assim do resto do texto. Entre parênteses e de forma não itálica existem comentários do observador (um dos autores desta pesquisa) para dar maior clareza.

Descrição das interações discursivas e resultados

Primeira etapa

Abaixo estão agrupadas algumas respostas transcritas dos estudantes referentes ao primeiro questionário escrito que serviram de diagnóstico à condução das atividades do professor.

E4, E5, E7, E9, E10, E11, E12, E14, E18, E16 e E20 - *Em um local fechado acabamos com os problemas que interferem nas medidas;* E2, E3, E7, E8, E16, E18, E19 e E21 - *Não é necessário realizar mais que uma medida;* E5, E6, E13, E12, E9, E4, E1, E15 - *É necessário realizar de 2 a 3 medidas para confirmar o resultado;* E1, E2, E3, E7, E9, E11, E12, E14, E17 e E19 – *Ao realizar um experimento todas as medidas devem ser consideradas para não haver erro;* E15 – *Para evitar flutuações nas medidas devemos fazer a medida em laboratórios especializados;* E1 - *É necessário realizar mais medidas para garantir que o número foi o correto (para confirmar o valor).*

Esses resultados permitem afirmar que nenhum dos 21 estudantes tinha consciência da presença de incertezas associadas ao processo de medição, prevalecendo noções do Paradigma Pontual.

Segunda etapa

Quando o professor iniciou a primeira pergunta abaixo ninguém se prontificou a responder, mesmo mantendo um tempo de espera; fato este justificado devido à rotina de aulas tradicionais. Depois de dirigi-la a alguns estudantes, estes, embora receosos, responderam à questão. As discussões que seguem abaixo mostram os raciocínios dos estudantes sendo direcionados para a fase da coleta de dados no processo de medição. Nota-se que logo de início as perguntas ativaram os conhecimentos prévios dos estudantes levantados na etapa anterior.

Pergunta tipo PL	**Respostas**
Existe um número de medidas necessárias para fazer?	E10 : *Bastante. Até obter um número aproximado;* E9 *: Acho que mais de 10 para ter certeza;* E12: *...medi cinco vezes.*
Para ter certeza do que?	E9: *Para ver se tá dando o mesmo tempo quando aperto o botão. Teve duas vezes que deu o mesmo valor.*

Acima, verifica-se a ocorrência de duas perguntas PL que, juntas, monitoraram a ideia prévia pertencente ao paradigma pontual em que as oscilações dos valores se devem, no caso, a uma possível falta de destreza em cronometrar o período, com as tentativas sendo justificadas no empenho de obter valores repetidos. Em seguida, pode-se notar como as PAs ocorreram neste processo para estimular o raciocínio prévio à situação, em que argumentos defensivos às ideias prévias podem ser notados assim como a geração de dúvidas frente à situação com a extensão dos diálogos em forma de perguntas pelo aprendiz.

Pergunta tipo PA	**Respostas**
Mas por que é que não estão todos com os mesmos valores?	E8: *Porque a força que você solta ele (o pêndulo) é diferente.*
O pêndulo é solto e não empurrado. Portanto, a velocidade inicial é zero. Ou então, para resolver este problema, o que você acha de medir a segunda oscilação do pêndulo?	E12: *Mas daí não vai diminuir o período?*

Neste momento, o professor lançou uma pergunta PD (*Você já fez isso e verificou que diminuiu?*) no intuito de conduzir à consciência de dificuldades encontradas e à geração de novas explicações (ou hipóteses). Notou-se que os estudantes estavam compenetrados e comprometidos com a atividade, porém, um excesso de ansiedade fez com que vários deles

quisessem expor suas ideias ao mesmo tempo, provocando desordem e barulho em demasia, o que levou as discussões a deixarem de ocorrer com a turma toda e passassem a acontecer dentro dos grupos. Restabelecida a ordem, deu-se continuidade à discussão com participação assídua de E9, que procurou explicar a flutuação observada nos dados experimentais e apelou para o ângulo de soltura do pêndulo sem considerar que, para ângulos inferiores a 5 graus, o período mantém-se praticamente inalterado.

E9: *Dependendo do ângulo vai ter um período diferente. Se você soltar do mesmo lugar vai dar um número parecido*. P (PA*): Se você soltar do mesmo ângulo irá dar o mesmo valor?* E9: *Valores próximos*. P (PA): *Mas então não será o mesmo? Eu estou preocupado em realizar a medição com a maior precisão possível.* Da insistência do professor nestas PAs, gerou-se a reflexão em direção à consideração das mínimas variações que os estudantes percebiam entre as medidas coletadas. E11, por exemplo, mostrou-se empenhado na discussão e começou a apontar seus pensamentos a respeito do que poderia estar provocando as flutuações nas medidas. E11: *Depende do reflexo de quem tá medindo*. O professor aproveitou esta fala para elaborar uma nova pergunta à turma, com intenção de provocar ainda um maior envolvimento dos demais estudantes na reflexão. Todavia, o professor teve uma atitude que se desejaria evitar conforme a metodologia de formulação de perguntas (LORENCINI JR., 2000) ao concordar de imediato com a fala de E11. É possível dizer que o processo dinâmico da sala de aula envolvendo múltiplas atenções do educador torna, algumas vezes, esse tipo de falha inevitável, ainda que se tente minimizá-la. Assim ele disse: P (PD): *Isso. Mas será que existe alguém com um reflexo tão bom para que se retire essa ideia de interferência de uma má habilidade física da pessoa? Mas o que se deve fazer para se obter sempre o mesmo valor?* Estas perguntas caracterizaram-se nas primeiras PDs na medida em que proporcionaram uma melhor consciência das dificuldades encontradas unida a um significado para os dados coletados pensando-se nas diferenças dos valores.

Conclusões típicas foram: E19: *Parece difícil hein professor!* E10: *Acho que na coincidência mesmo, porque fazendo na mão (soltando o pêndulo e medindo o período com cronômetro, ambos com a mão) dá valores diferentes* (1,29; 1,27; 1,30; 1,24; 1,29). As seguidas PDs também caracterizaram a conduta do professor à geração de hipóteses pelos estudantes em interpretação aos resultados obtidos.

Pergunta tipo PD	**Respostas**
Por que dá valores diferentes?	E2: *Por causa do ângulo e do reflexo de quem mede.* E2: *Tem a resistência do ar, vento.*
Se fosse um sensor eletrônico para captar um sinal da passagem do pêndulo acabaríamos com o erro?	E19: *Cem por cento não. E8: Pode ter alguém andando do lado, aí interfere. Pode ter vento.* E3: *A variação será pequena.*

Em razão das suposições levantadas para as variações nas medidas, diversas tomadas de consciência por parte dos estudantes foram explicitadas em diferentes momentos do discurso. Abaixo, E2, por exemplo, interrompe e continua a fala do professor[6]**,** demonstrando perceber que não era possível acabar com os erros experimentais, mas apenas minimizá-los.

E2: *Consegue minimizar os fatores* (que influenciam os erros). E1: *A maioria dos experimentos não é precisa. Sempre vai ter uma margem de erro. Não tem um sistema*

[6] *Fechando a janela e portas a gente acaba com esse vento...*

perfeito. Por mínima que seja sempre haverá uma margem de erro. (E aí surge uma pergunta de finalização (P (PF))): *Vocês acham que sempre haverá erro?* (Vários estudantes) *sim.*

Nesta altura, percebidas as flutuações das medidas e com uma noção de erro aleatório permeando os raciocínios dos estudantes, o professor comentou: *Muitos de vocês manifestaram o interesse em realizar várias medidas para verificar a ocorrência de um valor e validá-lo na resposta, mas agora notam que um valor dificilmente se repete como inicialmente esperavam.* Em seguida, iniciou uma sequência de questões PF para induzir os estudantes a aplicarem um raciocínio mais adequado à situação.

Pergunta tipo PF	**Respostas**
Que medida se deve considerar ou como fazer para responder o problema tendo-se as medidas que vocês obtiveram?	E3: *Aí, no caso devemos fazer 'n' medições e adquirir um padrão*.
Padrão como?	E3: *Haverá sempre uma variação de uma casa decimal. Abaixo do milésimo* (de segundo*) qualquer coisa pode mudar. Aí, pra isso, existe a aproximação*. E3: *A gente faz uma aproximação do valor exato.*
O que significa fazer essa aproximação do valor? Seria considerar um valor intermediário ou o que?	E3: *Seria um valor intermediário que é melhor.* E12: *Mais lógico é fazer uma média* (dos valores), *né!*

Tendo extraído uma resposta explícita já coerente com o paradigma de Conjunto (última resposta exemplificada acima), o professor ainda procedeu com as seguintes perguntas para estabelecer com maior clareza a ideia de valor médio. P (PF): *Por que fazer a média? Por que será um valor aproximado? Qual medida será o valor aproximado, a primeira, a segunda, a terceira...?* E12: *Faço a média com todas as medidas*. E12: *A média é o valor aproximado do que era pra ser.*

Direcionando, daqui em diante, o raciocínio dos estudantes à fase de processamento dos dados, o professor perguntou (P (PI)): *E12, quais são os valores dos seus dados e como você responde ao problema pela média que disse, isto é, qual é o valor?* E12: *2,29 – 2,26 – 2,22 – 2,15 – 1,9 – 2,24. A média, professor, dá 2,176*. O professor anotou esses valores no quadro como exemplo e aproveitou para pedir ao estudante que explicasse esse raciocínio dele à turma. P (PF): *Como você fez a média?* E12: *Somei todos e dividi por 6.* Constata-se que estas perguntas exploraram o conhecimento de média que o estudante necessita, já compatível com o paradigma de conjunto, num discurso tipicamente mais objetivo que o favoreça a apropriá-lo.

Assim, ao explicitar o cálculo[7], importante para ressaltar e recordar o entendimento de média aritmética aos demais estudantes, o professor caminhou a reflexão deles para outro fator a avaliar no processo de medição: a presença ou não de dados anômalos[8]. Aproveitando-se do raciocínio de E12, na continuidade são mostradas algumas PDs que

[7] O professor aproveitou para explicá-lo novamente à turma.

[8] Do ponto de vista da prática científica, a eliminação de uma medida distante da média somente é justificada se positivamente identificado um desvio no controle experimental. Embora medidas distantes da média não devam ser eliminadas simplesmente por essa razão, pois existe a possibilidade de haver adequação dentro dos padrões do experimento, as discussões que se seguem intencionaram melhor conscientizar o estudante da atenção em considerar ou não algum resultado mediante sua própria avaliação da relacionada tomada de dado.

levam à tomada de consciência desse fenômeno. P (PD): *Mas veja E12, isso vale para todos e para os dados de todos vocês, o valor 1,9 é uma boa medida? Quero dizer, você sabe me dizer o porquê dessa medida estar tão mais afastada das outras?* E12: *Você tá fazendo muita pressão professor, não sei. Assim, o professor achou melhor explorar esse dado com a turma toda.* P (PD): *Pessoal, quero que pensem... será que, olhando os dados aqui no quadro, esse 1,9 ou algum valor próximo a ele pode ser encontrado novamente?* Depois de um breve tempo disse (P (PD)): *Tendo-se em conta que E12, por exemplo, sempre procurou realizar com cuidado as tomadas de dados encontrando várias medidas diferentes, porque 1,9 está tão distante dos demais valores?* E12: *Viu... se deu muita diferença, ela* (a medida) *não é boa?* E2: *Aí não é boa?* E12*: Porque não fez com cuidado* (a medida). P (PD): *A falta de cuidado resulta no que?* E12: *Em errar.* P (PD): *Então quer dizer que a medida de 1,9 está errada? Por que?* E12: *Vai ver eu medi o tempo errado na hora de soltar a bolinha*. P (PD): *Se você desconfia desse resultado, por que você o inclui no cálculo da média?* E12: *Já que o senhor tá falando pra tirar ele, a* (nova) *média dá 2,232*. P (PD): *Variações nos valores dos resultados vocês já notaram que vão existir conforme eles são coletados, mas quando um resultado se diferencia muito dos demais a gente pode chamá-lo de dado anômalo, que pode ocorrer por algum descuido despercebido naquele momento e, se você suspeita de um valor nesse sentido, por que vai considerá-lo na conta da média?* Silêncio... P (PD): *Vocês consideram resultados que vocês imaginam terem sido obtidos com alguma perturbação indesejada que não se notou?* Pode-se exemplificar essas últimas questões PDs com destaques nessa tomada de consciência. E assim os estudantes começaram a imaginar as seguintes possibilidades. E2: *Pode ter influência de um vento... depende do reflexo de quem mede* (entendimento que realizou anteriormente). E12: *Talvez eu soltei a bolinha um pouco mais para baixo* (com um ângulo menor, tentando explicar o resultado de 1,9). E12: *Mas você* (professor) *considera mais fácil errar na bolinha* (ao soltá-la manualmente) *ou no cronômetro?* Pode-se notar nesta última fala do estudante uma expressão de dúvida entre possíveis influências responsáveis pelas variações das medidas do dado anômalo. Todavia, a expressão... mais fácil errar... também já evidencia uma convicção coerente com o entendimento de não se poder impedir a ocorrência de erros aleatórios. Observa-se que as próximas PDs foram importantes para explorar esse entendimento. P (PD): *Já estudamos que para pequenos ângulos não deveríamos encontrar variações no período, sendo assim, você considera a influência da altura na qual você soltou o pêndulo como um fator para o valor de 1,9?* E12: *Talvez seja o aperto do cronômetro que eu errei, só pode, daí deu diferente*. P (PD): *O que vocês acham?* E2: *Depende do reflexo de quem mede. É um erro da mão* (erro manual de acionamento do cronômetro). P (PD): *Se fosse o caso de erro manual, como vocês fariam para eliminá-lo?* E3: *Poderia colocar um sensor eletrônico para pegar* (para captar um sinal que registre) *a passagem do pêndulo?* P (PD): *Ainda estou me referindo ao uso manual do cronômetro e como fica a eliminação do erro?* E12: *Eu sempre vou fazer com cuidado e não dá pra garantir o mesmo resultado*. P (PD): *Como assim, não dá pra eliminar o erro?* E12: *To achando que cem por cento não.* P (PD): *E se usássemos um sensor no lugar, eliminaríamos os erros, isto é, encontraríamos sempre o mesmo resultado?* E2: *Valores bem próximos, mas ainda teria que eliminar algum vento*. P (PD): *E se fizéssemos a medição num sistema fechado sem ar para eliminar o vento usando o sensor?* E2: *Acho que daí melhora.* E12: *Teria que fazer pra ver se ainda não tem alguma influência. E uma questão para o acompanhamento da conclusão do raciocínio foi assim exposta* (P (PF)): *Pergunto a vocês, erros podem ser completamente eliminados para evitar a flutuação dos dados experimentais ou não?* E8: *Acho que vai diminuir cada vez mais* (a flutuação), *mas tem que ter flutuação*.

E2: *Um errinho vai ter, vai ser difícil* (eliminar o erro). Esses resultados exemplificam o alcance, observado em vários estudantes, de noções sobre a precisão dos dados e entendimento da possibilidade de eliminação de uma medida discrepante. O discurso nesse sentido trabalhado com as perguntas tipo PDs permite concluir como as mesmas foram relevantes para que vários estudantes se apropriassem dos significados dos resultados obtidos dentro do paradigma de Conjunto.

Contudo, no limite à formulação de perguntas aqui tentado[9] ao objetivo específico da reflexão, é possível concluir o seguinte: o professor se deparou com uma situação delicada válida para qualquer método instrucional que vise continuamente explorar a curiosidade do estudante e que se baseie apenas no uso de perguntas pelo professor, que é a limitação de recursos técnicos[10] para sugerir uma resposta sem que ela seja explícita na forma tradicional verbal. Isso se verificou nas respostas[11] de dois estudantes que ainda mantiveram entendimentos um tanto dúbios que, no caso da eliminação total de erros experimentais, poderiam ser proveitosas maiores explorações do método de questionamento sem o fornecimento explícito da resposta.

A partir de então o professor se interessou em examinar os conhecimentos dos estudantes de média e desvio padrão[12], promovendo as perguntas PDs a seguir. P (PD): *Vocês começaram a aplicar a média aritmética ao conjunto de dados obtidos, encontrando um valor médio para responder o problema, mas juntamente com a média vocês aprenderam em estatística* (matemática) *outro conceito importante a ser usado com a média, alguém pode me dizer qual é?* A8: *Seria o desvio padrão?* P (PF): *O que você quer dizer com desvio padrão?* A8: *Pode ser a diferença dos valores pela média?* Observa-se como a continuidade do diálogo procedeu com algumas perguntas do educando, porém, num discurso agora diferente do de senso comum. P (PF): *Você está respondendo ou perguntando?* A8: *A gente usa* (calcula) *a média e depois o desvio padrão.* Oportunamente, o professor encaminha as PFs: *Vocês lembram-se do cálculo do desvio padrão? Alguém pode anotar aqui no quadro para a turma?* E8, com a ajuda de anotações no caderno, escreveu na lousa que o desvio padrão s se obtém pela expressão:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

Consequentemente, o professor pediu aos estudantes que calculassem o desvio padrão com os resultados expressos anteriormente por E12 (2,29 – 2,26 – 2,22 – 2,15 – 2,24), já desconsiderando o dado anômalo discutido, e verificou os resultados coincidentes fornecidos por eles de s = 0,0526 (aproximados). Em seguida, o professor voltou a questionar a necessidade de repetição de medidas com o intuito de revisar e confirmar as respostas dos estudantes para averiguar se eles praticavam raciocínios típicos do paradigma de Conjunto nesta altura do processo. Ao reaplicar perguntas típicas de levantamento colocadas no início desta segunda etapa, vê-se abaixo como o professor conduziu outras perguntas PDs ao acabamento do entendimento de que em medidas retiradas num sistema físico experimental sempre há de considerar a existência de desvios nos valores.

[9] Caracterizado pela última pergunta do educador acima.
[10] Não se dispunha de sensor eletrônico e nem de sistema isolado ou com vácuo para se eliminar ventos.
[11] E4: *Acho* (talvez) *que daí dá*. E17: *Acho que daí é o certo, porque dá um valor correto*. (Para a última questão do educador apresentada).
[12] Já conhecidos pelos estudantes.

P (PL): *Quantas medidas são necessárias? Até quando eu vou medir?* A9: *Até quando você achar necessário.* P (PL): *Mas quanto é o necessário?* A9: *O quanto você quer que esteja próximo.* P (PL): *Quanto mais medidas, mais próximo eu estarei do valor verdadeiro. Eu vou atingir o valor verdadeiro? A9: Vai.* P (PL): *Quando?* A9: *Se você tiver sorte.* A12: *Pode chegar, mas não vai saber que é o certo.* P (PL): *Vocês precisam me dizer um número. Como que vocês fariam para dizer isso?* A5: *Quando o desvio for nulo.* P (PD): *Alguma vez o desvio será nulo? Sala em silêncio.* P (PD): *Isso aconteceria caso eu fizesse infinitas medições, então quando o erro será zero?* A9: *Quanto maior o n (número de medidas) menor o desvio. Quando você fizer infinitas medidas.* E as perguntas PFs na atração a conclusão desejada foram: P (PF): *Eu vou conseguir isso?* A9: *Não.* P (PF): *Então quando o erro será zero?* A9: *Nunca.*

Nesse momento o professor procedeu modificando o comprimento do pêndulo e, depois, mantendo o comprimento anterior, alterou a massa e pediu para os estudantes refazerem as medidas do período em ambos os casos. A discussão que segue envolve a compreensão dos estudantes a respeito da comparação de medidas. A análise dessa fase, com referência ao paradigma de Conjunto, leva em consideração os valores médios e os desvios padrões que foram encontrados pelos estudantes nos julgamentos que fizeram da equivalência entre tais valores resultantes de duas tomadas de dados.

P (PI): *Alguém pode me dar os valores que encontrou para o pêndulo com a nova massa?* A12: *2,22 – 2,29 – 2,17 – 2,31 – 2,28.* Perguntando à turma o professor disse (PI): *Qual a média e o desvio padrão desses valores?* Após calcularem eles encontram, respectivamente, os valores de 2,254 e 0,0577 (aproximadamente). Como os estudantes se encontravam previamente instruídos com a noção de desvio padrão, o monitoramento das comparações diretas dos valores de médias que fizeram foi estabelecido por perguntas de finalização (PF) e que envolveu um momento de treinamento desse conhecimento, conforme exemplificado abaixo:

P (PF): *Então, o que vocês acham que aconteceu com o período do pêndulo?* E3: *Continuou dando valores parecidos.* P (PF): *Como vocês estão comparando essas médias juntamente com os desvios para dizerem que os valores estão parecidos ou próximos?* E3: Professor, vejo 2,254 somado com (o desvio) *0,0577 dá 2,3117 e menos* (o desvio) *dá 2,1963 ... a outra* (segunda média) *de 2,232 tá bem próxima dela* (da média de 2,254) *mesmo com a variação* (do desvio padrão). P (PF): *Então, com esta nova massa, o período do pêndulo aumentou, diminuiu ou não se alterou?* E12: *Parece que não mudou muito.* P (PF): *Agora, comparando os valores dos pêndulos com comprimentos diferentes das medidas realizadas pelos grupos, o que vocês me dizem?* E12: *Teve alguns pêndulos que deu bastante diferença*.

Pode-se dizer desses resultados que os estudantes exemplificados perceberam a similaridade entre os valores de amostras equivalentes ou diferentes que, nesta pesquisa, significou obter medidas de pêndulos de comprimentos iguais ou distintos, respectivamente, sem interferência da massa. Assim, eles demostraram decisões razoáveis[13] nas comparações solicitadas das médias dos períodos das amostras ao avaliarem os valores representativos dos desvios padrões calculados, sobrepondo os intervalos de flutuação neste processo de comparação.

[13] Obviamente que as comparações das médias estão avaliadas dentro do nível de aprendizado em estatística que os estudantes se encontravam, isto é, sem uma cobrança, por exemplo, de um teste estatístico do tipo *t* (de student) (D'HAINAUT, 1997) para que houvesse uma garantia de confiabilidade do resultado da comparação.

Pergunta tipo PI	**Respostas**
Vocês podem dizer os valores de uma tomada de medidas realizadas com os pêndulos mais compridos?	E12: *2,39 – 2,45 – 2,47 – 2,45 – 2,42*
Podem agora também fornecer a média e desvio padrão desses valores?	E12: *2,436* (para a média) *e 0,0313* (valor aproximado para o desvio padrão)[14]. E12: *Se eu colocar mais* (o valor do desvio padrão) *dá 2,4673 e menos* (o valor do desvio padrão) *dá 2,4047. Dessa variação, as médias* (anteriores de 2,254 e 2,232) *nem entram* (estariam no intervalo de valores dos desvios, isto é, entre 2,4047 e 2,4673).

Terceira etapa

Neste momento é apresentada uma seleção das respostas fornecidas pelos estudantes que destacam suas concepções pertencentes ao paradigma de Conjunto.

E1: *Números muito afastados devem ser desconsiderados. Medidas que se afastaram muito da média são absurdas e devem ser desconsideradas. Erros são inevitáveis, e não é possível acabar com as flutuações;* E2: *Devemos realizar a média das medidas. Valores muito distantes devem ser desconsiderados. As medidas não apresentam o mesmo valor devido à resistência do ar e à coordenação motora de quem utiliza o cronômetro. Não é possível acabar com os erros;* E3: *As medidas que se afastam muito da média devem ser desconsideradas. As medidas não apresentam o mesmo valor devido á resistência do ar e do reflexo de quem tá medindo. Não é possível acabar com as flutuações. Sempre vai existir uma variação mesmo que seja muito pequena. Para expressar a medida devemos obter um valor médio e calcular o desvio padrão, assim haverá uma probabilidade do valor medido estar contido no valor calculado;* E5: *As minhas primeiras medidas devem ser desconsideradas, pois saíram muito distantes das outras que fiz a média. É possível minimizar as flutuações* (dos valores dos dados), *mas não acabar com elas;* E6: *Devemos desconsiderar as medidas que mais se afastam do padrão das demais. Cada medida apresenta uma margem de erro para mais ou para menos. Não, apenas minimizar as flutuações;* E8: *Desconsiderei 1.39, pois não era perto da média. Desconsiderei uma medida que* (acredito) *foi realizada com distração por parte do medidor. O erro sempre existirá. Para expressar informar o valor da medida devemos informar o erro junto com a média das medidas;* E9: *Não existe nenhum sistema perfeito a ponto de determinar uma medida exata. Devemos tirar a média das medidas e depois o desvio padrão. As medidas não apresentam o mesmo valor devido ao reflexo de quem mede;* E10: *As medidas que devem ser consideradas são as que ficarem mais próximas, uma mais fora é desconfiável. As medidas não apresentam o mesmo valor, pois há condições que interferem no processo de medida. Não é possível acabar com as flutuações. Sempre haverá margem de erros;* E11: *As medidas que se*

[14] Alguns dados mostram que estudantes realizaram arredondamentos adequados quando particularmente fizeram, mas não obedeceram, o critério dos algarismos significativos que, no caso, permitiria uma alteração numérica à segunda casa decimal (três algarismos significativos). Todavia, uma atenção aí se faz necessária por não se evidenciar em momento algum deste encaminhamento de perguntas uma influência do ensino relativa à correção dos valores nesse sentido. Mas, assim pedagogicamente prevaleceu por se entender que, do contrário, poder-se-ia desfavorecer uma melhor percepção da flutuação dos valores que se intencionou que ocorresse nas discussões por parte dos estudantes. Chama-se a atenção a esse ponto para que, em etapas posteriores ao que se faz neste estudo, o educador prossiga e insista com a instrução dos algarismos significativos e duvidosos (estes relacionados aos limites do instrumento de medida), aproximando-se mais ainda dos entendimentos do paradigma de Conjunto.

afastaram muito das medidas analisadas devem ser consideradas anômalas. As medidas não apresentam o mesmo valor, pois no experimento existem muitos fatores que interferem na medida realizada. Não é possível acabar com as flutuações devido a condições adversas do problema; E12*: Não é possível acabar com as flutuações, mas elas podem ser minimizadas. A medida que se distanciou muito dos outros valores não deve ser considerada para se fazer a média e o desvio padrão. As medidas não apresentaram o mesmo valor devido a interferência do ar e do reflexo na hora de apertar o botão* (do cronômetro)*;* E13: *Uma medida mais distante das restantes deve ser desconsiderada. As medidas não apresentam o mesmo valor porque influências externas alteram os valores. Não é possível acabar com as flutuações porque sempre terá fatores que influenciarão o resultado. O que se faz é o cálculo da média e da margem de erro;* E14: *As medidas que se afastam muito do padrão de medida devem ser desconsideradas. As medidas não apresentam os mesmos valores devido ao vento, pressão e outros fatores que interferem no resultado. Não é possível acabar com os resultados, pois sempre haverá fatores que influenciarão de alguma forma. Para expressar a medida, devemos fazer a média das medidas e utilizar a estimativa de erro por desvio padrão;* E15: *Não é possível acabar com as flutuações porque sempre haverá um errinho, assim você deve fazer a média e calcular o desvio para informar o resultado;* E16: *Você deve desconsiderar as medidas que ficaram muito distante da maioria para fazer a média. Não é possível acabar com as flutuações. As medidas não apresentam o mesmo valor, pois há interferências;* E18: *Não é possível acabar com as flutuações. Sempre existirá uma margem de erro na prática. As medidas não apresentam o mesmo valor, pois existem muitos fatores que mudam constantemente e que influenciam no valor. As medidas que deram muito longe das analisadas devem ser desconsideradas;* E19: *Para expressar todas as medidas devemos calcular o desvio junto com a média do período do pêndulo. Não é possível acabar com as flutuações, pois as pessoas cometem erros. As medidas que são muito divergentes devem ser desconsideradas.*

Abaixo é apresentada uma seleção das respostas fornecidas pelos estudantes que destacam concepções pertencentes ao paradigma Pontual.

E4: *É possível acabar com as flutuações num sistema perfeito;* E7: *É possível acabar com as flutuações se houver um ambiente favorável de sistema perfeito;* E17: *Adotando um sistema eletrônico de precisão acabamos com as flutuações. Não temos a precisão das medidas por falta de equipamento necessário;* E20: *As medidas não apresentam o mesmo valor porque utilizamos materiais que não mostravam o valor com exatidão. Os materiais utilizados não eram precisos. Se utilizarmos um ambiente ideal sem corrente de ar e sensor a laser não haverá flutuações;* E21: *É possível acabar com as flutuações em um ambiente ideal, sem atuação de forças externas e sem interferência do experimentador chegaríamos no valor ideal.*

Ao final da segunda etapa todos os estudantes submetidos à proposta didática efetuaram cálculos de média e desvio padrão das suas medidas e daquelas que lhes foram solicitadas pelo professor, finalizando a parte quantitativa dos raciocínios e ações do paradigma de Conjunto. Consequentemente, os resultados selecionados desta terceira etapa se encontram fundamentalmente nas noções de erro e precisão. As respostas deste questionário indicam que, dos 21 estudantes, 16 estudantes se caracterizaram por apresentar noções corretas de precisão dos dados e de eliminação de uma medida discrepante, compatíveis ao paradigma de Conjunto, explicitando assim o êxito deste encaminhamento. Os demais sujeitos, porém, ainda se mantiveram presos a ideia de que é possível eliminar erros experimentais por meio de técnicas mais apropriadas.

Síntese dos resultados

Todos os estudantes apresentaram na primeira etapa entendimentos classificados como sendo do paradigma Pontual e avanços conquistados em direção ao paradigma de Conjunto foram constatados nas segunda e terceira etapas. Constituída a segunda etapa o processo educacional responsável por esses aprendizados, segue abaixo uma reflexão geral dos desempenhos dos estudantes nos procedimentos de medição considerando as categorias de perguntas utilizadas.

Na fase de coleta de dados pôde-se evidenciar que perguntas de Levantamento (PL) foram significantes para monitorar ideias prévias pertencentes ao paradigma Pontual. Seguidamente também se exemplificou como perguntas de Aplicação (PA) tiveram a função de estimular o raciocínio prévio em relação à situação colocada e como argumentos defensivos a tal raciocínio foram ressaltados pelos estudantes, assim como, por outro lado, eles apresentaram dúvidas frente à situação estendendo os diálogos com suas perguntas. Logo, as perguntas de Desenvolvimento (PD) puderam primeiramente ser inseridas para levar ao entendimento da inevitabilidade da existência de mínimas variações nos valores das medidas e, com perguntas de Finalização (PF), permitiu-se completar a tomada de consciência a respeito de erro aleatório em vários estudantes.

Em continuidade aos entendimentos dos sujeitos, já na fase de processamento de dados, mostrou-se que o uso de perguntas de Finalização (PF) foi característico para induzir os estudantes a aplicarem aos dados os raciocínios que carregavam de média e desvio padrão. Para o uso desses cálculos no tratamento dos dados, pôde-se exemplificar como as perguntas de Desenvolvimento (PD) e de Finalização (PF) foram apropriadas para se alcançar, na maioria dos estudantes, a interpretação dos dados anômalos em que se fez perceber a necessidade de exclusão de uma medida discrepante do conjunto obtido.

Na fase de comparação de dados, mostrou-se como as perguntas de Finalização (PF) foram importantes para que os estudantes, após aplicarem os cálculos, estabelecessem as comparações entre duas amostras de medidas. Observou-se que elas, juntas com as perguntas de Informação (PI), indicaram que os estudantes avaliaram as médias dos períodos das amostras, considerando sobreposições dos desvios padrões para responderem se eram equivalentes ou diferentes.

Conclusões

O estudo exemplificou um caso real de categorização de perguntas em que o educador se restringiu a fazer em uma amostra de estudantes recém-ingressados na universidade e de bagagem instrucional circunstanciada ao ensino médio. Assim sendo, referente ao nível de aprofundamento do conceito científico de medição aqui abordado e aos resultados analisados, avalia-se que um melhor proveito desta categorização de estilo construtivista seja em nível médio de ensino ou aulas iniciais de alguma disciplina do primeiro ano da graduação, cujos momentos caracterizem atividades práticas com mensurações. O encaminhamento didático aqui elaborado baseado no modelo de formulação de perguntas, que se destinou ao caso da construção de conhecimentos próximos aos do paradigma de Conjunto, atrela-se ao entendimento comum de que o professor que ficar apenas formulando perguntas encontrar-se-á bem limitado em relação ao objetivo instrucional.

Todavia, o presente estudo admite concluir que, no caso específico de estudantes que já haviam aprendido conceitos estatísticos, o emprego adequado de perguntas pode conduzi-los a perceber que os conceitos necessários ao processo de medição devem ser aplicados conforme fizeram. Assim ilustrado um importante emprego deste encaminhamento construtivista, este trabalho contribui para estudos do processo de questionamento em educação científica ao caracterizar as relevâncias das perguntas segundo a categorização apresentada. Ao professor simpatizante forneceu-se um instrumento de formulação de perguntas inovador para ajuda-lo a ponderar o efeito das questões em orientar, direcionar e avaliar a construção do conhecimento científico dos seus estudantes. Como foi demonstrada, tal formulação é seguida com perguntas de tipo aberta ou fechada em dois níveis hierárquicos cujas categorias têm fins pragmáticos. Neste sentido, faz-se necessária uma atenção para o desenvolvimento deste trabalho tendo em vista a análise de outras experiências em sala de aula que usem uma estratégia pedagógica inspirada nos questionamentos. Alerta-se para que o educador inspirado nesta metodologia deva estar hábil na elaboração de perguntas, preparando-se previamente, pois quando um estudante diz 'não sei responder' ou qualquer resposta indesejada imediata deste tipo, o professor saiba como lançar outra pergunta para evitar o travamento do processo e, assim, estabelecer de maneira mais eficiente a participação dos estudantes. Em razão de a metodologia fundamentar-se numa dialogicidade que perguntas partem do professor, é comum perceber vários estudantes não se manifestarem verbalmente, mas em consideração dos resultados encontrados nas etapas, conclui-se que muitos participaram passivamente, interessando-se pelo discurso de sala de aula de forma geral.

Referências

ALLIE, S.; BUFFLER, A.; LOVENESS, K.; CAMPBELL, B.; LUBBEN, F. First year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. **International Journal of Science Education,** v.20, n.4, p.447-459, 1998.

BUFFLER, A.; ALLIE, S.; LUBBEN, F.; CAMPBELL, B. The development of first year physics student's ideas about measurement in terms of point and set paradigms. **International Journal of Science Education**, v.23, n.11, p.1137-56, 2001.

BUFFLER, A.; LUBBEN, F.; IBRAHIM, B. The Relationship between student's views of the nature of science and their views of the nature of scientific measurement. **International Journal of Science Education**, v.31, n.9, p.1137-56, 2009.

D'HAINAUT, L**. Conceitos e métodos da estatística.** Volume 1: Uma variável a uma dimensão. 2ª ed. Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkian, 1997.

DAVIS, N.T. Transição do objetivismo para o construtivismo na educação científica. Tradução de C.E., LABURÚ, **International Jounal of Science Education**, v.15, n.6, p.627-636, 1993.

GOMES, A.D.T.; A. BORGES, T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa, **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n. 2, p.187-207, 2008.

HARGIE, O.D.W. The importance of teacher questions in the classroom In: STUBS, M.; HILLIER, H. (Eds.), **Readings on Language, Schools and Classrooms.** London: Methen, 1983, p.185-192.

HELENE, O.; TSAI, S. P.; TEIXEIRA, R. R. P. O que é uma medida. **Revista de Ensino de Física**, v.13, p.12-29, 1991.

LABURÚ, C.E.; BARROS, M. A. Problemas com a compreensão de estudantes em Medição: razões para a formação do Paradigma Pontual, **Investigações em Ensino de Ciências**, v.14, n.2, p.151-162, 2009.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O.H. M.; SALES, D. R. Superações conceituais de estudantes do ensino médio a partir de questionamentos de uma situação experimental problemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.1. p. 1402-15, 2010.

LORENCINI JR, A. **O Professor e as perguntas na construção do discurso reflexivo em sala de aula**. Tese apresentada para a obtenção do título de doutor em educação. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2000. 243p.

LUBBEN, F.; MILLAR, R. Children's ideas about the reliability of experimental data. **International Journal of Science Education**, v.18, n.8, p.955-968, 1996.

MARINELI, F.; PACCA, J.L.A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, p.497-505, 2006.

MORTIMER. E.F.; MACHADO, A.H. Anomalies and Conflicts in Classroom Discourse. **Science Education**, v.84, p.429-444, 2000.

SCHNAID, F.; TIMM, M. I.; ZARO, M. Considerações sobre uso de modelo construtivista no ensino de Engenharia: disciplina de projeto com graduandos e mestrandos. **Renote – Novas Tecnologias na Educação**, v.1, n. 1, p. 1-21, fev. 2003.

SOUZA, V.F.M.; SASSERON, L.H. A importância das perguntas do professor em aulas investigativas de Física: uma caracterização. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**,** Águas de Lindóia – SP, **Atas...** SBF: São Paulo, 2010.

VUOLO, J.H. **Fundamentos da teoria de erros**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

Submetido em março de 2012, aceito para publicação em março de 2014.