

Um estudo teórico sobre os Paradigmas da Medição

A theoretical study of the measurement Paradigms.

Paulo Sérgio de Camargo Filho

Universidade Federal da Fronteira Sul
paulo.camargo@uffs.edu.br

Carlos Eduardo Laburú

Universidade Estadual de Londrina
laburu@uel.br

Resumo

Este estudo visa aprofundar as discussões a respeito dos paradigmas presentes na medição e propor um referencial analítico para investigar a evolução conceitual dos estudantes ao passarem do Paradigma Pontual para o Paradigma de Conjunto. Enfatizamos que o raciocínio e as ações que os alunos utilizam nas várias fases do desenvolvimento de sua compreensão a respeito da medição irão conter características de ambos os paradigmas. Dessa forma, os Padrões de Compreensão Conceitual poderão auxiliar em uma análise mais precisa e aprofundada dos paradigmas que estão em evolução. Por fim, concluímos que o sucesso de um curso de laboratório poderá ser julgado de acordo com o grau com que o raciocínio dos alunos e suas ações procedimentais estão fundamentados dentro de um Paradigma de Conjunto consistente e robusto.

Palavras chave: Ensino de Física, Medição, Paradigma Pontual e de Conjunto.

A theoretical study of the measurement Paradigms

This study aims to deepen the discussions about the paradigms in measurement and propose an analytical framework to investigate the conceptual evolution of the students to pass the Point to the Set Paradigm. We emphasize that the reasoning and actions that students use at several stages of development of your understanding of the measurement will contain features of both paradigms. Thus, the patterns of conceptual understandings may assist in a more accurate and thorough analysis of the paradigms that are evolving. Finally, we believe that the success of a lab course may be judged according to the degree to which students' thinking and their actions are procedural grounds within a paradigm set consistent and robust.

Key words: Physics Teaching, Measurement, Point and Set Paradigms.

Um estudo teórico sobre os Paradigmas da Medição

Introdução

A literatura em educação científica apresenta diversos artigos que buscam compreender as diferentes e recalcitrantes visões dos alunos a respeito da medição. Ideias dos alunos sobre a confiabilidade e validade da evidência experimental foram estudados em contextos de física, química, biologia e ciência em geral, em diversos países, desde níveis mais elementares de ensino à universidade. Avanços nas pesquisas em relação ao tema podem ser vistos a partir da última década do século XX (ex. KIRSCHNER, 1992; LUBBEN; MILLAR, 1996; JOUREAUX; SÉRÉ, 1994; ALLIE et al., 1998; BUFFER et al., 2001; EVANGELINOS et al., 2002; KANARI; MILLAR, 2004). Os resultados dessas pesquisas apontam que a visão que os estudantes tem a respeito da coleta, processamento e comparação de dados experimentais compõe obstáculos aos objetivos das atividades experimentais quantitativas. Por outro lado, são escassos os trabalhos que exploram uma ação pedagógica orientada para transformar esse estado de coisas. Os que o fazem, limitam-se a analisar as concepções dos estudantes, em geral do primeiro ano universitário, que se sujeitam a propostas tradicionais de ensino (BUFFER et al., 2001; ALLIE et al., 1998; SÉRÉ et al., 1993).

É importante notar que a medição e sua respectiva incerteza estão no cerne da ciência empírica e são considerados como um dos componentes fundamentais na educação científica (ex. LABURU, 2005; SÉRÉ, 2002; DUGGAN; GOTT, 2002). Segundo Laburu e Barros (2009), o sentido que um aprendiz dá à medida determina as suas decisões de como coletar, processar e interpretar dados de modo a obter conclusões. Tais decisões são essenciais para desenvolver atividades didáticas sob enfoque das mais variadas estratégias de ensino, estando estas baseadas em orientações instrucionais fundamentadas no teste de hipóteses ou na aplicação de um paradigma, de inclinações, respectivamente, popperiana e kuhniiana, ou, possivelmente, segundo orientações verificacionista ou indutivistas, mais corriqueiras e criticáveis (ibid. p 152).

A existência de padrões de raciocínio relacionadas à medição já foi evidenciada em diversas pesquisas. Leach e seus colaboradores (1998) realizaram o maior estudo do gênero e contou com a participação de mais de 600 estudantes de seis países europeus. Os resultados mostraram, dentre outras ideias, que 60% dos estudantes acreditam que é possível obter uma medição perfeita (sem incertezas). Outros estudos têm mostrado que é raro os estudantes espontaneamente realizem várias medições, salvo quando suspeitam que houve uma falha em sua primeira medição (SÉRÉ et al., 1993). Em geral, os alunos no laboratório aparentemente focam na busca de um "valor verdadeiro" específico, sem a devida consideração da incerteza. Conforme argumentam Evangelinos et al. (1999), em níveis mais avançados de ensino, em cada fase de um experimento – coleta, processamento e comparação de dados – espera-se que os alunos dominem o significado mais complexo de medição e sejam capazes de aplicar este conhecimento juntamente com uma compreensão da incerteza que lhe é associada. No entanto, há evidências de que os alunos utilizam uma "aproximação determinística" de raciocínio que lhes permite evitar a interpretação de resultados utilizando os conceitos de incerteza e de probabilidade (ibid.).

Os trabalhos mais recentes a respeito das ideias dos alunos relacionados a medição foram realizados por um grupo de pesquisadores das Universidades de York (Inglaterra) e Cape Town (África do Sul) (ex. ALLIE, S.; BUFFLER, A, CAMPBELL, B.; EVANGELINOS, D.;

LUBBEN, F.; PSILLOS D.; VALASSIADES, O., 2003; BUFFER, A. ALLIE, S., LUBBEN, F. CAMPBELL, B., 2001; LUBBEN, F.; MILLAR, R., 1996). Seus resultados culminaram no chamado Paradigma Pontual e de Conjunto, o qual associa ações e raciocínios dos estudante frente a uma situação de medição. Neste estudo teórico, em especial, pretendemos reunir a estrutura do Paradigma Pontual e de Conjunto com o Padrões de Compreensão Conceitual (ADDADAN, 2010) e, dessa forma, propor um instrumento analítico para investigar com maior profundidade o desempenho dos estudantes frente a uma situação de medição e, por meio de tal referencial, localizar seus pontos de dificuldades.

Paradigma Pontual e Paradigma de Conjunto

Baseado em um amplo estudo observacional sobre alunos do ensino secundário britânico ao realizarem tarefas abertas de investigação, Lubben e Millar (1996) elaboraram um modelo que reúne, em oito passos progressivos, os raciocínios que são comuns em alunos adolescentes quando estes tratam dos aspectos referentes à coleta, processamento e comparação de dados experimentais. Allie et al. (1998) adaptaram e testaram o modelo de Lubben-Millar (ibid, p. 448) em alunos de primeiro ano universitário na África do Sul, no qual os mesmos apresentaram raciocínios com maior sofisticação do que aqueles permitidos no esquema de Lubben-Millar, indicando que o esquema poderia incluir uma nova categoria. Tais resultados não apontaram para um quadro teórico que auxiliasse ou direcionasse a construção de estratégias de ensino adequadas.

No entanto, o trabalho posterior de Lubben et al. (2001), sugere um esquema de classificação alternativo, a partir do qual um quadro teórico para o desenvolvimento curricular pode ser facilmente construído. Neste esquema, o raciocínio utilizado pelos alunos no laboratório é classificado em dois tipos principais: raciocínio pontual e o raciocínio de conjunto. Para isso, os autores do estudo exploram a extensão em que os construtos do raciocínio pontual e de conjunto podem ser usados para classificar o raciocínio dos alunos enquanto estes estão envolvidos nos processos de coleta, processamento e comparação de dados em um laboratório. Sintetizamos, na Tabela 01 abaixo, os resultados associados de Lubben-Millar (1996) e Allie et al. (1998), compondo um modelo de progressão de ideias relativas aos dados experimentais.

Nível	Visão do estudante sobre o processo de medição
A	Realizar uma única medição e este é o valor correto.
B	A menos que você obtenha um valor diferente do esperado, a medição está correta.
C	Realizar algumas medições para praticar e então fazer a medição que deseja.
D	Repetir a medição até obter um valor recorrente. Este é a medição correta.
E	É necessário tirar uma média de diferentes medições. Variar sutilmente as condições para evitar obter os mesmos resultados.
F	Tirar uma média de várias medições para atender à variação devido a medições imprecisas. A qualidade do resultado pode ser julgada apenas por uma fonte confiável.
G	Tirar uma média de várias medições. A propagação de todas as medições indica a qualidade do resultado.
H	A consistência do conjunto de medições deve ser julgada e medições anômalas precisam ser rejeitadas antes de tirar uma média.
I	A consistência dos conjuntos de dados pode ser julgada por comparação da localização relativa de suas médias em conjunção com suas propagações.

Tabela 01: Visão do estudante sobre o processo de medição¹.

¹ Adaptado de Lubben e Millar (1996) e Allie et al. (1998)

A constatação de que o raciocínio utilizado pelos estudantes em atividades laboratoriais pode ser classificado em duas distintas categorias é coerente com o modelo de progressão da compreensão dos alunos sobre a evidência científica, conforme sugerido por Lubben e Millar (1996). De acordo com Lubben et al. (2001, p. 326), na Tabela 01, o Raciocínio Pontual está relacionado com os quatro primeiros níveis (A – D) do modelo de progressão, o Raciocínio de Conjunto Básico com os dois níveis seguintes (E – F) e o Raciocínio de Conjunto Avançado com os três últimos níveis (G – I). As duas principais categorias identificadas neste estudo tem a vantagem de orientar as atividades de ensino no laboratório por permitir com que os alunos pensem além do Raciocínio Pontual, com um uso consistente do Raciocínio de Conjunto.

Em consonância com o trabalho de Lubben et al., Buffler et al. (2001) reúnem os seus resultados com os de Lubben e Millar (1996) num modelo-síntese as ideias dos alunos a respeito da medição denominado de Paradigma Pontual e de Conjunto. Essas denominações mantêm paralelo com o conceito kuhniano de paradigma (KUHN, 1987) e pretende conotar um grupo de crenças, valores, técnicas etc., compartilhados pelos alunos quando ponderam sobre a medição.

Na Tabela 01, abaixo, reunimos as ações e raciocínios relacionados com o Paradigma Pontual. O Paradigma Pontual é caracterizado pela ideia fundamental que o valor de cada medição pode ser, em princípio, o valor verdadeiro (BUFFLER ET AL., 2001, p.1139). Como consequência, cada medição é independente uma da outra e as medições individuais não estão combinadas entre si de forma alguma. Também resulta que a medição é vista como condutora a um único valor pontual em vez de estabelece-se em um intervalo de valores. Em sua forma mais extrema, esta forma de pensamento manifesta-se na crença de que apenas uma única simples medição é necessária para estabelecer o valor verdadeiro, como indicado no trabalho de Séré et al. (1993).

Fase da Medição		Ação	Raciocínio
PARADIGMA PONTUAL	Coleta	Não é necessário repetir a medição. Repete-se para encontrar um valor recorrente; Repete-se para praticar.	A medição direciona a um único valor, ao invés de contribuir para um intervalo. Uma única boa medição é suficiente.
	Processamento <i>Via Cálculo</i>	Uma única (melhor) medição, por exemplo, o valor recorrente, é selecionado para representar o valor verdadeiro.	Cada medição é independente de todas as outras e pode, a princípio, ser o valor verdadeiro.
	Processamento <i>Via Gráfico Linear</i>	Todos os pontos unidos por múltiplos segmentos de linha ou uma única linha através de dados selecionados.	A tendência dos dados é mais bem representada quando são selecionados certos valores particulares.
	Comparação <i>Conjunto de Dados</i>	Comparação de valor por valor de dois conjuntos, ou uma comparação baseada na “proximidade” das médias (se fornecidas).	Não há necessidade de repetir as medições, portanto as comparações são feitas sobre os valores individuais.

Tabela 02: Ações e Raciocínios associados com o Paradigma Pontual².

Por sua vez e por oposição, O Paradigma de Conjunto é caracterizado pela ideia de que cada medição é apenas uma aproximação para o valor verdadeiro e que os desvios do valor verdadeiro são aleatórios (BUFFLER et al., 2001, p.1139). Como consequência, várias medições são necessárias para formar uma distribuição que se agrupa em torno de certo valor específico. A melhor informação a respeito do valor real é obtida por meio da combinação das medições por meio de constructos teóricos, como a média e o desvio-padrão, a fim de descrever os dados coletivamente. As ferramentas operacionais que estão disponíveis para

² Adaptado de Buffler et al. (2001, p.1153)

este fim incluem procedimentos formais matemáticos, que podem ser utilizados para caracterizar as medições como um todo, tais como o valor médio e a incerteza padrão (LUBBEN et al., 2001, p.312). Por sua vez, tanto o valor médio como a incerteza padrão tornam-se ferramentas para fazer comparações com outras séries de dados ou com a teoria. No Quadro 03, a seguir, reunimos as ações e raciocínios relacionados com o Paradigma de Conjunto.

Conforme afirmam Buffler et al. (2001, p.1152), os estudantes devem de dominar ferramentas e procedimentos de análise de dados (ações) e aprofundar a sua compreensão da natureza da medição científica (raciocínio) como parte de seu desenvolvimento em métodos científicos.

	Fase da Medição	Ação	Raciocínio
PARADIGMA DE CONJUNTO	Coleta	Repetir a medição da mesma quantidade é necessário em consequência da dispersão inerente dos dados.	Cada medição é apenas uma aproximação do valor verdadeiro e os desvios do valor verdadeiro são aleatórios. Várias medições são necessárias para formar uma distribuição que irá se agrupar em torno de algum valor em particular.
	Processamento <i>Via Cálculo</i>	Um conjunto de medições é representado por um constructo teórico, como a média e o desvio-padrão.	A melhor informação a respeito do valor verdadeiro é dada pela combinação das medições usando constructos teóricos para caracterizar o conjunto como um todo.
	Processamento <i>Via Gráfico Linear</i>	Todas as medições são levadas em consideração para o ajuste linear dos dados por meio do método dos mínimos quadrados.	A melhor representação gráfica de um conjunto de medidas é obtida pela modelagem da tendência dos dados.
	Comparação <i>Qualidade dos Dados</i>	Para o mesmo conjunto de medidas, é considerado o melhor resultado aquele associado ao menor desvio-padrão.	O desvio-padrão está relacionado à precisão da medição.
	Comparação <i>Conjunto de Dados</i>	O acordo de duas medições está relacionado com o nível de sobreposição de seus intervalos.	A média e o desvio-padrão definem um intervalo de confiança, o qual está relacionado tanto com melhor estimativa quanto à confiabilidade da medição.

Tabela 03: Ações e Raciocínios associados com o Paradigma de Conjunto³.

Evolução Conceitual do Paradigma Pontual para o Paradigma de Conjunto

De acordo com Buffler et al. (ibid., p. 1153), o objetivo geral de uma instrução laboratorial deve estar dirigido para efetuar uma mudança no paradigma utilizado pelo estudante. Idealmente, isso implica no desenvolvimento em paralelo do uso de ferramentas operacionais de análise estatística e de uma compreensão sobre a natureza dos dados e da medição. No entanto, a maioria dos currículos de laboratório enfatiza o desenvolvimento de procedimentos operacionais, dando pouca atenção para compreensão dos motivos mais profundos para o uso destes procedimentos. Tradicionalmente, os cursos de laboratório de Física, em um nível introdutório, têm focado em demonstrar vários princípios da Física apresentados nas aulas teóricas (ALLIE et al., 2003). Experimentos tendem a ser de natureza quantitativa e, assim, as técnicas de análise experimental e os dados são entrelaçados como fios distintos do curso de laboratório. Assume-se geralmente que, desta maneira, os alunos terminem o curso com um entendimento adequado da natureza da medição e experimentação. Pesquisas têm, entretanto, questionado essa concepção (BUFFLER et al., 2001; EVANGELINOS et al., 2002) e mostrado que as concepções que os estudantes possuem a respeito da medição não são as mais adequadas. Conforme Buffler et al (2001) duas possíveis razões para o problema são, em primeiro lugar, que o conhecimento prévio dos alunos sobre a natureza da medida não tem

³ Adaptado de Buffler et al. (2001, p.1153)

sido levado em conta e, segundo, que não é aplicada nenhuma estrutura logicamente consistente para ensinar os conceitos básicos de medição. Acrescentamos a essas duas constatações mais uma, de caráter instrucional, a qual diz respeito ao modo com que as múltiplas representações presentes nos laboratórios de Física são construídas, compreendidas e coordenadas pelos estudantes. Acreditamos que um enfrentamento satisfatório de tais considerações passa em promover uma evolução conceitual dos estudantes do Paradigma Pontual para o Paradigma de Conjunto, por meio de uma estratégia de ensino que leve em conta a integração dos diferentes modos representacionais aos quais os estudantes devem lidar em um curso de laboratório de Física.

Para Adadan et al. (2010), podemos explorar a compreensão dos estudantes por meio dos caminhos de compreensão conceitual, isto é, rotas de aprendizagem ao longo da qual os alunos passam no desenvolvimento da compreensão em qualquer domínio da ciência. As progressões de aprendizagem podem variar de aluno para aluno com relação às concepções existentes ou outros fatores (tal como o contexto ou as atividades). Os caminhos conceituais fornecem oportunidades de aprendizagem para os alunos desenvolverem conceitos integrados de algumas ideias fundamentais da ciência, dando atenção para o alinhamento entre conteúdo, instrução e estratégias de avaliação. Isto corrobora com o modelo de ensino por meio de multimodos e múltiplas representações, o qual tem por objetivo proporcionar aos alunos um leque de oportunidades para construir um determinado conceito científico, ou seja, se um aluno não consegue entender um conceito em relação a uma representação particular, outra representação pode ser mais eficaz e envolvente (AINSWORTH, 1999, p. 134), de sorte que, uma complemente a outra. Conforme sintetizam Laburú e Silva (2011), o significado das palavras, conceitos, proposições, leis etc. científicos se encontra incrustado nos elementos representacionais formadores do discurso e apreender é um ato de compor a totalidade do significado manifesta por um conjunto de multiplicidades semióticas, visto que cada uma é capaz de apreender uma particularidade dessa totalidade.

Acrescentamos que, a vasta gama de atividades que podem ser desenvolvidas em um laboratório de física permite que uma estratégia baseada em multimodos e múltiplas representações seja aplicada para a aprendizagem e refinamento dos procedimentos de coleta, processamento e comparação de dados experimentais e investigada por meio da categorização dos caminhos conceituais dos estudantes ao evoluírem do Paradigma Pontual para o Paradigma de Conjunto.

Dentro do que foi exposto, acreditamos que podemos caracterizar o paradigma vigente em padrões de compreensão conceitual dos estudantes sobre medições referentes as Tabelas 01, 02 e 03, adaptando as categorias de compreensão conceitual do trabalho de Adadan et al. (2010, p. 1012). A Tabela 04 apresenta a descrição de critérios estabelecidos para cinco tipos de categorias de compreensão conceitual. Neste estudo, um Fragmento Científico refere-se a um dos aspectos do Paradigma de Conjunto, ao passo que um Fragmento Alternativo implica em uma concepção alternativa específica ao Paradigma de Conjunto. A Compreensão Científica implica em coordenar todos os aspectos do Paradigma de Conjunto.

Padrões de Compreensão Conceitual	N	Critério
Compreensão Científica	4	Inclui todos os critérios de compreensão conceitual científica sobre o Paradigma de Conjunto.
Fragmentos Científicos	3	Inclui critérios de compreensão conceitual científica, sendo um subconjunto de aspectos do Paradigma de Conjunto, sem Fragmentos Alternativos .
Científica com Fragmentos Alternativos	2	Inclui critérios de compreensão conceitual científica, sendo um subconjunto de aspectos do Paradigma de Conjunto, com no máximo três Fragmentos Alternativos .

Alternativa com Fragmentos Científicos	1	Inclui um subconjunto dos critérios de concepções alternativas indicada em Fragmentos Alternativos, com no máximo dois aspectos científicos do Paradigma de Conjunto.
Fragmentos Alternativos	0	Inclui um subconjunto de entendimentos conceituais que estão em conflito com os aspectos científicos do paradigma de conjunto, sem conter fragmentos de conhecimento científico.

Tabela 04: Ações e Raciocínios associados com o Paradigma Pontual⁴.

Para uma possível análise quantitativa, valores numéricos foram atribuídos para cada padrão de compreensão conceitual: de 0 (Fragmentos Alternativos) a 4 (Conhecimento Científico) (ver Quadro 04). Os dados numéricos poderão ser utilizados para uma análise estatística não paramétrica por meio do Teste de Sinais com pares de dados, comparando a evolução dos padrões de compreensões conceituais em dois momentos distintos: pré para pós-instrucional e pós-instrucional para retenção (SIEGEL & CASTELLAN, apud. ADADAN et al., 2010. p. 1011). Com isso, em conjunto com uma análise qualitativa dos dados (cuja descrição não foi destacada no presente trabalho), esperamos mapear os caminhos de compreensão conceitual dos estudantes ao evoluírem do Paradigma Pontual ao Paradigma de Conjunto.

Considerações Finais

Conforme visto, apesar da complexidade óbvia da tentativa de compreender os processos cognitivos que ocorrem quando os alunos têm de tomar decisões procedimentais durante a experimentação, as construções do Paradigma Pontual e de Conjunto parecem ser um esquema de classificação útil. O estudo de Lubben et al. (2001) mostrou que mesmo que um aluno seja capaz de raciocinar de forma consistente dentro do Paradigma de Conjunto, não implica que o mesmo tenha dominado as ferramentas operacionais de análise de dados. É provável que o raciocínio e as ações que os alunos utilizam nas várias fases do desenvolvimento de sua compreensão irão conter características de ambos os paradigmas. Dessa forma, os Padrões de Compreensão Conceitual poderão auxiliar em uma análise mais precisa e aprofundada dos paradigmas que estão em evolução. Com base no referencial proposto, concluímos que o sucesso de um curso de laboratório poderá ser julgado de acordo com o grau com que o raciocínio dos alunos e suas ações procedimentais estão fundamentados dentro de um Paradigma de Conjunto consistente e robusto.

Referências Bibliográficas

- ADADAN, E., TRUNDLE, K., IRVING, K. Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 8, p.1004–1035, 2010.
- AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v. 33, p. 131–152, 1999.
- ALLIE, S.; BUFFLER, A.; KAUNDA, L.; 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.
- ALLIE, S.; BUFFLER, A, CAMPBELL, B.; EVANGELINOS, D.; LUBBEN, F.; PSILLOS D.; VALASSIADES, O. Teaching measurement in the introductory physics laboratory. **The Physics Teacher**, v.41, n. 7, p. 394 – 401, 2003.
- BUFFER, 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**

⁴ Adaptado de Adadan et al. (2010, p. 1012)

Journal of Science Education, v. 23, n. 11, p. 1137 – 1156, 2001.

DUGGAN, S.; GOTT, R. What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24, 661– 679, 2002.

EVANGELINOS, D.; VALASSIADES, O.; PSILLOS D. Undergraduate students' views about the approximate nature of measurement results. In: **Research in Science Education: Past, Present and Future**. Kiel: IPN Press, 1999, p. 208 – 210.

EVANGELINOS, D.; PSILLOS, D.; VALASSIADES, O. An investigation of teaching and learning about measurement data and their treatment in the introductory physics laboratory. In: **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. Dordrecht: Kluwer Academics, 2002.

JOURNEAUX, R. SERE, M. G. Traitement statistique des incertitudes en physique: problèmes scientifiques et didactiques, **European Journal Physics** 15, 266-292, 1994.

KANARI, Z.; MILLAR, R. Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations, **Journal of Research in Science Teaching**, 41, 7, 748-769, 2004.

KIRSCHNER, P. A. Epistemology, practical work and academic skills in science education, **Science & Education**, 1, 273-299, 1992.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987, p. 257.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O.H. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7 – 33, 2011.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores, **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-19, 2005.

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. multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n 1, p. 7-33, 2011.

LEACH, J., MILLAR, R., RYDER, J.; SERE, M-G. Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across contexts, **Learning and Instruction**, v. 10, n. 6, p. 497-527, 2000.

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.

LUBBEN, F. Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. **Science Education**, v. 85, p. 311 – 327, 2001.

SÉRÉ, M-G.; JOURNEAUX, R.; LARCHER, C. Learning the statistical analysis of measurement errors, **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 4, p; 427 – 438, 1993.

SÉRÉ, M-G. Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education, **Science Education**, 86, 624-644, 2002.

WHITE, R.; ARZI, H. Longitudinal Studies: Designs, Validity, Practicality, and Value. **Research in Science Education**, v. 35, n. 1, p. 137-149, 2005.